

Biopolttolaitoksen lämpövaikutukset Kemin edustan merialueella

Raportti 14.6.2010

Suomen Ympäristövaikutusten Arviointikeskus (YVA) Oy

Arto Inkala

Tekniikantie 21 B, 02150 Espoo

puh: 09 -7001 8680 fax: 09 - 7001 8682

email: arto.inkala@eia.fi

Sisällys

Sisällys	2
1. Tausta	3
2. Mallialue ja biodieselaitos.....	3
3. Vertailut mittaustuloksiin	4
3. Kesäaikaiset vaikutukset	6
4. Talviaikaiset vaikutukset.....	9
5. Yhteenveto.....	11
Viitteet	11

1.Tausta

WSP Environmental Oy tekee YVA selvitystä VAPOn biodiesel hankkeeseen liittyen Kemissä. YVA selvityksessä on tarkoitus arvioida voimalaitoksen jäähdytysvesien vaikutuksia merialueella.

Suomen Ympäristövaikutusten Arviointikeskuksessa (YVA) on tutkittu 3D virtaus- ja vedenlaatumalleilla paljon voimalaitosten jäähdytysvesien vaikutuksia. Perämeri -life hankkeessa 2004 tehtiin Kemin edustalle 3D malli (Korpinen et al. 2004), jonka horisontaaliresoluutio on 300 m.

Malli on liian karkea purkupaikan lähialueen virtausmuutosten tutkimiseen, mutta mallihilaa apuna käyttäen voitiin tavanomaista pienemmin kustannuksin tehdä arvio lämpökuorman laajemman skaalan vaikutuksista.

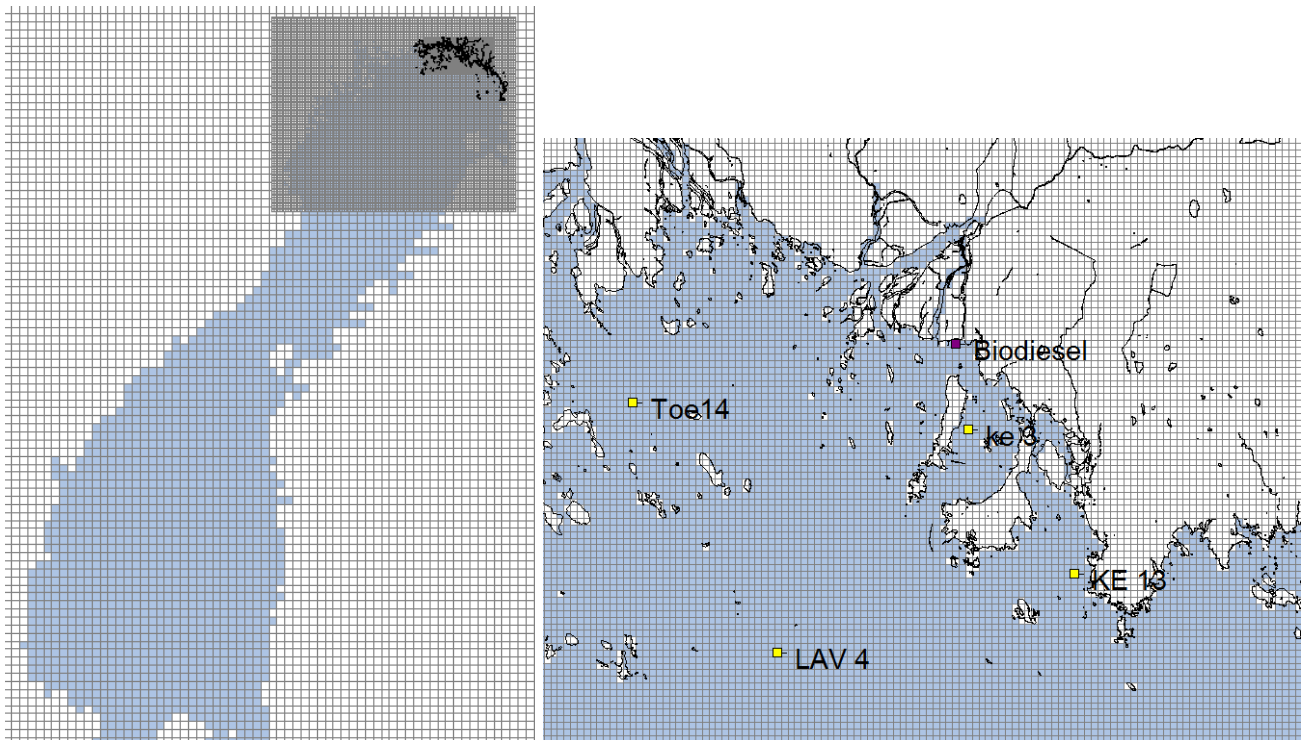
2. Mallialue ja biodieselilaitos

Perämeri -Life hankkeessa käytetty mallihila on esitetty kuvassa 1. Mallihilan horisontaaliseen erotustarkkuuteen eikä myöskään syvyyksiin tehty muutoksia. Mallin vertikaalista erotustarkkuutta parannettiin kymmenestä laskentakerroksesta kahteenkymmeneen, koska kylmä merivesi on lämpimiä jäähdytysvesiä tiheämpää, jolloin jäähdytysvedet kulkeutuvat pinnemmassa. Lisäksi suunniteltu biodieselilaitoksen purkuputki sijaitsee melko matalassa vedessä, joten pintakerroksissa päädyttiin käyttämään metrin erotustarkkuutta viidessä ensimmäisessä kerroksessa ja kahta metriä viidessä seuraavassa. Tämän jälkeen laskentakerrosten paksuus kasvoi tasaisesti kolmesta kymmeneen metreihin.

Simuloinnin kannalta oleelliset tiedot jäähdytysvesien vaikutusten laskentaan ovat purkukanavan sijainti sekä veden virtaamat ja -lämpötilat. Taulukossa 1. on esitetty simuloinneissa käytetyt jäähdytysvesien lämpenemiset kesä- ja talvijaksoilla.

Taulukko 1. Jäähdytysvesien virtaamat ja lämpötilat

	Kesä		Talvi	
	Virtaama (m ³ /s)	lämpötila (oC)	Virtaama (m ³ /s)	Lämpötila (oC)
sisään	3,3	15	2	5
ulos	1,4	32	1,3	32
	1,1	30	0,2	20
	0,5	40	0,5	30
CO ₂ komprimointi	0,25	30	0,25	30
Keskimääräinen muutos	3,55	17,02	2,25	23,6



Kuva 1. Mallihila kokonaisuudessaan vasemmalla sekä mittauspisteet ja biodieselilaitos tiheimmällä mallialueella.

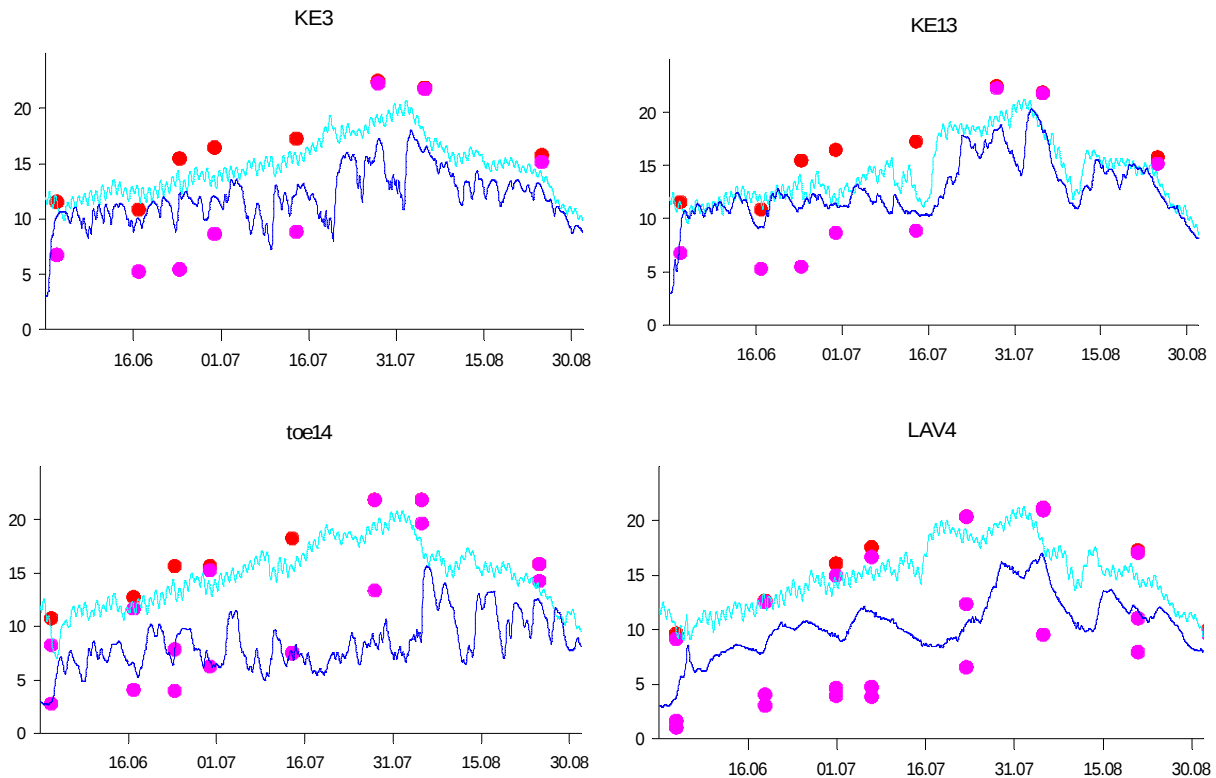
Mallilla laskettiin kaksi kolmen kuukauden ajanjaksoa, toinen kesällä 2003 ja toinen talvella 2003. Vuosi 2003 oli talvella keskimääräistä kylmempi ja kesällä lämpimämpi, joten jäähdytysvesien vaikutukset näkyvät selvemmin. Molemmista jaksoista simuloitiin lämpötilat sekä nykytilanteessa että biodieselilaitoksen toimiessa. Laitoksen vaikutus laskettiin vähentämällä kentät toisistaan.

3. Vertailut mittauksiloksiin

Virtausmallin toimivuuden varmistamiseksi simulointituloksia verrataan tutkittavan aiheen kannalta oleellisiin mittauksiloksiin. Kuvassa 2. on vertailtu mallin simuloimia lämpötiloja neljältä intensiiviasemalta mitattuihin lämpötiloihin. Mittauksilokset on saatu Suomen ympäristökeskuksen HERTTA -tietokannasta.

Malli kuvaa pintaveden lämpenemisen kesän aikana hyvin. Sekä simuloinneissa että mittauksissa kesän maksimilämpötilat saavutetaan elokuun alussa. Elokuun lopussa pintavesien lämpötila on laskenut kesäkuun alun lukemiin.

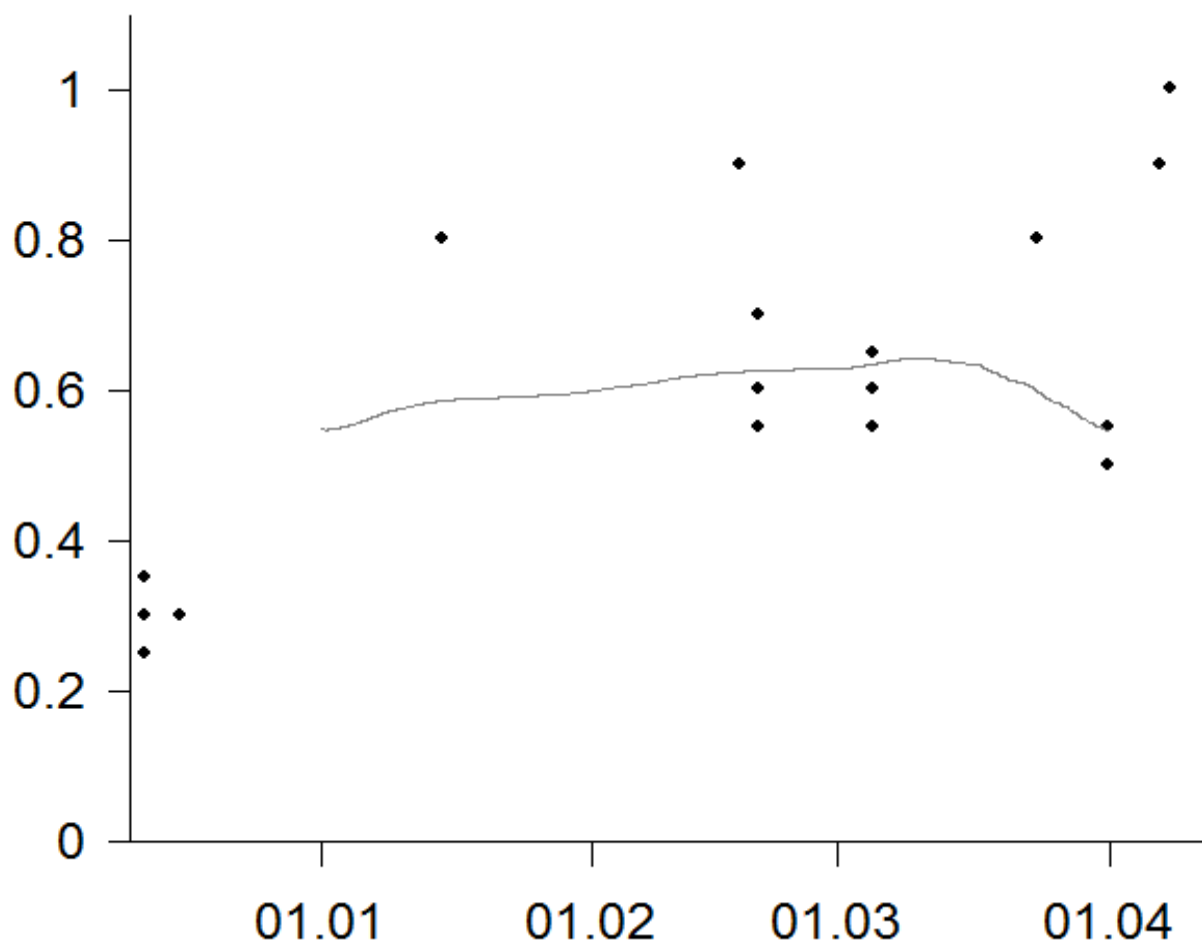
Matalilla mittauspisteillä KE3 ja KE13 pinta- ja pohjakerrosten välinen kerrostuneisuus häviää mittauksissa heinäkuun aikana. Näillä pisteillä kerrostuneisuus häviää mallissa heti simuloinnin alussa. Sen sijaan syvemmillä mittauspisteillä LAV4 ja TOE14 kerrostuneisuus säilyy selkeämmin loppukesään myös mallissa.



Kuva 2. Vertailu mittaustuloksiin. Vaaleansininen on simulointitulos pintakerroksesta, sininen simulointi pohjakerroksesta, punainen ympyrä on mittaus pintakerroksesta (0-1 m) ja violetti ympyrä mittaus yli neljän metrin syvyydeltä.

Talvijakson vertailut tehtiin jääpeitteeseen, jonka mittaustulokset saatiin samoilta pisteiltä HERTTA -tietokannasta. Kaikki mittaustulokset piirrettiin samaan kuvaan, sillä mallissa ei ole mukana jäiden liikkumista ja näin ollen se laskee syöttötietojen ja oman erotustarkkuutensa takia lähes samoja jäänpaksuuksia kaikille pisteille.

Simulointi aloitettiin vuoden 2003 alusta, jolloin jään alkuarvoksi arvioitiin mittauksista noin 55 cm. Talven aikana mitatuissa jäänpaksuuksissa oli paljon vaihtelua. Lähellä sijaitsevilla pisteillä jään paksuus saattoi erota yli puoli metriä. Mallin simulointitulos on lähellä alimpia mitattuja jäänpaksuuksia. Tämä kuvanee tilannetta, jossa jäät eivät ole liikkuneet ja lumikerros on ollut yhtenäisen paksu eriste kaikkialla.



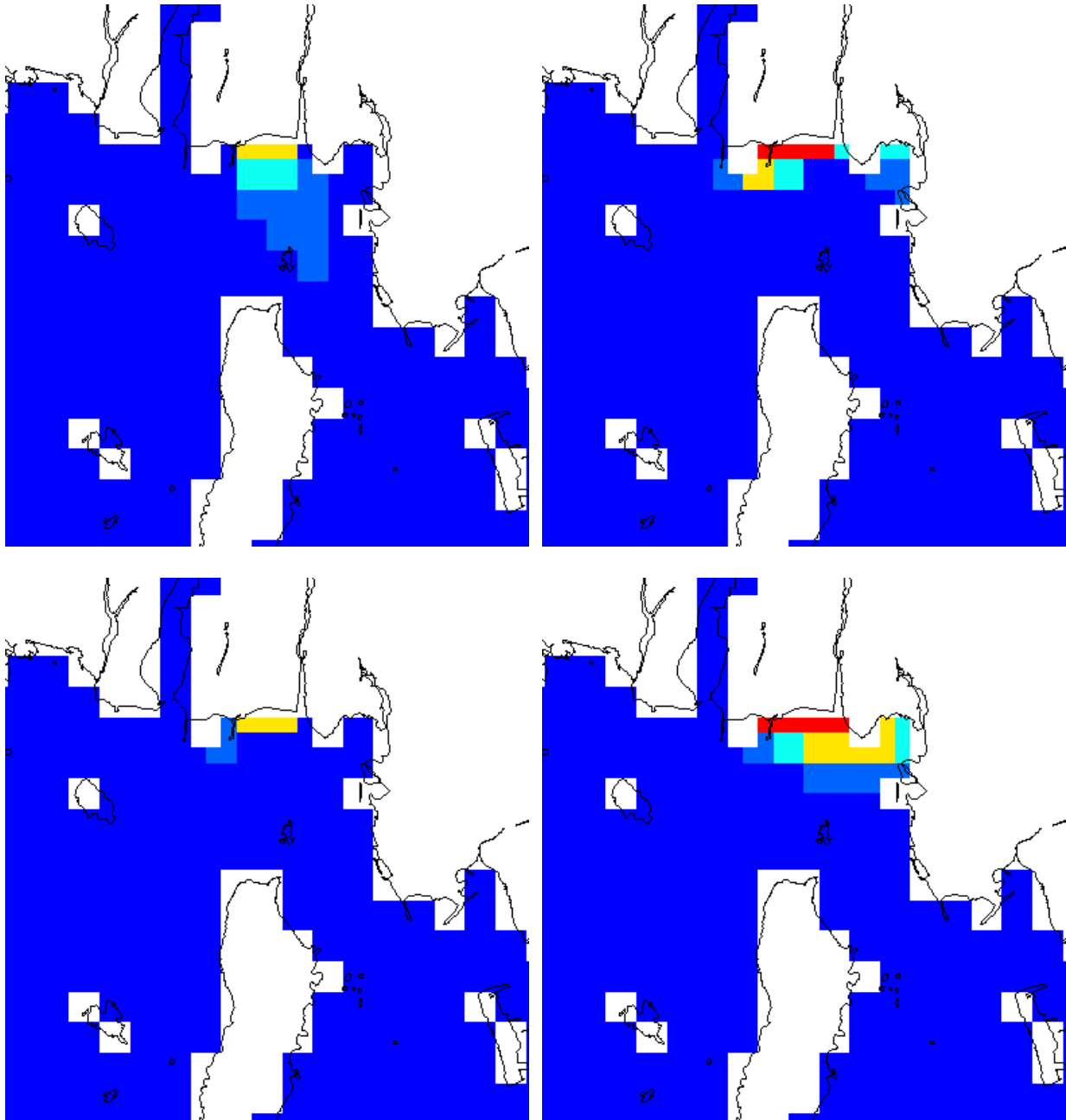
Kuva 3. Simuloidut ja mitatut jäänpaksuuden Kemin edustan intensiiviasemilla laskentajaksolla 1.1-1.4.2003.

3. Kesäaikaiset vaikutukset

Biodiesellaitoksen jäähdytysvesien kesäaikaisia vaikutuksia arvioitiin vakiotuulten sekä kesän keskimääräisten lämpötilamuutosten avulla. Mallin karkea resoluutio ei mahdollista purkuveden liikemäärän realistista huomioimista, joten lämpötilan muutos alueet voivat poiketa joitakin satoja metrejä. Lämpökuorman vaikutusalueen laajuudet malli pystyy simuloimaan tarkemmin.

Kuvassa 4. on esitetty lämpökuorman leviämistä vakiotuulilla. Vain pohjoistuulella lämpötilan nousu on yli, mittauksin havaittavan, yhden asteen lähes Selkäsaarelle asti. Muilla tuulen suunnilla lämpökuorma jää purkurannan tuntumaan ja on suurimmillaan 3-5 astetta noin puolen kilometrin etäisyydellä purkupaikasta.

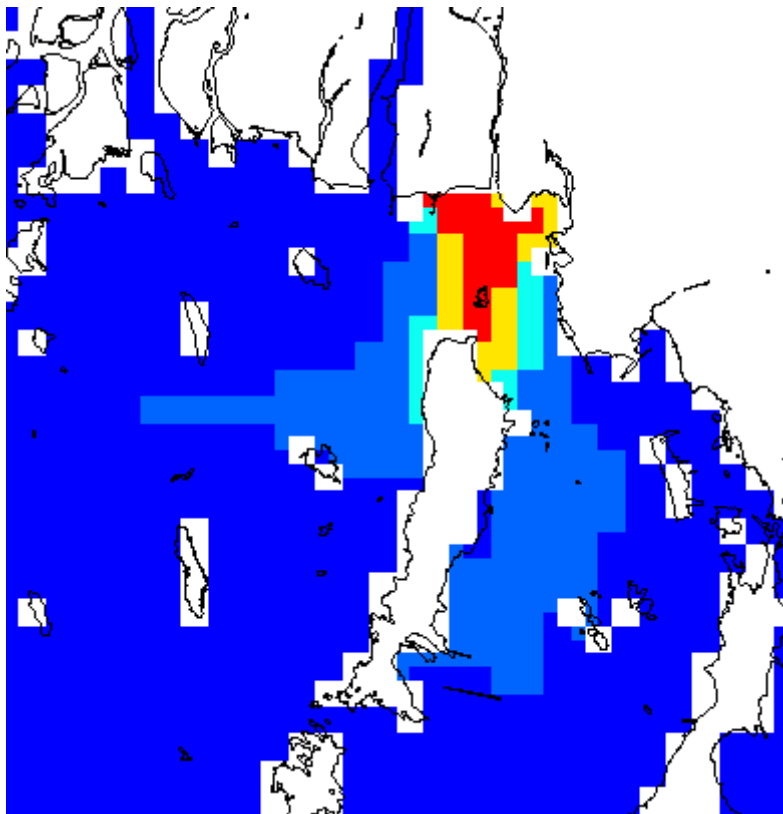
Kuvassa 5. on esitetty vaikutuksia tyynessä tilanteessa. Tyynellä kelillä lämpöä siirtyy huonosti ilmakehään ja vaikutusalueet ovat suurempia. Lämpötila nousee 3-5 astetta Selkäsaaren rannoille asti eli reilun kilometrin etäisyydellä purkukanavasta.



Lämpötilan nousu (°C)



Kuva 4. Lämpötilan nousu nykytilanteeseen verrattuna viikon pituisten vakiotuulijaksojen jälkeen. Vasemmalla ylhäällä pohjoistuuli, oikealla ylhäällä itätuuli, vasemmalla alhaalla etelätuuli ja oikealla alhaalla länsituuli. Tuulen nopeus kaikissa simuloinneissa oli 5 m/s.



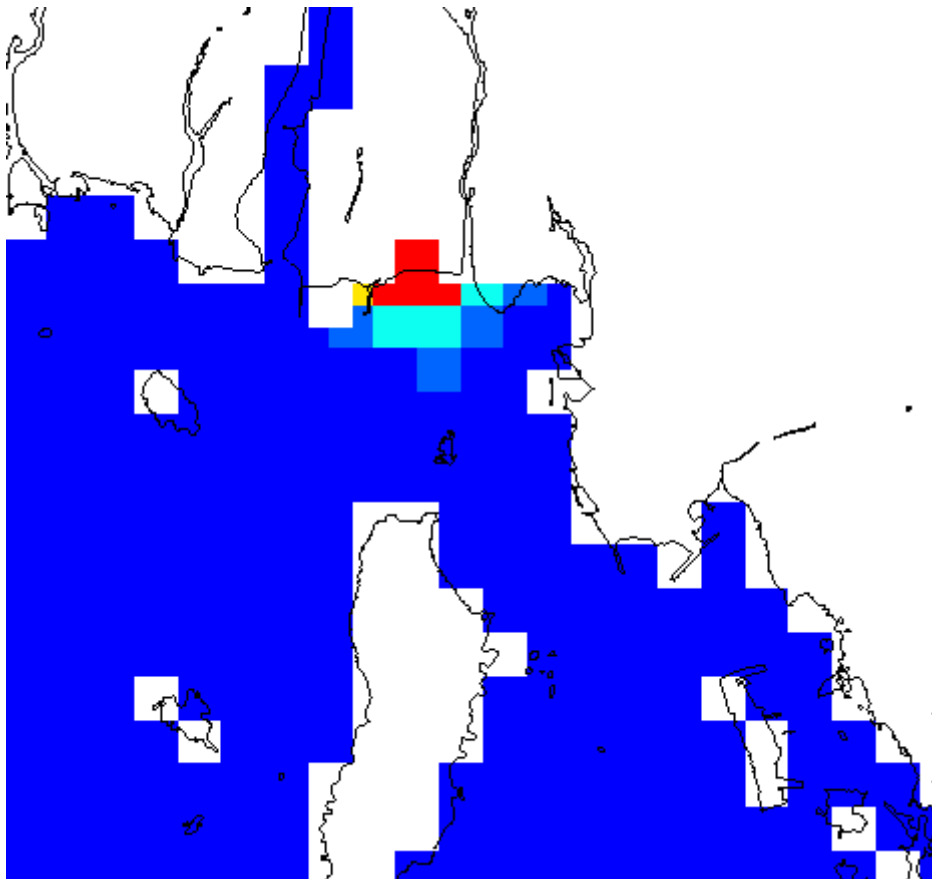
Lämpötilan nousu (°C)



Kuva 5. Lämpötilan nousu viikon tuulettoman jakson jälkeen.

Kasvillisuus ja eläinyhteisöt ovat yleensä hitaita reagoimaan hetkellisiin lämpötilamuutoksiin. Niiden kannalta kesän keskimääräisellä lämpötilalla on enemmän merkitystä. Seuraavan sivun kuvassa 5. on esitetty keskimääräinen lämpötilan muutos kolmen kuukauden laskentajakson aikana.

Simuloinnin perusteella lämpötila nousee purkupaikan lähialueella noin viisi astetta, puolen kilometrin etäisyydellä kaksi ja noin kilometrin etäisyydellä maksimissaan asteen. Purkuvesien liikemäärän tarkempi huomioiminen siirtäisi lämpövaikutusta joitakin satoja metrejä. Tuloksista voidaan kuitenkin arvioida, että mittauksin on hankala havaita lämpövaikutuksia noin 1 – 1,5 km:n etäisyydellä purkukanavasta.



Lämpötilan nousu (°C)



Kuva 6. Keskimääräinen lämpötilan nousu nykytilanteeseen verrattuna kesän 2003 simulointijaksolla 1.6-1.9.

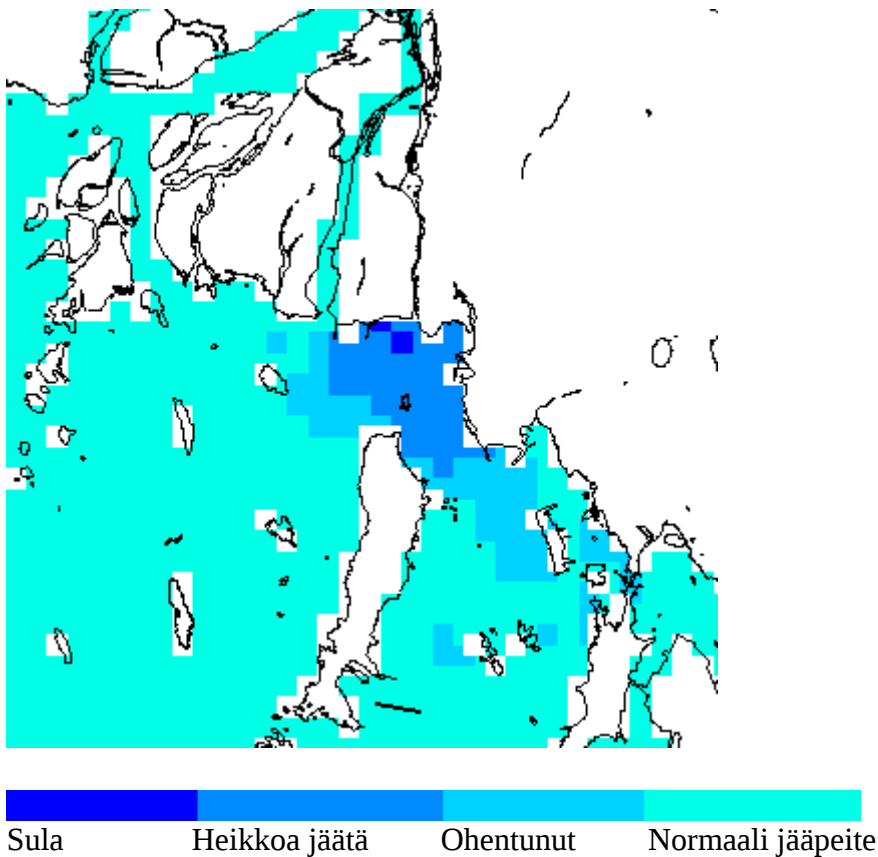
4.Talviaikaiset vaikutukset

Talvella tuuli ei pääse juurikaan jäädyttämään lämpimiä purkuvesiä, sillä Kemin edustalla jäätä ja lunta on keskimääräisinä talvina paljon. Lämpö pääsee leviämään kuten kesällä tyynessä tilanteessa laajalle alueelle. Talvella lämpimien purkuvesien synnyttämä kerrostuneisuus pysyy vielä kesää paremmin yllä, sillä talvinen merivesi on lämpötilansa takia tiheämpää kunnes jäähdytysvedet ovat viilenneet selvästi kymmenen asteen alapuolelle.

Suunnitellussa biodiesellaitoksessa talviaikainen jäähdytysveden mereen tuoma lämpömäärä on pienempi kuin kesällä, mutta lämpötila ero meriveteen on suurempi. Tällöin suuremman osa lämpökuormasta täytyy jäähtyä tai sulattaa jäätä, ennen kuin vesi on tasalämpöistä ympäristönsä kanssa.

Mallilla simuloitiin tilannetta ilman biodieselilaitosta sekä sen kanssa. Talvisimulointia laskettiin kolme kuukautta, jonka jälkeen vertailtiin lopputilanteita. Kuvassa 7. on esitetty eri tilanteiden väliset erot. Sulaa aluetta on simulointituloksissa vain noin yhden laskentaruudun verran, mutta heikon jään (jään paksuus joitakin senttejä) alue on laajuudeltaan noin kaksi neliökilometriä. Jäähdytysveden korkean lämpötilan takia se luovuttaa suurimman osan lämpömäärästään jään sulattamiseen. Jos jääkannella on puolimetriä hyvin eristävää lunta, ei vesi pääse tehokkaasti jäätymään uudelleen kovallakaan pakkasella.

Normaali jäätilanne säilyy noin kolmen kilometrin etäisyydellä purkukanavasta. Mallin karkean erotustarkkuuden takia jäähdytysvesien liikemäärää ei voida huomioida realistisesti. Mikäli liikemäärä otetaan simuloinneissa huomioon, voidaan heikon jään aluetta suunnata purkupaikalta joitakin kymmeniä asteita vaihtoehtoisin suuntiin purkuputken suuntausta vaihtelemalla.



Kuva 7. Lämpökuorman vaikutus jäähän verrattuna nykytilaan. Vertailu on tehty simulointijakson 1.1.-1.4.2004 lopputilanteisiin.

5. Yhteenveto

VAPO suunnittelee biodieselaitosta, jonka mahdollinen sijoituspaikka olisi Kemin edustalla. Laitoksen jäähdytysvesien vaikutuksia Kemin edustan merialueelle arvioitiin matemaattisella virtausmallilla. Perämeri -life hankkeen yhteydessä Kemin edustalle laadittiin mallisovellus, jota käytettiin simuloinnin pohjatietoina. Mallin horisontaali erotustarkkuus on 300 metriä, joten sillä ei pystytä arvioimaan purkupaikan lähialueen ilmiöitä. Vanhaa mallisovellusta apuna käyttäen saatiin normaalia pienemmällä työmäärällä arvio laajemmalta alueelta.

Kesäaikaan keskimääräinen pintalämpötilan nousu ylittää asteen alle yhden neliökilometrin kokoisella alueella ja kaksi astetta puolta pienemmällä alueella. Heikolla tuulella hetkelliset lämpötilamuutokset voivat olla noin kahden kilometrin etäisyydellä 3-5 astetta.

Talvella tarvittava jäähdytysveden määrä on pienempi, mutta lämpötila ero otto- ja purkuvesien välillä suurempi. Lämpimän jäähdytysveden täytyy viiletä paljon, ennen kuin sen tiheys muuttuu ympäristöä suuremmaksi noin neljään asteeseen ja sulatusvaikutus pienenee selvästi. Simuloinneissa sulan alueen koko jää pieneksi, joten suurin osa lämpökuormasta sulattaa jäätä. Kun jään päällä on paksu lumikerros eristämässä pakkasen vaikutukselta voi heikon jään alue kasvaa keväällä suureksi. Heikkoja jäitä voi esiintyä noin kahden kilometrin etäisyydellä purkupaikasta.

Viitteet

Korpinen P., Kiirikki M., Inkala A., Lauri H, 2004, Bothnian Bay 3D-water quality and ecosystem model: Technical Report

Suomen ympäristökeskus ,2010, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta