

# Aaltomittaukset ja aaltomallilaskelmat Helsingin rannikkovesillä

Tilannekatsaus 15.5.2013, Ilkka Vähäaho



15.5.2013

Ilkka Vähäaho, Kv-geo



Helsingin kaupunki  
Kiinteistövirasto

1

## Sisältö

1. Tutkimuksen tausta
2. Lyhyesti meriveden korkeusvaihteluista
3. Merivesitulvan riskialue Vantaan ja Helsingin rajalla
- 4. Aallonkorkeudet Helsingin rannikkovesillä**
5. Aaltomittaukset ja aaltomallilaskelmat tutkimuksen yhteenveto
6. Tulossa ...
7. Optio

15.5.2013

Ilkka Vähäaho, Kv-geo

2

# 1. Sopimus

- Aaltomittaukset ja aaltomallilaskelmat Helsingin rannikkovesillä -nimisen tutkimushankkeen toteuttaa Ilmatieteen laitos kiinteistöviraston geoteknisen osaston tilauksesta GEO 6756 / PM128031913 / 16.3.2012).

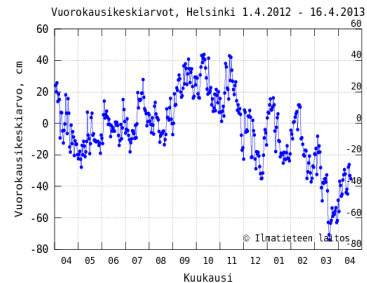
# 1. Projektia ohjaavaan työhön ovat osallistuneet

- Kiinteistövirastosta *Ilkka Vähäaho* (pj), *Osmo Korhonen* ja *Risto Niinimäki* (siht.)
- Kaupunkisuunnitteluvirastosta *Jouni Kilpinen*
- Helsingin satamasta *Hannu Kärki*
- Liikuntavirastosta *Turo Saarinen* ja *Hannu Airola*
- Pelastuslaitokselta *Jorma Lilja* ja *Mikael Siitonen*
- Rakennusvalvontavirastosta *Risto Nyberg*
- Aalto-yliopistosta *Martin Vermeer*
- Ilmatieteen laitokselta *Kimmo Kahma* ja *Kimmo Tikka*

## 2. Meriveden pinnan vaihtelut Helsingin rannikkovesillä

- Meriveden pinnan tieto saadaan Kaivopuiston rannassa olevan mareografin avulla
- Interpoloimalla Hanko – Helsinki – Hamina mareografien avulla saadaan meriveden pinnan korkeus laskettua muutamien senttien tarkkuudella esim. Verkkosaarella

<http://ilmatieteenlaitos.fi/vedenkorkeus>



– > **Tarvetta oman vedenkorkeuden havainnointiverkoston perustamiseen ei ole**

Poikkeuksena lahtien pohjat (Laajalahti, Huopalahti, Vanhankaupunginlahti, Vartiokylälahti, Porvarinlahti ja Östersundom), joissa tarvitaan lyhytaikaisia mittauksia ja mallilaskelmia

15.5.2013

Ilkka Vähäaho, Kv-geo

5

## 2. Vedenkorkeusennätykset

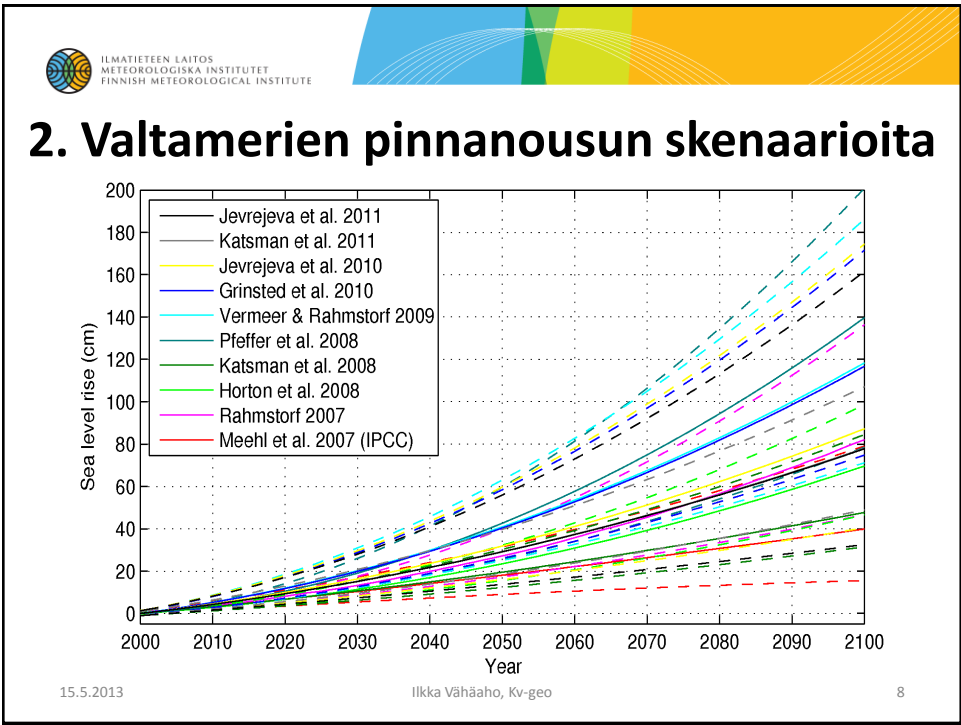
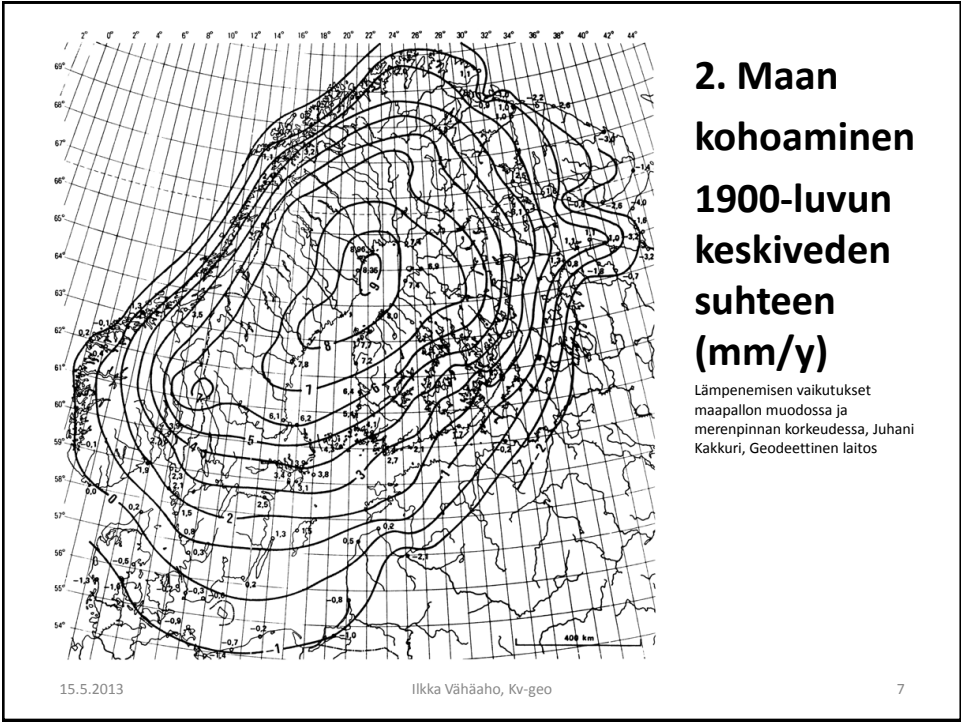
Asema	Maksimi	Minimi	Havaintoja vuodesta
1. Kemi	201	-125	1922
2. Oulu	183	-131	1922
3. Raahе	162	-129	1922
4. Pietarsaari	139	-113	1922
5. Vaasa	144	-100	1922
6. Kaskinen	148	-91	1926
7. Mäntyluoto	132	-80	1925
8. Rauma	123	-77	1933
9. Turku	130	-74	1922
10. Föglö	102	-71	1923
11. Hanko	132	-79	1887
12. <b>Helsinki</b>	<b>151</b>	<b>-93</b>	<b>1904</b>
13. Hamina	197	-116	1928

Taulukon vedenkorkeusarvot ovat cm teoreettisen keskiveden suhteen

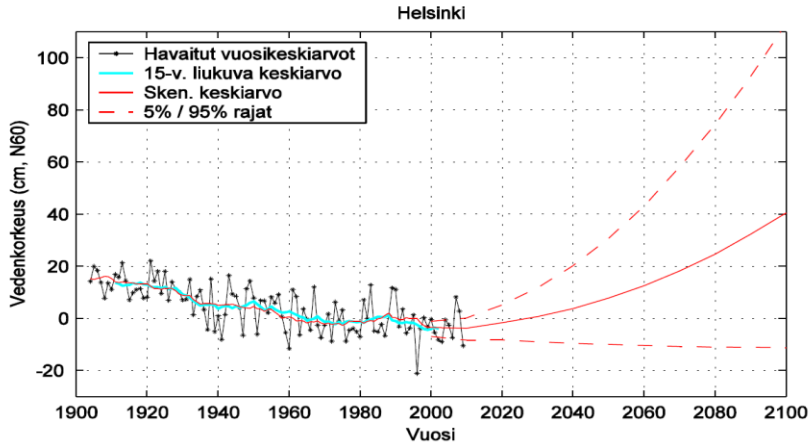
15.5.2013

Ilkka Vähäaho, Kv-geo

6



## 2. Keskiveden noususkenaario Helsinkiin



Tulvakorkeuteen vaikuttavat vielä muut tekijät, jotka lisäksi eivät pysy vakiona ajan mukana. Asia on melkoisen mutkikas.

## Reuters, 14 May 2013

- A melt of ice on Greenland and Antarctica is likely to be less severe than expected this century, limiting sea level rise to a maximum of 69 cm (27 inches), an international study said on Tuesday
- "This is good news" for those who have feared sharper rises, David Vaughan, of the British Antarctic Survey who led the ice2sea project, told Reuters in a telephone interview
- Ice2sea said a thaw of Antarctica, Greenland and glaciers from the Alps to the Andes would contribute between 3.5 and 36.8 cm to sea level rise this century. The fact that water expands as it warms would add another 13 to 32 cm, Vaughan said.

## 2. Nykyinen suositus alimmista tonttikorkeuksista Helsingissä

Korkeusjärjestelmä NN nollatason ero ko. järjestelmän nollatasoon (mm)	N43	N60	N2000	MW2000	MW2005	MW2010	MW2015
	0	-50	-305	-116	-112	-107	-102
Korkein havaittu merivesi (+ taso)	+1.40	+1.45	+1.70	+1.51	+1.51	+1.51	+1.50
Alin suositeltava tonttikorkeus (+ taso)	+3.00	+3.05	+3.31	+3.12	+3.11	+3.11	+3.10
Alin tonttikorkeus - Maksimi vedenkorkeus (m)	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60

15.5.2013

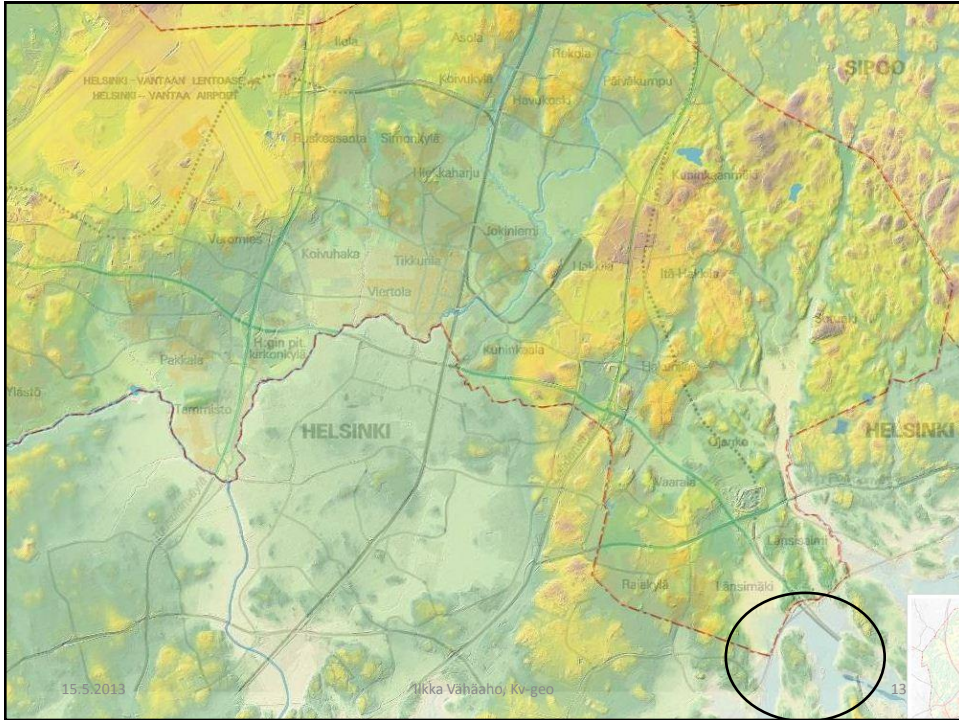
Ilkka Vähääho, Kv-geo

11

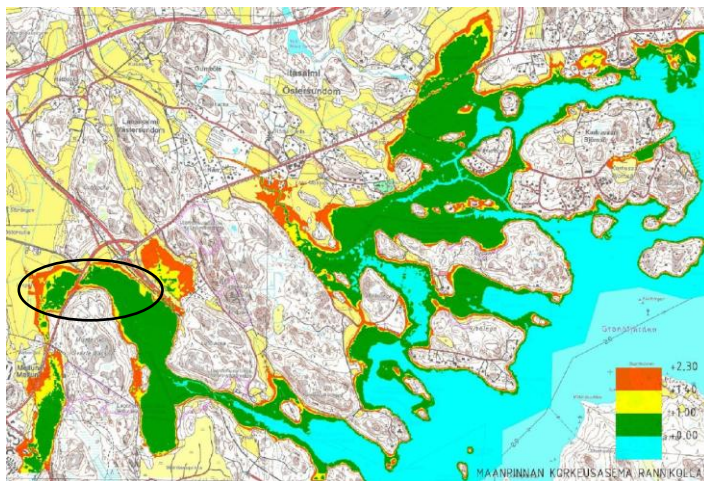
## 3. Esimerkki Vantaan ja Helsingin rajalta







### 3. Alustava tulvariskikartta ÖSTERSUNDOMIN YHTEINEN YLEISKAAVA LUONNOS 24.2.2011 (NN -järjestelmässä)



15.5.2013

Ilkka Vähäaho, Kv-geo

14

### 3. Tulvareitin kuviteltu suunta



15.5.2013

Ilkka Vähääho, Kv-geo

15

### 3. Merivesitulvan riskialue Vantaalla

---> Pitäisikö Itäväylästä tehdä pato?

---> Entä kanavan rakentaminen Mustavuoren "ympäri"?

+0.9 ●  
+2.7 ● ● +0.8

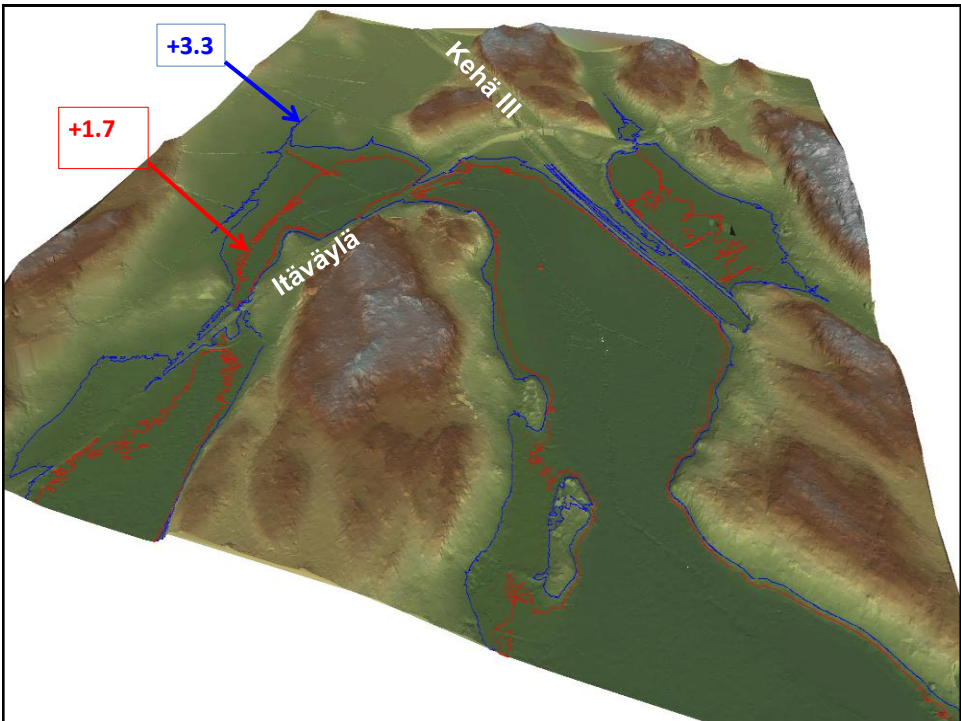
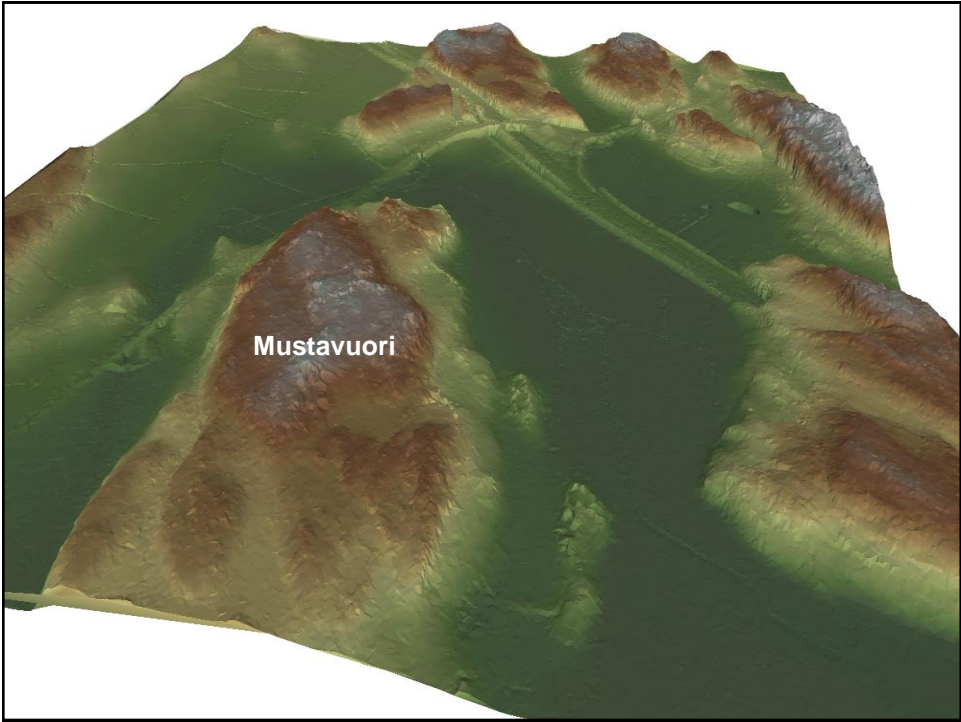
Korkein havaittu merivesi +1.7  
Alin suositeltava tonttikorkeus +3.3  
(N2000 -järjestelmässä)

15.5.2013

Ilkka Vähääho, Kv-geo

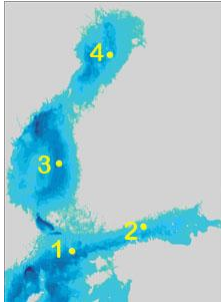
16





## 4. Merkitsevä aallonkorkeus

Ilmatieteen laitoksella on Itämerellä neljä poijua, joilla mitataan aallokkoa avovesikaudella



### Helsinki

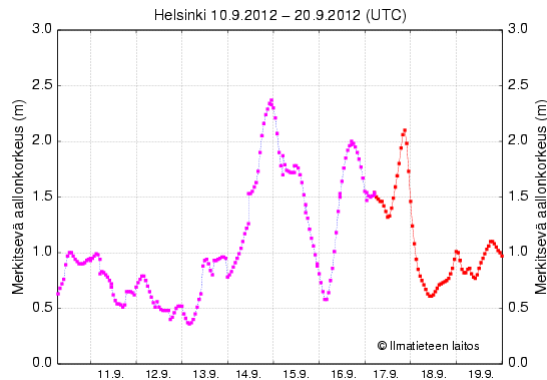
Laskettu aaltomallilla: 17.9.2012

klo 05:00 UTC

Merkitsevä aallonkorkeus: 1,5 m

Korkein yksittäinen aalto: 2,8 m

Pintaveden lämpötila: - °C



15.5.2013

Ilkka Vähäaho, Kv-geo

19

## 4. Merkitsevä aallonkorkeus $H_s$

- Aallonkorkeudella tarkoitetaan aallon pohjan ja huipun välistä korkeuseroa
- Epäsäännöllistä aallokon korkeutta kuvataan merkitsevällä aallonkorkeudella, joka vastaa likipitään silmin havaittavaa aallonkorkeutta tai syvässä vedessä aaltojen korkeimman kolmanneksen keskiarvoa. **Aaltomittauksista merkitsevä aallonkorkeus saadaan kertomalla aallokon energiaspektristä lasketun varianssin neliöjuuri neljällä.**
- Vaikka määritelmät kuulostavat hankalilta, vastaa merkitsevä aallonkorkeus hyvin merenkulkijoiden kokemaa aallokon korkeutta. Kannatta kuitenkin muistaa että **korkein yksittäinen aalto on liki kaksinkertainen merkitsevään aallonkorkeuteen nähden.**

15.5.2013

Ilkka Vähäaho, Kv-geo

20

## 4. Aaltoennätykset Itämerellä

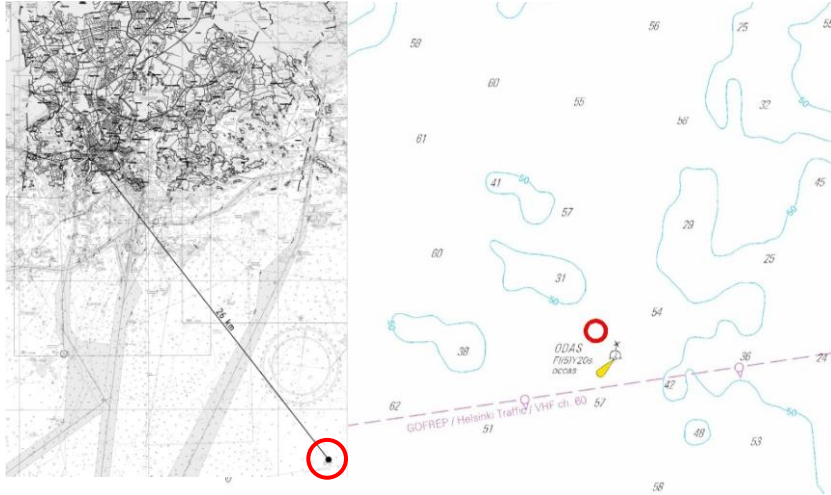
- 22.12.2004 **Itämeren pohjoisosassa** merkitsevä aallonkorkeus kasvoi Rafael- myrskyn aikana **8,2 metriin**. Korkein yksittäinen aalto oli tällöin **14 metriä**.
- Yli 7 metrin aallokkoa on mitattu useampaan kertaan.
- **Suomenlahdella**, Helsingin edustalla mitattiin 15.11.2001 ja 30.11.2012 merkitsevä aallonkorkeus **5,2 metriä**, korkeimman yksittäisen aallon ollessa **n. 9 metriä**. Tällä alueella sekä itä- että länsituuli voivat kasvattaa näin korkeita aaltoja, mutta tätä korkeammaksi ne eivät juuri pääse kasvamaan Suomenlahden pitkänomaisen muodon takia.

## 4. Meriveden aaltoilun mittaukset

Suomea ympäröivillä merialueilla aallokkoa on mitattu 1970-luvulta lähtien

- Helsingin poiju mittaa aallonkorkeutta avomerellä kohdassa, jossa vesisyvyys 53 metriä
- Sijainti 26 km kaakkoon Eiran rannasta (59°58 N 25°14 E)
- **Olosuhteet eivät vastaa Helsingin uusien merellisten aluerakennuskohteiden olosuhteita** - avomerellä aallokko on moninkertainen
- Kattavia aaltomittauksia on Helsingin alueella toistaiseksi tehty ainoastaan Vuosaaren sataman suunnittelua varten

## 4. Helsingin poijun sijainti



15.5.2013

Ilkka Vähäaho, Kv-geo

23

## 4. Stadin Snadin kasto 15.8.2012 vs. pelastuskomentaja Jorma Lilja



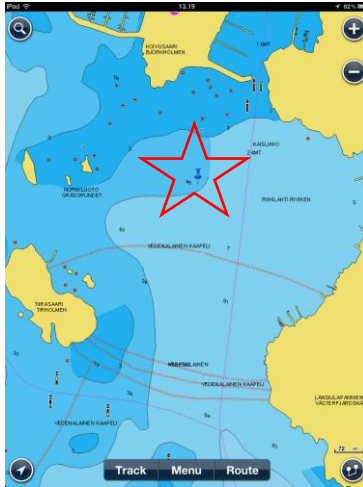
15.5.2013

Ilkka Vähäaho, Kv-geo

24

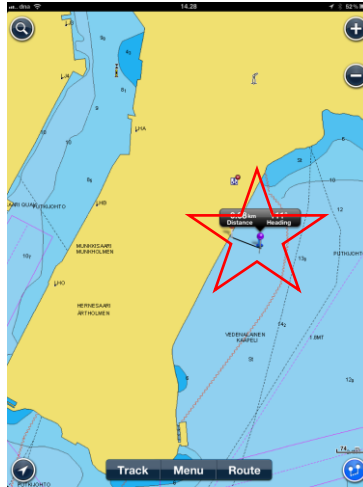


## 4. Mittauspaikat elo-syyskuussa 2012 Koivusaari ja Hernesaari



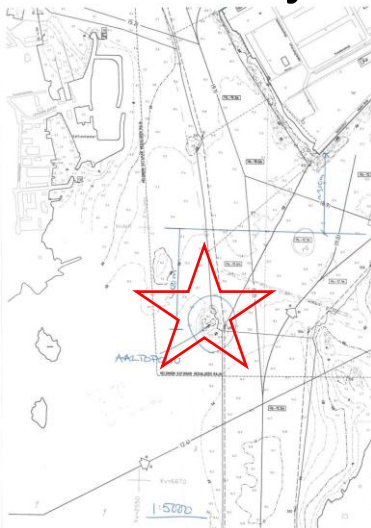
15.5.2013

Ilkka Vähäaho, Kv-geo



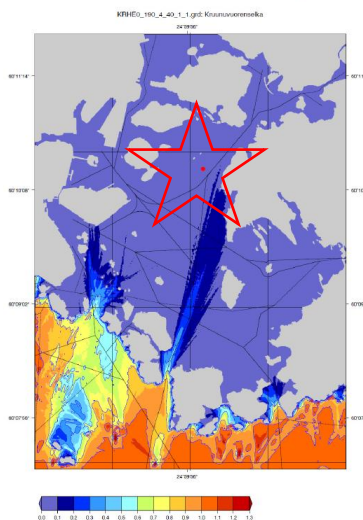
25

## 4. Mittauspaikat loka-marraskuussa 2012 Jätkäsaari ja Kruunuvuorenranta



15.5.2013

Ilkka Vähäaho, Kv-geo



26

## 4. Tutkimusohjelma

### Vuosi 2011:

- Luotaustietojen kokoaminen

### Vuosi 2012:

- Koko Helsingin rannikon refraktiomallin ajo, jolla saadaan lasketut arvot aallokon vaimenemiselle
- Väiliraportti ja kartasto lasketusta vaimenemisesta
- Aaltopojjun hankinta
- **Aaltomittaukset neljässä mittauspaikassa**, joissa kussakin mittausta enintään 30 vuorokautta.

### Vuosi 2013

- Vuoden 2012 mittausten perusteella kalibroidaan lasketut arvot
- Väiliraportti ja kartta valmistuneiden mittausten avulla kalibroiduista lasketuista arvoista
- **Aaltomittaukset kolmessa - neljässä mittauspaikassa**
- **Tuulimittaukset Kruunuvuorenselän aaltoilun mallintamiseen (sisävesiaallokko)**

### Vuosi 2014

- Vuoden 2013 mittausten perusteella kalibroidaan lasketut arvot.
- Väiliraportti ja kartta 2013 valmistuneiden mittausten avulla kalibroiduista lasketuista arvoista
- **Aaltomittaukset kahdessa - kolmessa mittauspaikassa**

### Vuosi 2015

- Vuoden 2014 mittausten perusteella kalibroidaan lasketut arvot
- Aallonkorkeuskartaston ja loppuraportin viimeistely

15.5.2013

Ilkka Vähäaho, Kv-geo

27

## 4. Ensimmäiset mittaustulokset

### Avomeren ja Koivusaaren aallokon suhde (%)

7.8.2012 15:30				
Helsingin poiju	merkittävä aallonkorkeus 2.19 m	aallokon suunta WSW		
Koivusaaren poiju	merkittävä aallonkorkeus 0.21 m	aallokon suunta S	10 %	
2.8.2012 11:30				
Helsingin poiju	merkittävä aallonkorkeus 0.89 m	aallokon suunta SWW		
Koivusaaren poiju	merkittävä aallonkorkeus 0.17 m	aallokon suunta S	19 %	
2.8.2012 12:00				
Helsingin poiju	merkittävä aallonkorkeus 0.95 m	aallokon suunta SWW		
Koivusaaren poiju	merkittävä aallonkorkeus 0.17 m	aallokon suunta S	18 %	
2.8.2012 14:30				
Helsingin poiju	merkittävä aallonkorkeus 0.70 m	aallokon suunta SSW		
Koivusaaren poiju	merkittävä aallonkorkeus 0.11 m	aallokon suunta S	16 %	
3.8.2012 12:30				
Helsingin poiju	merkittävä aallonkorkeus 0.33 m	aallokon suunta SW,SE		
Koivusaaren poiju	merkittävä aallonkorkeus 0.09 m	aallokon suunta S	27 %	
4.8.2012 9:30				
Helsingin poiju	merkittävä aallonkorkeus 0.67 m	aallokon suunta WSW		
Koivusaaren poiju	merkittävä aallonkorkeus 0.05 m	aallokon suunta S	7 %	
4.8.2012 14:00				
Helsingin poiju	merkittävä aallonkorkeus 1.45 m	aallokon suunta SWW		
Koivusaaren poiju	merkittävä aallonkorkeus 0.14 m	aallokon suunta S	10 %	
4.8.2012 17:00				
Helsingin poiju	merkittävä aallonkorkeus 1.22 m	aallokon suunta WSW		
Koivusaaren poiju	merkittävä aallonkorkeus 0.12 m	aallokon suunta S	10 %	
8.8.2012 9:00				
Helsingin poiju	merkittävä aallonkorkeus 1.00 m	aallokon suunta SW		
Koivusaaren poiju	merkittävä aallonkorkeus 0.12 m	aallokon suunta S	12 %	
1.8.2012 13:00				
Helsingin poiju	merkittävä aallonkorkeus 0.81 m	aallokon suunta SW		
Koivusaaren poiju	merkittävä aallonkorkeus 0.16 m	aallokon suunta S	20 %	

15.5.2013

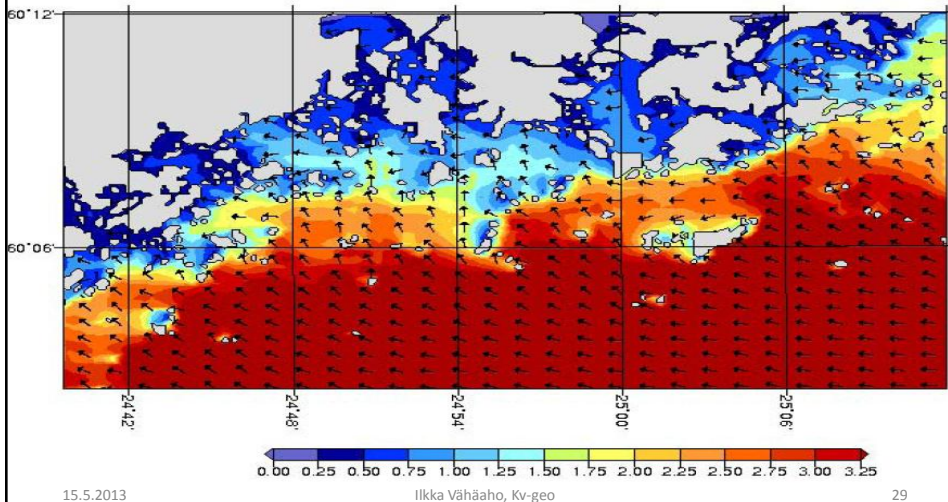
Ilkka Vähäaho, Kv-geo

28

## 4. Aallokon vaimeneminen WAM-aaltomallilla laskettuna

Merkitsevä aallonkorkeus avomerellä on yli 5 m

30.11.2012 03:30



## 4. Helsingin poiju vs. Stadin Snadi

<http://ilmatieteenlaitos.fi/aallonkorkeus>

Northern Baltic Proper 59°15'N 21°00'E  
Significant wave height: 2.2 m  
Highest individual wave: 4.0 m  
Sea surface temperature: 9.2 °C  
20.11.2012 14:00 UTC

**Helsinki 59°58'N 25°14'E**  
Significant wave height: **2.2 m**  
Highest individual wave: 3.8 m  
20.11.2012 14:41 UTC

Bothnian Sea 61°48'N 20°14'E  
Significant wave height: 2.3 m  
Highest individual wave: 4.2 m  
20.11.2012 14:00 UTC

Bay of Bothnia 64°41.0'N 23°14.5'E  
Significant wave height: 0.9 m  
Highest individual wave: 1.7 m  
20.11.2012 10:30 UTC

<http://haavi.fimr.fi/wr/snadi/snadi.html>

**Stadin Snadi**  
Merkitsevä aallonkorkeus: **0.569 m**  
Aallokon suunta (dir [deg]): 133.6  
Meriveden lämpötila ([C]): 6.05  
**Sijainti** 60o 10.35'N 25o 0.276'E  
2012-11-20T17h22B/2012-11-  
20T17:22:34.000+02:00

\*) UTC-aika on 2 tuntia jäljessä normaalista Suomen ajasta ja 3 tuntia jäljessä kesäajasta.

15.5.2013

Ilkka Vähäaho, Kv-geo

30

## 4. Mittausohjelma vuosille 2012-13

- Vuoden 2012 painopistealueeksi määritettiin Helsingin vesialueen länsiosat **Jätkäsaari, Hernesaari, Koivusaari ja lisäksi Kruunuvuorenranta**
- Vuoden 2013 kohteita ovat **Karhusaari** (elokuu), **Vartiosaari** (syyskuu), **Kruunuvuorenselkä** uudelleen, alueena Vasikkasaaren länsipuoli - öljy-sataman edusta (lokakuu) ja sään salliessa **Villinki** (marraskuu)
- Vanhankaupunginlahden osalta on olemassa vanhaa mittausaineistoa, jonka avulla uskotaan pärjättävän ilman lisämittauksia

## 5. Aaltomittaukset ja aaltomallilaskelmat tutkimuksen yhteenveto

- Tavoitteena saada koko Helsingin rannikon aallonkorkeuskartasto (= **yksilöllinen arvo kullekin kaistalle**)
- Tutkimuksen kesto 2011-2015
- Helsingin rannikon aallonkorkeudet ovat alle 50 % avomerellä Helsingin edustalla sijaitsevaan poijuun verrattuna
- Rannan muodolla ja vesisyvyydellä on ratkaiseva merkitys aallokon korkeuteen
- Jyrkissä rannoissa<sup>1)</sup> (käytännössä kaikki Helsingin rannat):
  - **Yhtenäinen vesi nousee ainakin<sup>2)</sup> tasolle 2\*Hs**
  - Roiskeet nousevat paljon korkeammalle

1) Jyrkkänä rantana, joka vahvistaa aaltoja/roiskeita, voidaan pitää rantaa, jonka jyrkkyys on 1:3 tai jyrkempi

2) 2\*Hs on voimassa kun jyrkkä ranta alkaa syvästä vedestä ja se on alaraja suurimmalle yhtenäiselle vedelle. Nousu on suurempi, jos ennen jyrkkää rantaa aallonpituuden puoliskon matkalla pohja ehti nousta riittävästi. Nousukorkeus Hs:ään verrattuna on siten aallon periodin ja veden syvyyden epälineaarinen funktio.



## 6. Tulossa ...

- Vuonna 2013 uudet valtakunnalliset 100 vuoden arvot merenpinnan tasoista (sisältää ennusteen kasvihuoneilmiön vaikutuksesta + ”luonnollisen” vaihtelun)
- Vuonna 2015 Helsingin rannikkovesistä mittauksiin perustuvat mallit aaltoilusta
  - Tarvitaan vielä **merenpinnan korkeuden ja aallokon paikkakohtaiset yhdistelmät** (kyseessä ei ole yhteenlasku vaan todennäköisyys ...)

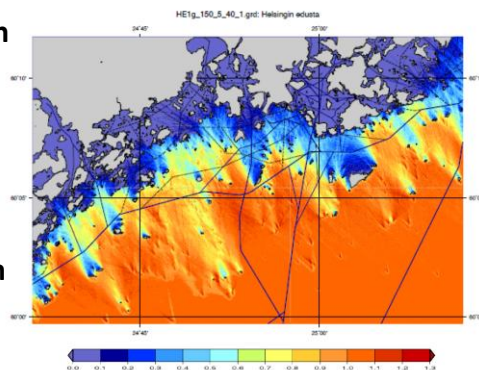
15.5.2013

Ilkka Vähäaho, Kv-geo

33

## 7. Optio

- **Projektin loppuksi hankitaan iso aaltopoiju pysyvään Helsingin lähivesien aaltoilumittaukseen**
- **Tieto voidaan linkittää nettiin ja siihen voidaan liittää myös automaattinen varoitusjärjestelmä Helsingin ulkosaariston lähistöllä liikennöiville pienveneille**



15.5.2013

Ilkka Vähäaho, Kv-geo

34

***Eino Leino:  
"Tuima on tuuli ja pimeä on taivo,  
suuri on ulapalla aaltojen raivo."***



15.5.2013

Ilkka Vähäaho, Kv-geo

35