



Operatiivsed meremõõtmised Eestis

minevik, olevik ja mõtteid tulevikuks

Tarmo Kõuts
TTÜ Meresüsteemide Instituut

Konverents Vesi ja Kliima
23.Märts 2011

Operatiivsed meremõõtmised / Operatiivokeanograafia/

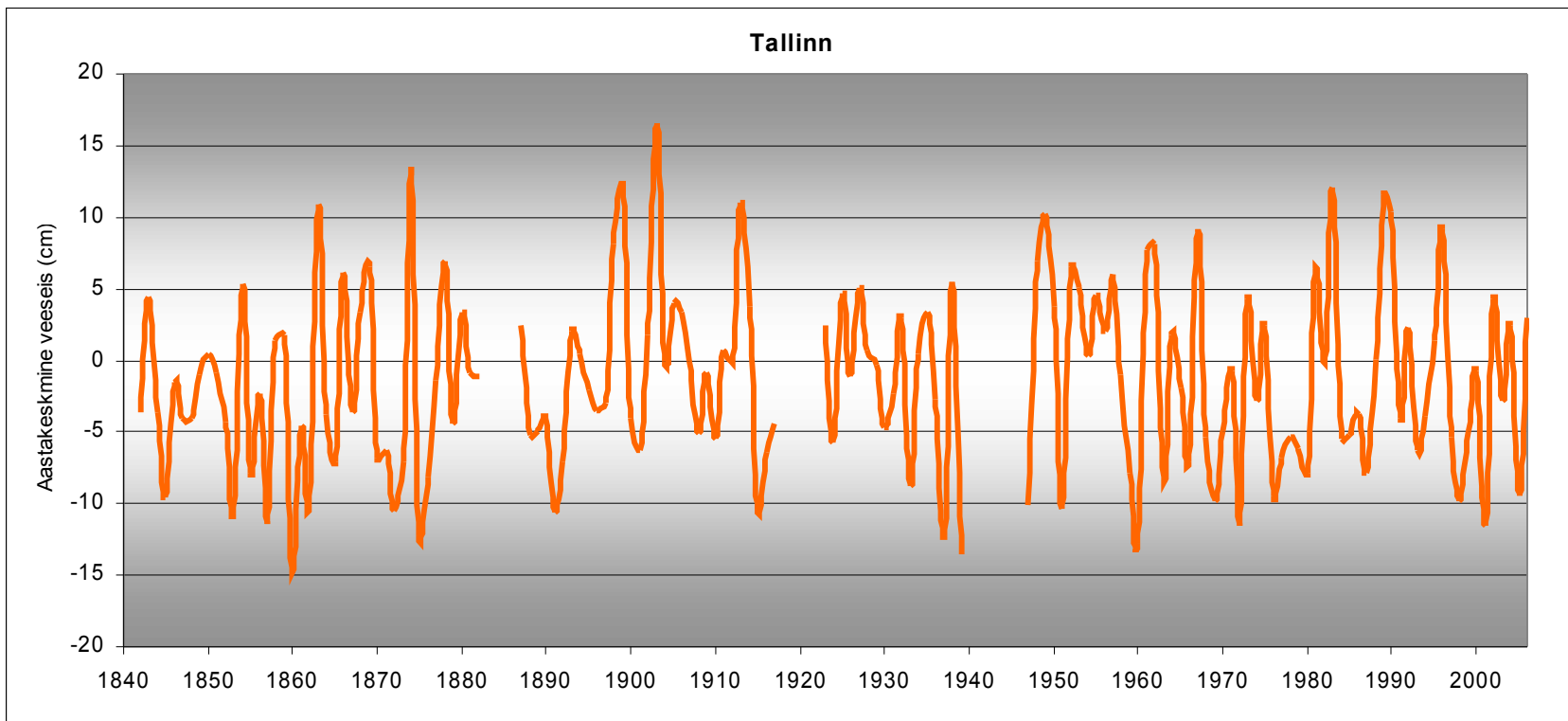
Pikemaajalise kestvusega, süstemaatilised pidevmõõtmised meredes, ookeanides ja atmosfääris, mõõtetulemuste kiire interpreteerimine ja levitamine

Operational Oceanography can be defined as the activity of systematic and long-term routine measurements of the seas and oceans and atmosphere, and their rapid interpretation and dissemination

EuroGOOS

- automatiseeritud mõõtesüsteemid
- pidevmõõtmine (aastaringne)
- ajaline intervall mõõtmistes <1tund, tavaliselt 5-10 minutit
- reaajas andmeülekanne, viide >1 tund, siis lähiooperatiivne
- mõõtesüsteemide perioodiline kalibreerimine
- andmete kvaliteedikontroll (reaajas)

Tallinna meretaseme ajarida on üks vanematest jätkuvatest andmeridadest maailmas!!!

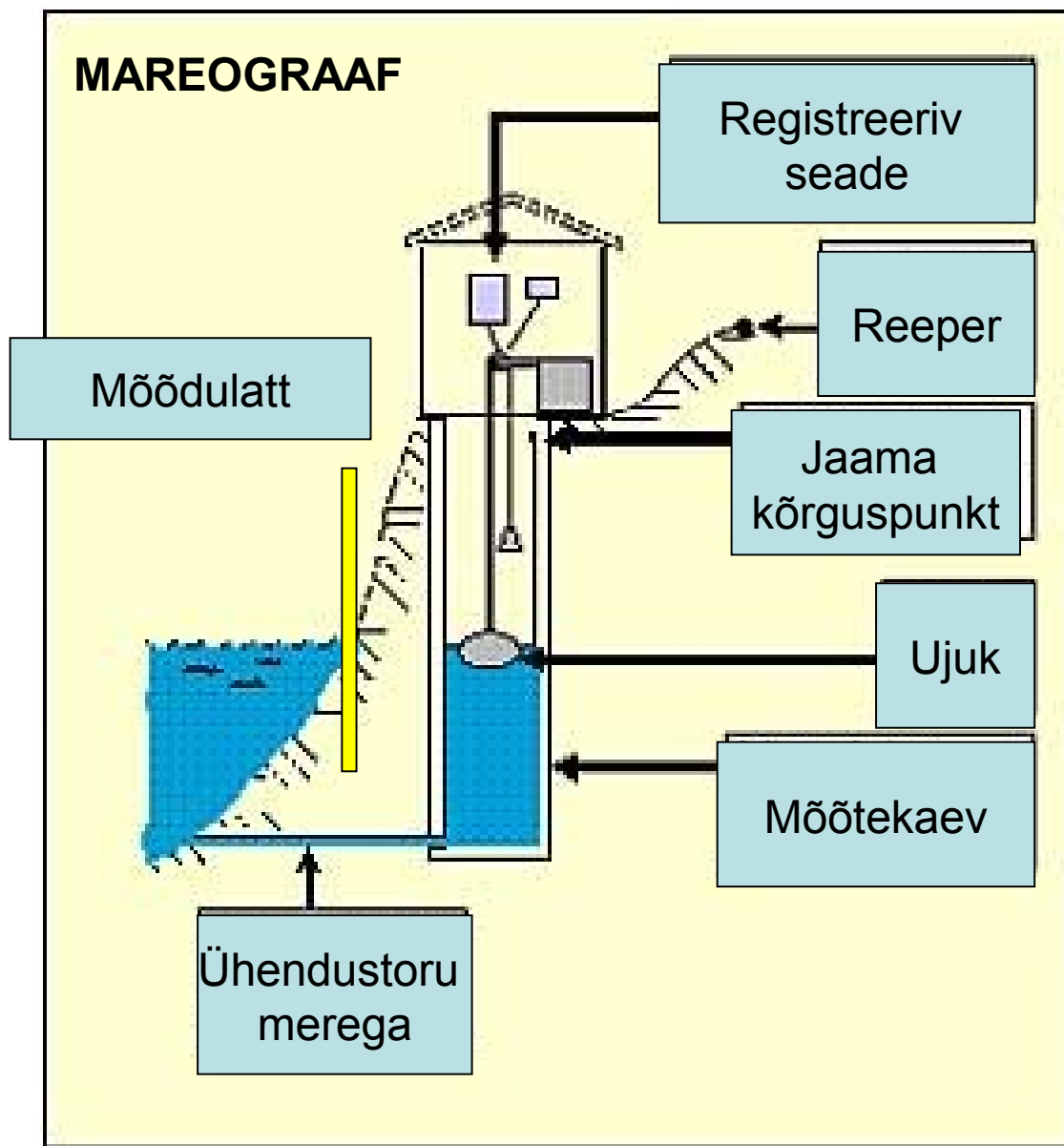


Stockholm 1777

Kroonlinn 1805

Meretaseme mõõtmine

1842 – 199?



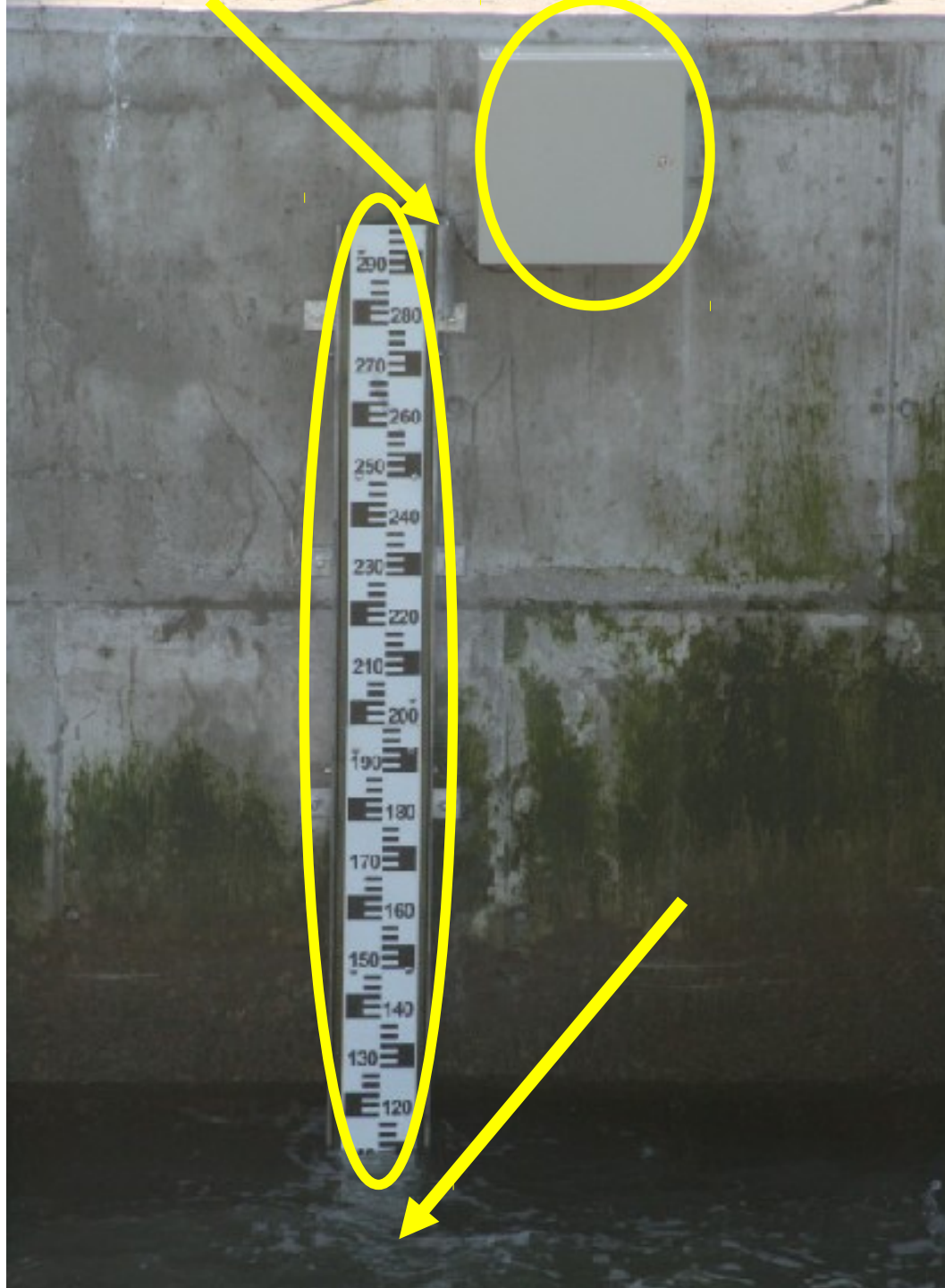
Mareograafi lugemid int 1t
Mõõdulatt 6 ja 12t int



Pärnu
9. Jaanuar 2005



**MERETASEME
MÕÕTEJAAM**



MERETASEME MÕÕTEJAAM mõõtmised aastaringsest



RÖHUANDURID

(piesotakistuslikud)

KELLER AG für Druckmesstechnik
<http://www.keller-druck.com/>



Keller 36XW



Keller PR-46X

INDIVIDUAALSELT KALIBREERITUD

Prüfprotokoll

Calibration certificate / Fiche de calibration

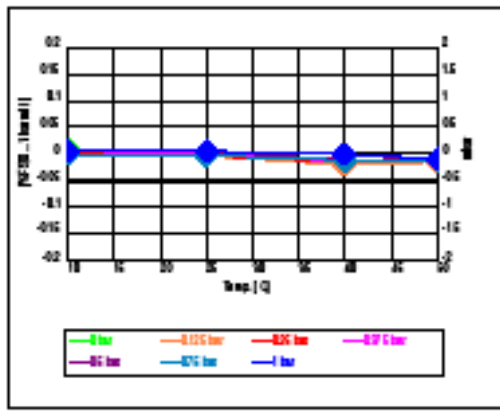
Typ :	PR-46X/5mH ₂ O/81960.50			
Type / Type:				
Seriennummer :	30715		Produkt Nummer : 244630.0110	
Serial no. / No. de serie :			Produkt no. / No. de produit :	
Messbereich :	0	...	1	bar rel
Measurement range / Etendue de mesure :				
Komp. Temp. Bereich :	10	...	50	°C
Comp. temp. range / Gamme de temp. comp.				
Speisung :	8	...	28	V
Supply / Alimentation :				
Ausgangssignal :	4	...	20	mA
Output signal / Signal de sortie :	0	...	5	mH ₂ O
Anschluss :	Kabel-Cable			
Connector / Connecteur :				
	WH	:	OUT/GND	
	BK	:	+Vcc	
	BU	:	RS 485A	
	YE	:	RS 485B	

Bemerkung :

Remark / Remarque :

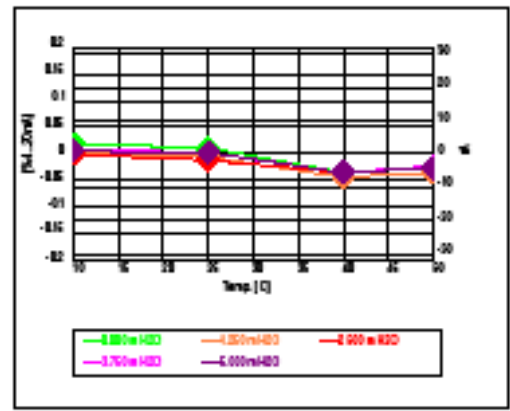
Abweichung Messbereich (digital)

Deviation measurement range / Deviation étendue de mesure



Abweichung analoges Ausgangssignal

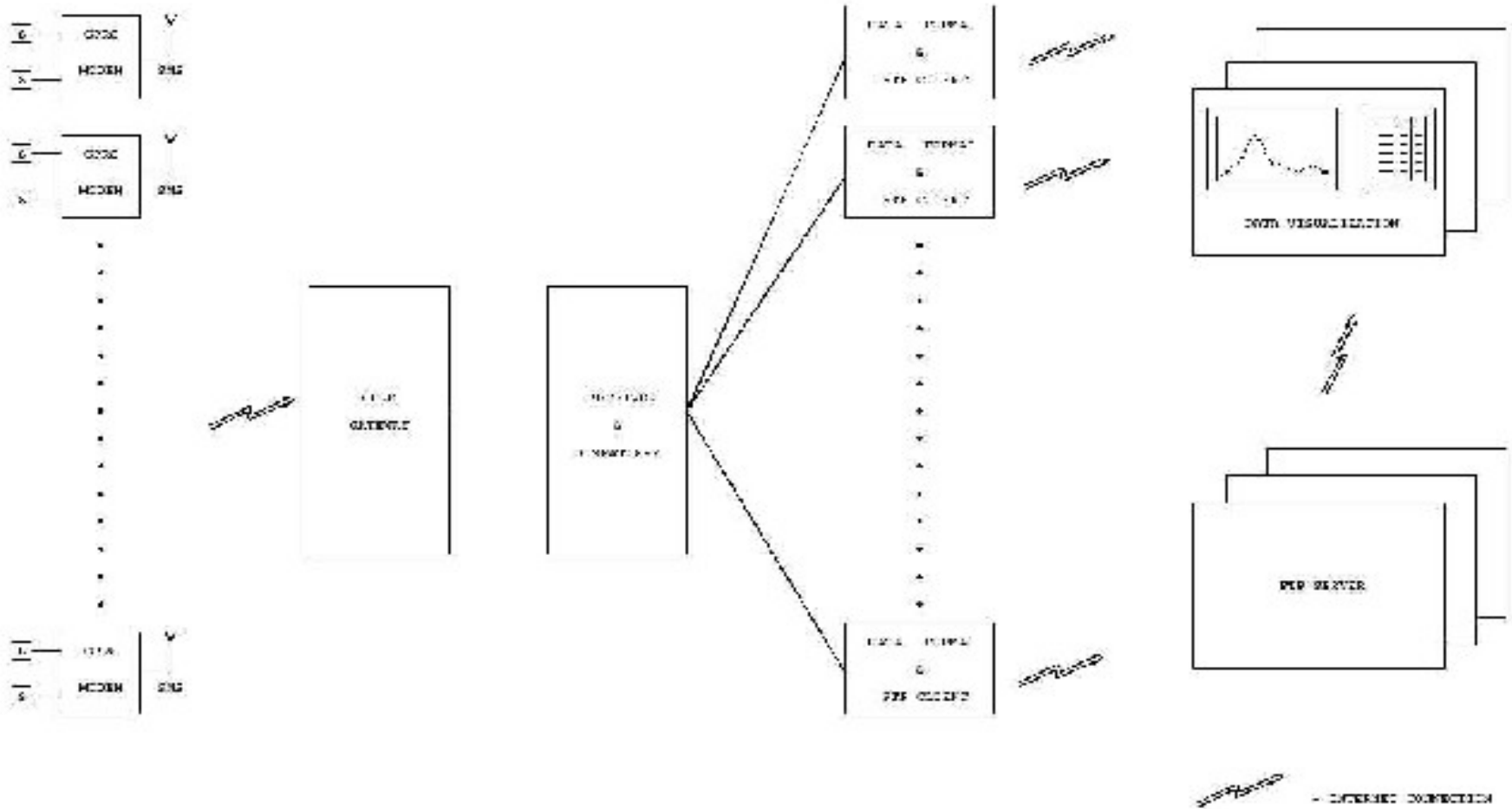
Deviation analog output signal / Deviation signal de sortie



Linearitätsfehler:	-0.005	-0.010	%FS(Lbfs)	@ 25 °C
Linearity error / Erreur de linéarité:				
Totales Fehlerband :	-0.019 ... 0.010 %FS	-0.043 ... 0.021 %FS	@ 10 ... 50	°C
Accuracy (TEB) / Erreur total :				
PrüferIn :	MDC		Datum :	10.07.2009
Test person / Contrôle par :			Date / Date :	

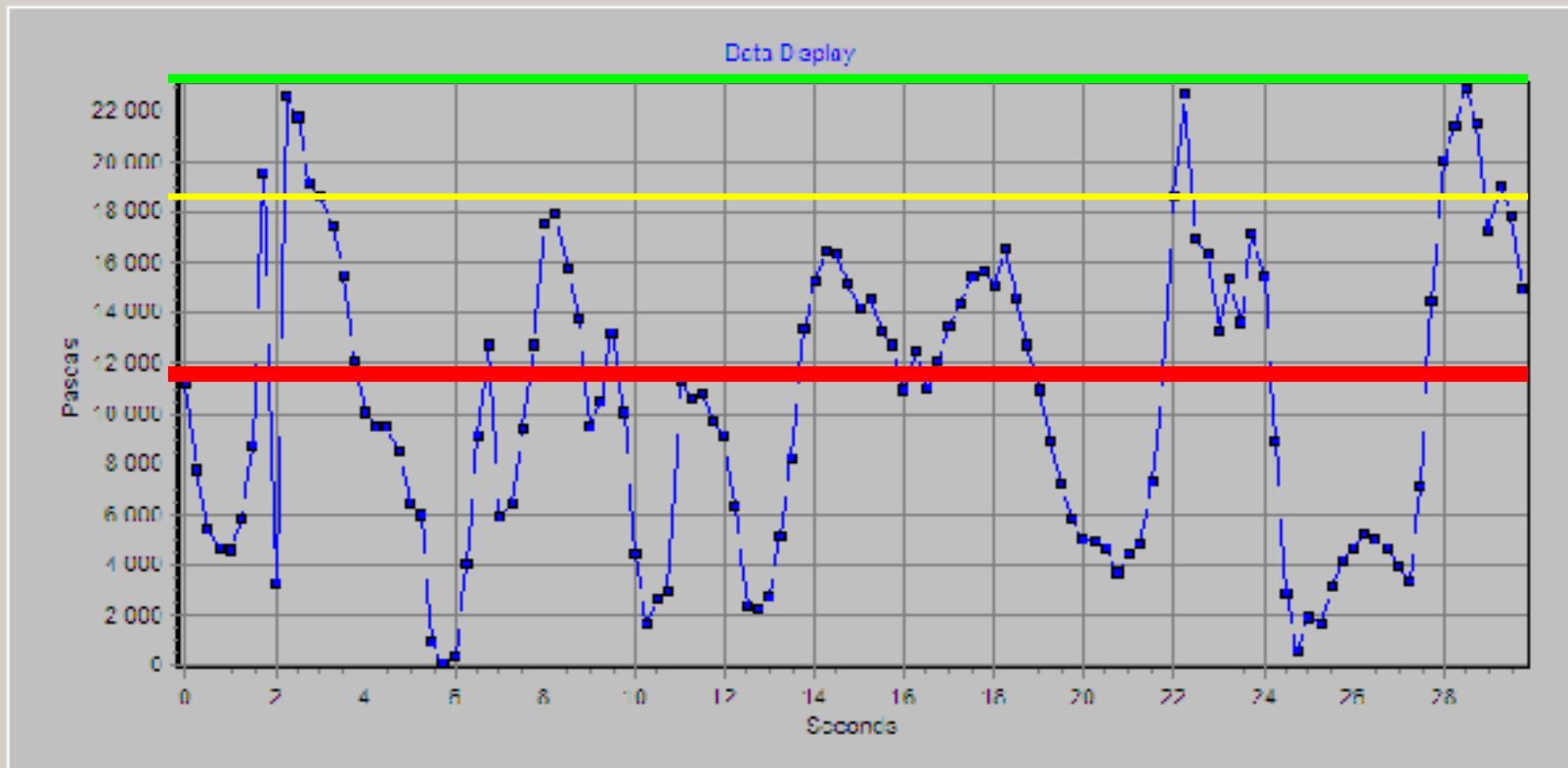
MERETASEME INFOSÜSTEEM

DATA FLOW DIAGRAM



TOORANDMED

C:\Work\RTU\TallinnMeditsiini\Hercules\23nov2010\h.csv



Max	MaxPos	Min	MinPos	Height	Period	Used
19594	1.6	9237	2.0	16357	0.5	*
22561	2.3	9448	4.3	13133	4.0	*
9493	4.0	89	5.8	9394	2.5	*
12755	6.6	5847	7.0	6908	0.5	*
17575	8.3	9467	9.0	8508	1.5	*
13152	9.0	1609	13.3	11583	1.5	*
11285	11.0	10647	11.3	638	0.5	*
10772	11.5	2210	12.8	8562	2.5	*
16478	14.3	14233	13.0	2245	1.5	*
14517	15.3	10959	15.0	3558	1.5	*

Mean Water Level [Pa] 10495
Mean Wave Height [Pa] 10E14 (from 11 samples over 413E)
Mean Wave Period [s] 2.0
Max Wave Height [Pa] 16E45

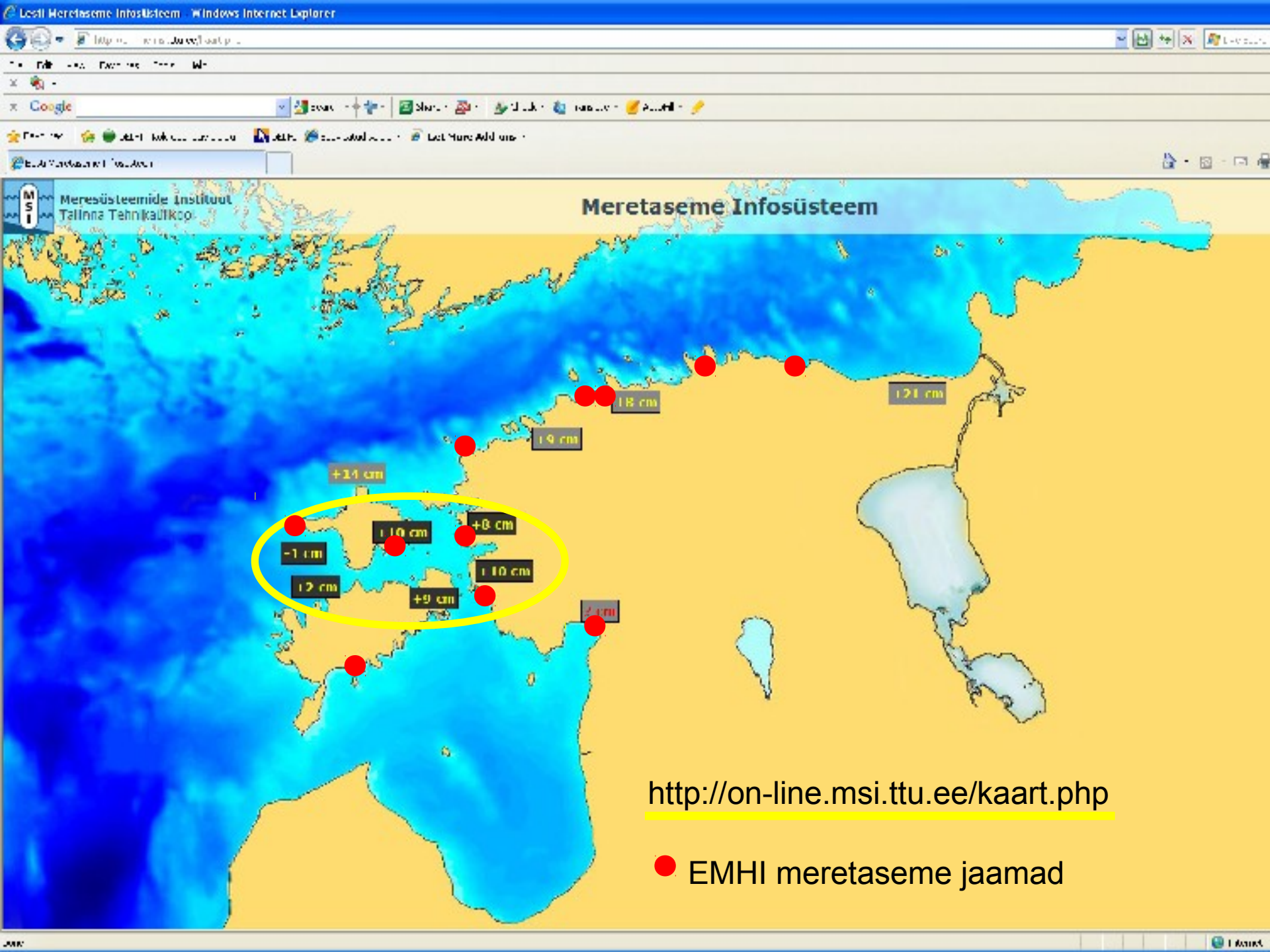
- 1118E
- 7777
- 5400
- 4573
- 4590
- 5316
- 3777
- 13594
- 3237
- 27781
- 21747
- 13157
- 13765
- 17187
- 15407
- 17107
- 1000E
- 3440
- 3493
- 3514
- 3400
- 3461
- 313
- 33
- 353
- 1317
- 3130
- 1775E
- 3317
- 3400
- 3409
- 1273E
- 1751C
- 1797E
- 1571E
- 1375C
- 3467
- 1346L
- 1313C
- 13004

Recv

Close

☒ Show Points

Save to text file

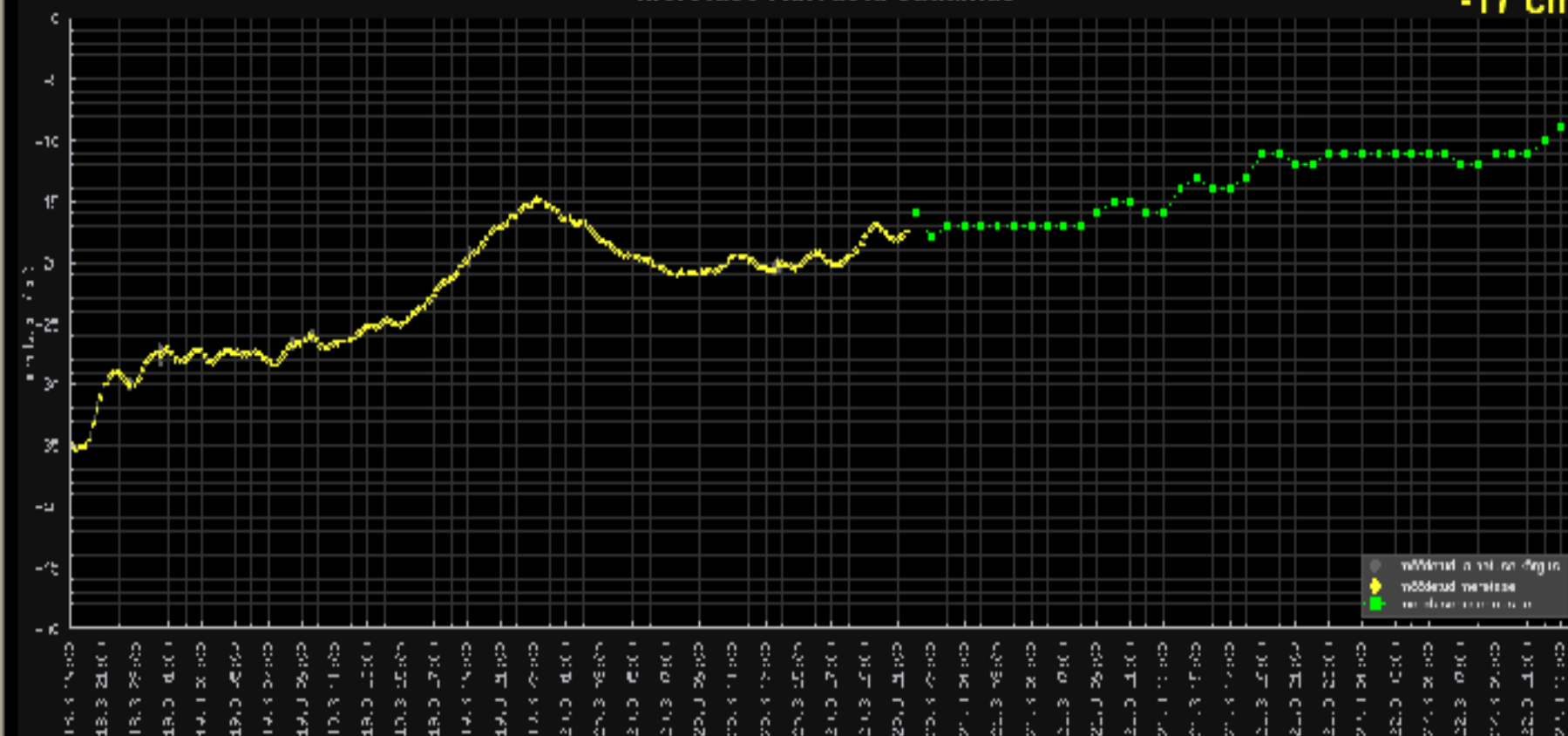


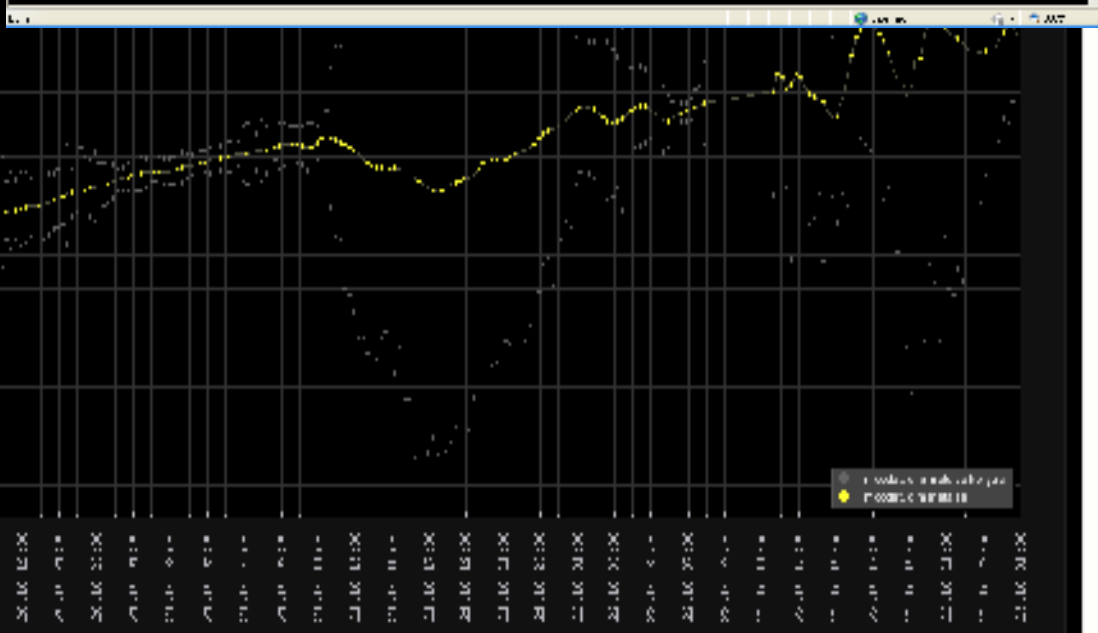
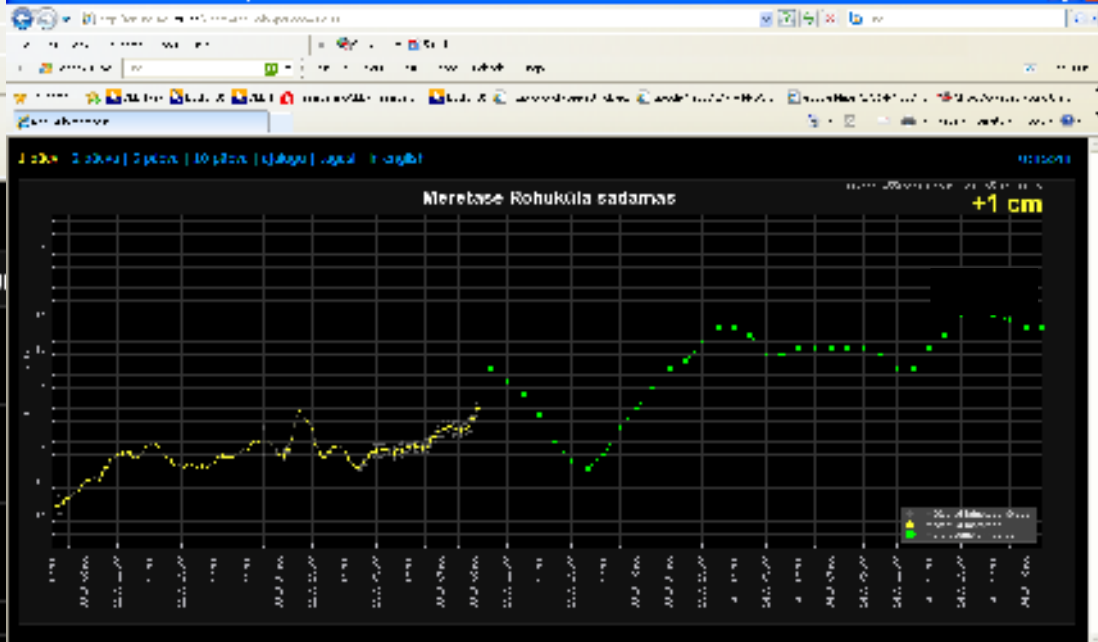
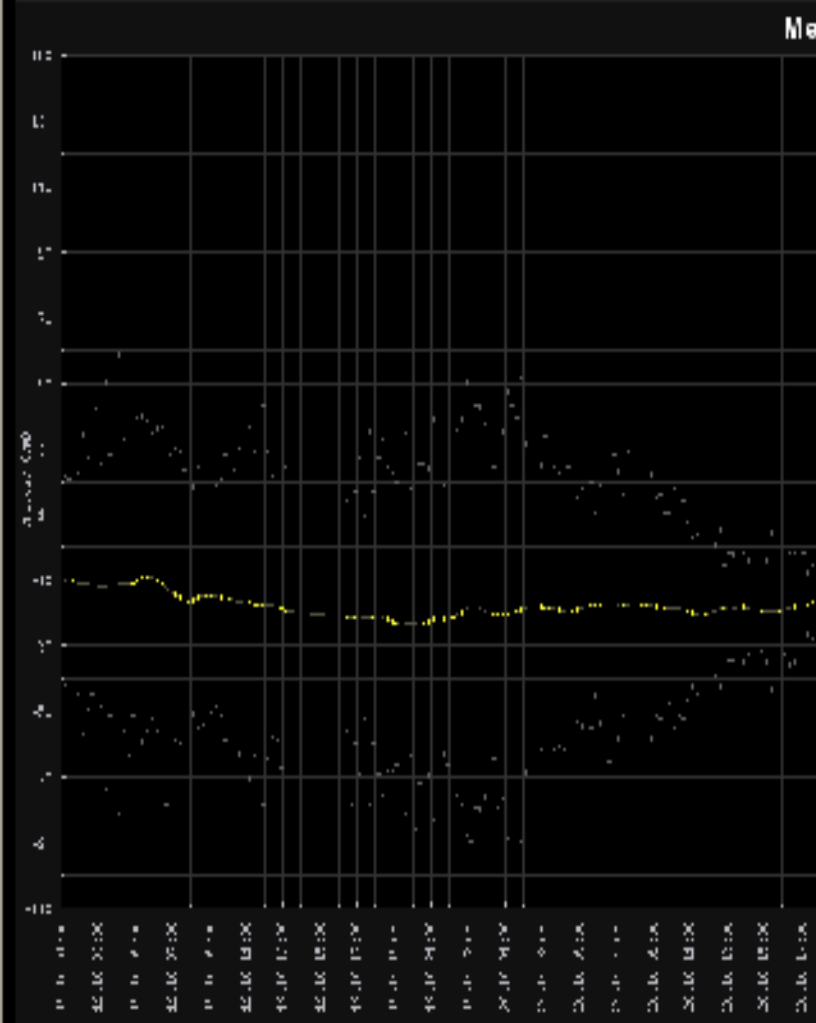
[1 päev](#) | [2 päeva](#) | [5 päeva](#) | [10 päeva](#) | [ajalugu](#) | [tugi](#) | [in english](#)

21:44:58

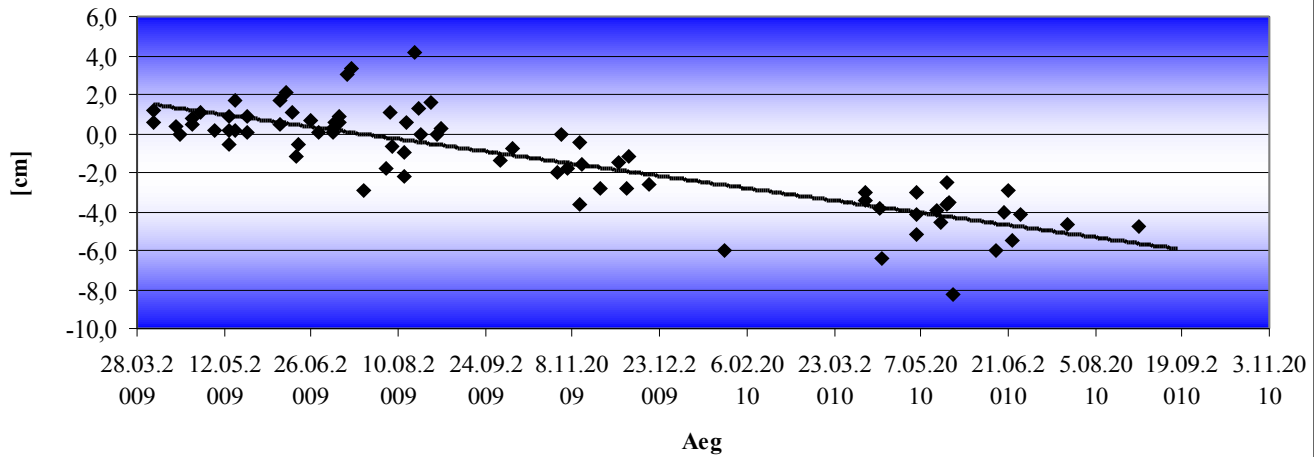
Meretase Kuivastu sadamas

Kuivastu sadama taseme muutused 1990-2010

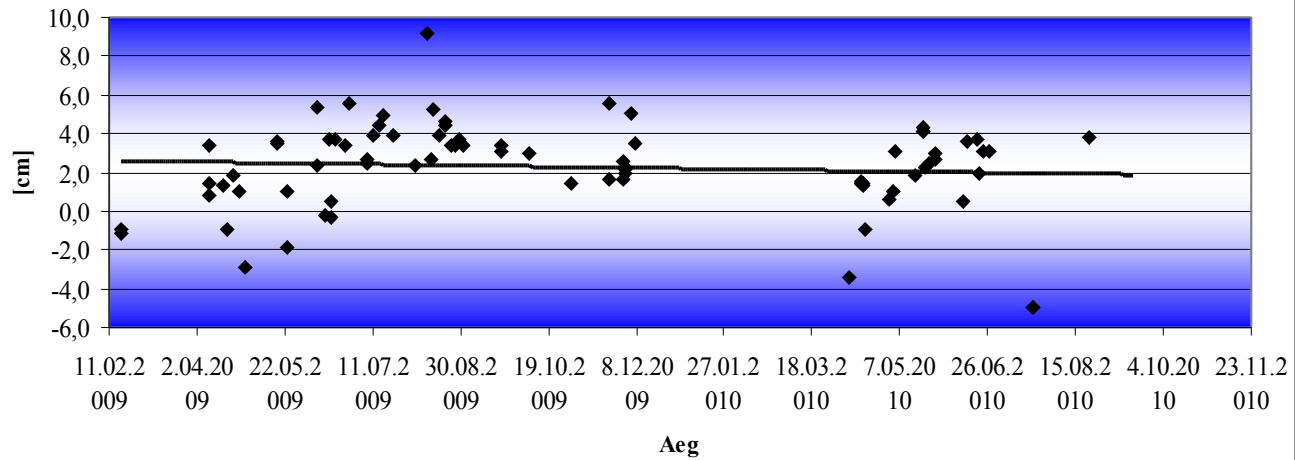
-17 cm



Rohuküla peeli ja aut jaama vahe

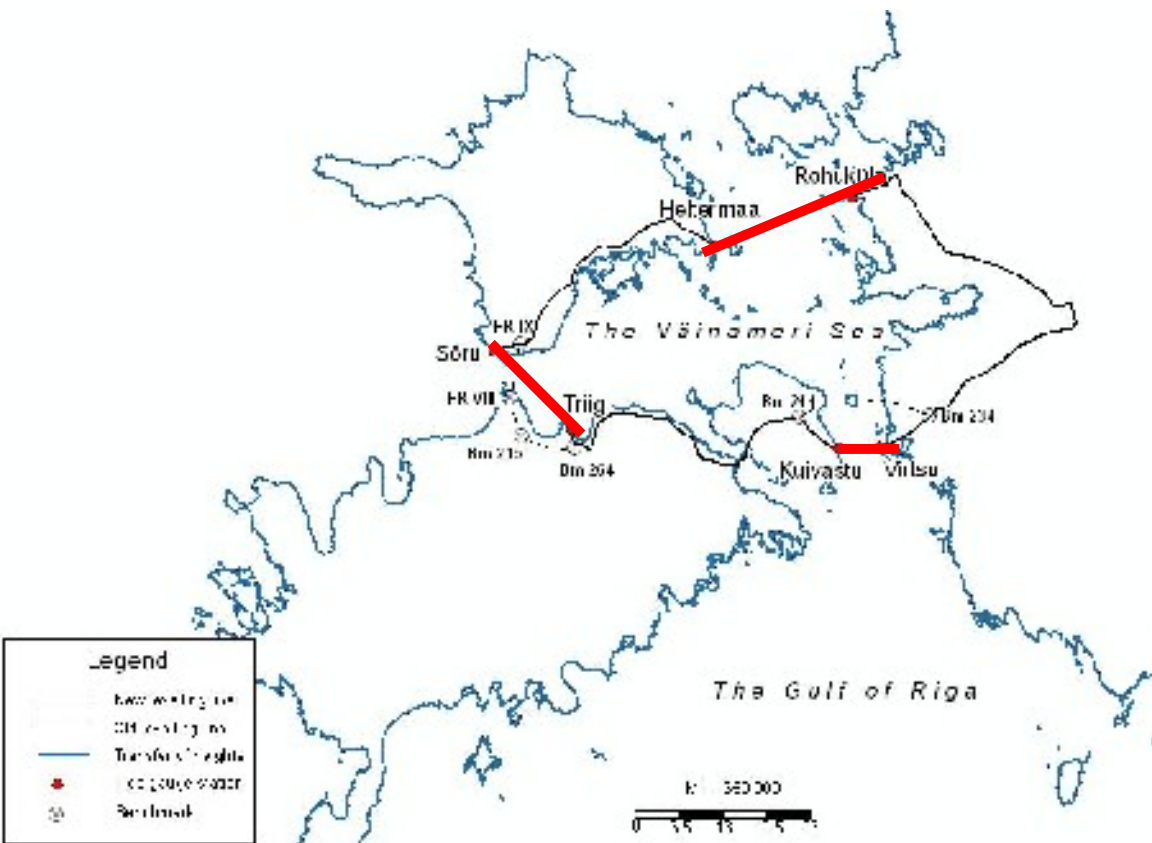


Heltermaa peeli ja aut jaama vahe



Kõrguste viimine saartele kõrglahutusega veetaseme mõõtmiste kaudu 2008-2011

Maa-ameti projekt

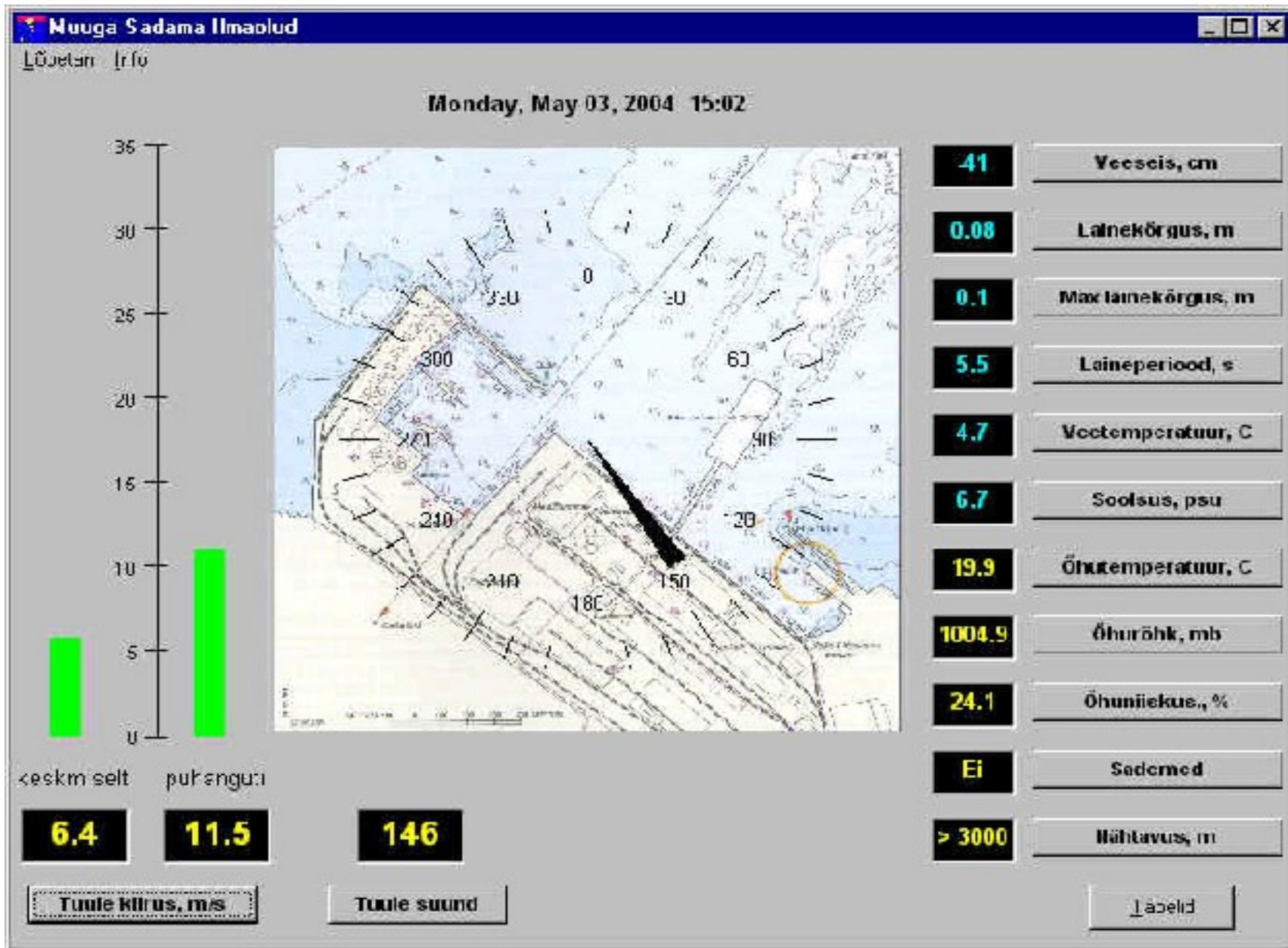


2010		Kõrguskasv
Rohuküla VMJ		m
	maa	0.198
Virtsu VMJ		
	vesi	0.021
Kuivastu VMJ		
	maa	-0.693
Triigi VMJ		
	vesi	0.653
Sõru VMJ		
	maa	-0.128
Heltermaa VMJ		
	vesi	-0.040
Rohuküla VMJ		
	Sulgematus	0.012

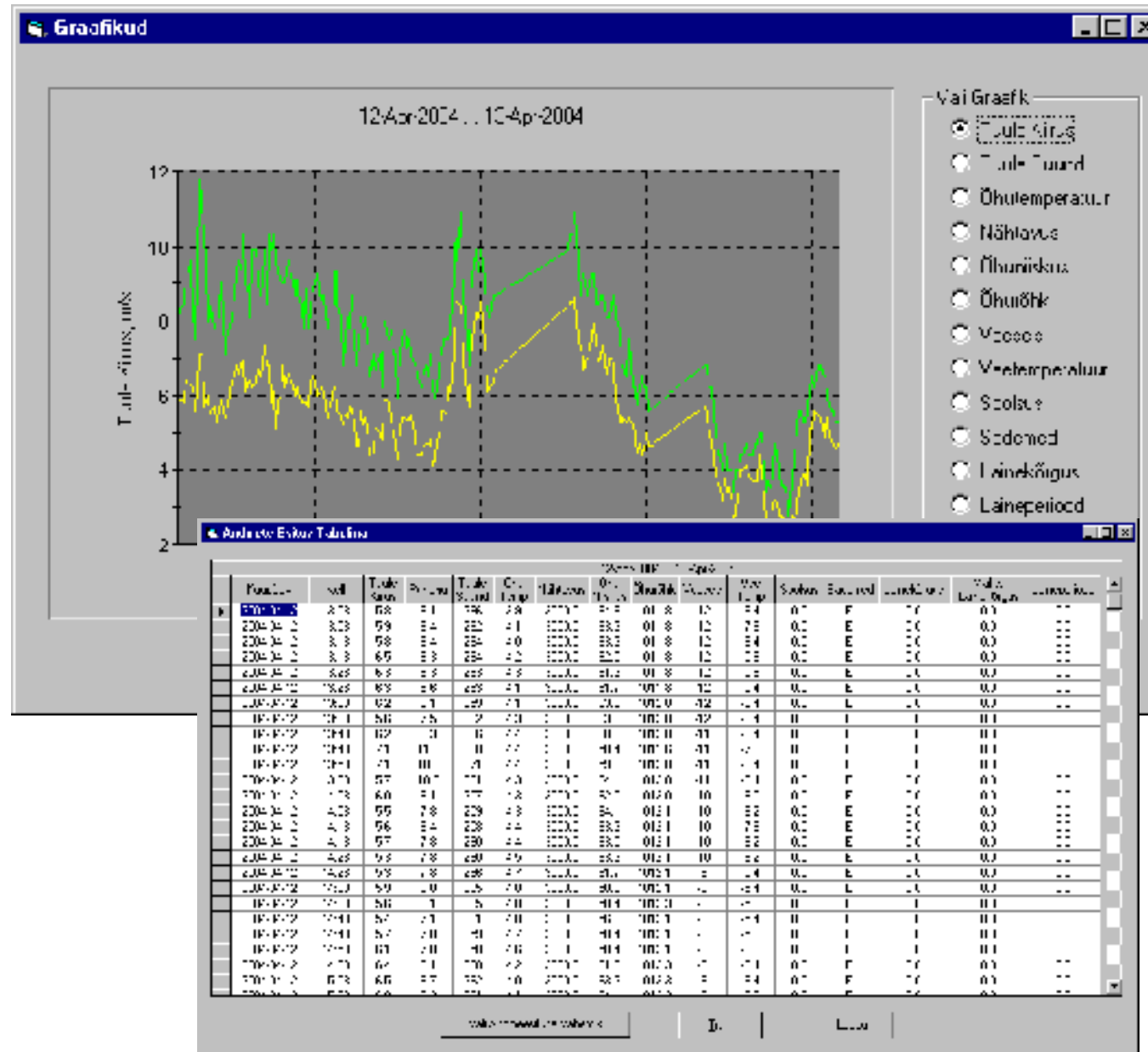
Meretaseme mõõtmised Eestis

- **Regulaarsed meretaseme mõõtmised – Tallinn 1842**
- **Mareograaf, 1 tunnine mõõteintervall – Tallinn 1888**
- **Meretaseme prognoos empiiriliste meetoditega – 1950..60**
- **Meretaseme operatiivne automaatjaam, mõõteintervall 5 minutit - Muuga 1993**
- **Reaalaja hüdrometeoroloogiline mõõtejaam – Tallinn 1998**
- **Reaalaja hüdrometeoroloogiline mõõtejaam internetis – Pärnu 2000 ilm.transcom.ee**
- **Meretaseme prognoosisüsteem HIROMB mudelsüsteemi ja operatiivsete mõõtmiste baasil - TTÜ MSI 2005**
- **Veebipõhine operatiivne meretaseme infosüsteem – TTÜ MSI 2007**
- **Kõrglahutusega meretaseme mõõtmised Väinameres, kõrguste viimine saartele – TTÜ MSI 2008-2011**
- **Riikliku rannikujaamade mõõtevõrgu moderniseerimine – EMHI 2010**
- **Mereandmete kättesaadavaks tegemine AIS süsteemi kaudu – Cybernetica AS, TTÜ MSI 2010**

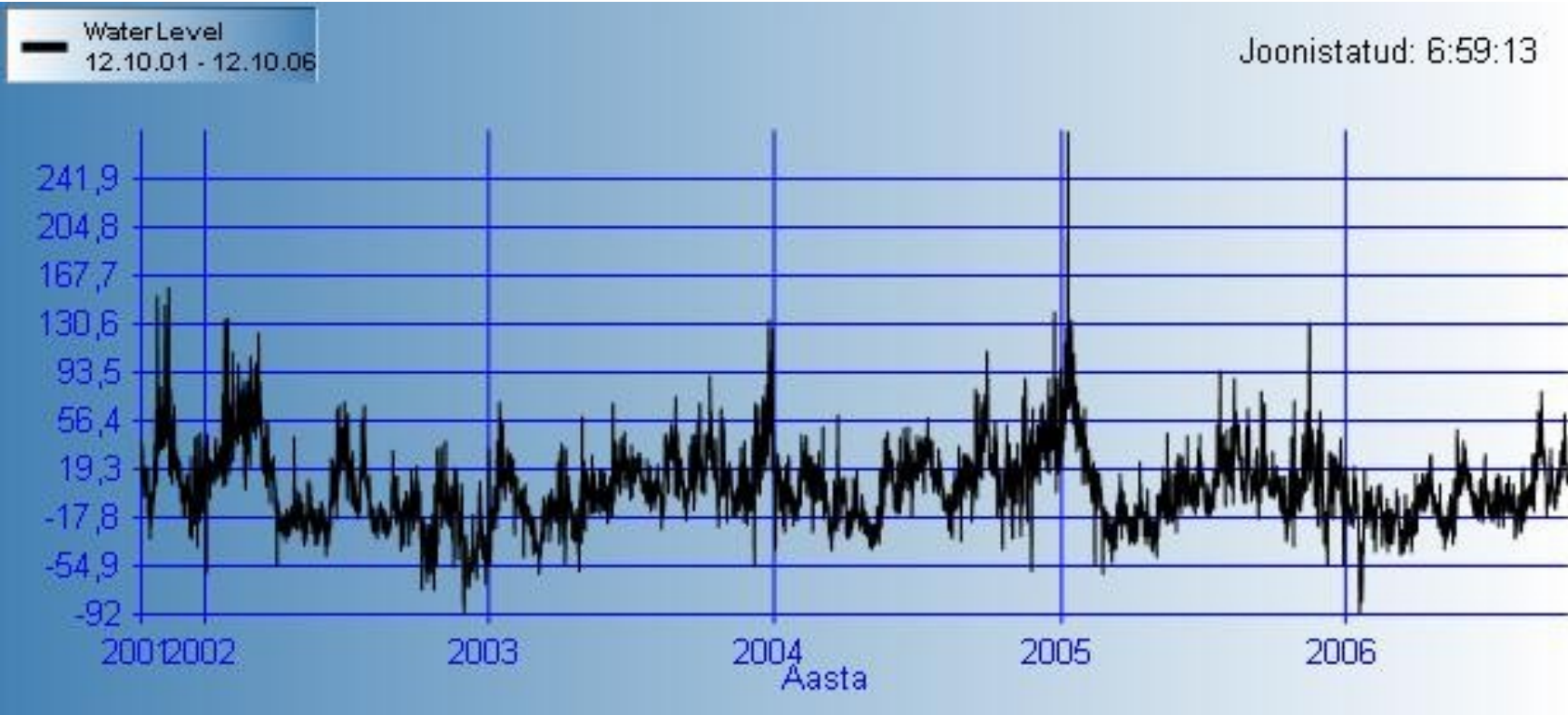
Sadamate ilmajaamad



Sadamate ilmajaamad



PÄRNU SADAMA ILMAJAAM											
Jälgi ilma Pärnus ka mobiiltelefoniga: http://ilm.transcom.ee/mobiiliga											
Kuupäev (täna)	Kell	Õhk C	Rõhk mb	Niiskus %	Vesi C	Veetase cm	Päike W/m2	Nähtavus m	Tuule suund	Tuul m/s	Puhangud m/s
12.10.06	7:01	6,2	1028,0	95,2	13,3	10	-8,9	3000,0	84	2,4	3,4
Vaata varasemaid perioode:											
Määra perioodi algus ja lõpp kp.						Vali näitaja:					



Sadamate ilmajaamad



AD Saare Linn

Virtsu sadam

58°34,3' N, 23°30,0' E



22:38:29

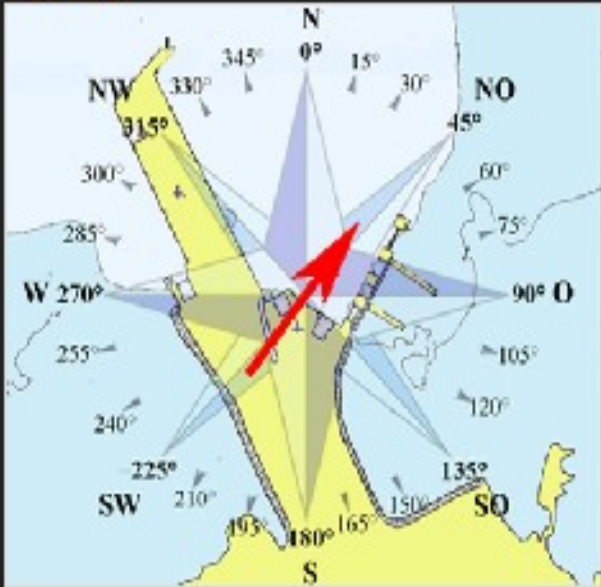
20.03.2011

Võimne m33mhter 20.03.2011 22:37

In English

Kontakt

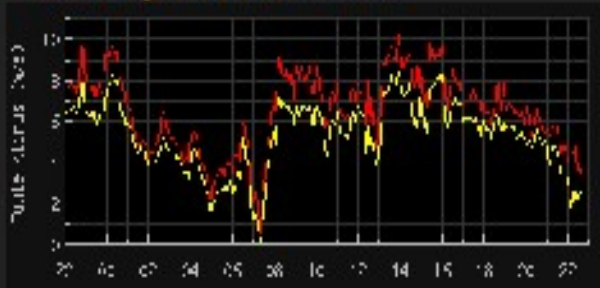
Tuule suund



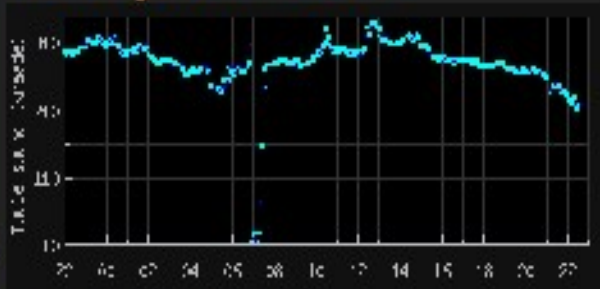
Tuule kiirus

2.6 m/s, puhanguti 3.4 m/s

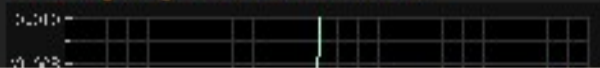
Tuule kiiruse graafik viimase 24h kohta



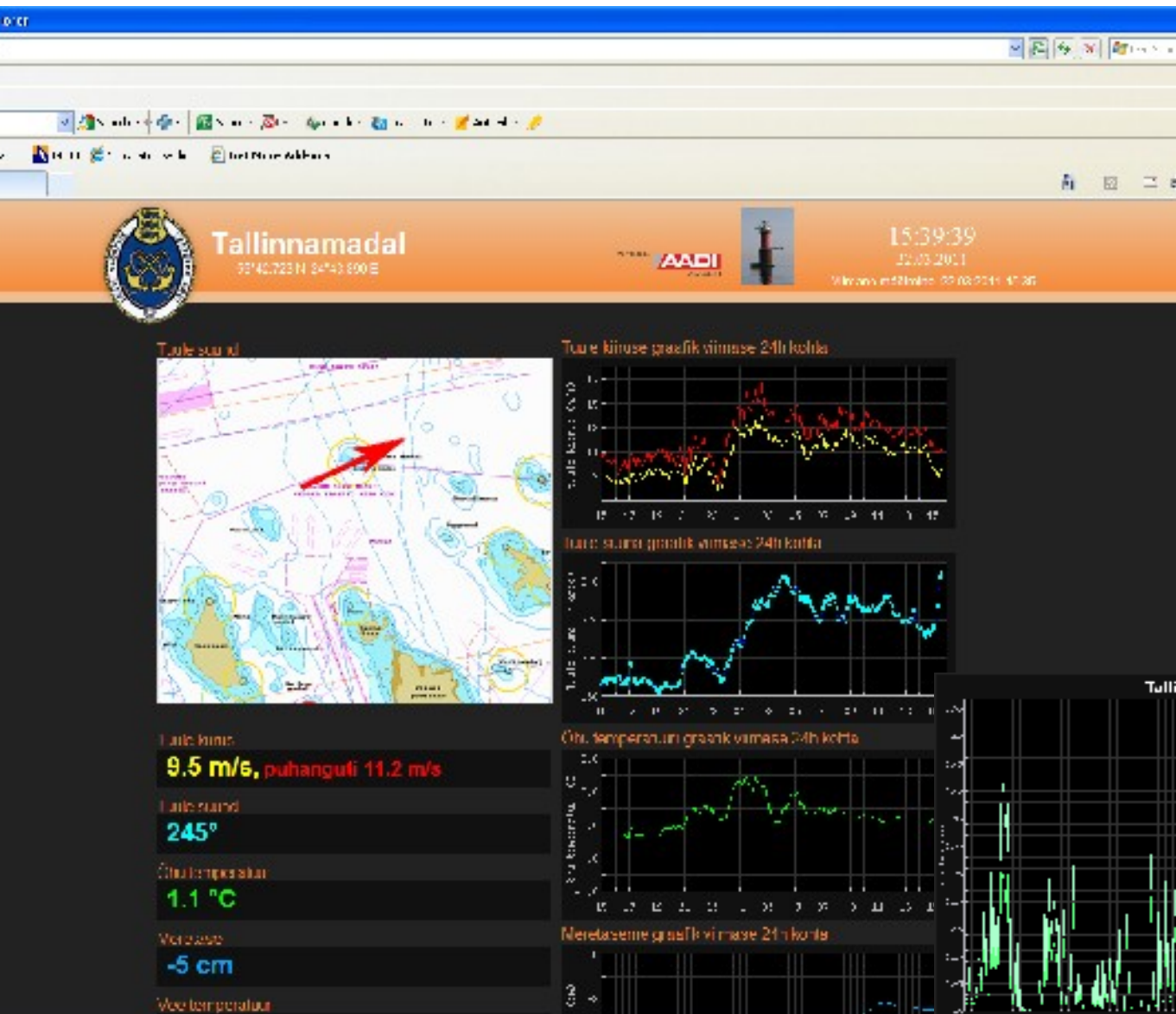
Tuule suuna graafik viimase 24h kohta



Laine kõrguse graafik viimase 24h kohta



Avamere mõõtejaamad Tallinnamadal



Avamere mõõtejaamad Vahemadal



Vahemadal
Environmental Research Centre



Vahemadal Environmental Research Centre

Environmental Research Centre
EEMC

Hõlmavala pindala



Liikuvus kiirus (cm/s)

3.9 cm/s

Hõlmavala suurus (km)

93°

Liikuvus suurus (m/s, 250°)

4 m/s, 250°

Liikuvus suurus (m/s)

0.0 m

Liikuvus suurus

9.5 s

Vahemadal

-0.34 C

Liikuvus suurus

6.07 mS/cm

Liikuvus suurus

9.4 V

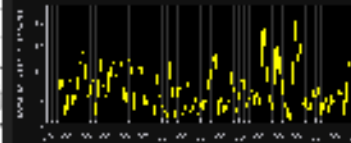
Liikuvus suurus

-6.4 X, 0.6 Y

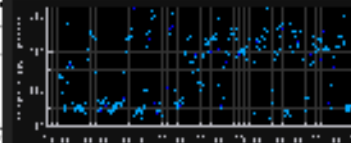
Liikuvus suurus

91.6

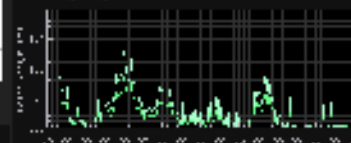
Liikuvus suurus kiirus (cm/s)



Liikuvus suurus kiirus (cm/s)



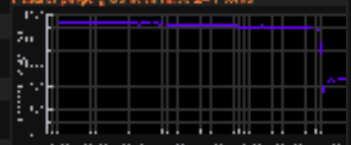
Liikuvus suurus kiirus (cm/s)



Liikuvus suurus kiirus (cm/s)



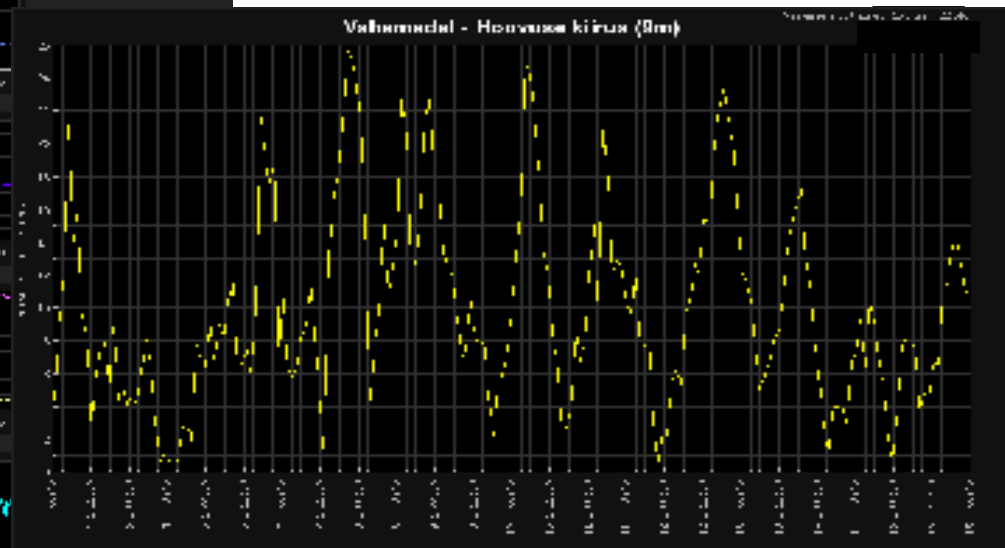
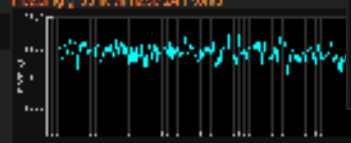
Liikuvus suurus kiirus (cm/s)



Liikuvus suurus kiirus (cm/s)



Liikuvus suurus kiirus (cm/s)



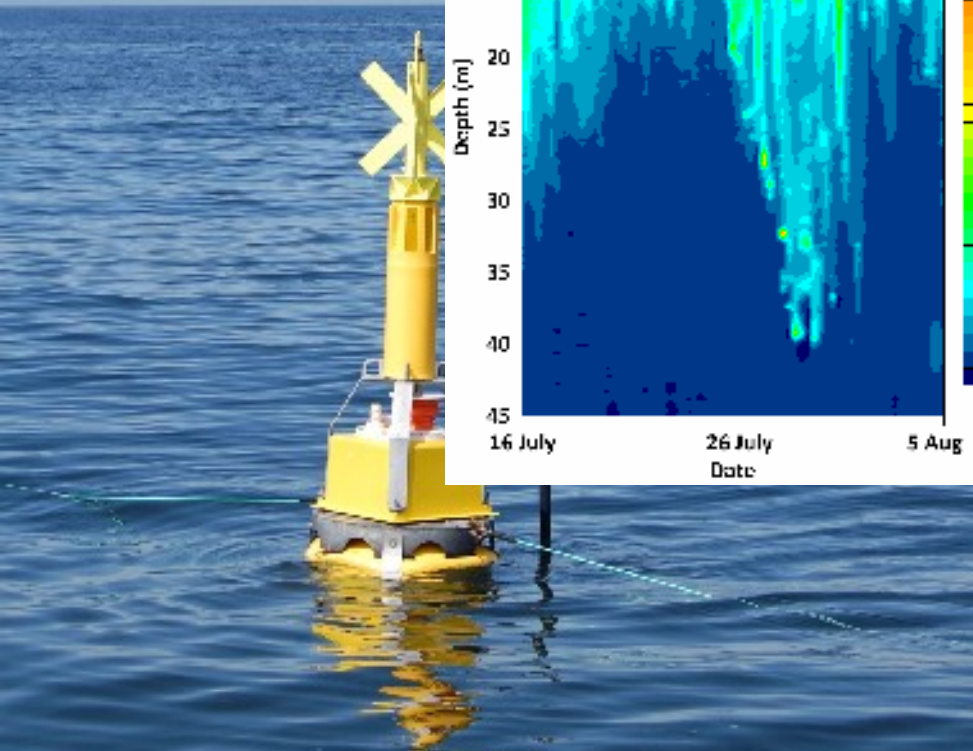
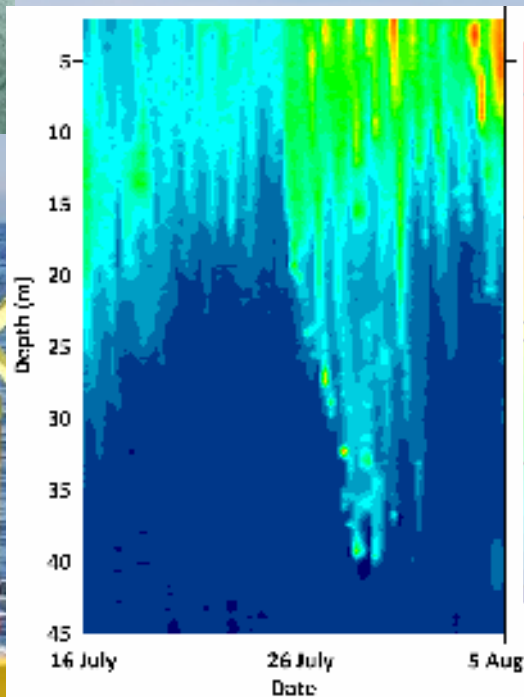
Autonoomne poiijaam Soome lahes

Mõõdab temperatuuri, soolsuse
ja klorofüllü vertikaalset jaotust

Profiilid registreeritakse kihis 2
kuni 50 (45) m iga 3 tunni järel

Andmete edastus automaatselt
peale iga sondeerimist

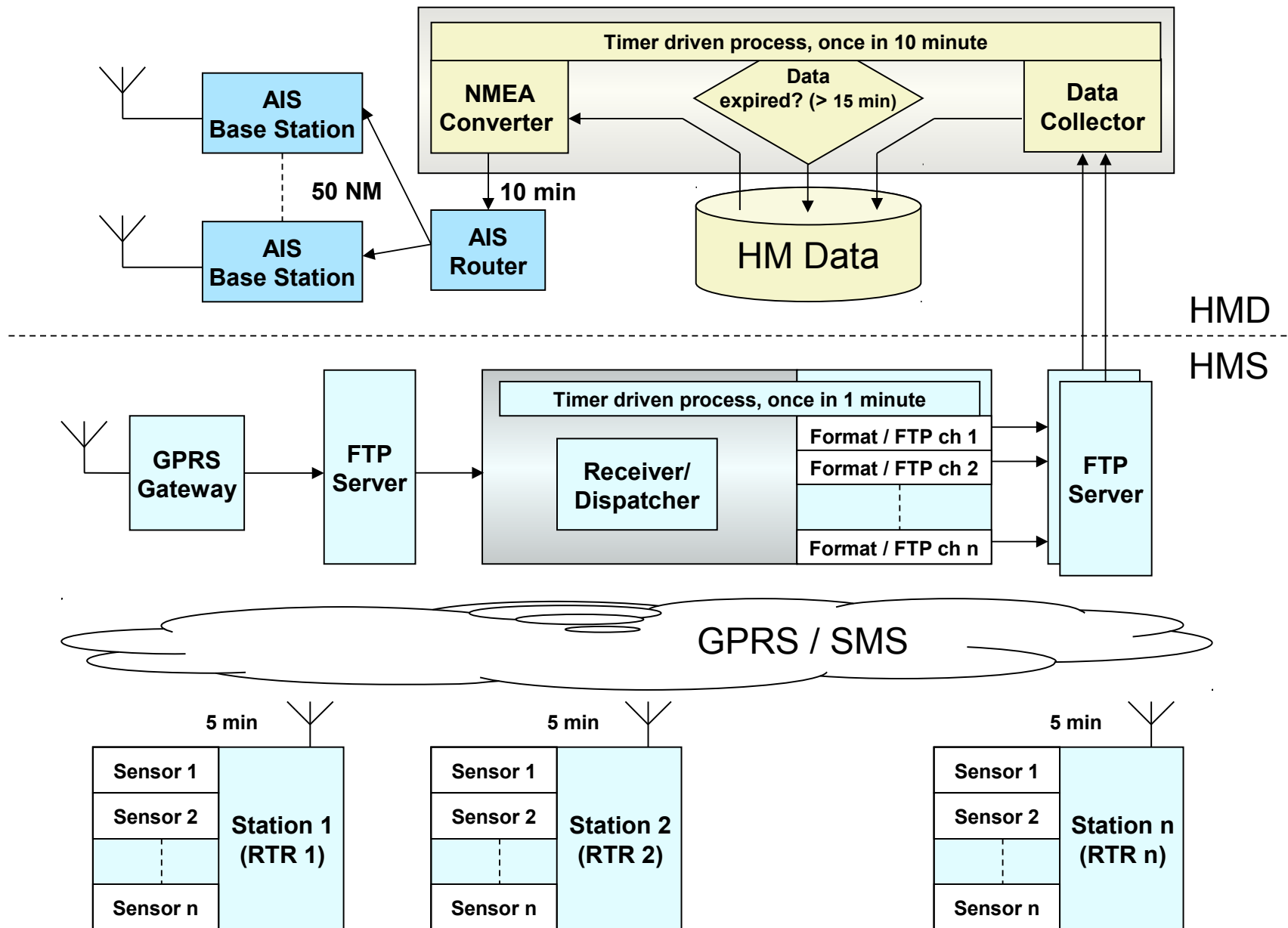
Veeproovide kogumine andurite
kalibreerimiseks ja fütoplanktoni
määramiseks suvel kord
nädalas



Operatiivsed mere mõõtejaamad

- Tallinna Vanasadam (1998) 2004 (tuul, õhutemperatuur, õhurõhk, niiskus, nähtavus, meretase, lainetus, veetemperatuur ja soolsus) [WWW_2008](#)
- Muuga sadam (1999) 2004 (tuul, õhutemperatuur, õhurõhk, õhuniiskus, meretase, lainetus, veetemperatuur, soolsus) [WWW_2008](#)
- Miiduranna sadam 2000 (tuul, õhutemperatuur)
- Pärnu sadam 2000 (wind, air temp, air pressure, humidity, visibility, sea level, water temperature) [WWW_2000](#)
- Tallinnamadala avamere mõõtejaam 2007 (tuul, õhutemperatuur, lainetus) [WWW_2007](#)
- Virtsu sadam 2008 (tuul, õhutemperatuur, õhurõhk, õhuniiskus, meretase, lainetus, veetemperatuur) [WWW_2008](#)
- Miinisadam 2008 (tuul, õhutemperatuur, õhurõhk, õhuniiskus, meretase, lainetus, veetemperatuur, soolsus) [WWW_2008](#)
- Rohuküla sadam 2010 (tuul, õhutemperatuur, õhurõhk, õhuniiskus, meretase, lainetus, veetemperatuur) [WWW_2010](#)
- Triigi sadam 2010 (tuul, õhutemperatuur, õhurõhk, õhuniiskus, meretase, lainetus, veetemperatuur) [WWW_2010](#)
- Vahemadala avamere mõõtejaam 2010 (hoovuse kiirus ja suund, veetemperatuur, soolsus, meretase) [WWW_2010](#)

Ilma- ja mereandmete hõive AIS süsteemi



	Location	WGS84 position	Sea-level	Waves	Water temperature	Salinity	Wind speed and direction	Air temperature	Humidity	Air pressure	Visibility
1	Sillamäe	59°25.4' N 27°44.4' E	+		+						
2	Paldiski	59°20.1' N 24°04.8' E	+		+						
3	Lehtma	59°04.1' N 22°41.8' E	+		+						
4	Rohuküla	58°54.3' N 23°25.5' E	+	+	+						
5	Heltermaa	58°52.0' N 23°02.8' E	+	+	+						
6	Sõru	58°41.5' N 22°31.3' E	+	+	+						
7	Vaindloo	59°49.6' N 26°21.6' E					+	+	+	+	
8	Muuga	59°30.0' N 24°58.0' E	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9	Tallinna madal	59°42.7' N 24°43.9' E	+	+	+		+	+			
10	Vanasadam	59°26.7' N 24°45.8' E	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11	Virtsu	58°34.6' N 23°30.5' E	+	+	+		+	+	+	+	
12	Pärnu	58°23.3' N 24°29.2' E					+	+	+	+	

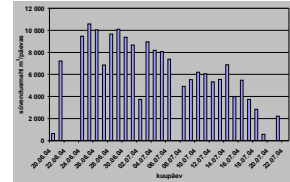
Table 2: The positions and features of hydrometeorological stations currently integrated into the system

SADAMA MEREKESKKONNA OPERATIIVSEIRE

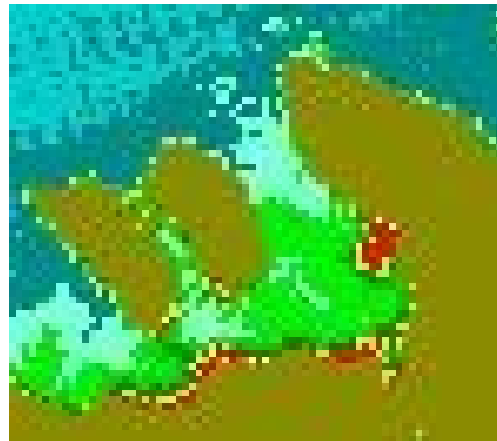
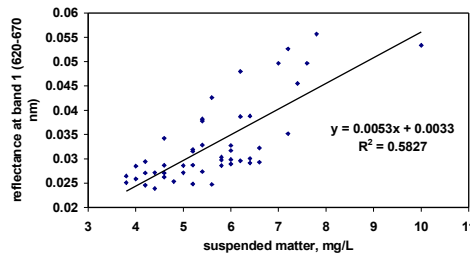


SADAMASÜVENDUSTE OPERATIIVSEIRE

1. In situ mõõtmised CTD, hägusus, hõljumi kontsentratsioon, CHLa, toitained

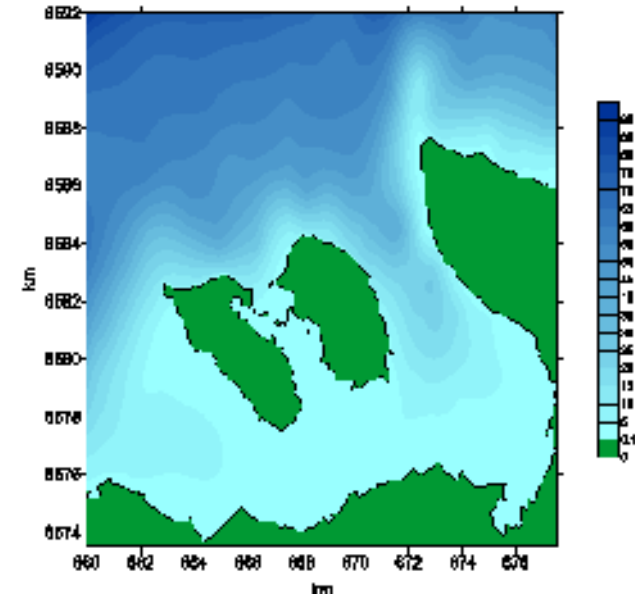


Relationship between remote sensing reflectance and suspended matter concentration

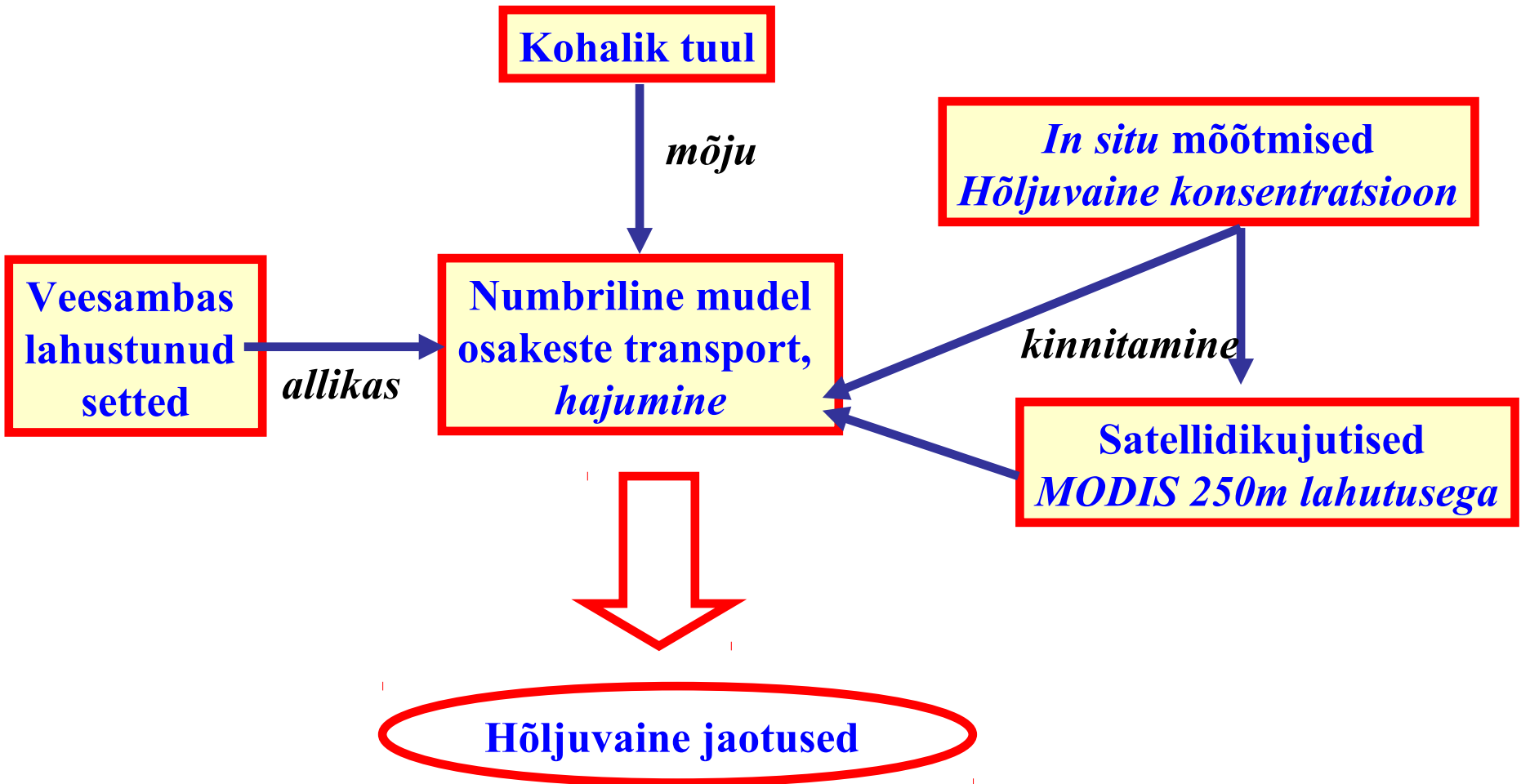


2. Sateliitkaugseire MODIS, lahutus 250m Tagasipeegeldunud kiirguse Parameetrid kalibreeritakse in situ mõõtmistega

3. Numbriline modelleerimine madala vee võrranditel hüdrodünaamiline mudel, osakeste transpordi mudel



Sadamasüvenduste operatiivseire



Süvendustagajärgede operatiivne hindamine

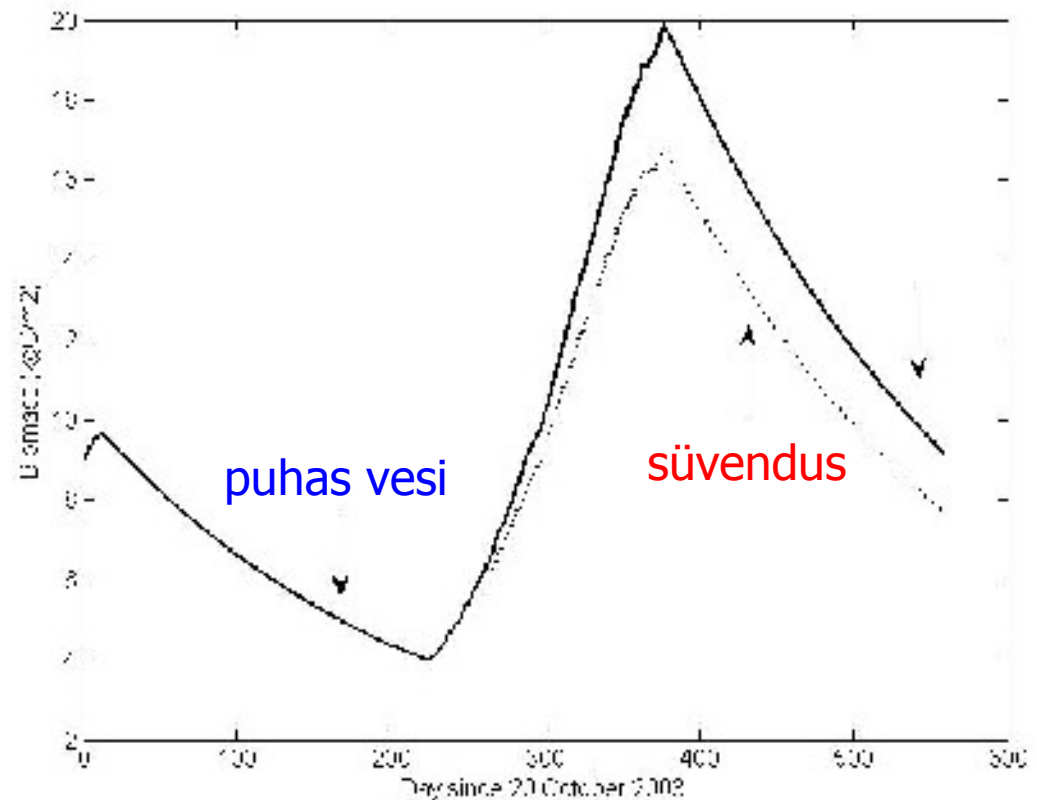
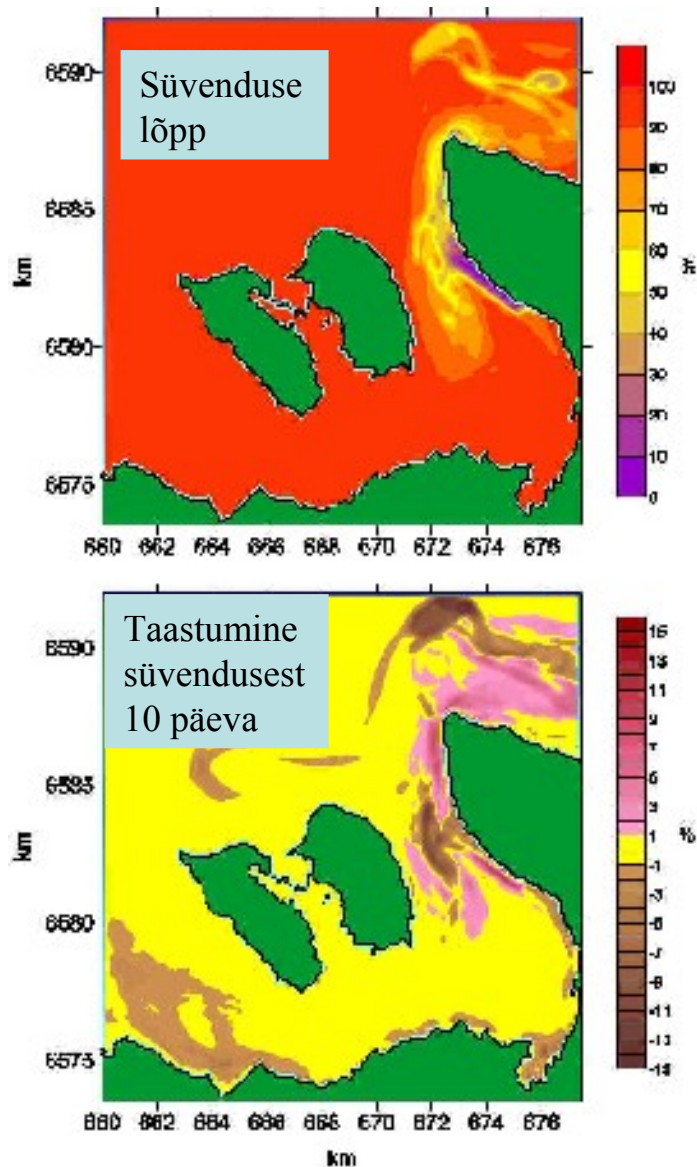


Figure 3. Time series of modeled *F. vesiculosus* biomass in "clear water" case (solid) and with SPM added to water column due to dredging (dotted) in Pakri Bay. Arrows indicate the end of the first dredging period, the end of non-dredging period and the end of the second dredging period.

Autonoomne mõõtesüsteem reisilaeval

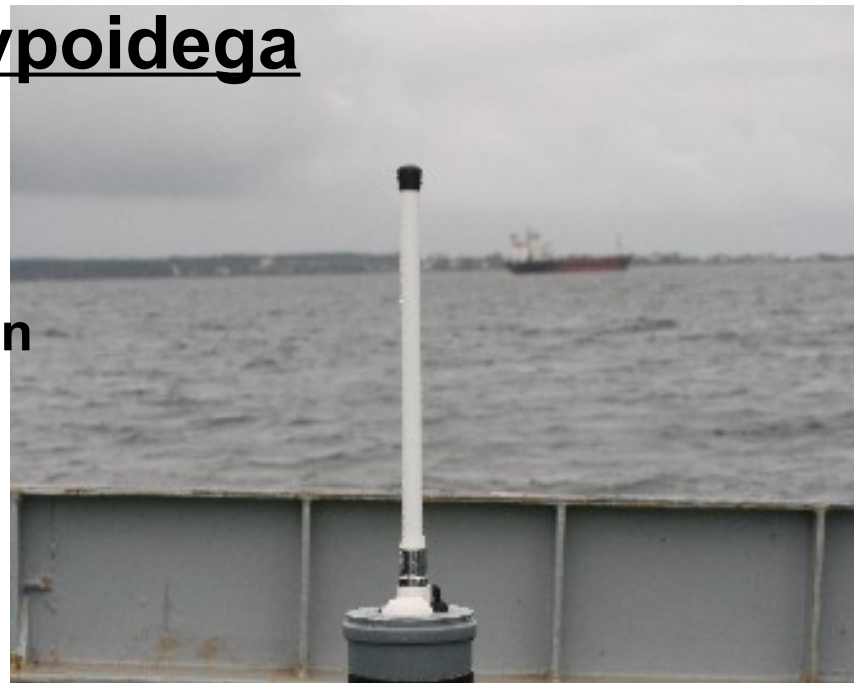
FERRYBOX



- Autonoomsed mõõtmised iga 20 sekundi järel (lahutus ruumis ca 150 m) – temperatuur, soolsus, Chl *a* fluorestsents, hägusus ja CO₂ sisaldus
- Andmed edastatakse kord ööpäevas; sisend Läänemere operatiivsele mudelile
- Kord nädalas kogutakse veeproove (17 proovi) Hach Sigma 900 MAX proovivõtja abil; analüüsid teostatakse laboris – toitained (PO₄⁻, NO₂⁻+NO₃⁻;

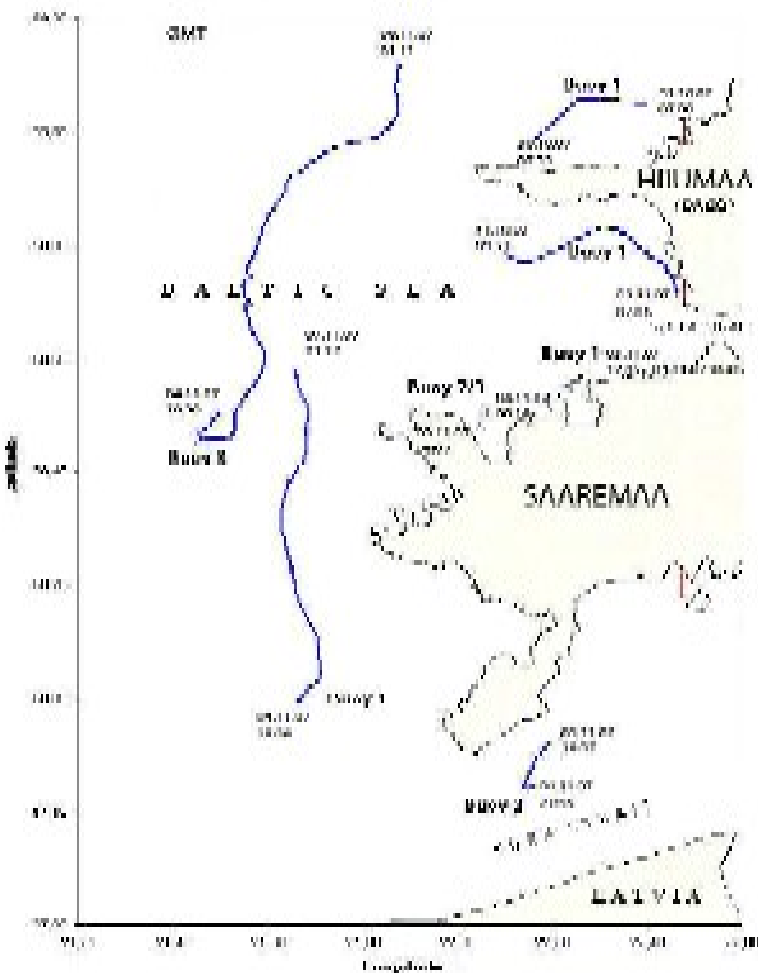
Operatiivmõõtmised triivpoidega

- kerge, 10...15kg
- vastupidav, lihtne konstruktsioon
- täpne positsioneerimine
- lisaandurite võimalus
- reaajas, andmeside, GPRS
- sisemälu SD mälukaart
- kahesuunaline side
- automaatsed “ellujäämis” režiimid
- autonoomsus, kuni 1 aasta



Pinnahoovuste uurimine triivpoidega 2007

DRIFTING BUOYS IN BALTIC SEA

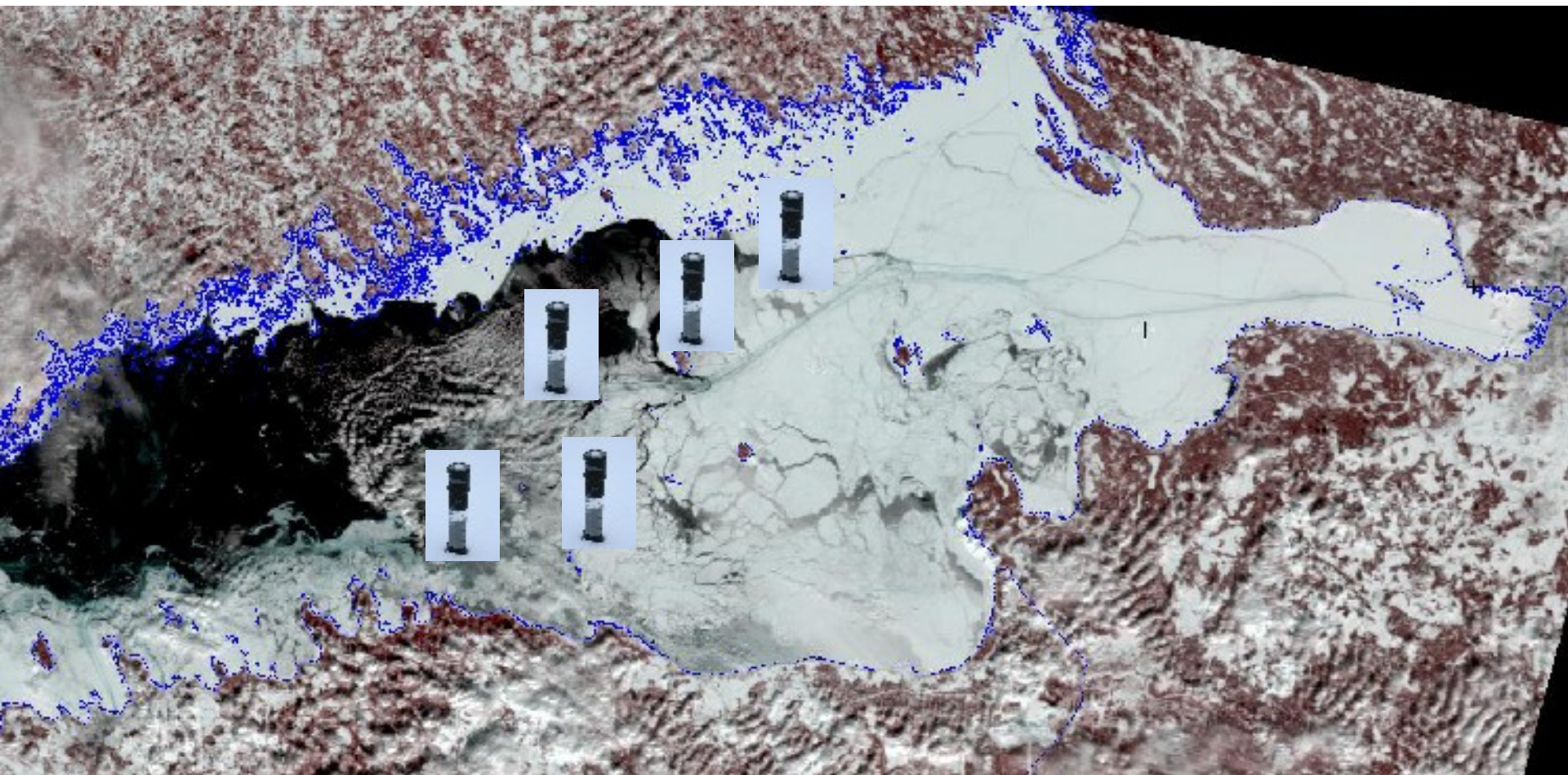


Drifting buoys in Gulf of Finland 2007

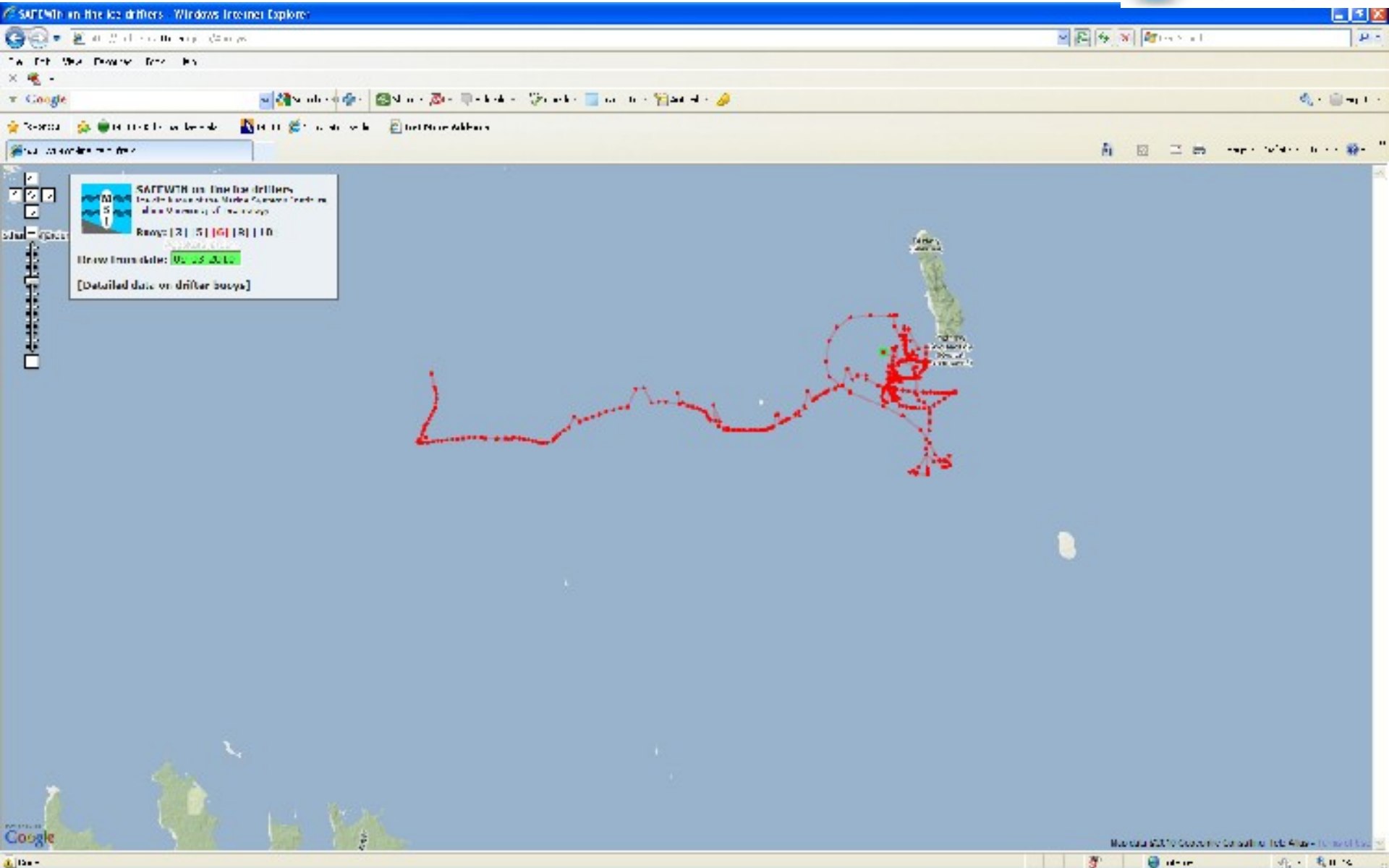


- triivikiirus 0,09...0,28m/s
- kõrgemad kiirused olid Soome lahes
- madalamad kiirused Saaremaa siselahtedes
- **õlilaigu leviku mudelite seadistamine ja kontroll, õlilaigu hajumise uurimine erinevates oludes jne**
- **õlilaigu liikumise reaajas jälgimine**

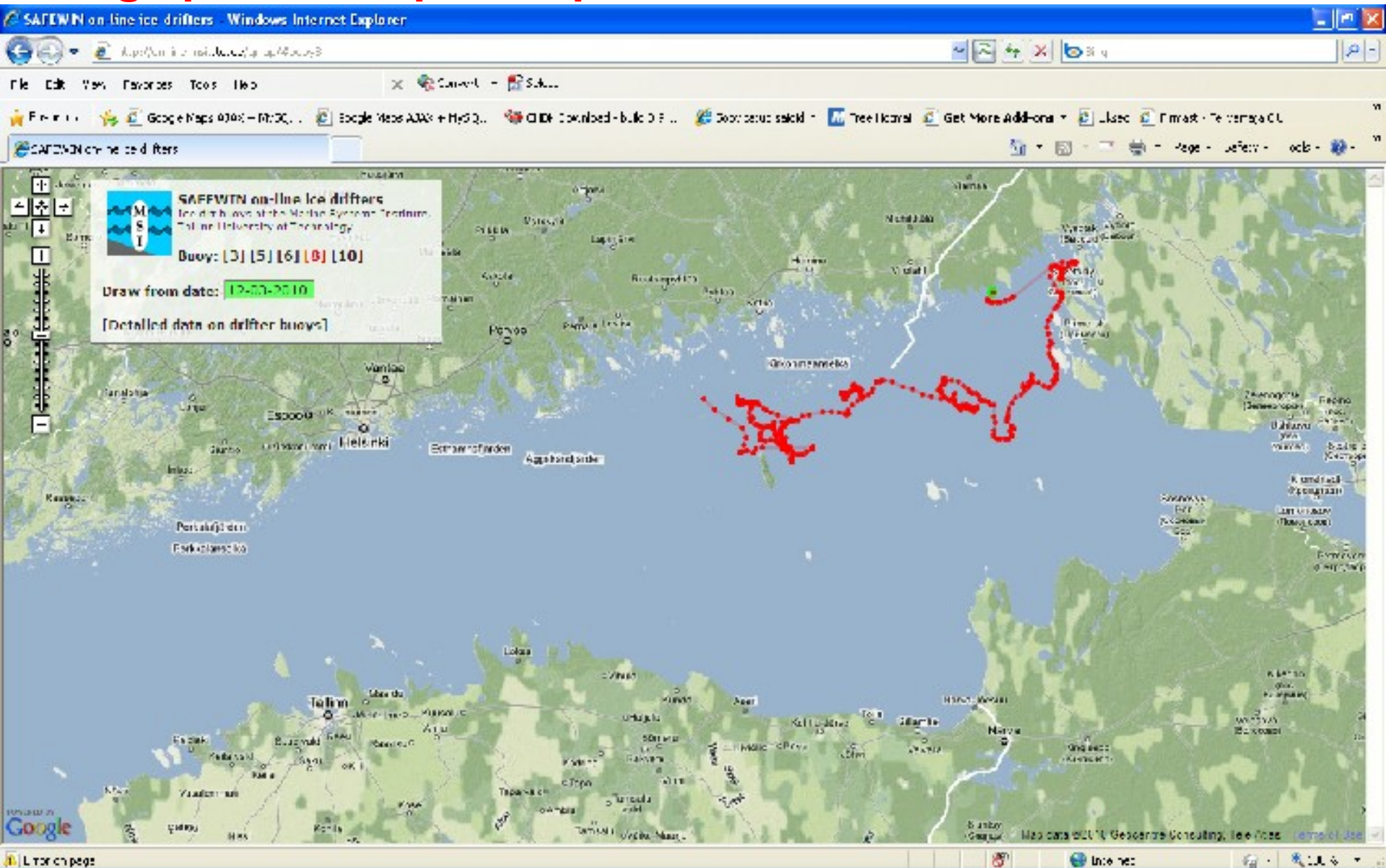
Triivpoidega jäätriivi ja jääsurutise jälgimine ja uurimine 2010-2011



MODIS 16.03.2010



Kõige pikem triivpoi eksperiment Läänemeres!!!



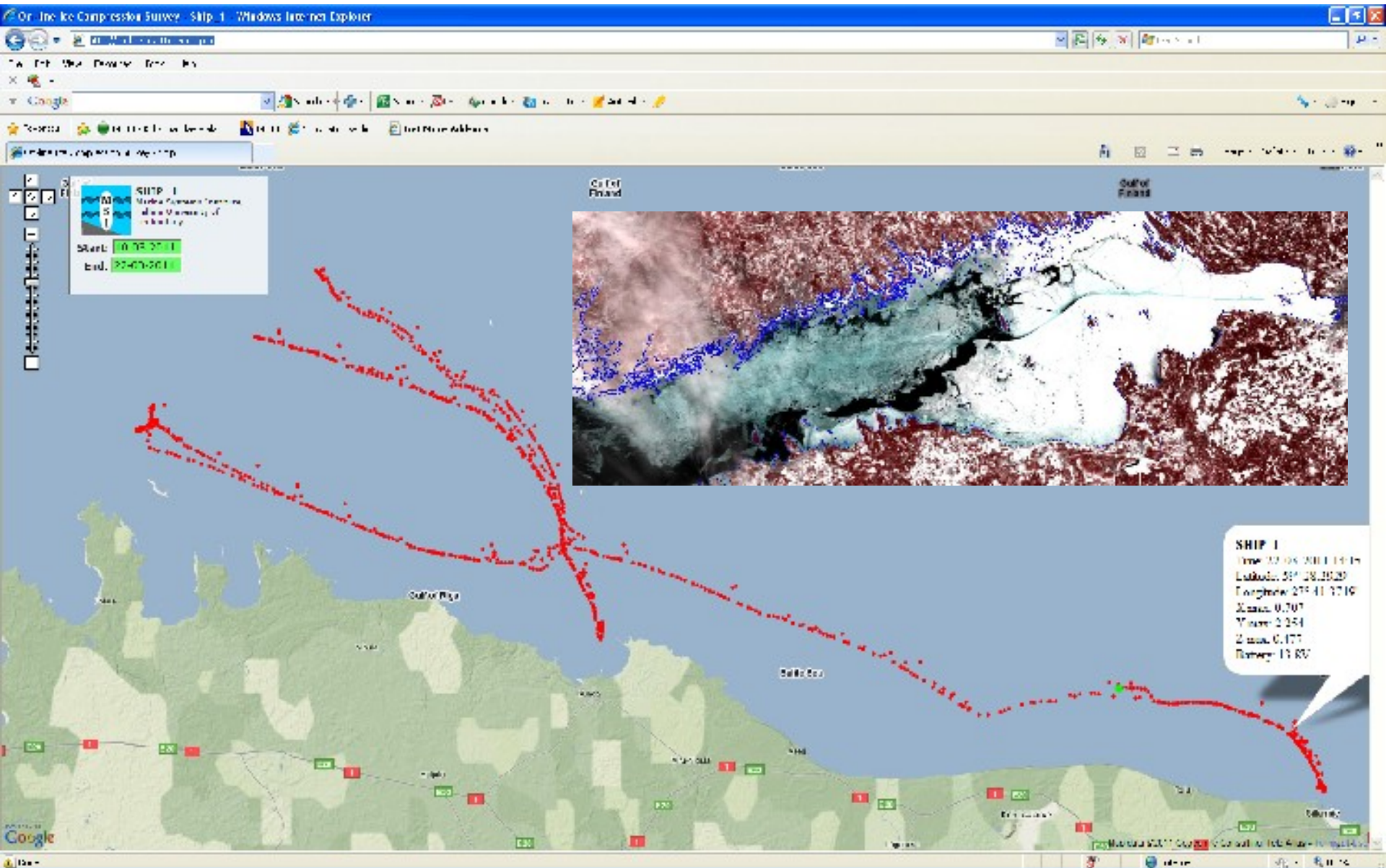
Jääsurutise operatiivmõõtmised laeva pardal

Liivi ja Soome laht 2010-2011

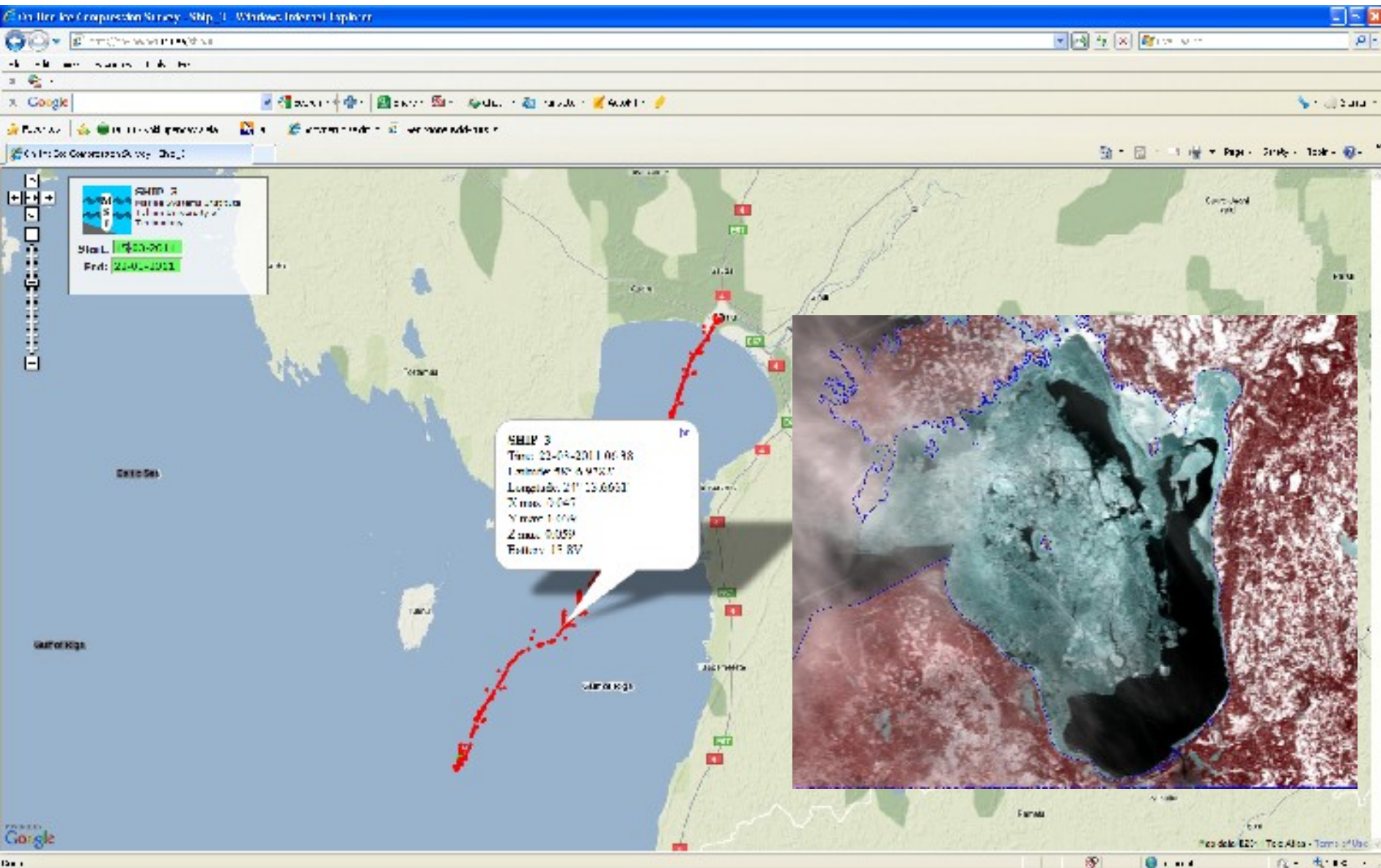


EVA-316 (Veeteede Amet)

JM TARMO Soome lahes 20-22.03.2011

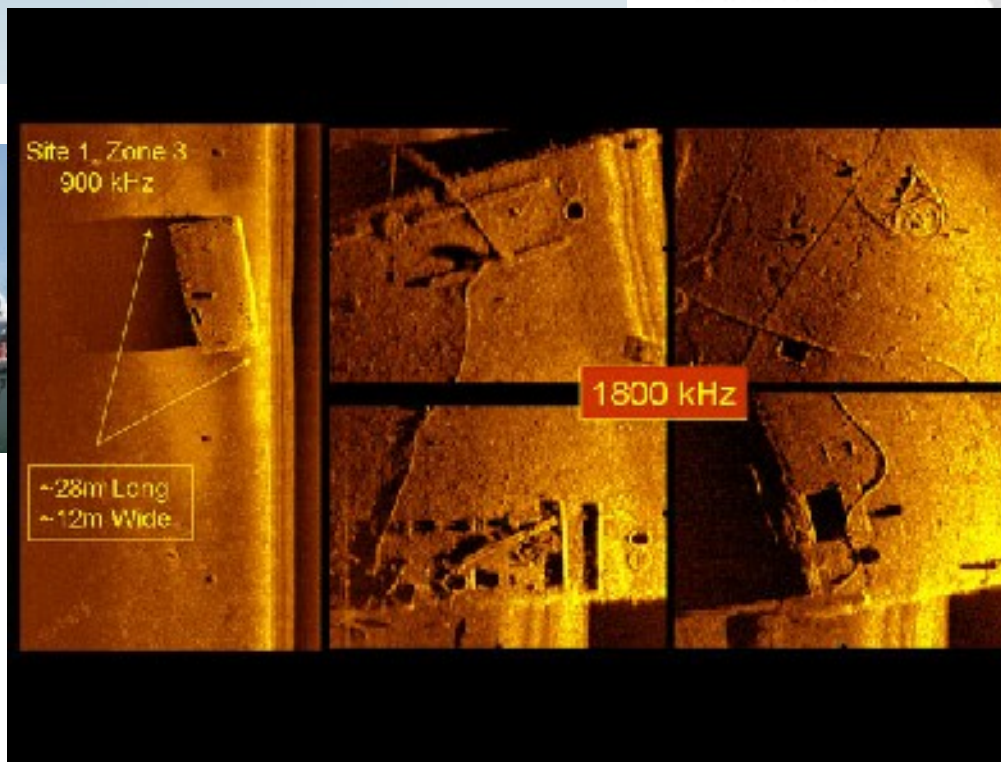
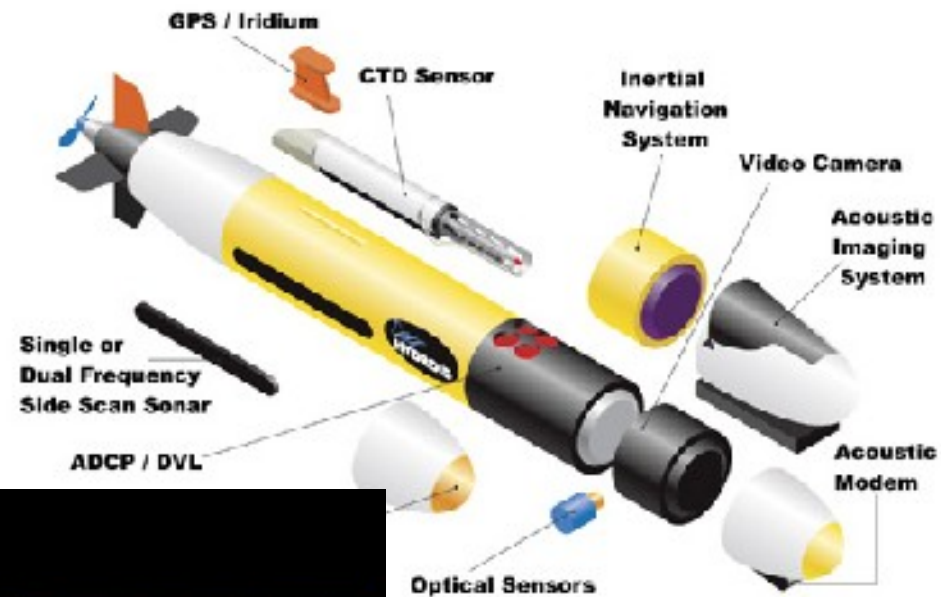


JM EVA-316 Liivi lahes 20-22.03.2011

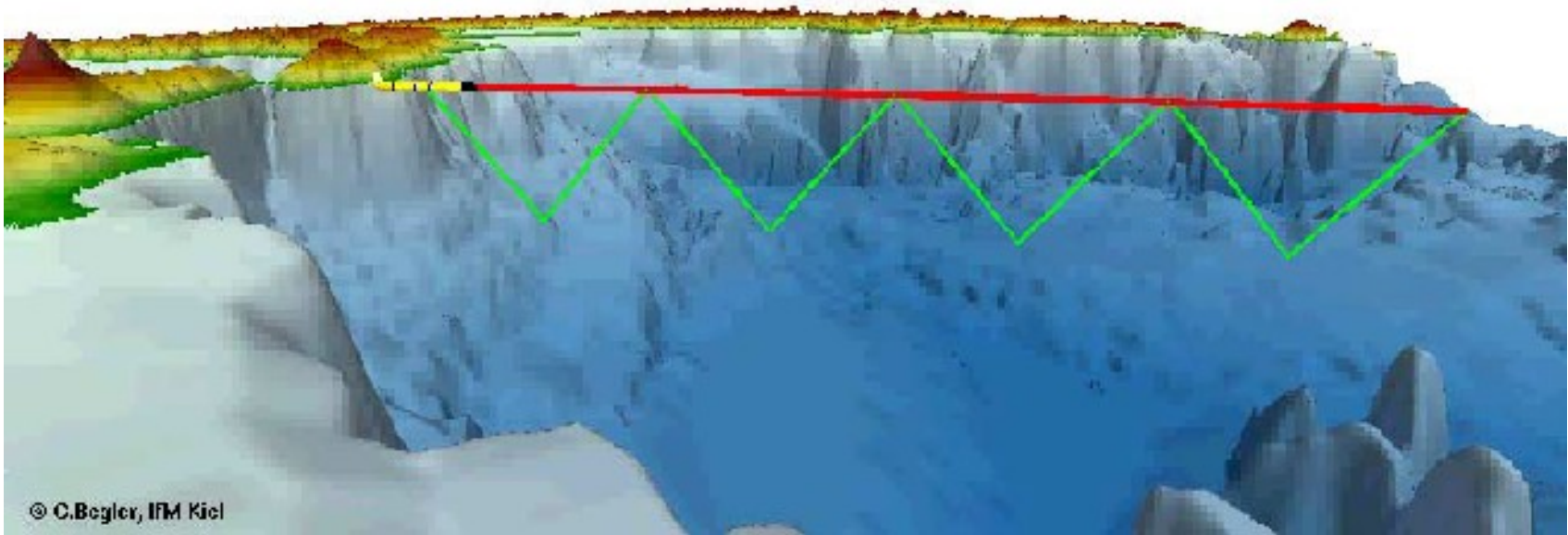


AUV (Autonomous Underwater Vehicle)

Mõtteid tulevikuks!



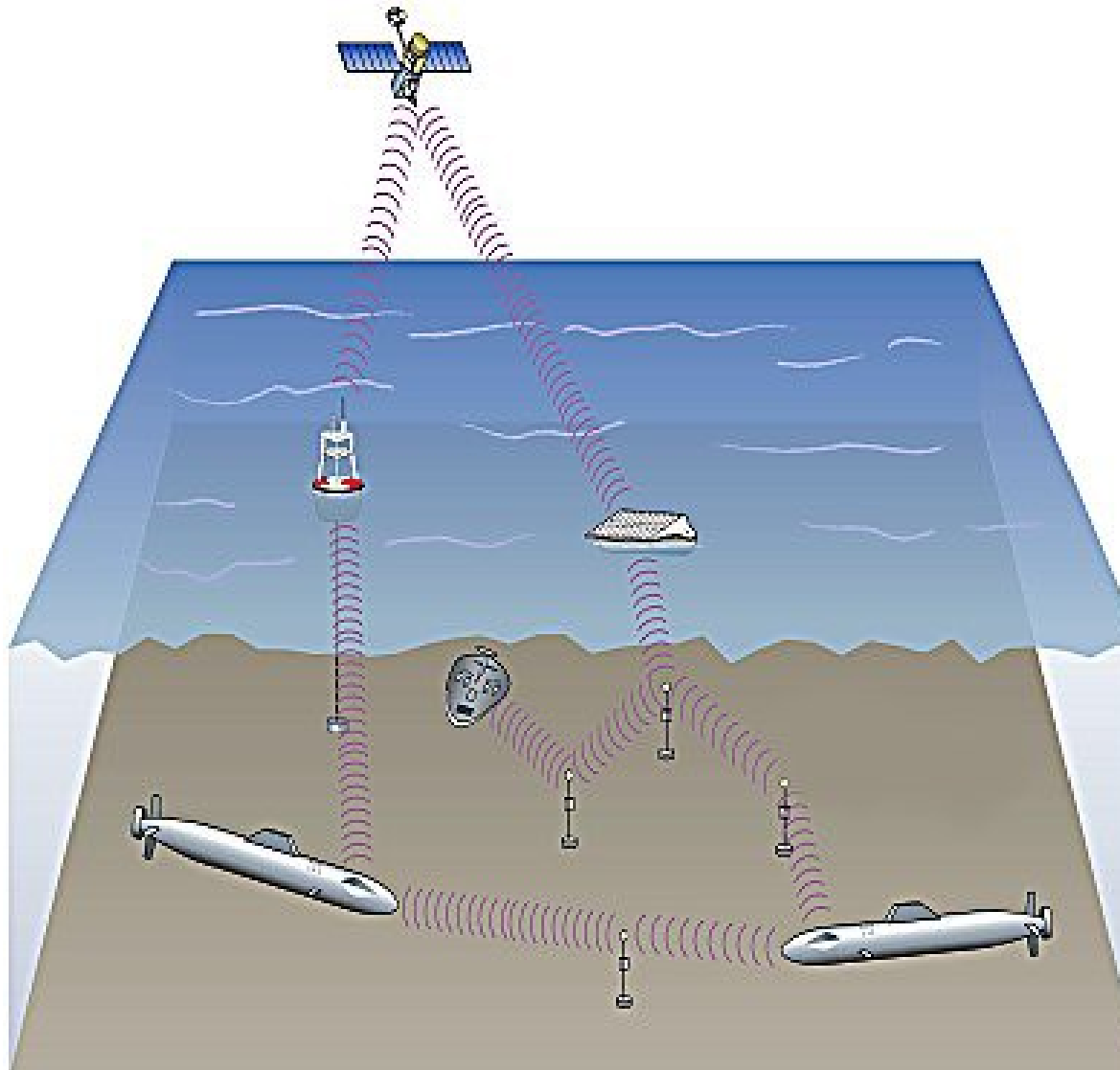
GLIDERID



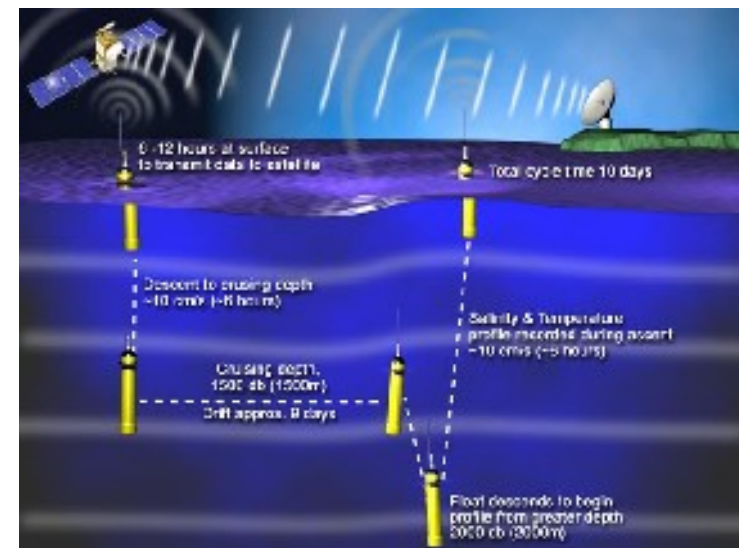
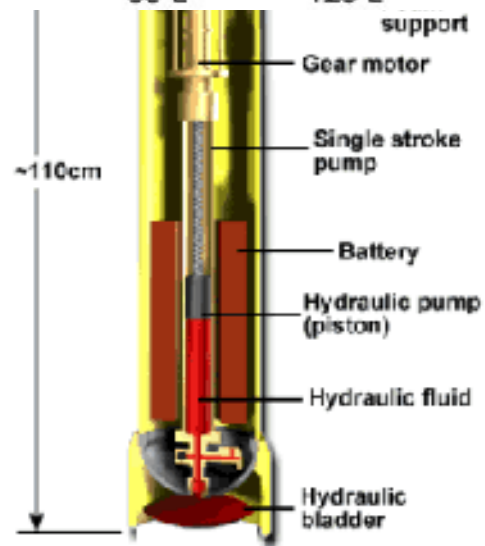
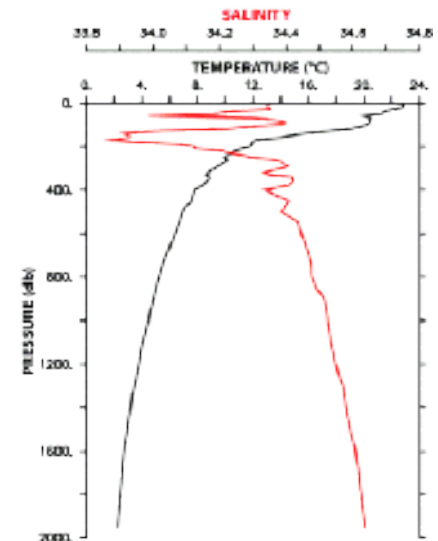
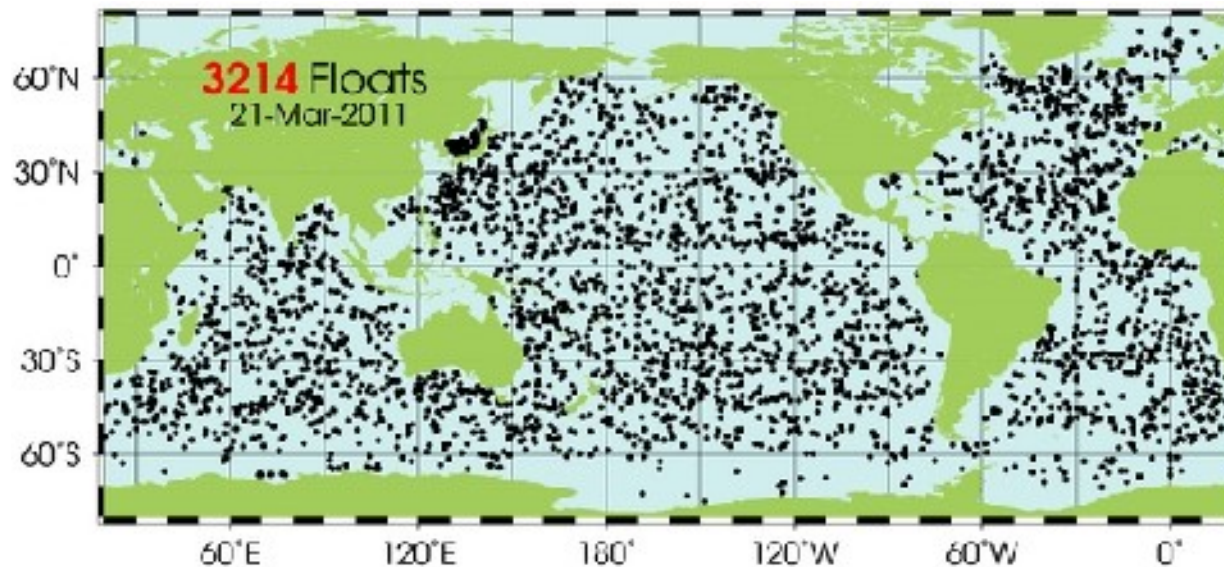
Horisontaalkiirus 20-25km/päevas, autonoomsus 45 päeva ja rohkem ca 1000km

Mõõdetavad parameetrid: T,S,O₂,pH, jne.

Veealused operatiivsed sidevõrgud



Autonoomsed profileerijad



Kokkuvõte

- **Operatiivsetel meremõõtmistel Eestis pikk ja väärikas ajalugu, tänapäeva tegevus väga intensiivne**
- **Automaatsete mõõtejaamade areng algas 1990-ndate algupoolel**
- **Automaatjaamade andmed on olnud reaalajas kättesaadavad moodustades operatiivseid mõõte- ja ka ekspertsüsteeme**
- **Reaalaja veebirakendused alates 2000, Pärnu, esimene sarnane Läänemere piirkonnas**
- **GPRS andmeside rakendused ja veebirakenduste massiline areng alates 2006**
- **Operatiivsed meremõõtesüsteemid on paljuski kasutajavajaduse toel arenevad, seega jätkusuutlikud**
- **Eesti operatiivsed meremõõtesüsteemid suurel määral integreeritud Läänemere (BOOS) ja ka Euroopa võrgustikesse (EuroGOOS)**
- **Areng ilmselt jätkub tarkade andurite, autonoomsete mõõteplatvormide kasutamise ja konkreetsetele kasutaja gruppidele suunatud ekspertsüsteemide suunal**