

Laineenergia potentsiaal Eesti rannikuvetes

Maris Eelsalu
Tarmo Soomere

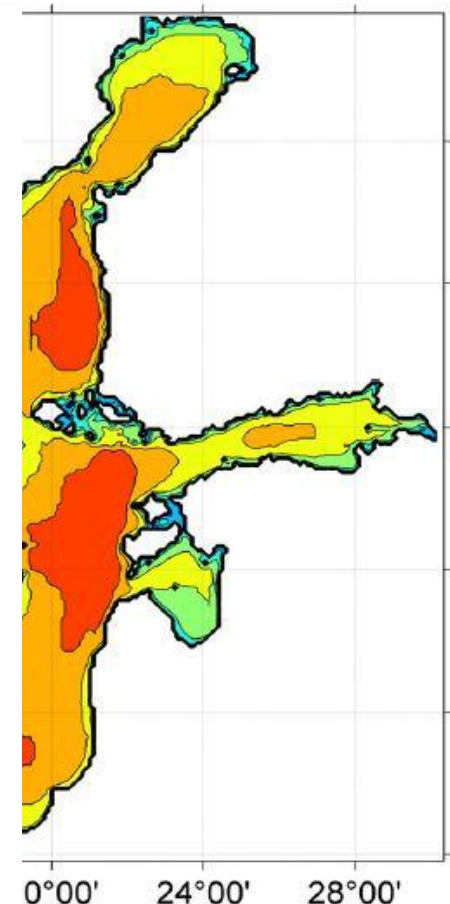
Institute of Cybernetics at Tallinn University of Technology,
maris.eelsalu@ioc.ee

Ülevaade

- Motivatsioon
- Uuringu ala
- Modelleeritud laineandmed
- Energiavoo arvutused
- Muutlikkus ajas ja ruumis
- Tormide osakaal
- Rannikuprotsesside intensiivsus

Sissejuhatus

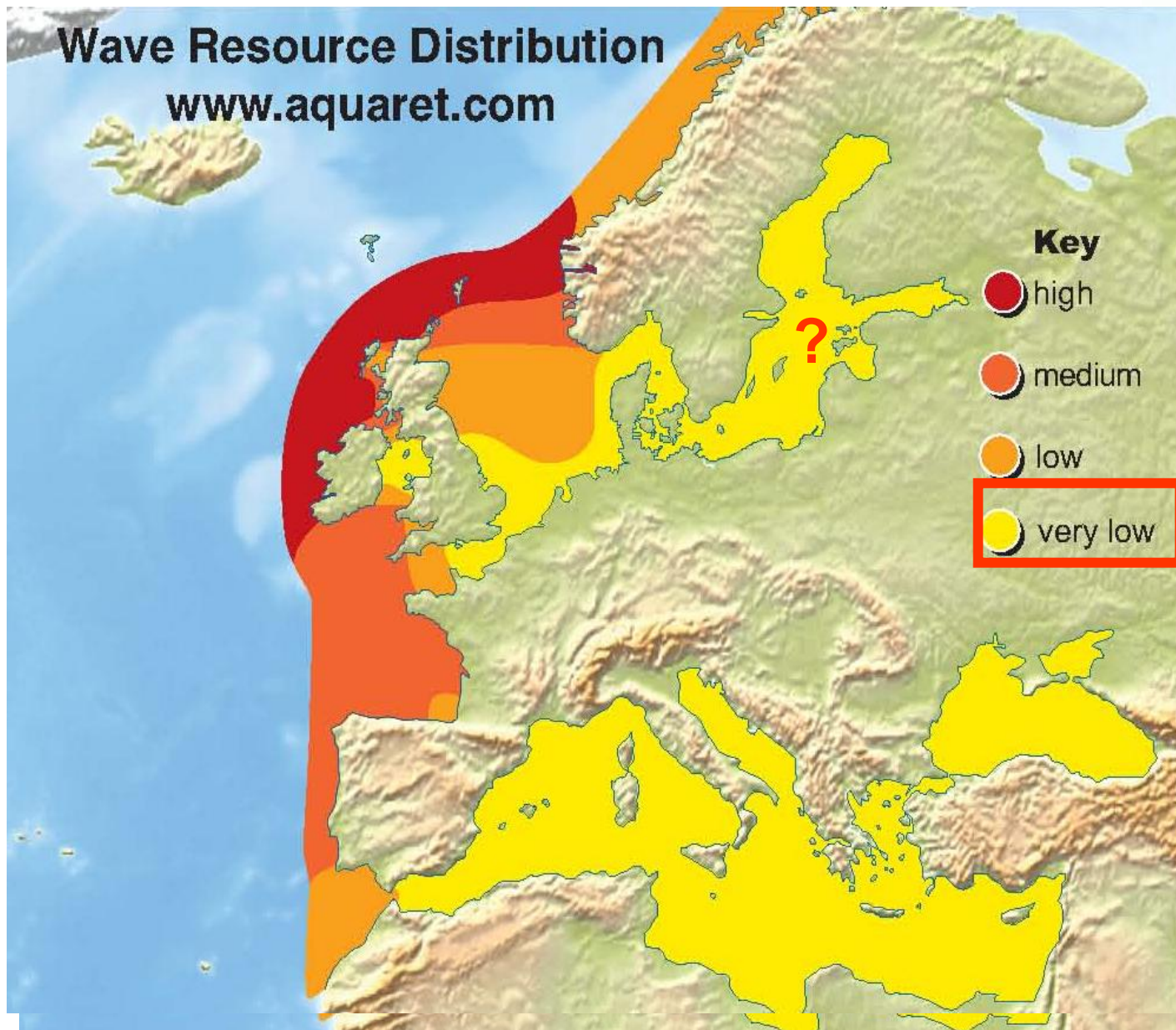
- Taastuvenergia alaliik
- Suurenev tarbimine & vajadus CO₂-vabale energiale
- Laineenergia: kontsentreeritud vorm päikeseenergiast
- Lained võivad liikuda tuhandeid kilomeetreid sealjuures energiat kaotamata
- Energiatihedus suurem võrreldes päikese- ja tuuleenergiaga
- Läänemere idarannik (~950 km): potentsiaalne laineenergia suurim



verage significant wave height after each 10 cm) in the Baltic

Wave Resource Distribution

www.aquaret.com

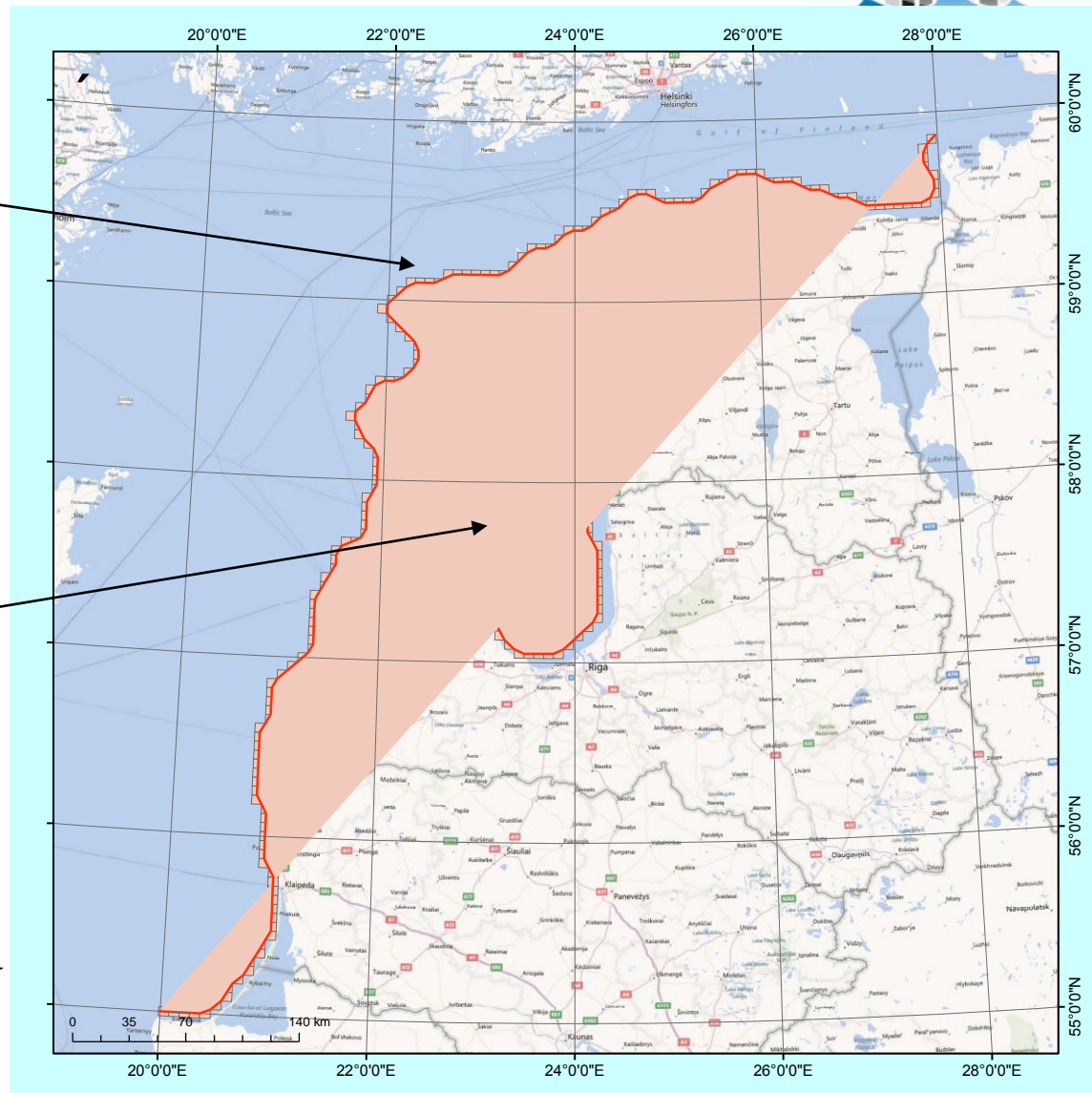


Uuringu ala

~950 km Sambia
poolsaarest kuni
Kurgolovani
(Venemaa)

Riia laht ~450 km

Mudeli võrgupunktid
sügavusel ~10–20 m



Modelleeritud laineandmed

- kolmanda põlvkonna spektraalne lainemudel WAM
- mudeli võrgupunktid: 3*3 meremiili
- andmete ajaline resolutsioon: 1tund
- 38 aastat (1970–2007)
- juhitud geostroofilistest tuultest (Swedish Meteorological and Hydrological Institute)
- Idealiseeritud jäävabad tingimused
- Katab terve Läänemere

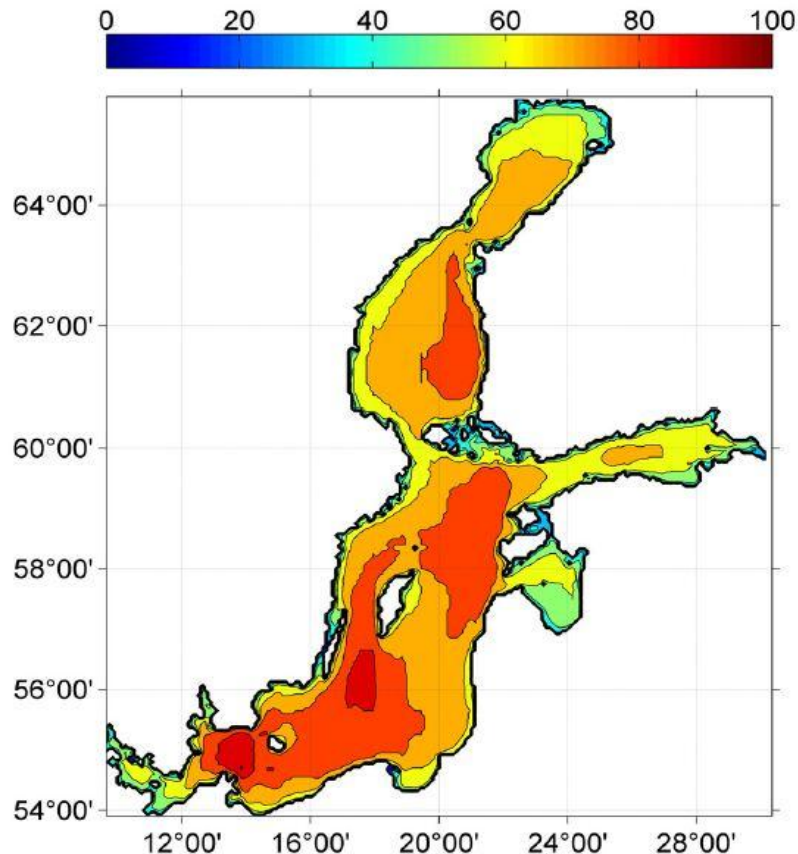
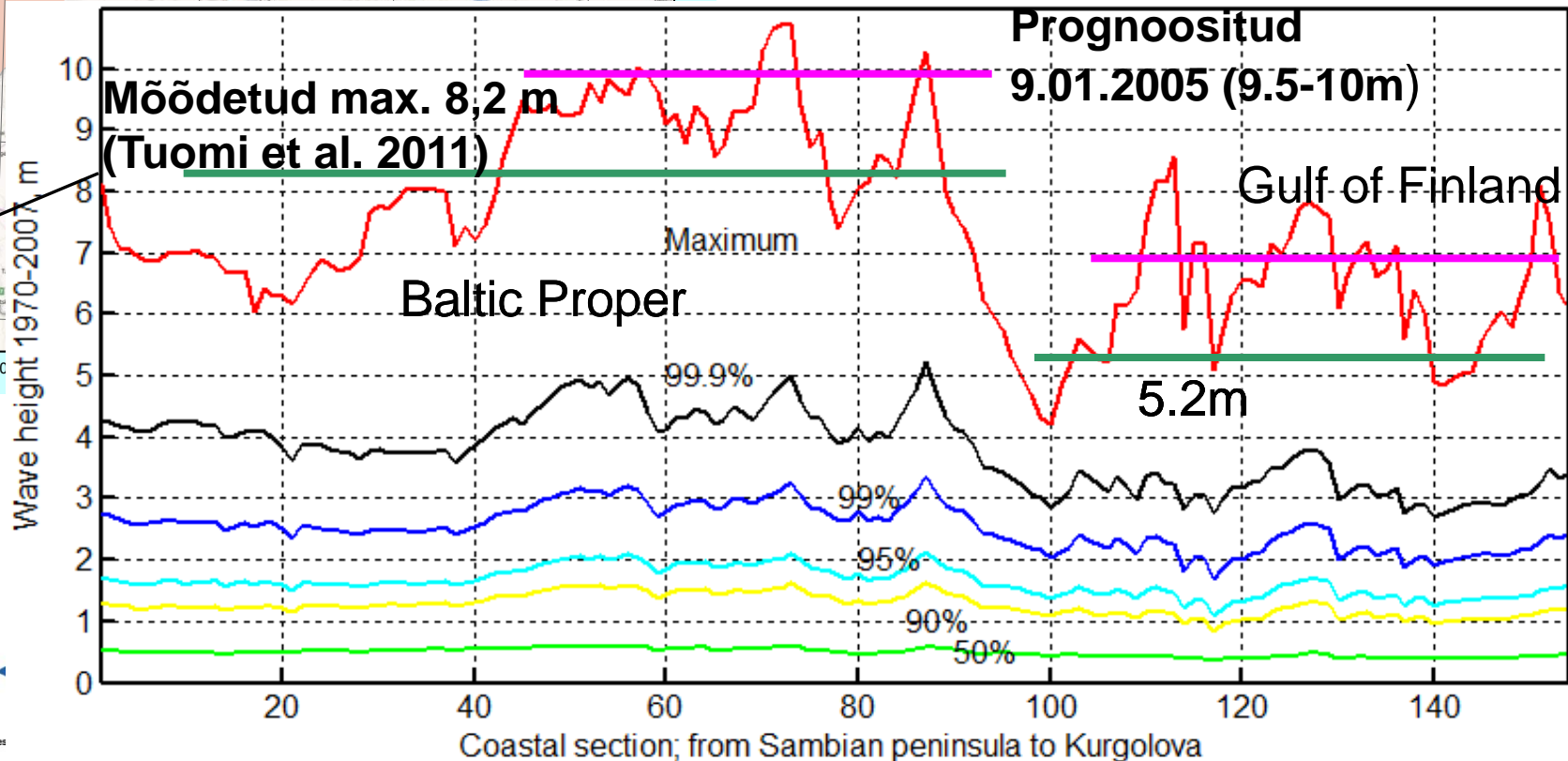
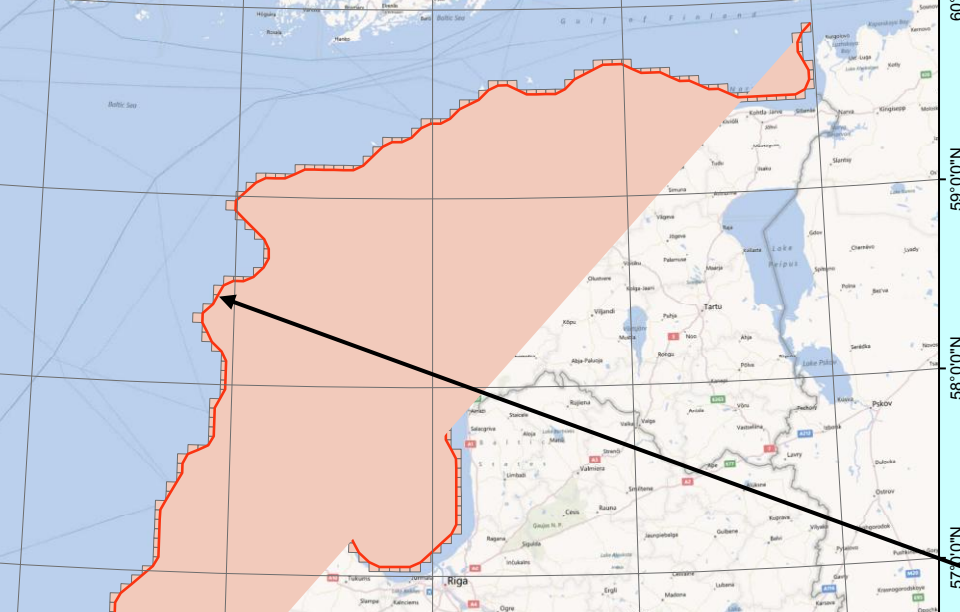


Fig. 9. Numerically simulated average significant wave height (colour bar, cm; isolines plotted after each 10 cm) in the Baltic Sea in 1970–2007.

(Räämet and Soomere, 2010)

Lainekõrgused piki rannikut

38 aastat, 332900 väärtust



Energiavoo arvutusteks:

- Oluline lainekõrgus
 - Tipp-periood
 - Laine leviku suund
- } mudeliandmed,
1x tunnis, iga
võrgupunkti
kohta (5.5km)
- Rannajoone orientatsioon
 - Merevee tihedus
- } konstant

Energiavoo arvutamine

$$E = \frac{H^2 \rho g}{8} \left[\frac{m * kg * m^2}{m^3 s^2} = \frac{N * m^2}{m^2} = \frac{J}{m^2} \right]$$

$$P = E \vec{c}_g \left[\frac{W}{m} \right]$$

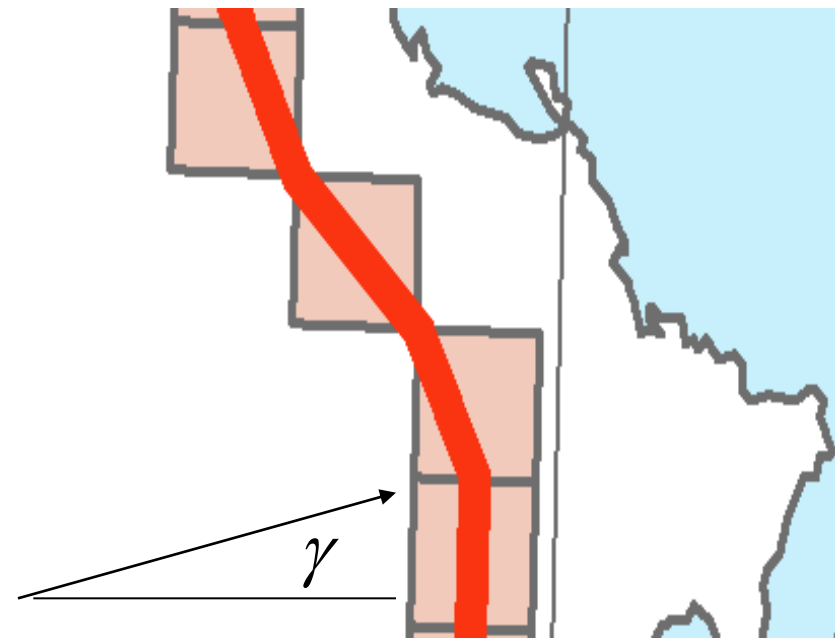
Rühmakiirus

$$C_g = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{g}{k}} = \sqrt{\frac{g}{8\pi}} \sqrt{L}$$

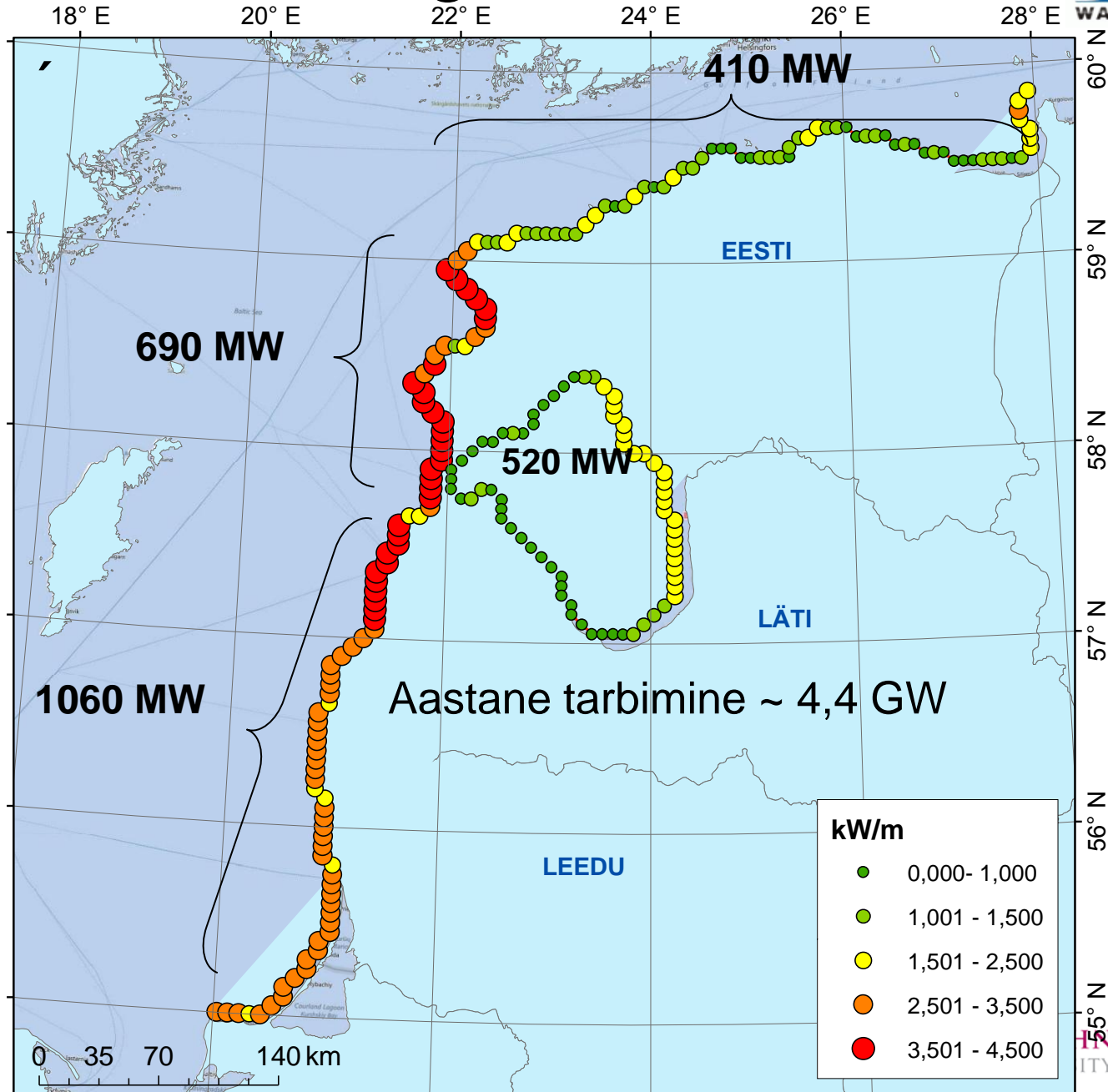
Lainepikkus

$$E(\text{flux}) = \frac{H^2 \rho g}{8} c_g \cos \gamma$$

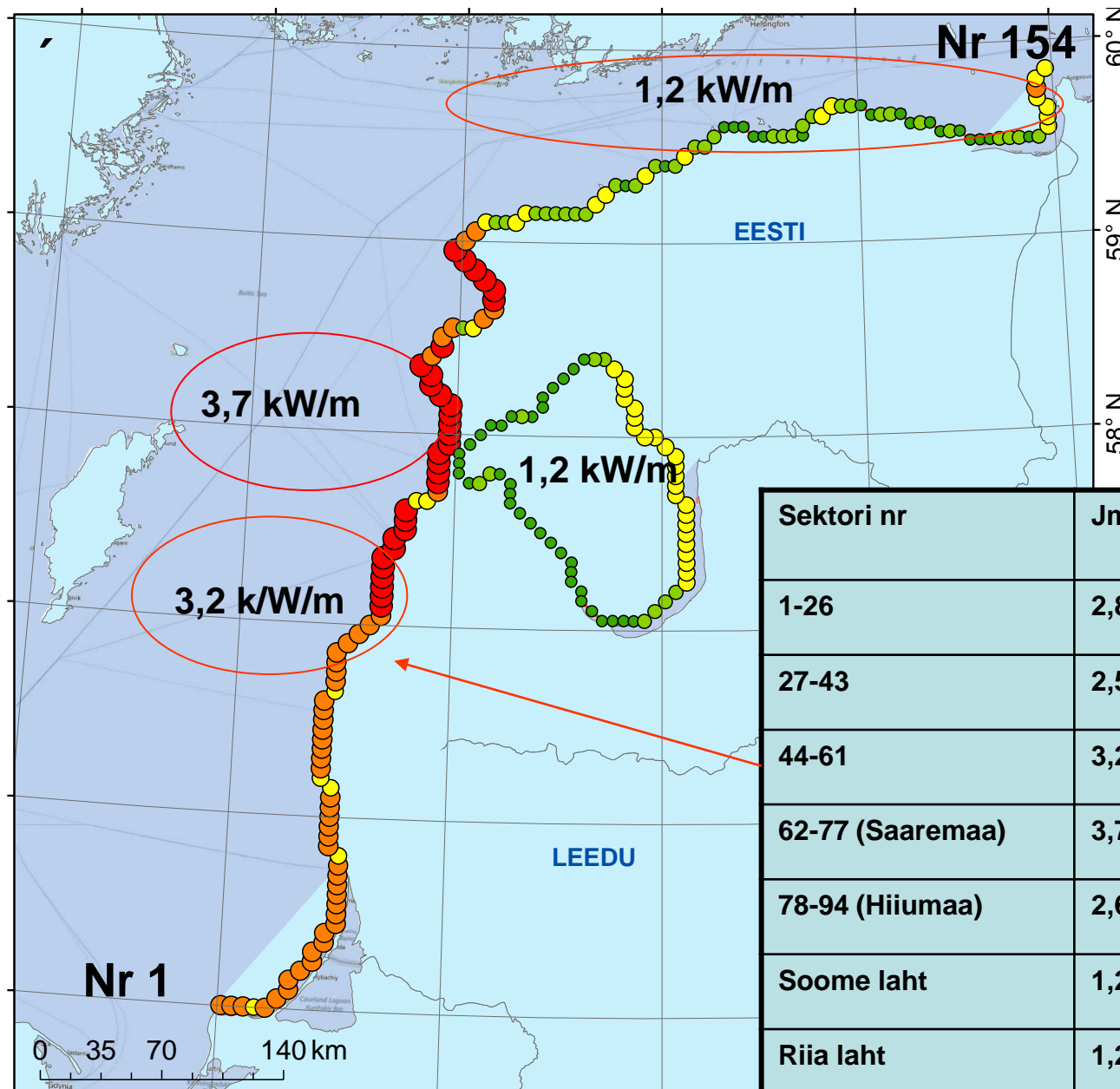
Energiavoo komponent: merelt lähtuv



Teoreetiline koguvõimsus: 2700MW



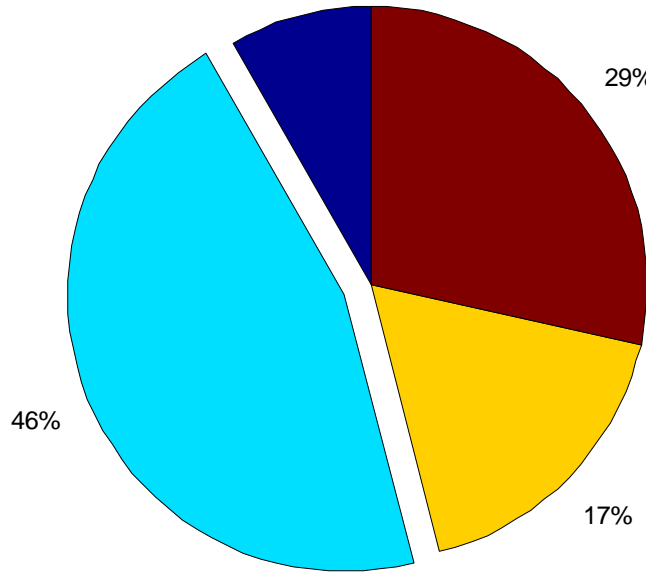
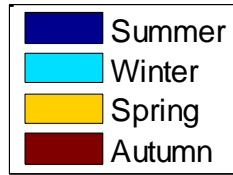
Ülevaade



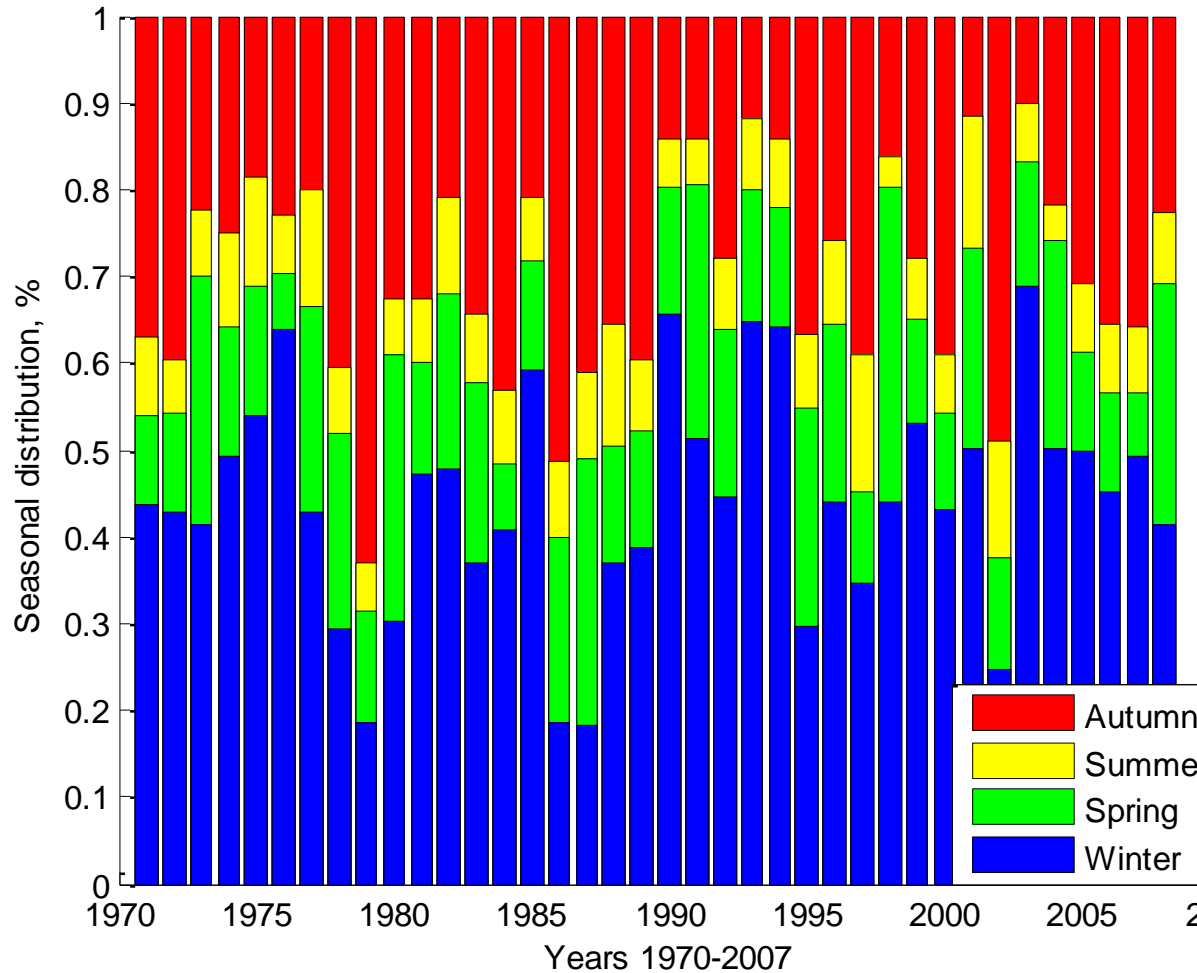
| Sektori nr | Jmean | Jmax |
|------------------|----------|----------|
| 1-26 | 2,8 kW/m | 3,1 kW/m |
| 27-43 | 2,5 W/m | 2,7 kW/m |
| 44-61 | 3,2 kW/m | 3,9 kW/m |
| 62-77 (Saaremaa) | 3,7 kW/m | 4,5 kW/m |
| 78-94 (Hiiumaa) | 2,6 kW/m | 4,4 kW/m |
| Soome laht | 1,2 kW/m | 2,5 kW/m |
| Riia laht | 1,2 kW/m | 2,2 kW/m |

Sesoonne jagunemine

Baltic Proper, 1970-2007
8%



Baltic Proper %, 1970-2007



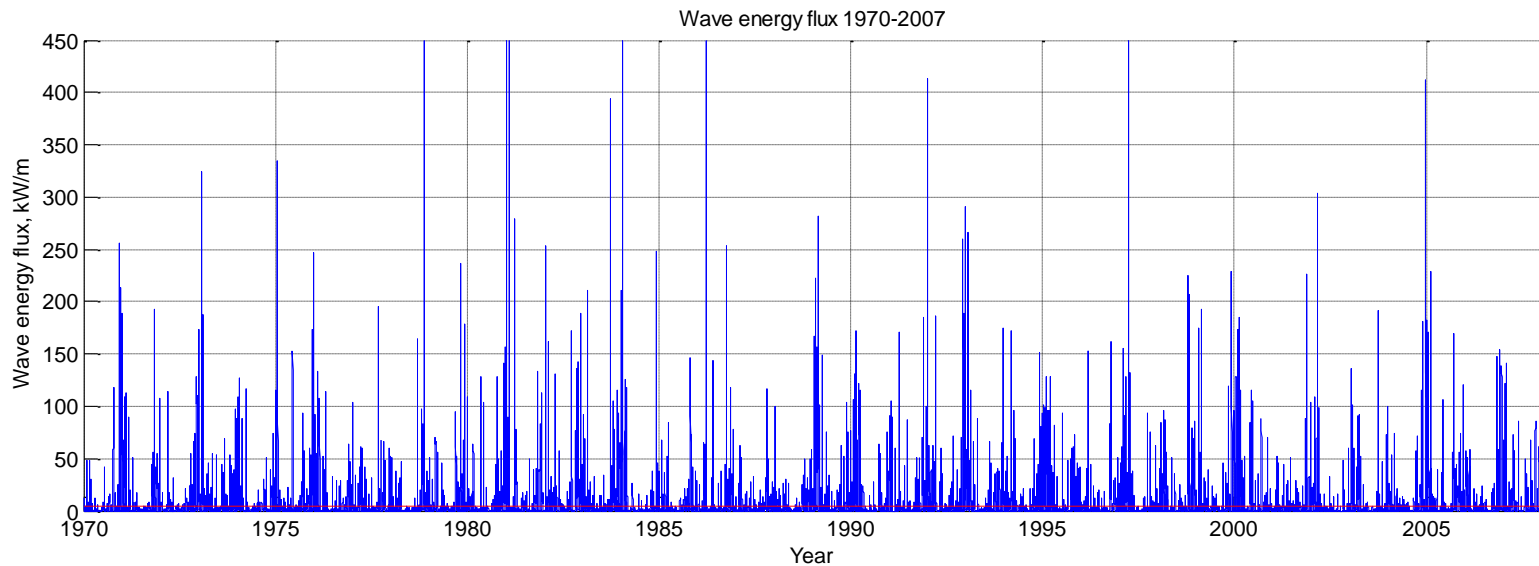
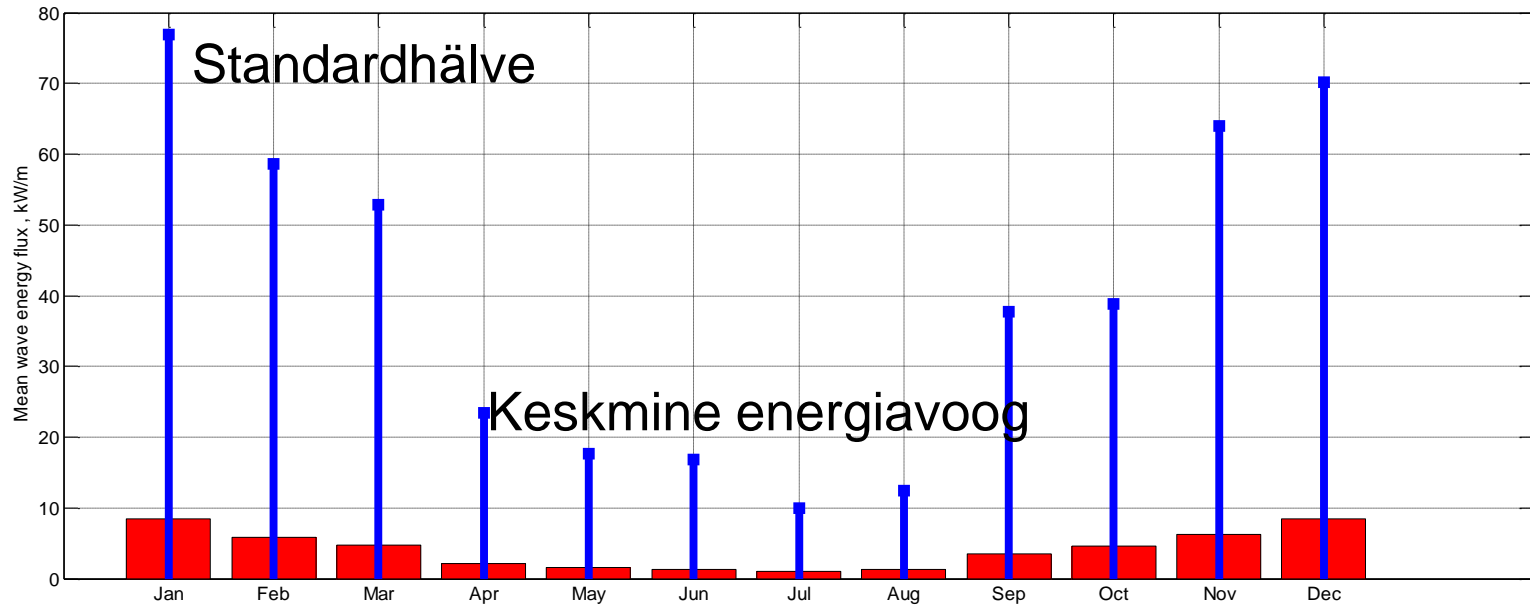
Summer: Jun-Aug

Winter: Dec- Feb

Spring: March- May

Autumn: Sep- Nov

Laineenergia muutlikkus

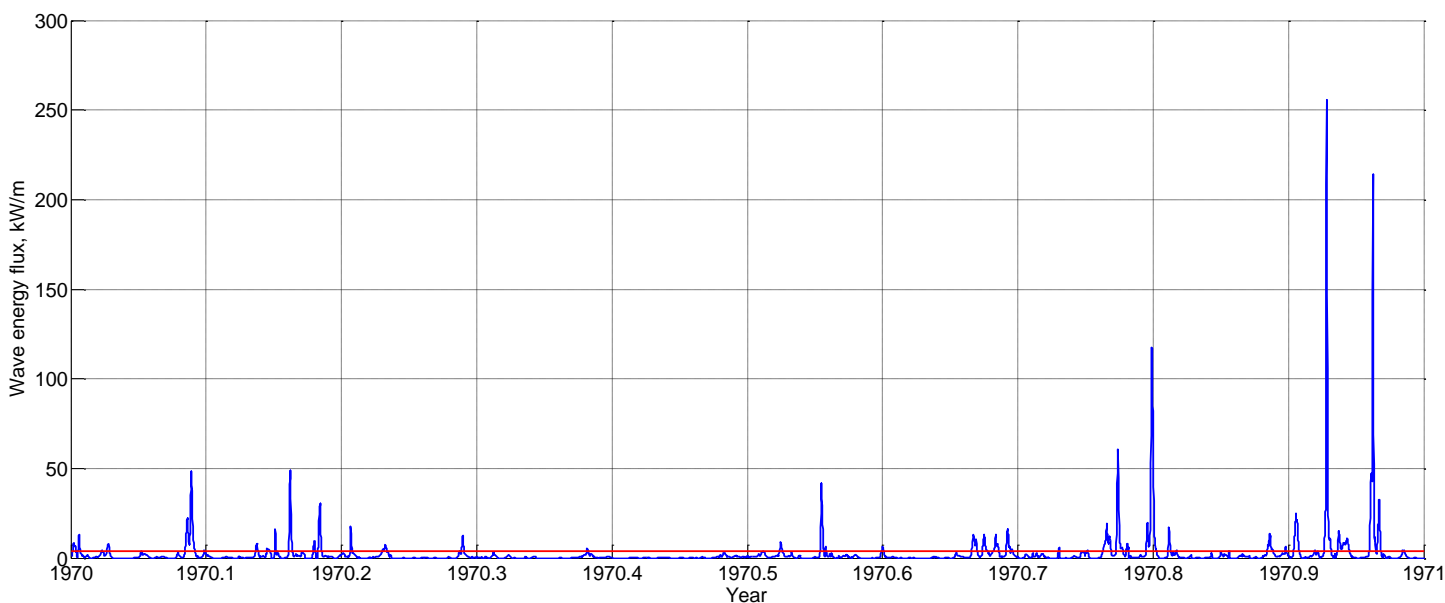
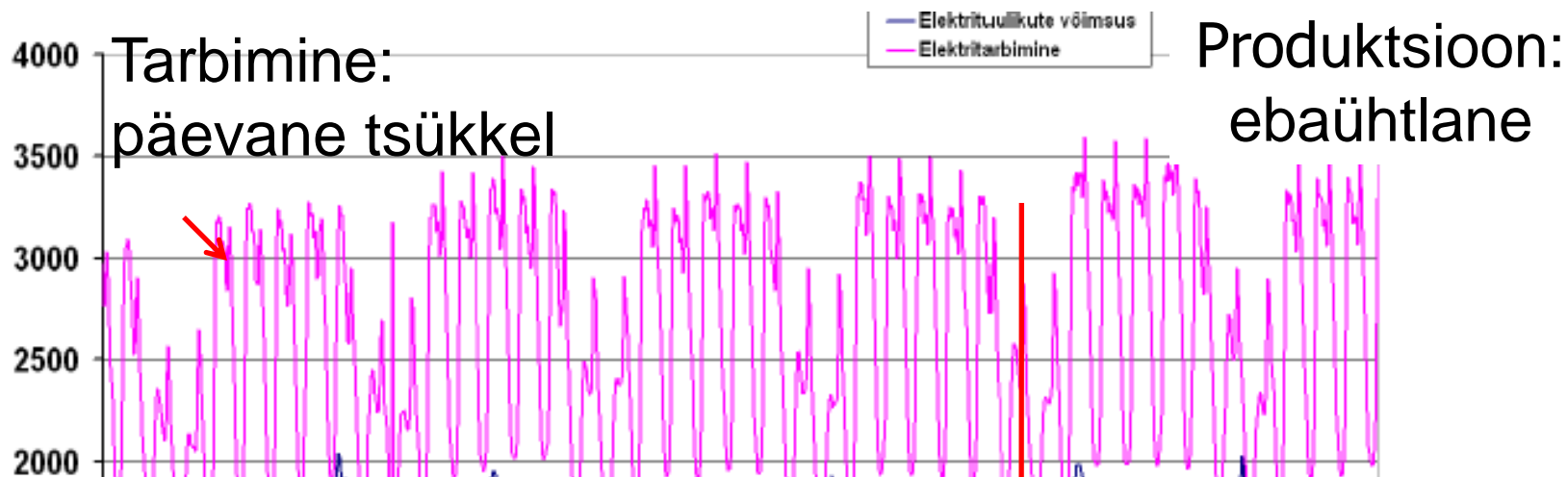


Tormide osakaal

Sektor 73

| | |
|---|--|
| 25% kõrgeimatest lainetest ($H > 1$ m) | ~ 91 päeva ~90% aastasest energiast |
| 10% ($H > 1,6$ m) | ~ 36 päeva ~74 % |
| 5 % ($H > 2,1$ m) | ~18 päeva ~59 % |
| 1 % ($H > 3,3$ m) | ~ 3,7 päeva ~ 28 % |

Võrdluseks: energia tootmine ja tarbimine



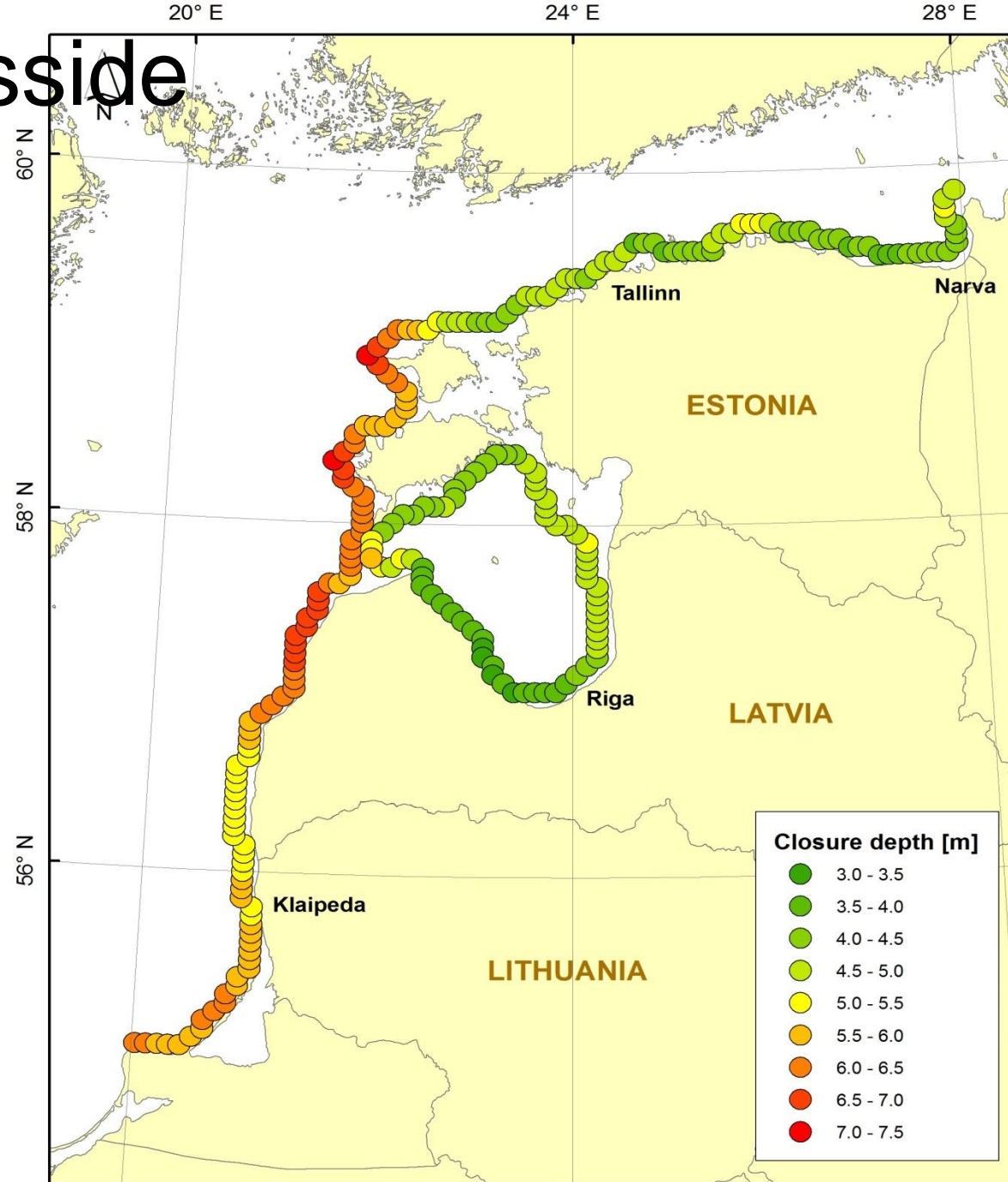
sy:
am

Rannikuprotsesside intensiivsus

- Sulgemissügavus
- Võetud arvesse: oluline lainekõrgus, laine periood
- Iseloomustab: laineenergiat



rannikuprotsesside intensiivsust



Eesti Teadus
Estonian Research Council

Kokkuvõtteks



- Laineenergia teoreetiline koguvõimsus
~3,000MW
 - Eesti (Läänemere avaosa) 700MW, Soome laht 400MW
- Erakordselt suur muutlikkus ajas: 60% aastasest energiast saabub ~18 päevaga
- Limiteerivaid faktoreid arvestades: järele jääb murdosa koguenergiast
- Laineenergia hulk: rannikuprotsesside intensiivsuse põhiliseks parameetriks

Täna tähelepanu eest!