

**TAL TECH**

**Linna kodu  
mere ääres**

Tarmo Soomere

Eesti teaduste akadeemia

Tallinna tehnikaülikool, loodusteaduskond,  
küberneetika instituut, lainetuse dünaamika labor

Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väarikate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere





**TAL TECH** Eesti ei ole lihtsalt väike riik

Eesti on väga väike riik

Läänemere rannal  
--- mis on samuti  
väike meri



Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väarikate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere








**TAL TECH** Presidendi sõnadele tasub toetuda

„...ükski merele  
avanev riik ei saa  
olla (liiga) väike.“

Lennart Meri

Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väarikate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere

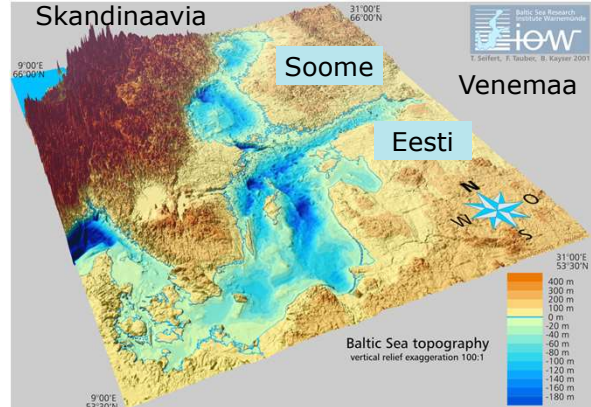
**TAL TECH** Meie meri: kaunis ja kummaline

Skandinaavia Soome Venemaa Eesti




Läänemeri kui maailma väike mudel:

- Sama keerukas kui ookean
- Ulatub üle paljude kliimavöötmete

Baltic Sea topography  
vertical relief exaggeration 100:1



Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väarikate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere

**TAL TECH** Suurel mereriigil on kasutada tohutu väärtus

## Rannik

Eesti rannajoon on 3800 km

Headel päevadel on see imeilus



**TAL TECH** Kehvadel päevadel on see masendav



Rannikuriikide eksistentsiaalsed küsimused:

- Kuidas seda hoida?
- Mille eest kaitsta?
- Millal lasta sel omapead toimetada?

Liivi laht,  
Kolka neem



**TAL TECH** Elamine rannikul

- Vanasti:
  - Ohtlik, aga odav
  - Pigem vaesemate pelgupaik
- Kaasajal
  - Ohtlik ja kallid
  - Rikaste mängumaa



Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väarikate ülikool 05

**TAL TECH** Sellegipoolest asutakse elama lausa veepiirile, lootes, et meremüür peab vastu



**TAL TECH** Rannikulinna igapäevane elu

Vesi ja maa: igavesed rivaalid

- Vesi teeb rannas oma tööd:
  - Kõrge veetase
  - Lained
  - Jää
- Ajutised mured
  - Torm: tugev tuul, kõrge veetase, ohtlikud lained
  - Tuleb osata end kaitsta ja ära kannatada
- Jäävad mured
  - Vaikselt kasvav veetase
  - Rannast kaduv liiv
  - Valgerand - Pärnu linna osa

Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väarikate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere

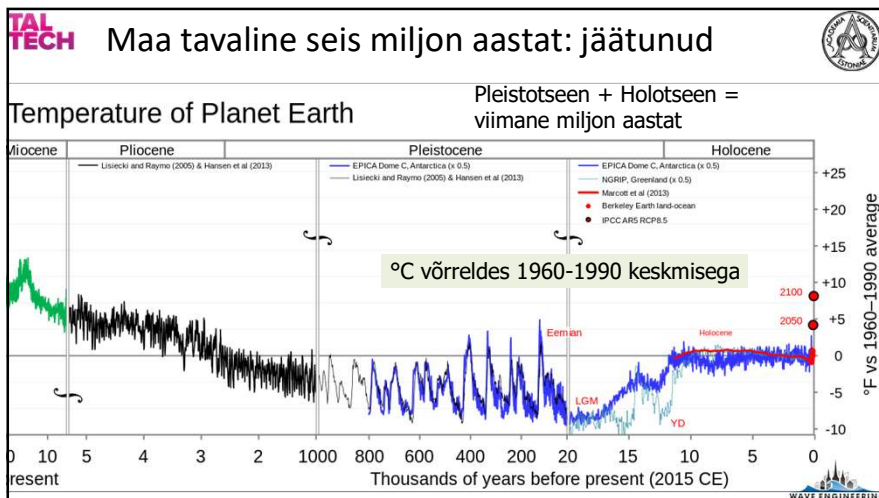
**TAL TECH**

Esimene osa

ehk kliimamuutus ei löö kõiki ühe vitsaga

ja vesi paisub soojenedes

Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väarikate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere



**TAL TECH** Kasvuhooneefekt: Maalt kiirguv soojus ei pääse enam otse maailmaruumi

Sunlight passes through the atmosphere and warms the Earth's surface. This heat is radiated back toward space.

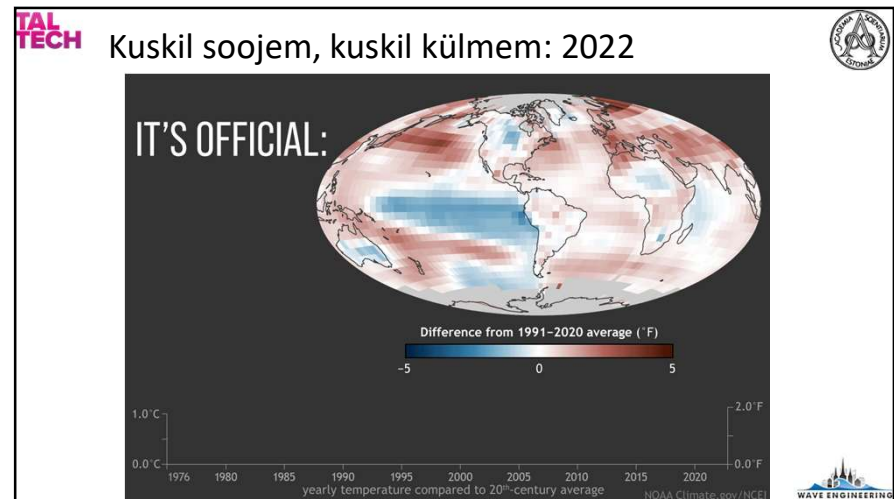
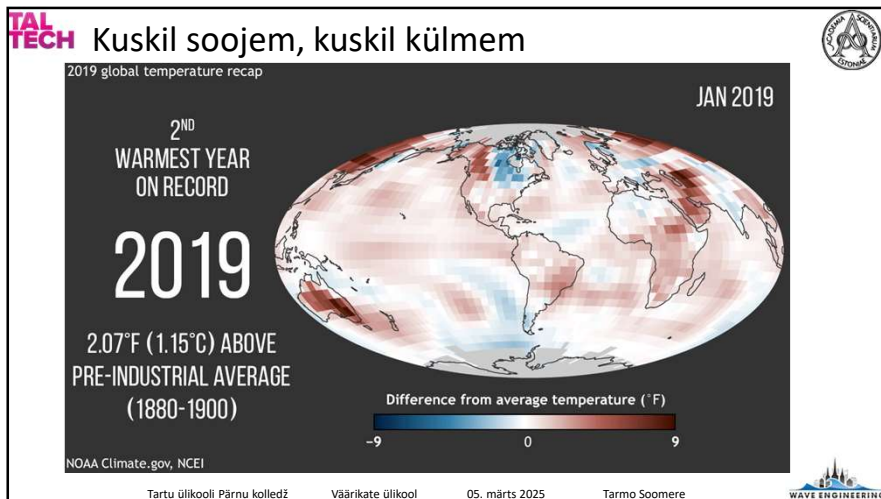
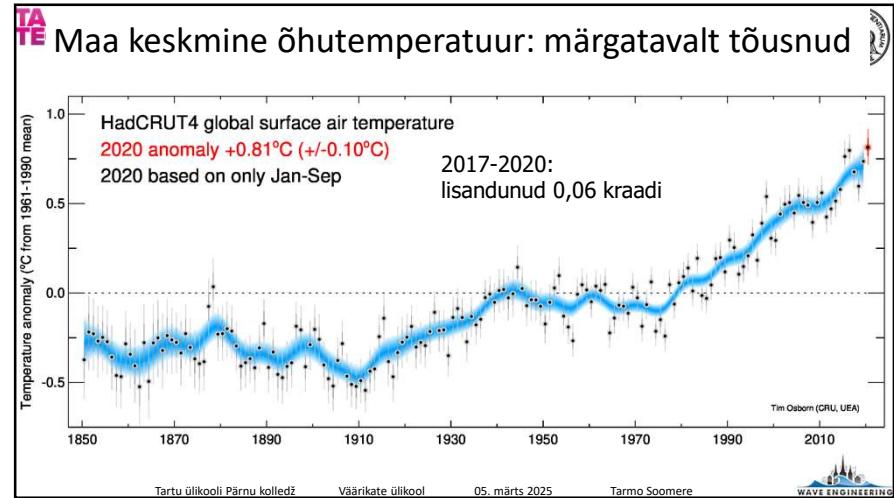
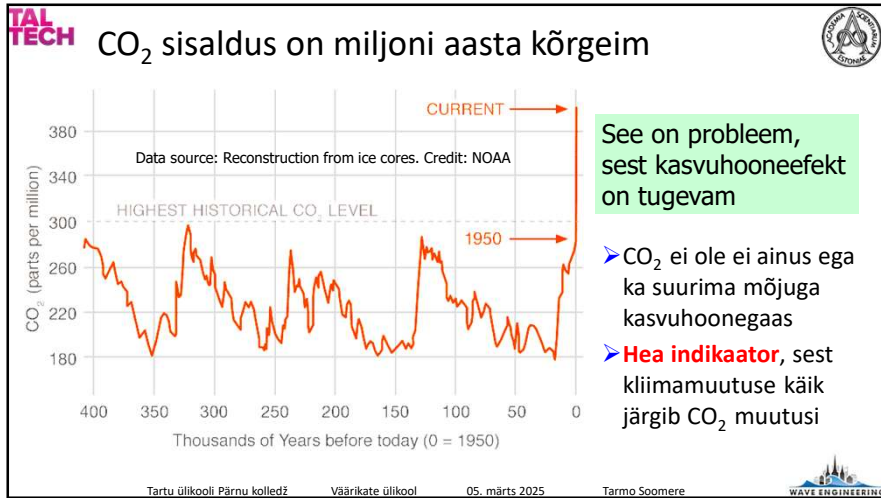
Most of the outgoing heat is absorbed by greenhouse gas molecules and re-emitted in all directions, warming the surface of the Earth and the lower atmosphere.

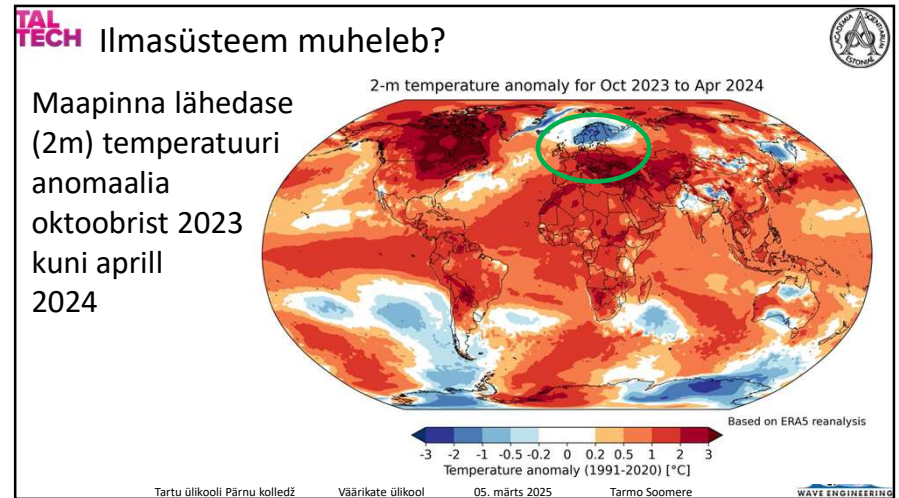
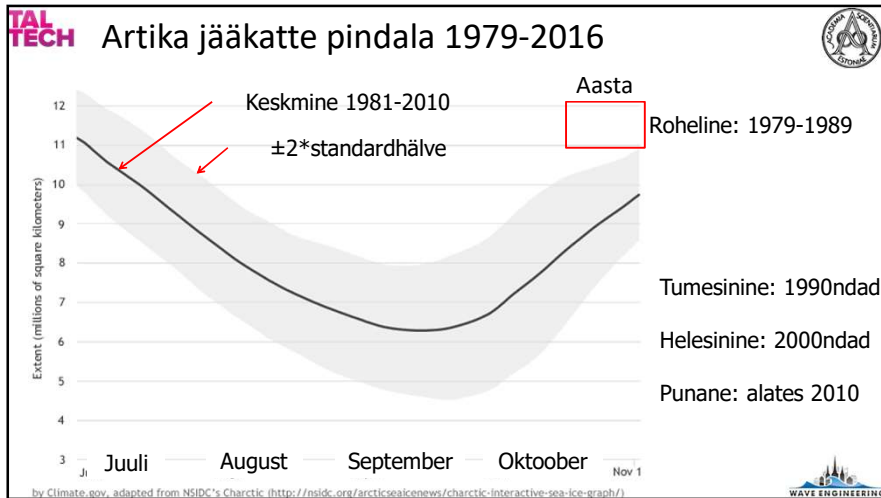
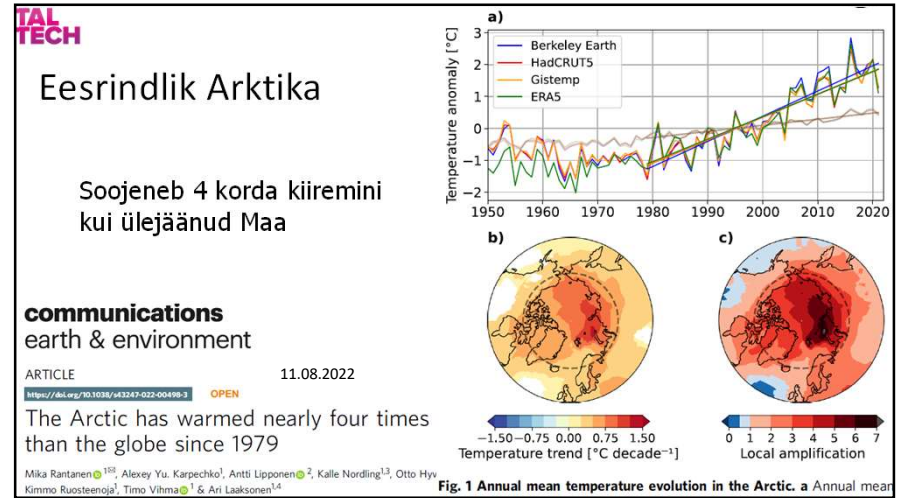
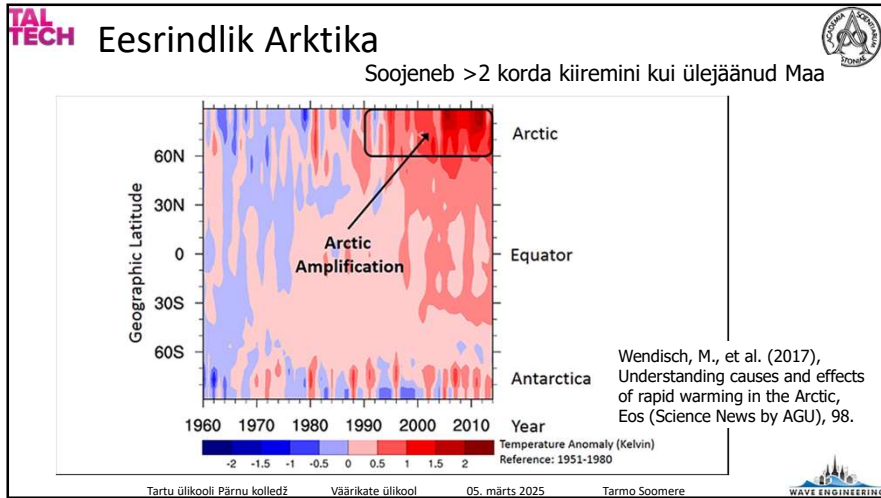
Maa keskmine temperatuur:

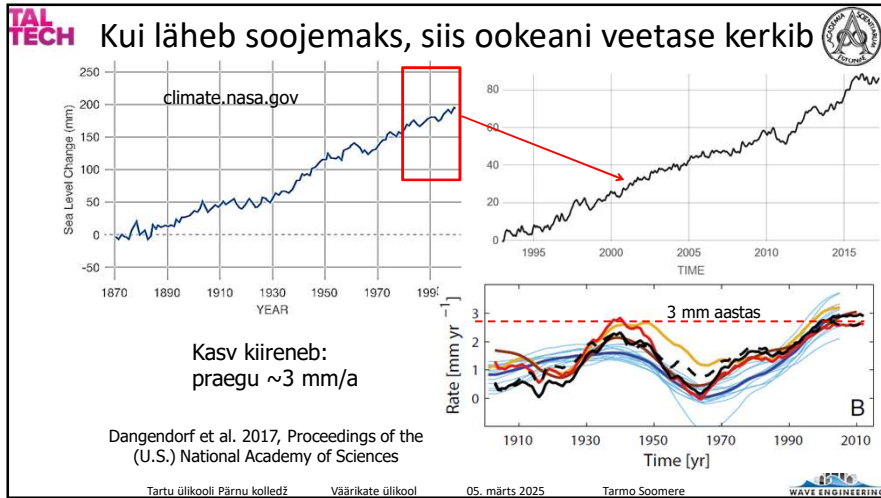
- Ilma kasvuhoonegaasideta: -18°
- Tegelikult: +15°

WAVE ENGINEERING







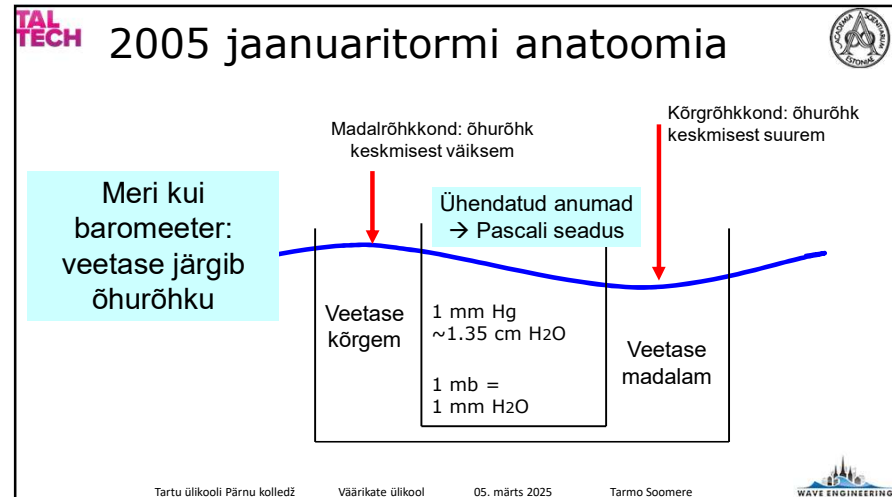


**TAL TECH**

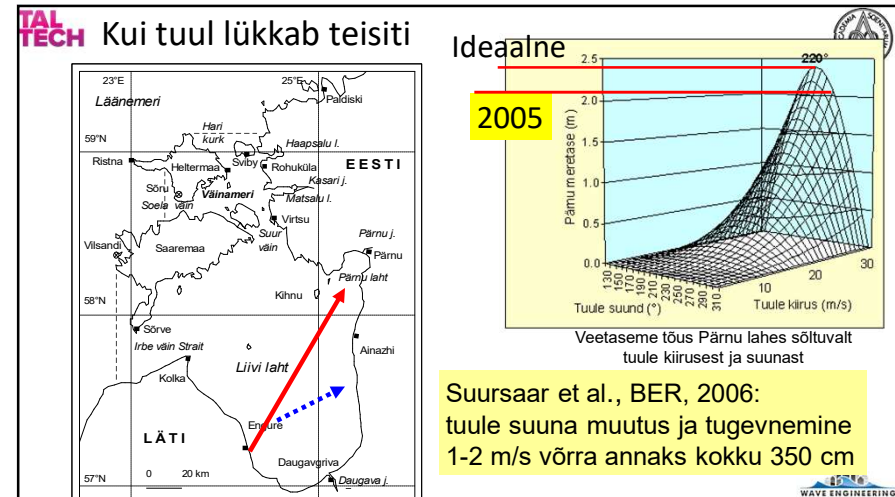
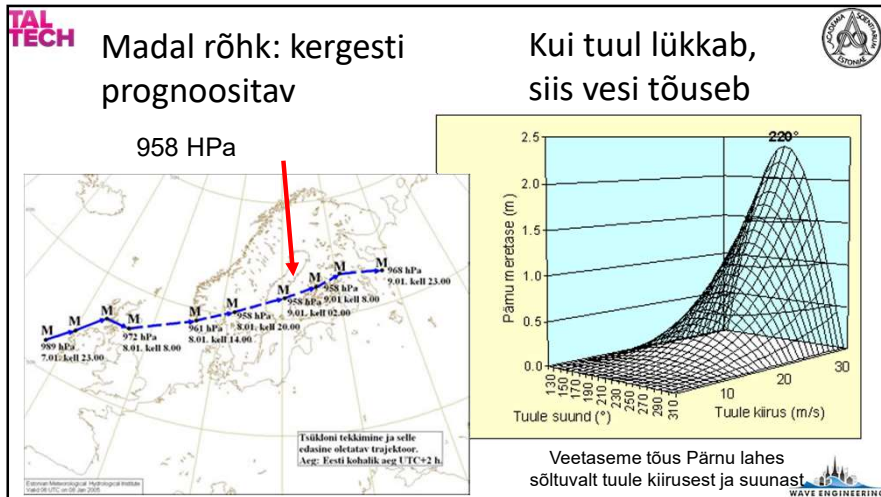
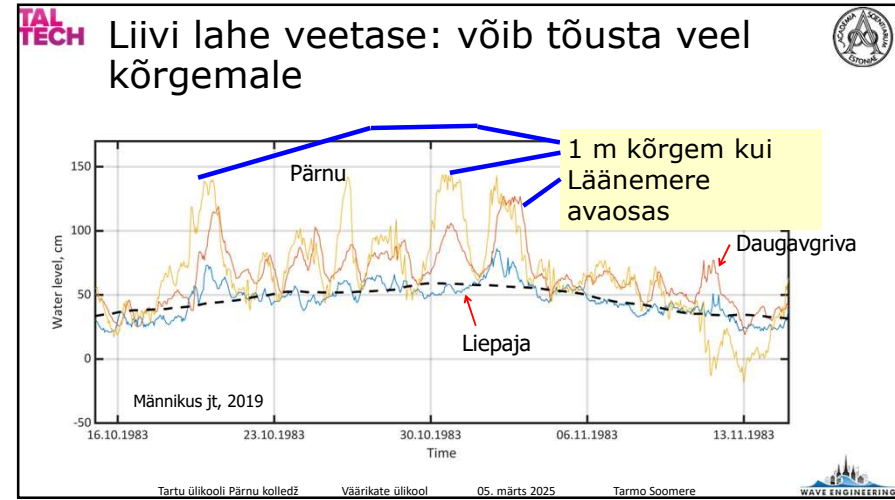
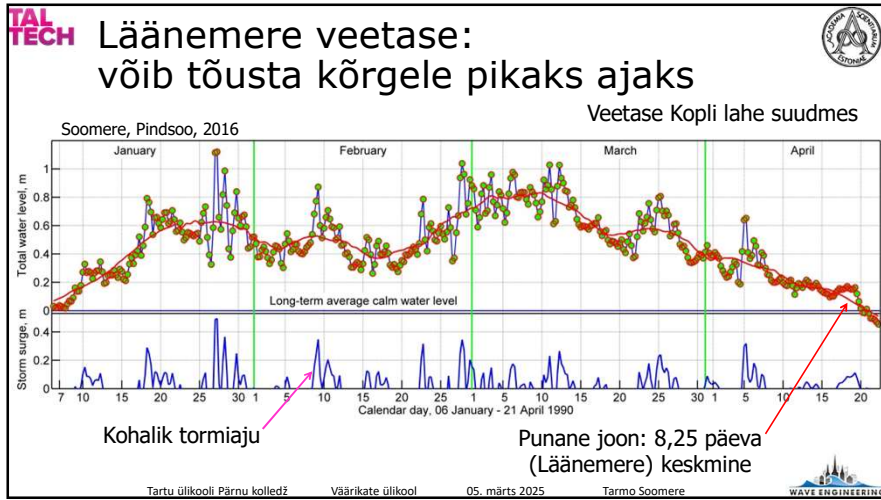
Teine osa  
ehk taseme küsimus

Mida teeb veetase meie  
randades?

Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väärikate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere







**TAL TECH** Rekordi matemaatika

- Madalrõhk 960 hPa → ~30-40 cm
- Tormiaju 25 m/s suunast 240 → ~1,5 m
- Algeis: ca + 80 cm

**Kokku: 270 cm**

Võib lisanduda:

Tugevam tuul ebasoodsamast suunast	+ 60 cm
Resonants eelmise tormiga	~30-40 cm
Algeis	+20 cm

**Kõik kokku: 370-400 cm (?)**

Tartu ülikooli Pärnu kolledž    Väarikate ülikool    05. märts 2025    Tarmo Soomere    WAVE ENGINEERING

**TAL TECH** Vale oleks küsida: kas see juhtub jälle?  
Õige on küsida: millal see juhtub jälle? – ja kas järgmisel korral muutub Pärnu saareks?

ÜLEJUTUSALA TULVAVEE KÕRGHETKEL PÄRNUS KOOS VALITUD MAAPINNA KÕRGUSPUNKTIDEGA

roostepunase tooniga kaetud ala oli veega üle ujutatud    kollastes kastides on näidatud eri kohtade maapinna kõrgus, võrreldes Kroonlinna nulliga

Tartu ülikooli Pärnu kolledž    Väarikate ülikool    05. märts 2025    Tarmo Soomere    WAVE ENGINEERING

**TAL TECH** Mille poolest veetõus jaanuaris 2005 veel eriline?

Kõrge veetase püsis  
1967: 1-2 tundi  
2005: 10 tundi

Suursaar, Ü., Kullas, T., Otemann, M., Kõuts, T., 2002. A model for storm surge forecasts in the Eastern Baltic Sea. In: *Risk Analysis III. Computer simulation in Risk Analysis and Hazard Mitigation* (C.A. Brebbia, editor). WIT Press, Southampton, Boston, pp. 509-519.

Tartu ülikooli Pärnu kolledž    Väarikate ülikool

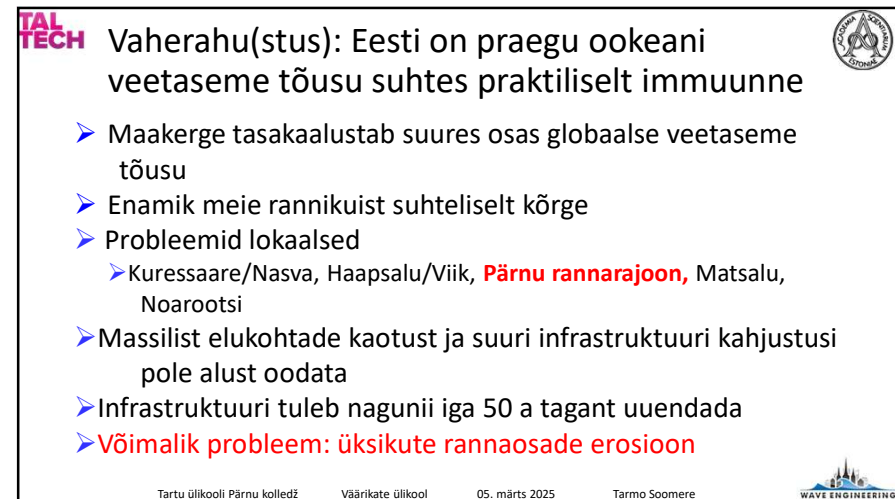
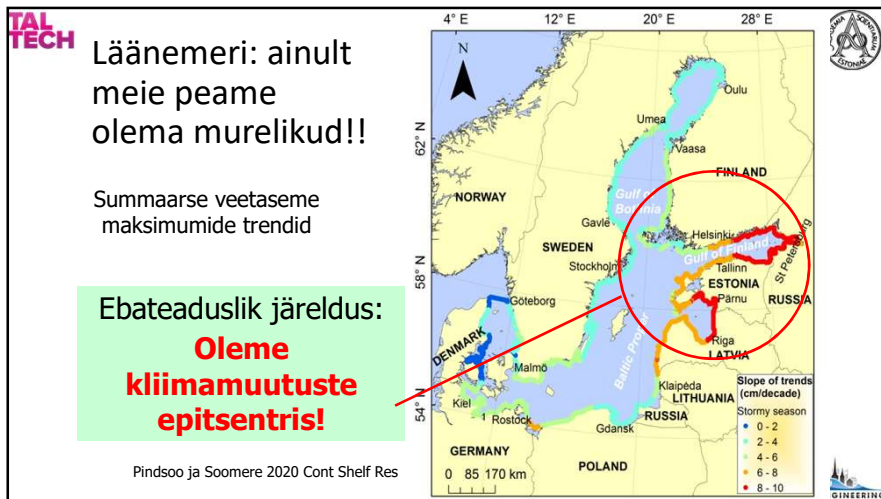
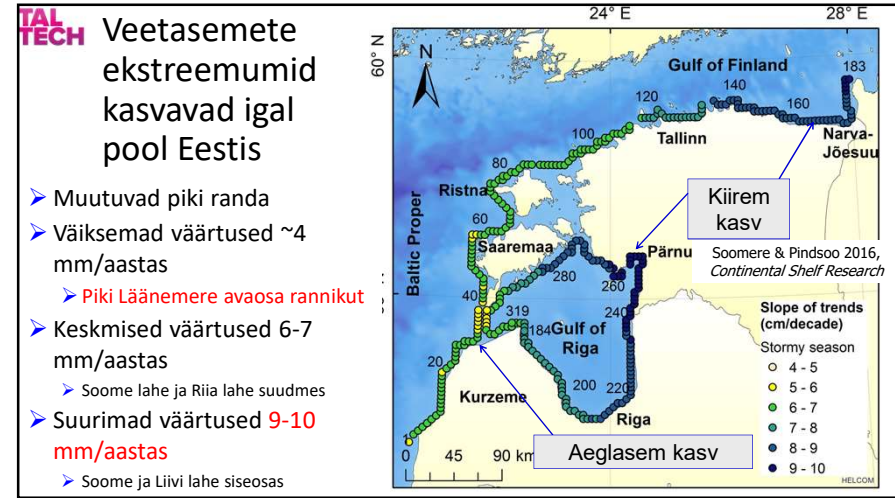
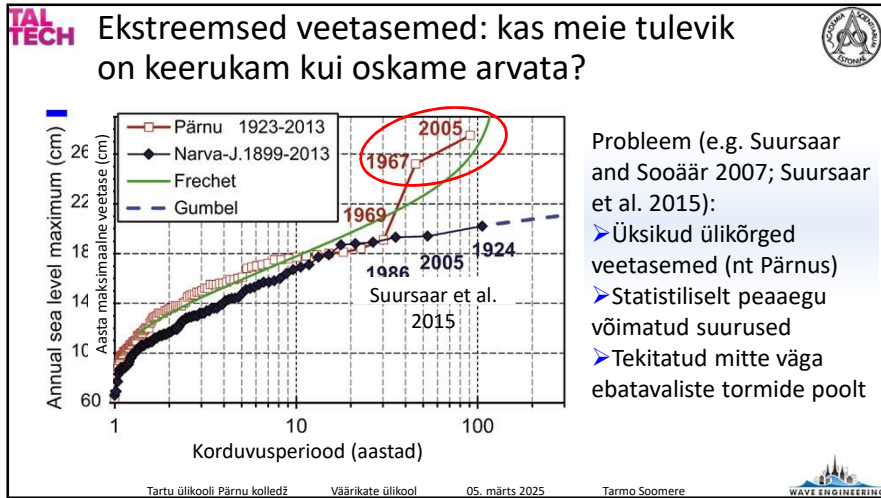
**TAL TECH** Pärnu sadam, 9. jaanuar 2005

Katrina & India ookeani tsunami:  
vee temperatuur 20-25 kraadi C

Ülejutus Eesti rannikul jaanuaris 2005:  
jäise vee temperatuur ~5 kraadi C

Tartu ülikooli Pärnu kolledž    Väarikate ülikool





**TAL TECH**

## Enamasti ikka enda rumalusest

Rannal pole häda midagi


Klooga-Rand



Sealt, kus on kivid, läheb liiv ära

Suured kivid, mis ei kõlba siia


**TAL TECH**



## Kolmas osa

## Jää vastuoluline roll

Tartu ülikooli Pärnu kolledž    Väärkate ülikool    05. märts 2025    Tarmo Soomere



**TAL TECH**

## Takistaja ja lõhkuja

Probleem laevaliikluse jaoks: paks jää mitme kuu vältel



Jäärünnak on lõhkunud maju (Komarovo, Neeva laht, 2008)

Ryabchuk et al., 2011 BER




**TAL TECH**

## Jäärünnaku tulemus: Ristna sadama kõrval



15.04.2006

**Jää kaitseb liivarandu: Pole jääd == rand pole kaitstud kõrge veetaseme ja tugevate lainete eest**

- Veetase märksa kõrgem kui jääga kaetud merel
- Lainete energia jõuab rannaseteteni
- Rannasetted: pole külmunud

**Eriti ohtlik: kõrge veetase + lained + lahtine liiv**

(Komarovo, Neeva suudmelah, 29.11.2006 versus 11.01.2007) Ryabchuk et al. 2009, 2011

**B** **C**

WAVE ENGINEERING

**Jääperiood lüheneb**

Sooäär and Jaagus 2007

Disappearance of sea ice

First appearance of sea ice

— Kihnu — Loviisa

- Jääkatte tekib harvem (vähenemine 20% viimasel 100a)
- Jää kaob 10 päeva võrra varem (100a kohta, Utö saar) (Jevrejeva and Leppäranta)

Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väärkate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere

WAVE ENGINEERING

**Lüheneb hüppeliselt põhja pool**

Eriti Soome lahe laiuskraadidest põhja pool

OSI-450 satellite data, Najafzadeh et al. 2022

Ice season duration (days)

Year

Ice season duration (days)

Year

Mitte nii selge Liivi lahes Najafzadeh and Soomere, 2024,

WAVE ENGINEERING

**Jää kadumine = kuni 1,7 korda suurem lainete mõju**

- Suurim mõju: Botnia laht
- Väiksem: Quark
- Arvutusvea tasemel: Botnia meri, Läänemere avaosas, Soome lahe suue
- Ootamatult suur: Soome lahe idaosa

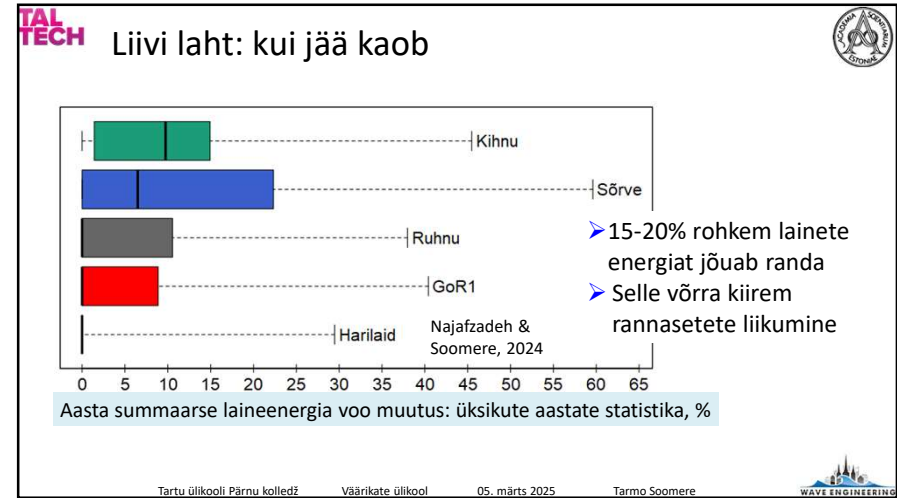
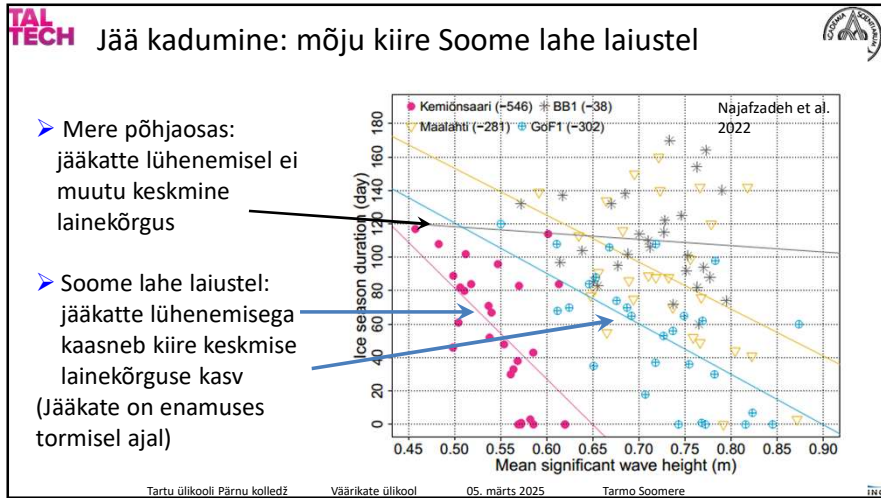
Praeguse ja jäävaba kliima võrdlus

Cumulative wave energy flux difference (%)

Najafzadeh et al. 2022

Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väärkate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere



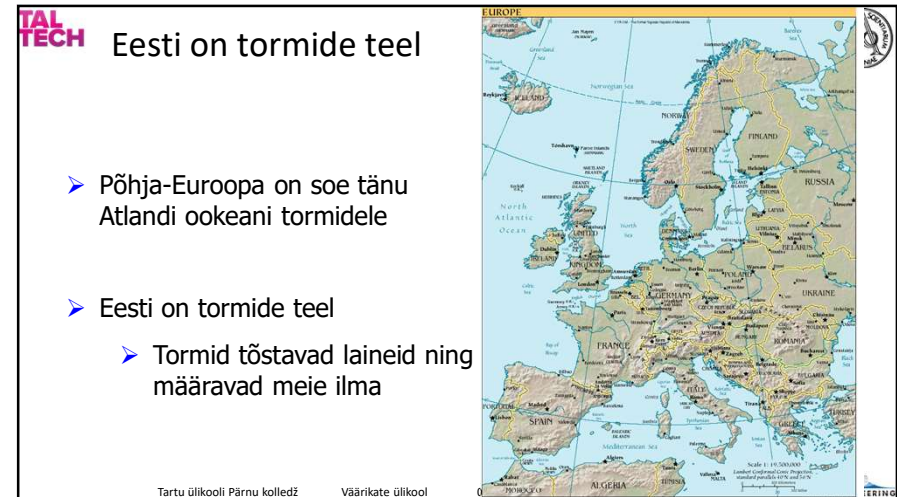


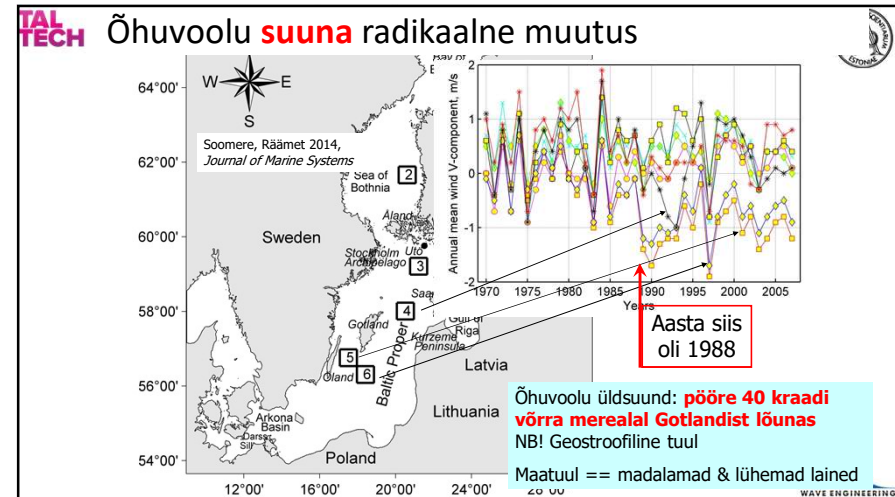
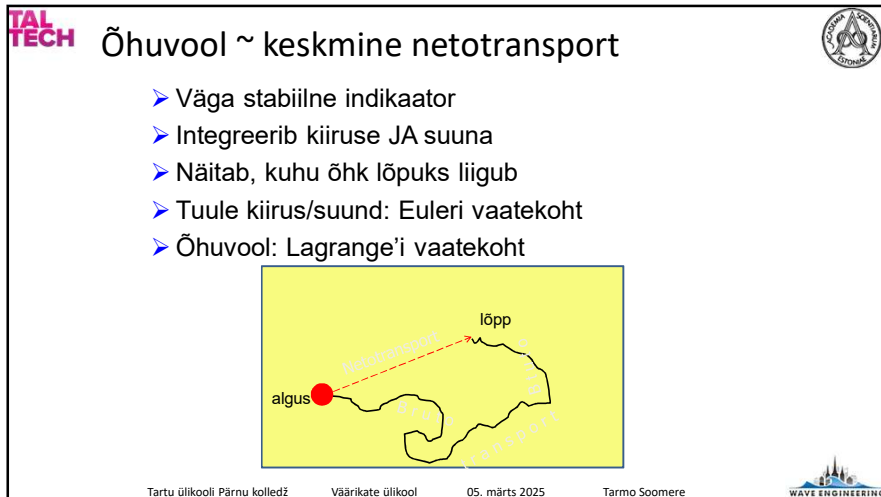
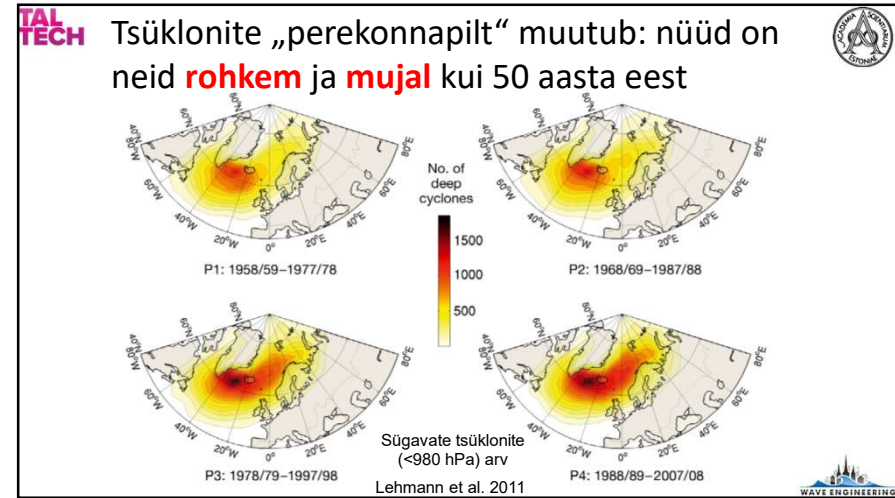
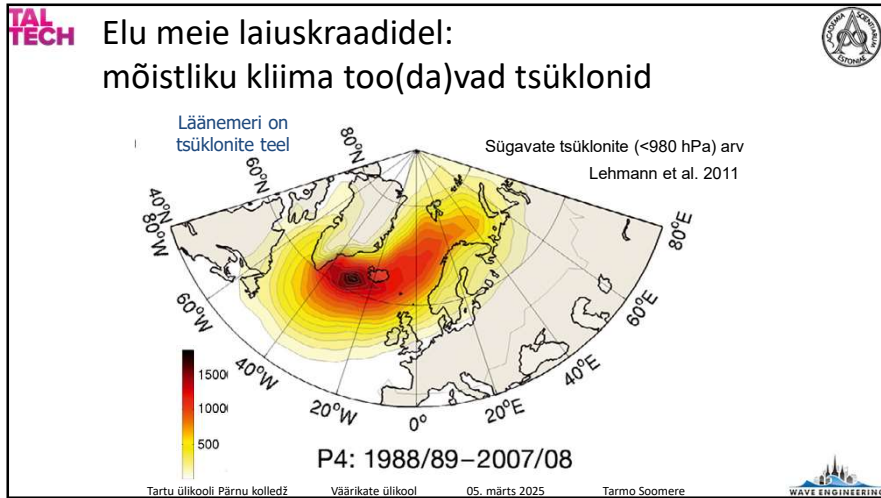
**TAL TECH**

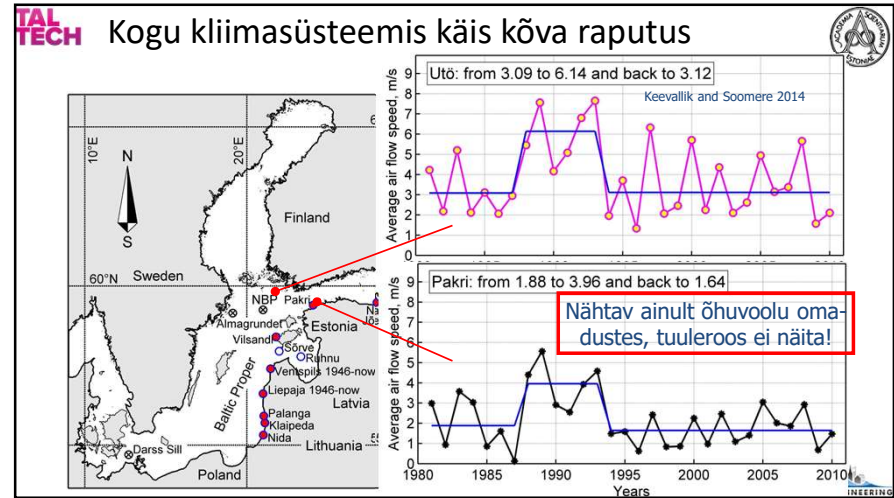
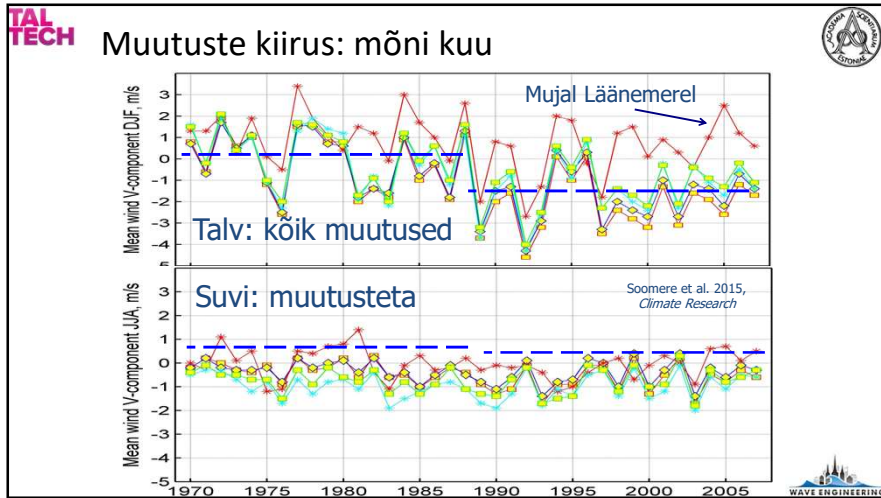
Neljas osa

Muutuvad tuuled

Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väärikate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere







**TAL TECH** Lihtsad järeldused

1. Tormid Eestis on nüüd teistsugused kui 20-30 aasta eest
2. Rannadki arenevad teisiti (?)

Nii kaua kui hingab meri sünnivad alati uued rannad

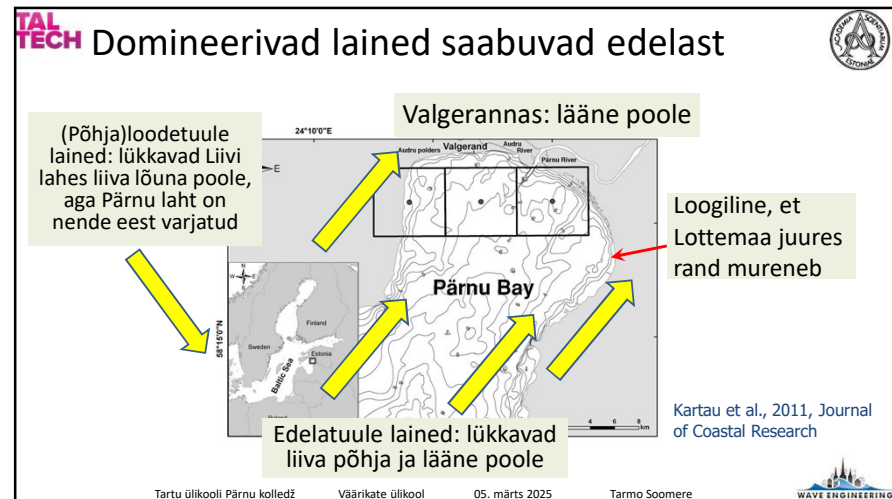
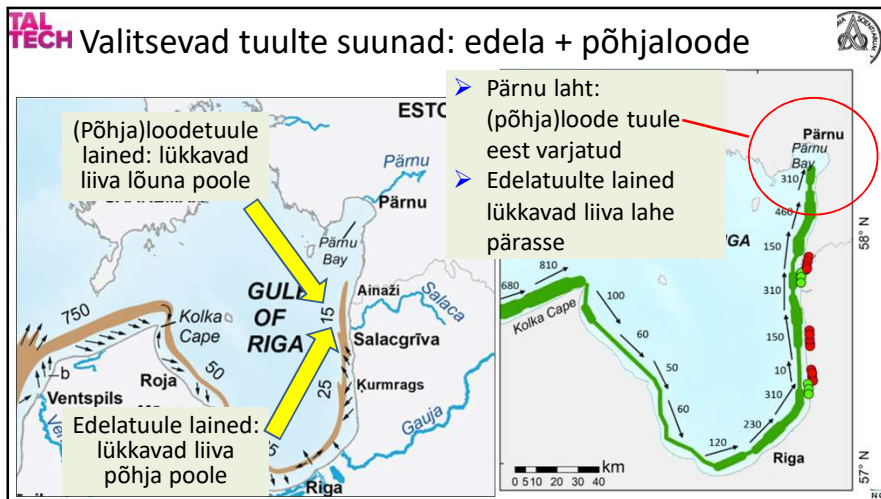
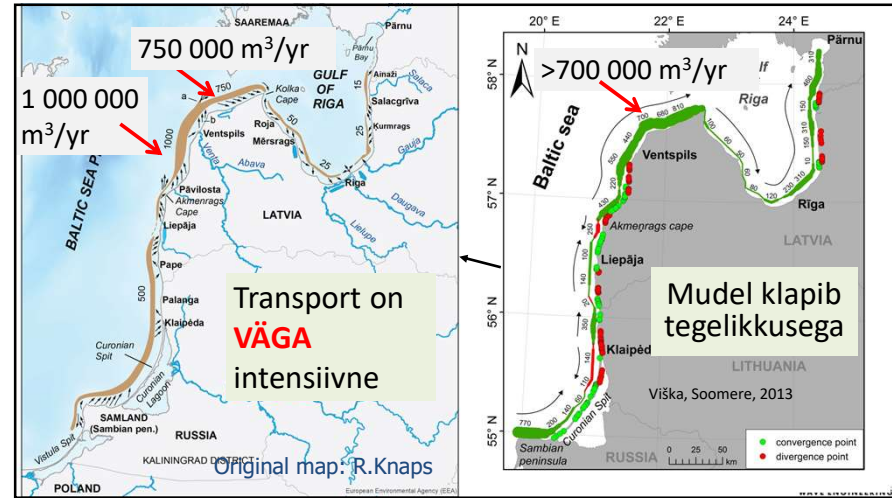
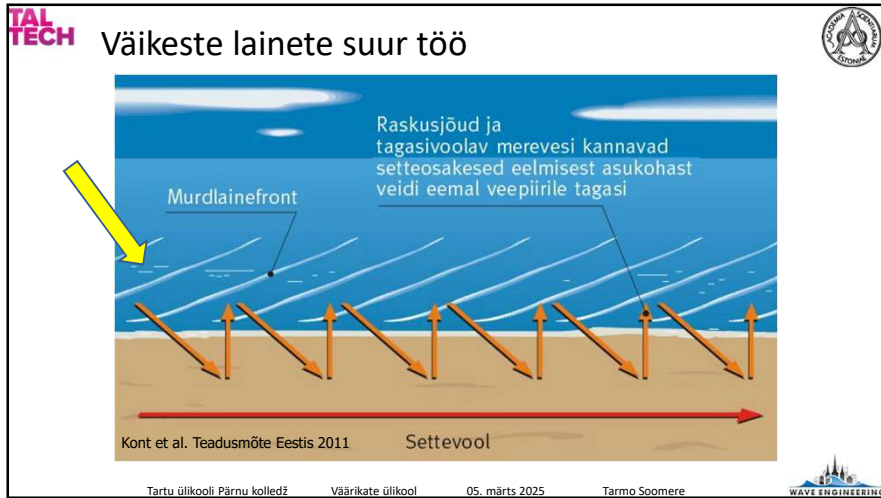
- kulutatakse ära minevikku
- sünnib tulevik

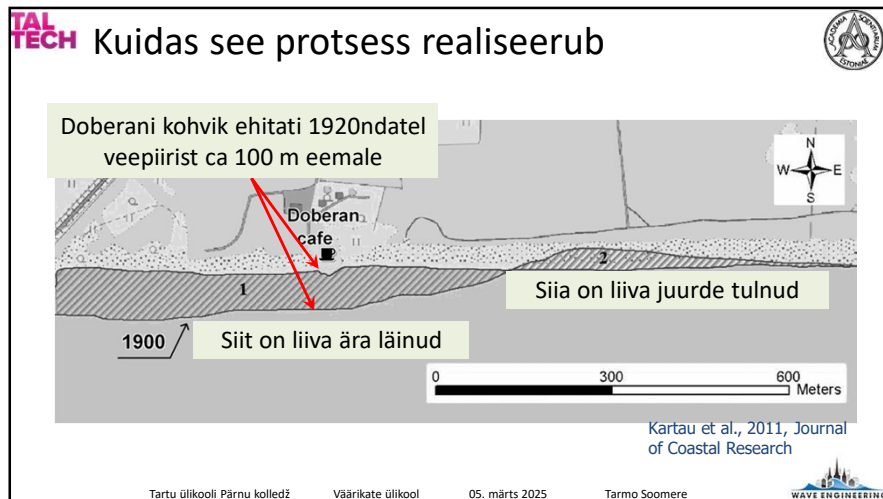
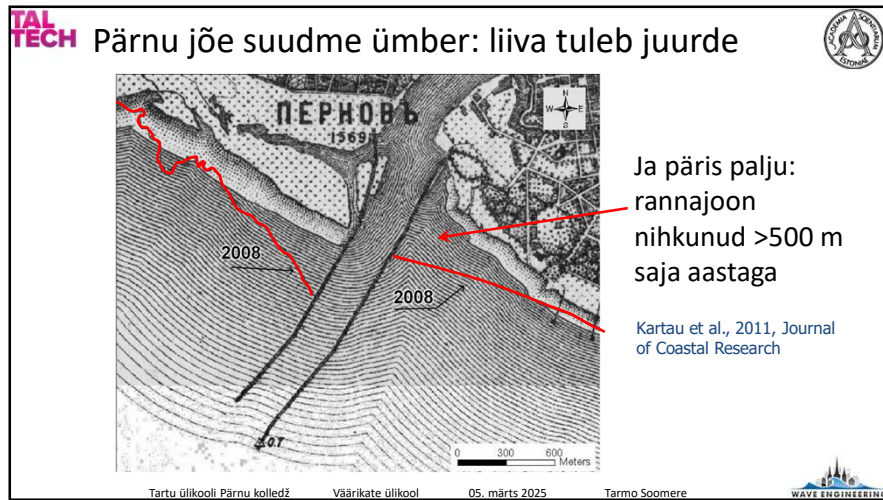
Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väärivate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere

**TAL TECH** Viies osa

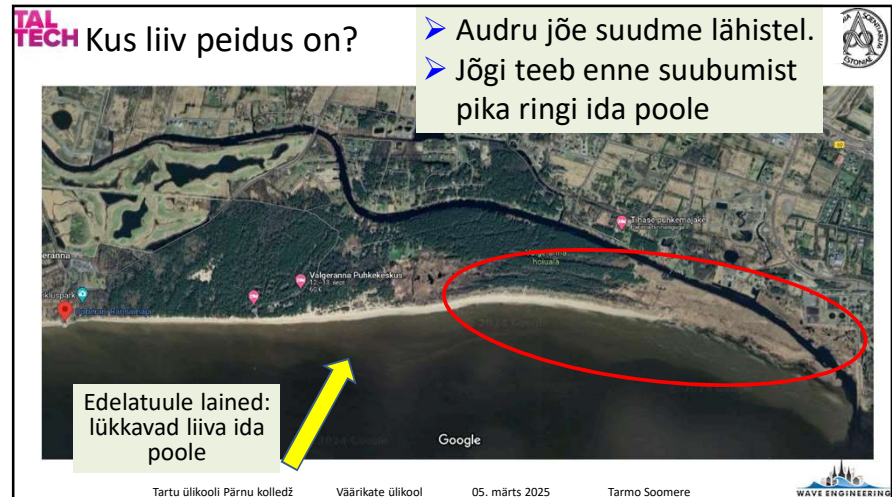
Muutuste tähendus ehk kuidas lained setteid liigutavad











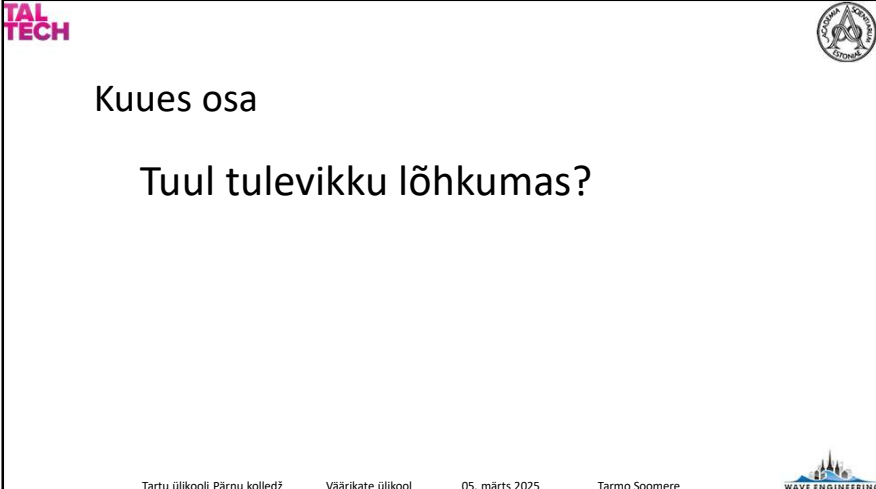


**TAL TECH**

Kuues osa


Tuul tulevikku lõhkumas?

Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väarikate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere



**TAL TECH**

Innovaatiline Hundipea (Tallinn)




24°40'E

59°28'N

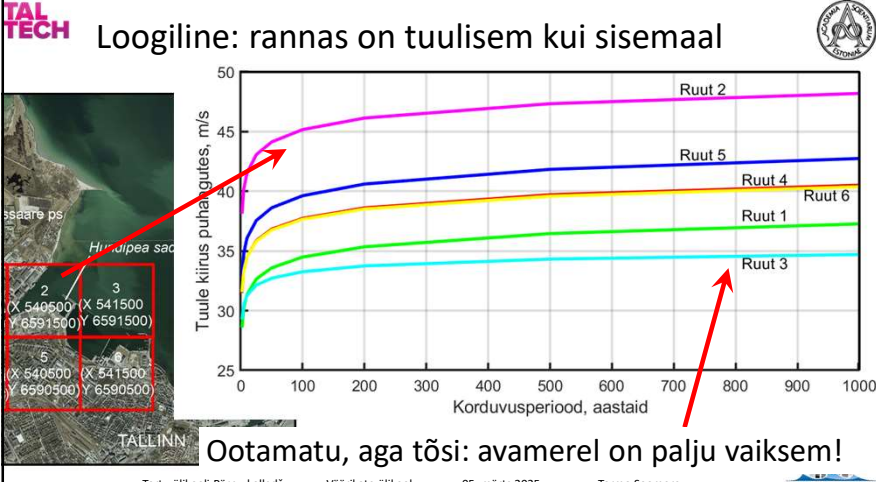
0 0.65 km

Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väarikate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere



**TAL TECH**

Loogiline: rannas on tuulisem kui sisemaal



Tuule kiirus puhangutes, m/s

Korduvusperiood, aastaid

Ruut 2

Ruut 5

Ruut 4

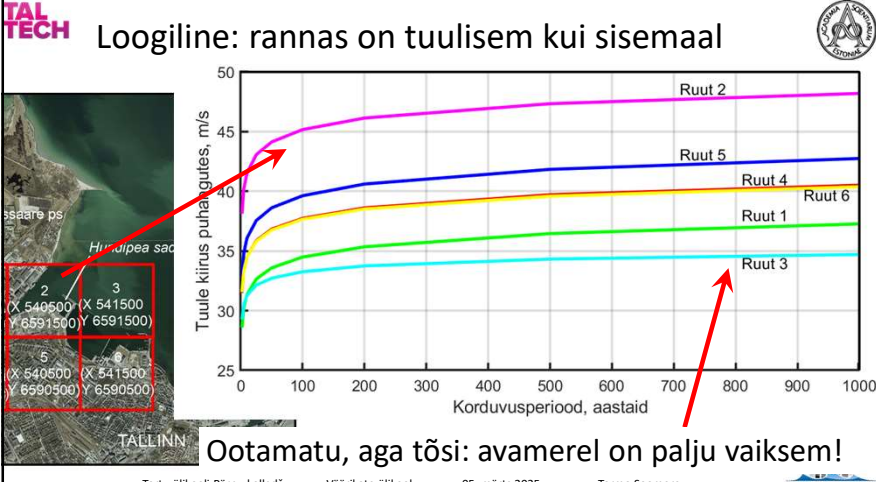
Ruut 6

Ruut 1

Ruut 3

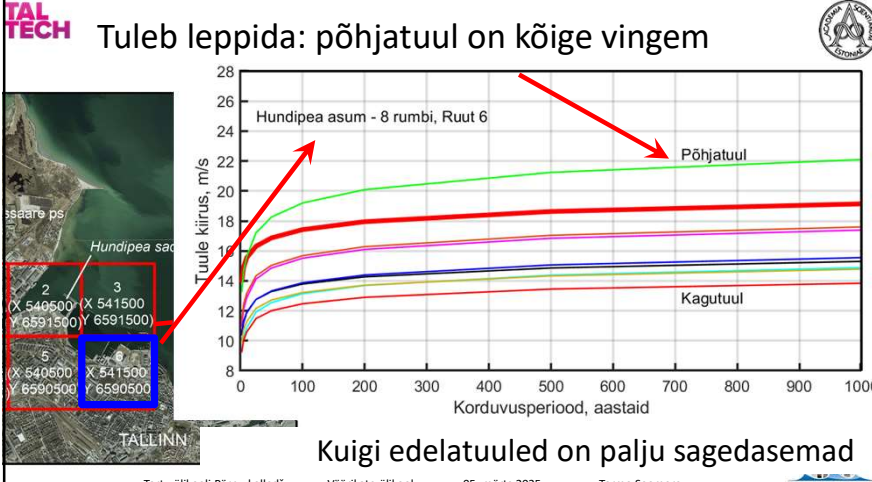
Ootamatu, aga tõsi: avamerel on palju vaikumem!

Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väarikate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere



**TAL TECH**

Tuleb leppida: põhjatuul on kõige vingem



Tuule kiirus, m/s

Korduvusperiood, aastaid

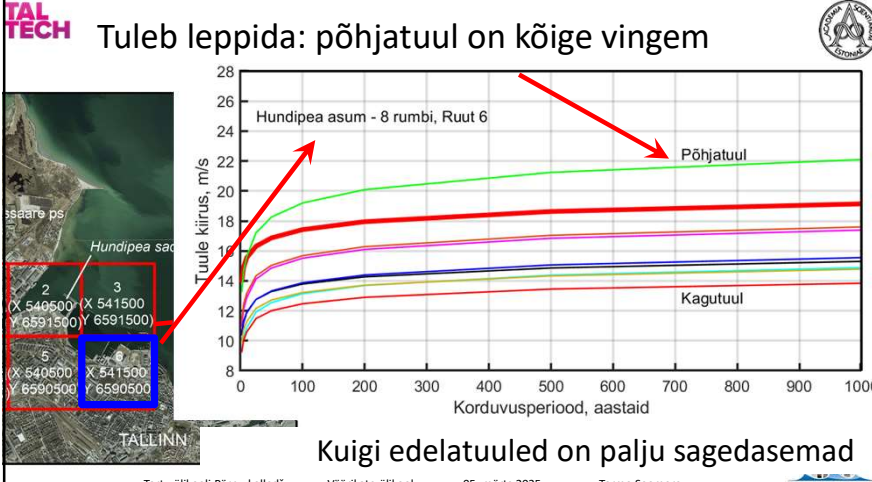
Hundipea asum - 8 rumbi, Ruut 6

Põhjatuul

Kagutuul

Kuigi edelatuuled on palju sagedasemad

Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väarikate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere






**TAL TECH** Kas tulevik on juba kohal?

01 jaanuar 2019, Botnia meri, torm Aapeli:

- **põhjatuul** 32.5 m/s
  - (10-min keskmine; <30 m/s 2005 jaanuaris Erwin/Gudrun)
  - Tavaliselt edelatuuled on tugevaimad
- **Ootamatult kõrged lained**
  - **oluline lainekõrgus 8.1 m**
  - (Seni mõõdetud maksimum Läänemere avaosas: 8.2 m, detsember 2004)

Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väärikate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere








**TAL TECH** Eesti on paradiislik koht

- Tormid (eriti) ei lõhu
- Meri (eriti) ei uputa
- Lumi (üldiselt) ei sega elu
- Jõed (enamasti) ei aja üle kallaste

Kui ainult oskaks selle eest tänulik olla!

Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väärikate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere

**TAL TECH** Valik järeldusi ehk kliimamuutus Eesti moodi:

- Tormid pole tugevnenud
  - Pigem tormiperiood pikenenud
- **Tuule suund tugevates tormides muutunud**
  - Lainelevi suund muutunud
  - Setted võivad liikuda teisiti
  - Laineaju osakaal kõrgvees muutub
- Tugevad idatuuled tagasi
  - Kevade lõpp: sageli külm & kuiv põhjatuul
- Eesti on kliimamuutuste epitsentris
  - Väga kõrged veetasemed kasvavad
  - **Võimalik probleem: üksikute rannaosade erosioon**

Tartu ülikooli Pärnu kolledž Väärikate ülikool 05. märts 2025 Tarmo Soomere

