

Lokaalse veetõusu poolt ohustatud piirkonnad Tallinna lahe rannikul

Katri Pindsoo
Tarmo Soomere

Tallinna Tehnikaülikooli Küberneetika Instituut
Katri.Pindsoo@gmail.com



Rannikualade üleujutused Eestis & Soomes & suured lained Läänemeresel

Foto: Küllike Rooväli

9 Jaanuar 2005





1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Ülevaade

- Lokaalse veetõusu idee
- Lainetuse andmete modelleerimine Tallinna lahe piirkonnas 28 aasta vältel
- Lainekõrguste jaotus piki rannikut
- Lokaalse veetõusu ulatus ning selle poolt ohustatud ranna-alad
- Tormid, mis tekitasid kõrgeid laineid ning lokaalset veetõusu

Kõrget veetaset põhjustavad tegurid:

- Baromeetriline tõus
- Läänemere keskmine veetaseme muutumine
- Tuuleaju
- Läänemere avaosas tekkinud pikad lained
- **Wave setdown & set-up (ainult madalas vees)**

Lisanduv veetõus

- Sõltub laine kõrgusest & lainelevi suuna ning rannageomeetria kokkulangevusest
- Tundlik asukoha ning lainelevi suuna suhtes:
 - Esineb valdavalt sirgetel randadel
 - või lahesoppides
 - kus lainete saabumissuund on rannikuga risti
- Rusikareegel:
 - Lokaalne täiendav lainetuse poolt tekitatud veetõus moodustab ligikaudu 20% lainete kõrgusest murdlainete vööndi merepoolses servas

Kõrged lained tekitavad lokaalselt madalamat veetaset

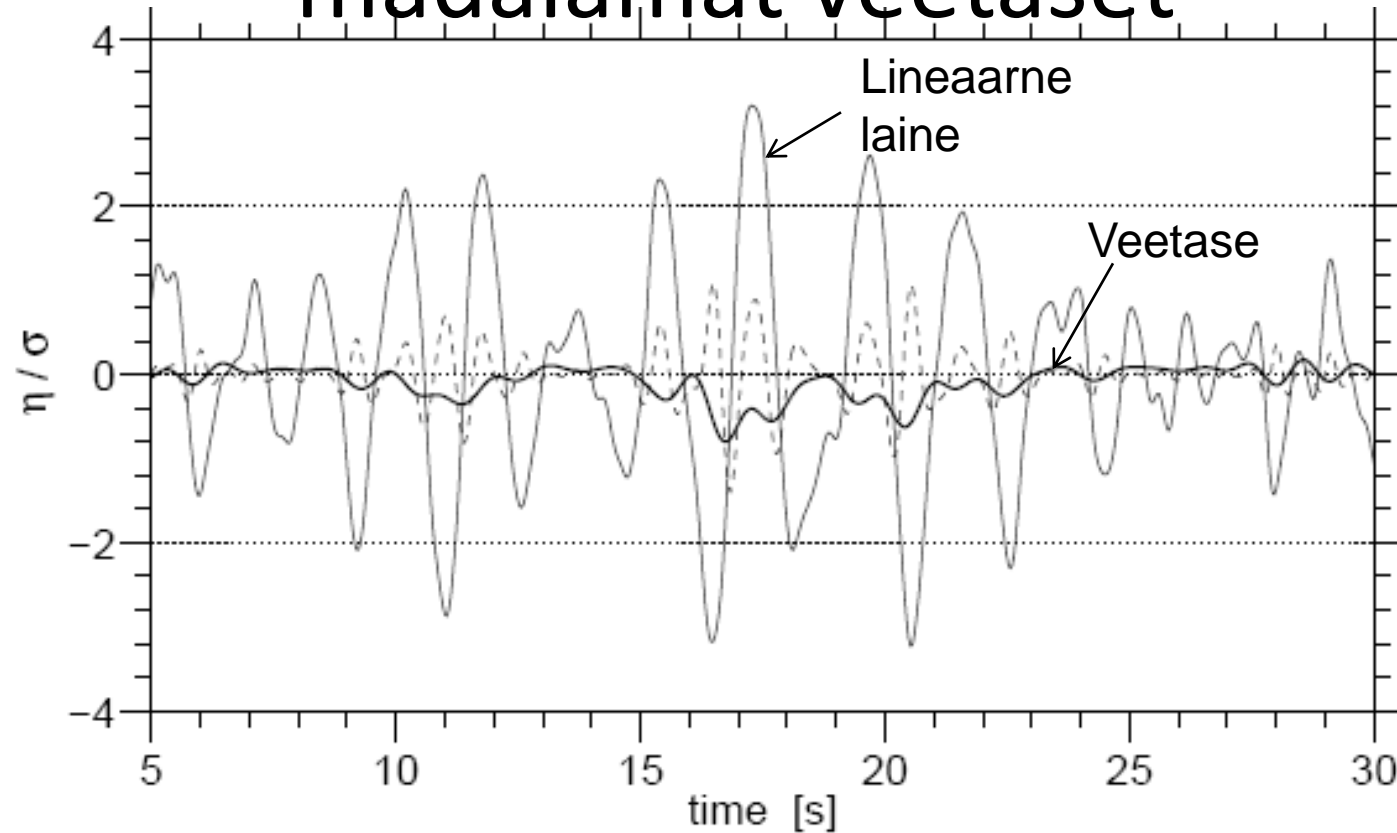
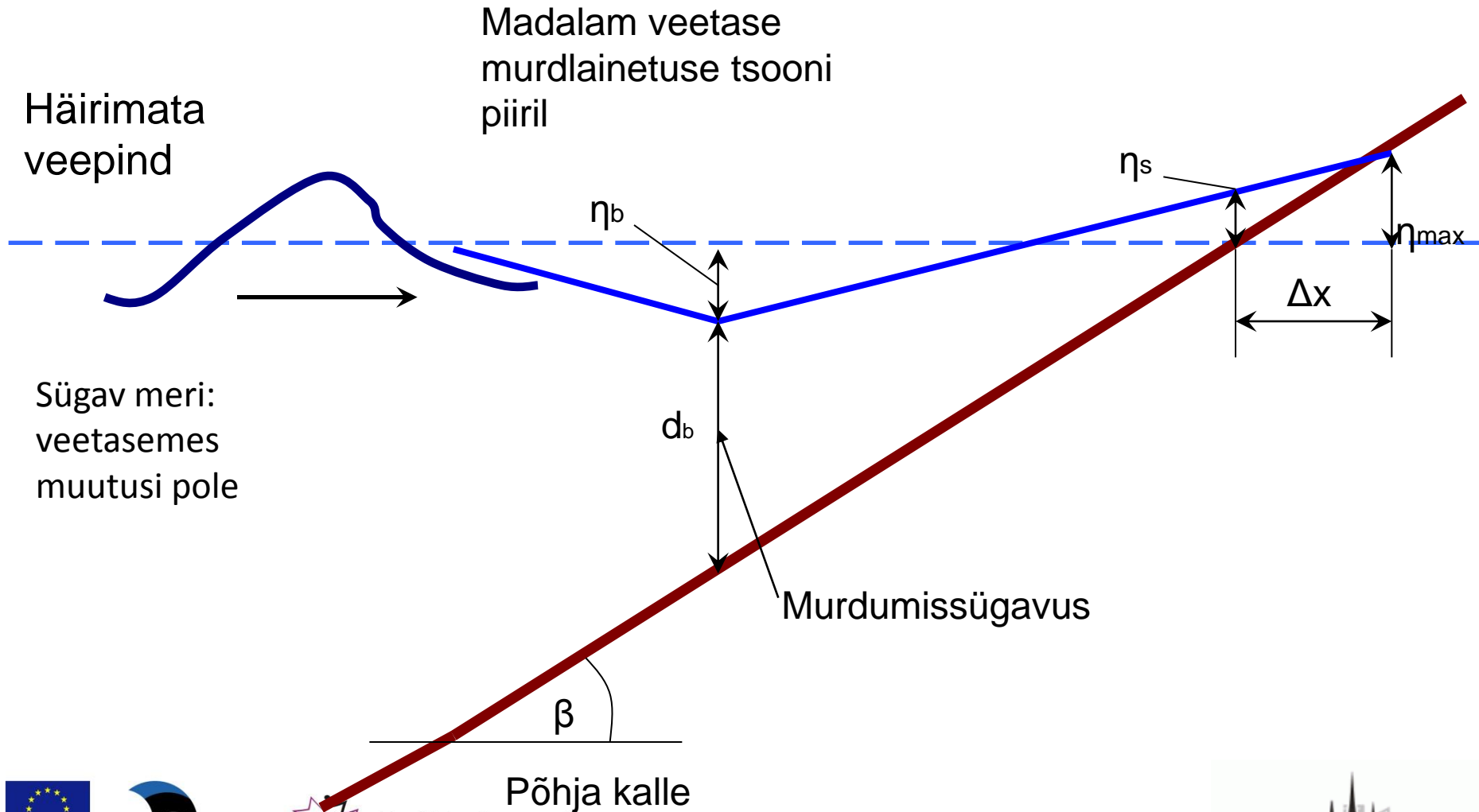


Figure 2.4: Example of random first and second-order waves in a sea state defined by a JONSWAP spectrum with peak period $T_p = 2\text{ s}$ and significant wave height $H_s = 0.28\text{ m}$, and water depth of 1.3 m : linear wave (solid line), sum of the positive second-order terms K^+ (dashed line), and sum of the negative second-order terms K^- (thick solid line).

Veetaseme muutuste seaduspärasus



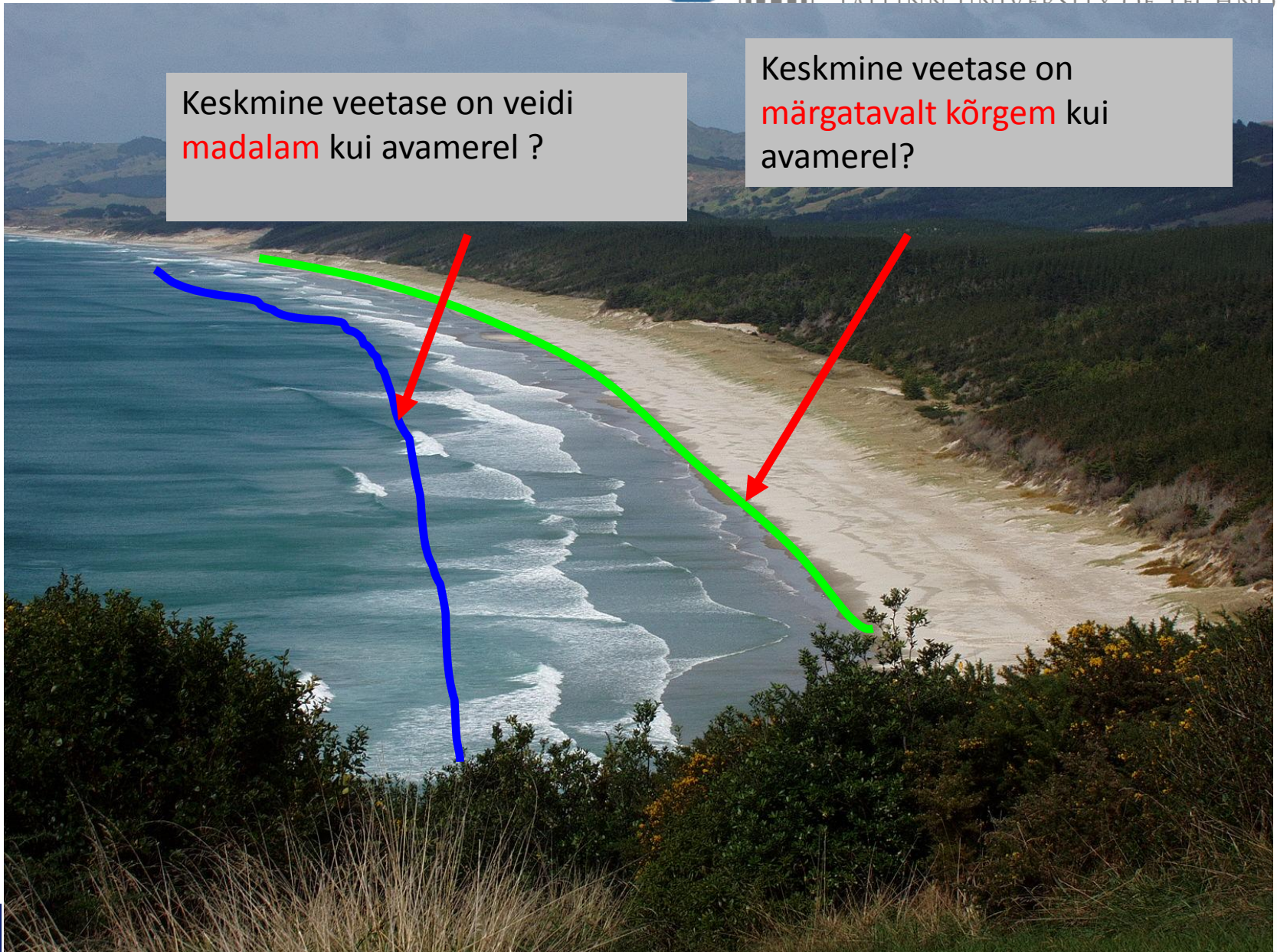


1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Keskmine veetase on veidi
madalam kui avamerel ?

Keskmine veetase on
märgatavalt kõrgem kui
avamerel?



Euroopa Liit
Euroopa
Regionaalarengu Fond

Eesti tuleviku heaks

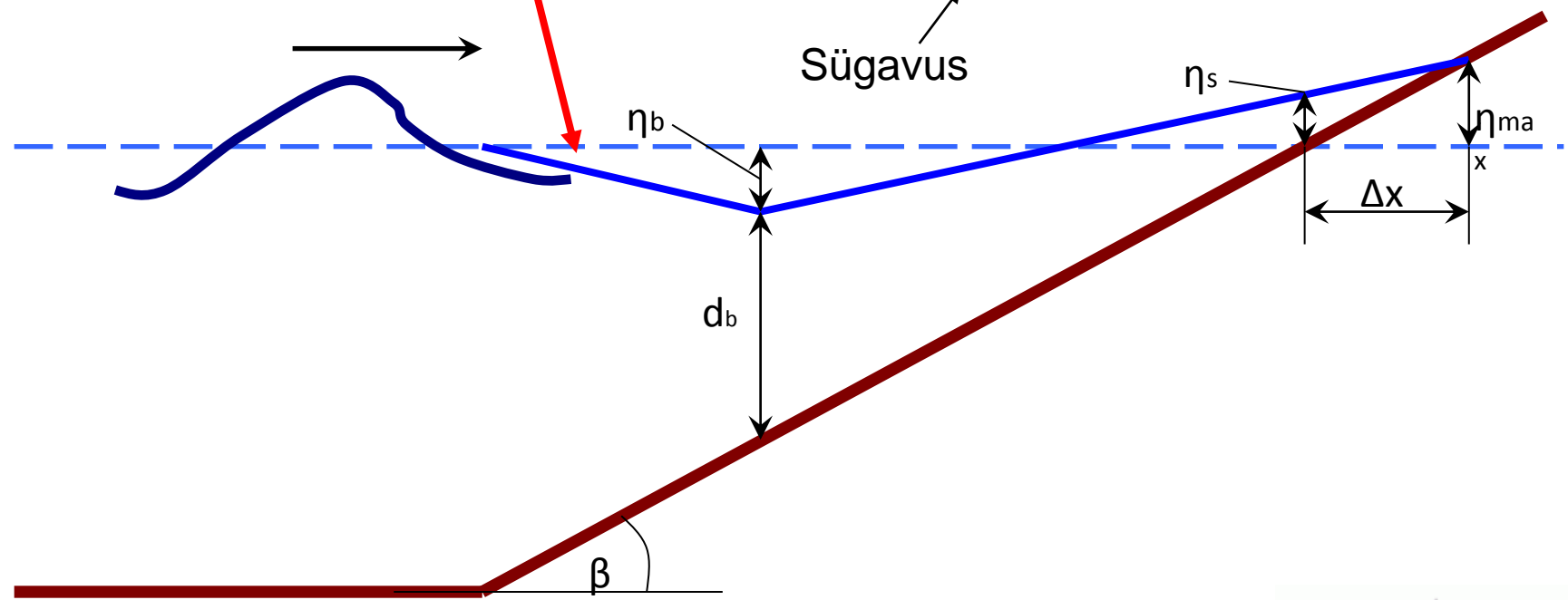


Veetaseme alanemine

Laine amplituud

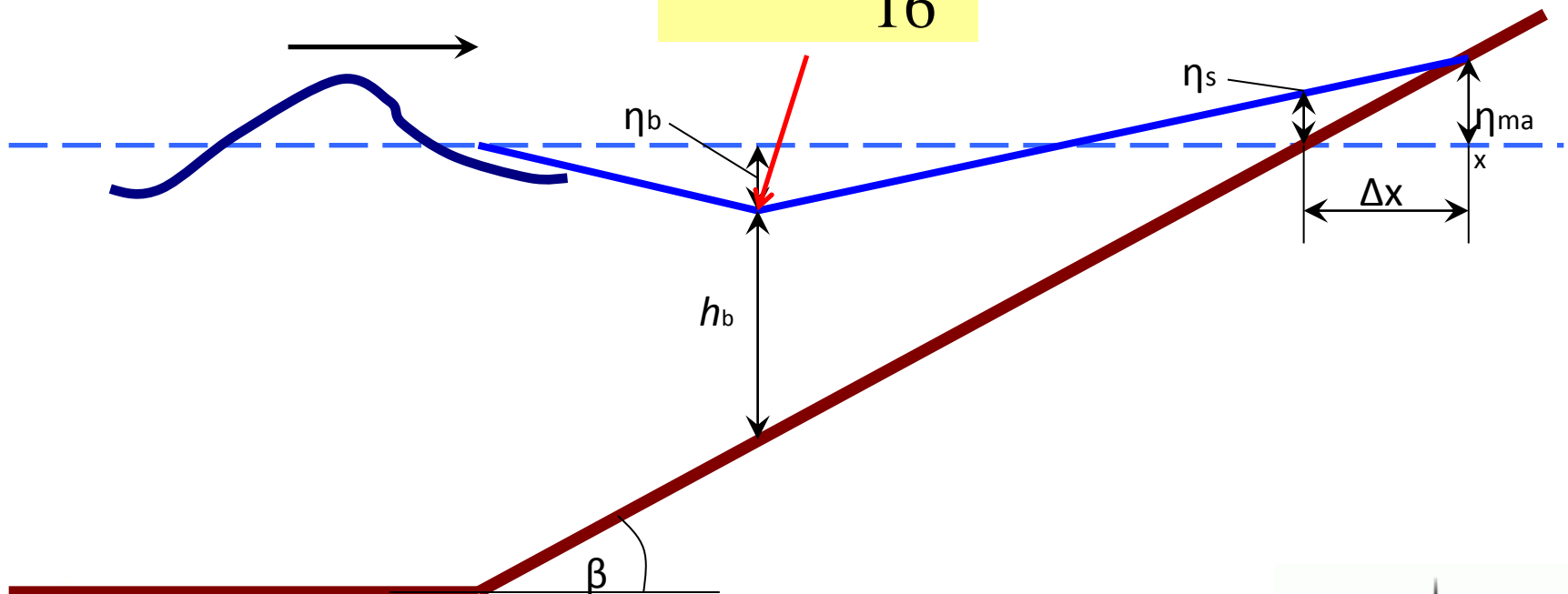
Lainearv = $2\pi/L$

$$\eta = -\frac{a^2 k}{2 \sinh 2kh}$$



- Murdumispunkt: murduvate lainete kõrgus H_b on määratud vee sügavuse kaudu: $H_b = \kappa h_b(x)$

$$\eta_b = -\frac{\kappa^2 h_b}{16}$$





1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

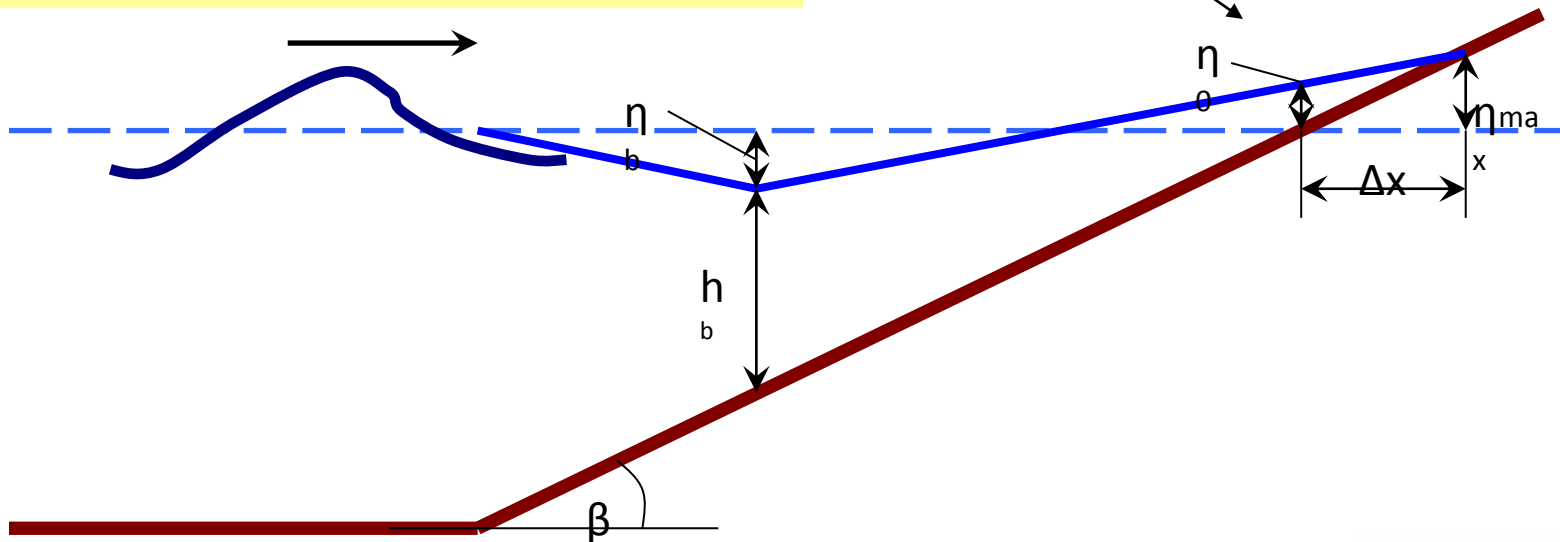
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Põhilised eeldused murdlainete vööndis

- Lainete poolt kantud impulss vabastatakse pikkamööda üle terve murdlainete vööndi
- Murdumispunkt: murduvate lainete kõrgus H_b on määratud vee sügavuse kaudu: $H_b = \kappa h_b(x)$

$$\bar{\eta}(x) = \bar{\eta}_b + \frac{3\kappa^2 / 8}{1 + 3\kappa^2 / 8} [h_b - h(x)]$$

$$\bar{\eta}(0) = \bar{\eta}_b + \frac{3\kappa^2 / 8}{1 + 3\kappa^2 / 8} h_b$$



Wave set-up



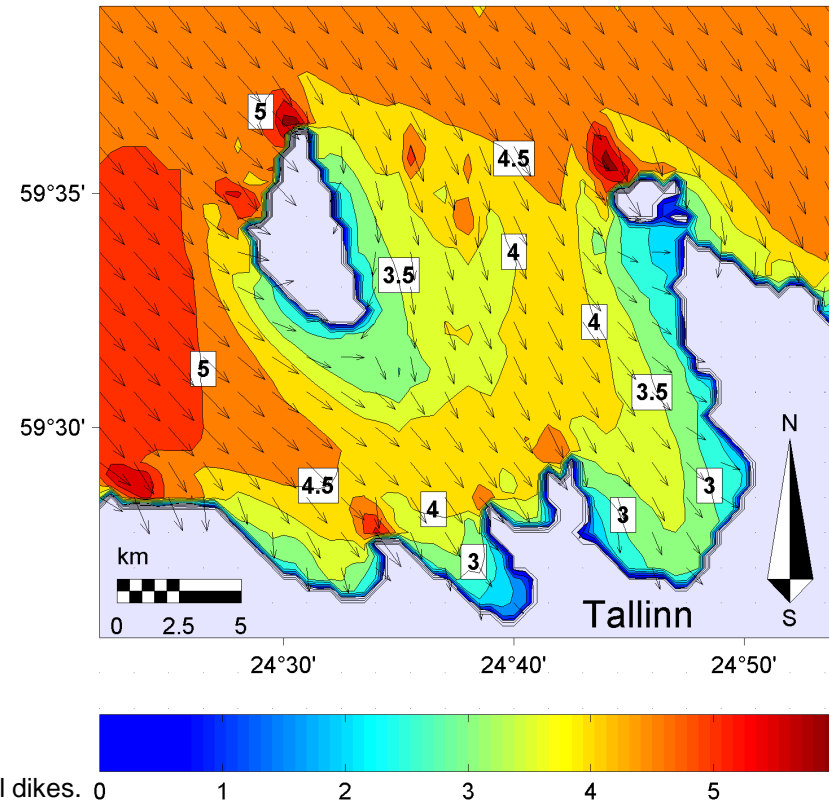
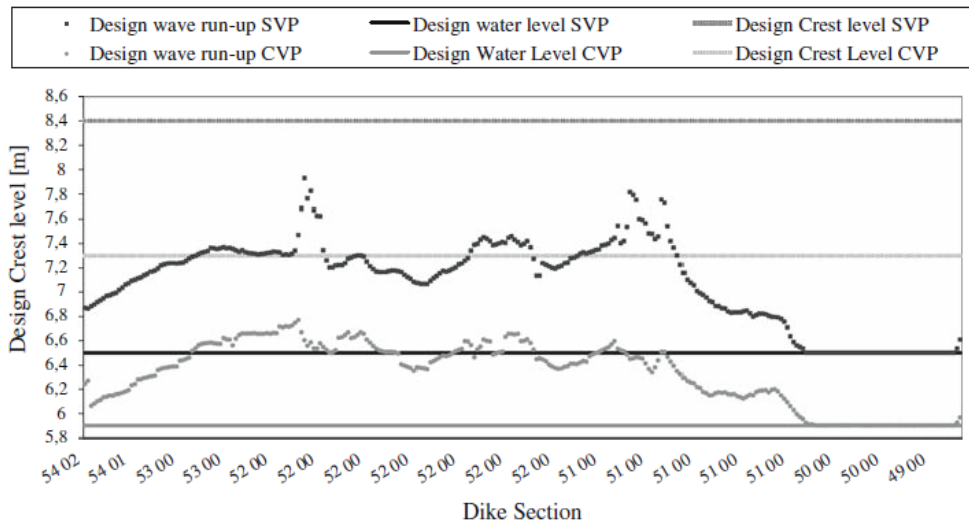
1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

- Sõltub laine kõrgusest & lainelevi suuna ning rannageomeetria kokkulangevusest
- Vähetundlik rannaprofiilide detailidele? Insensitive to the coastal profile details
- Tundlik asukoha ning lainelevi suuna suhtes:
 - Esineb valdavalt sirgetel randadel
 - või lahesoppides
 - kus lainete saabumissuund on rannikuga risti
- **Rusikareegel:**
 - Lainetuse poolt tekitatud veetõus võib maksimaalselt moodustada ligikaudu 25% murdlainete vööndi merepoolisel serval olulisest lainekõrgusest

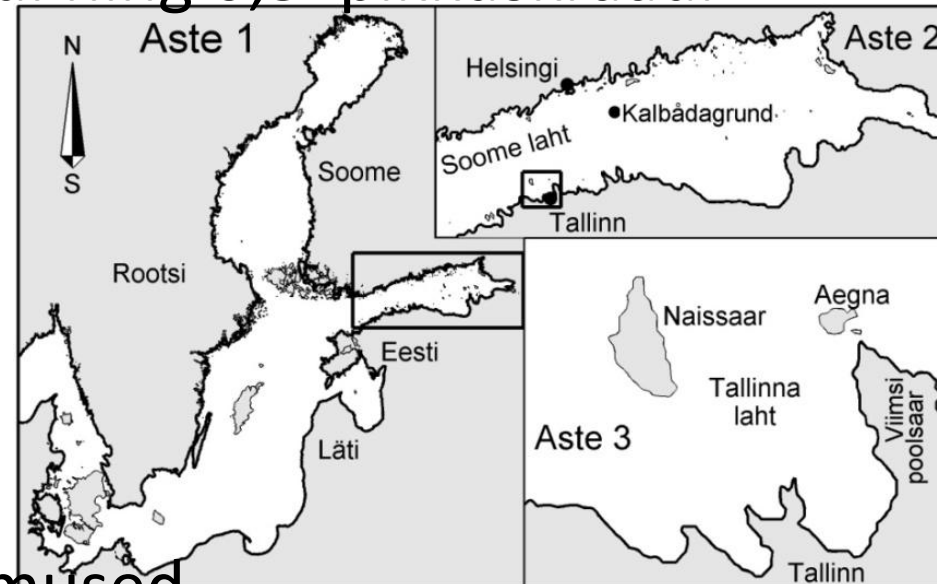
Wave set-up

- Enamjaolt ühtlane & mööda sirget rannajoont kergesti arvutatav
- Reaalses olukorras oluliselt varieeruv- erinevad lahed on avatud erinevatele suundadele (nt Tallinna laht)



Lainetuse modelleerimine

- Kolmanda põlvkonna spektraalne lainemudel WAM
- 3-astmeline arvutusvõrk
- Sisemine võrk (Tallinna laht + Muuga laht): ruumiline lahutusvõime 0,25' laiuskraadi ning 0,5' pikkuskraadi (ligikaudu 470×470 m)
- Ajasamm 3 tundi
- Arvutatud 28 aasta jaoks (1981–2008)
- Lähteandmetena kasutatud Kalbadagrundi tuuli
- Idealiseeritud jäävabad tingimused



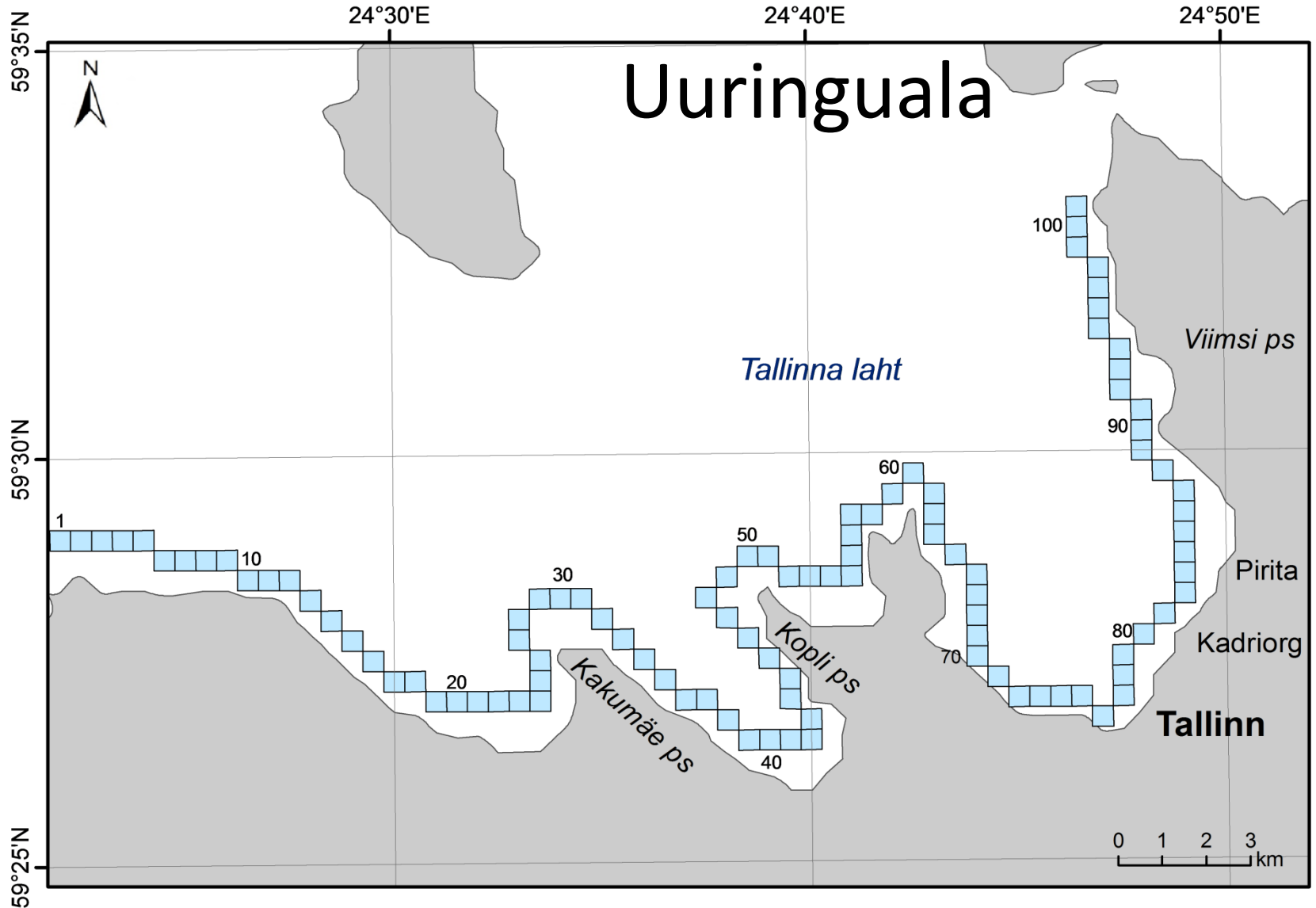
Meetod: Soomere 2005, *Boreal Environment Research*



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Euroopa
Euroopa
Regionaalarengu Fond

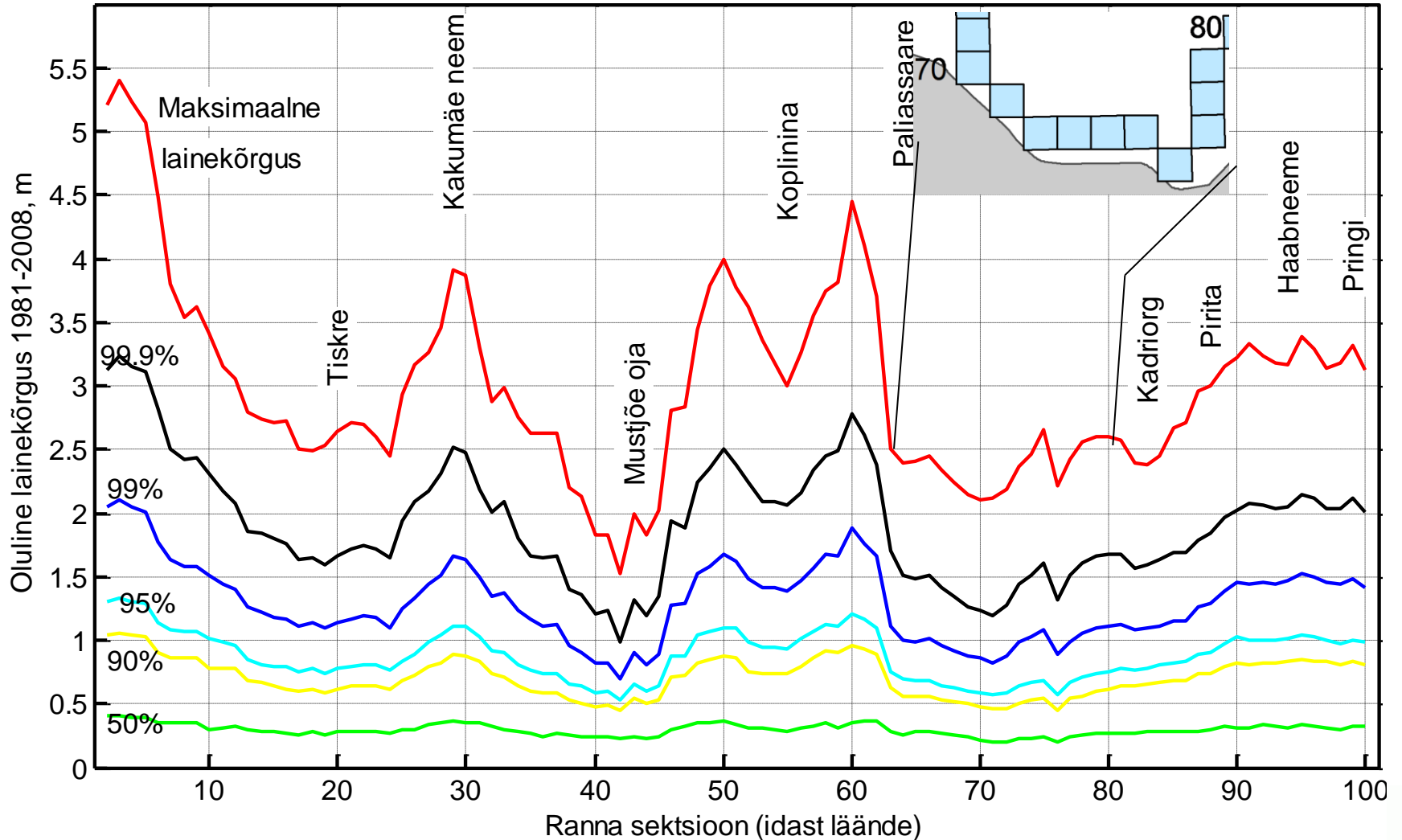
Eesti tuleviku heaks



ESTONIAN RESEARCH COUNCIL

WAVE ENGINEERING

Lainekõrgused piki rannajoont: 28 aastat

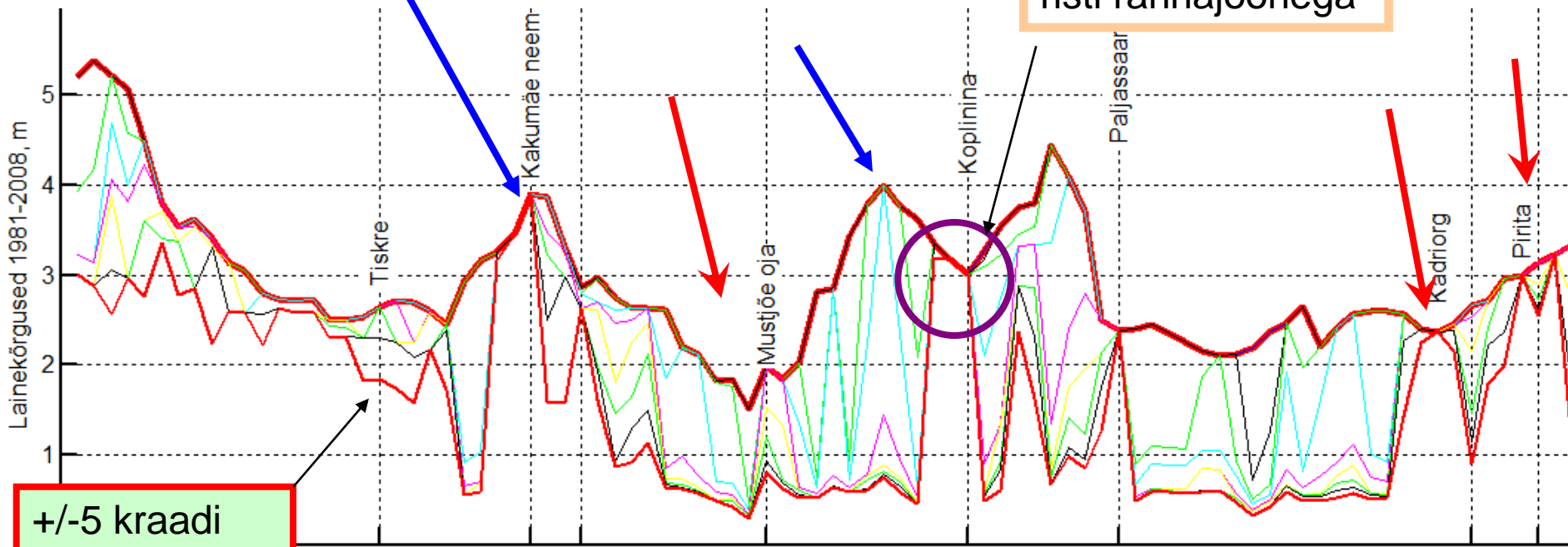


Kitsast suunavahemikust saabuvate lainete kõrgused

Neeme tippudes on suur täiendav veetõus võimatu

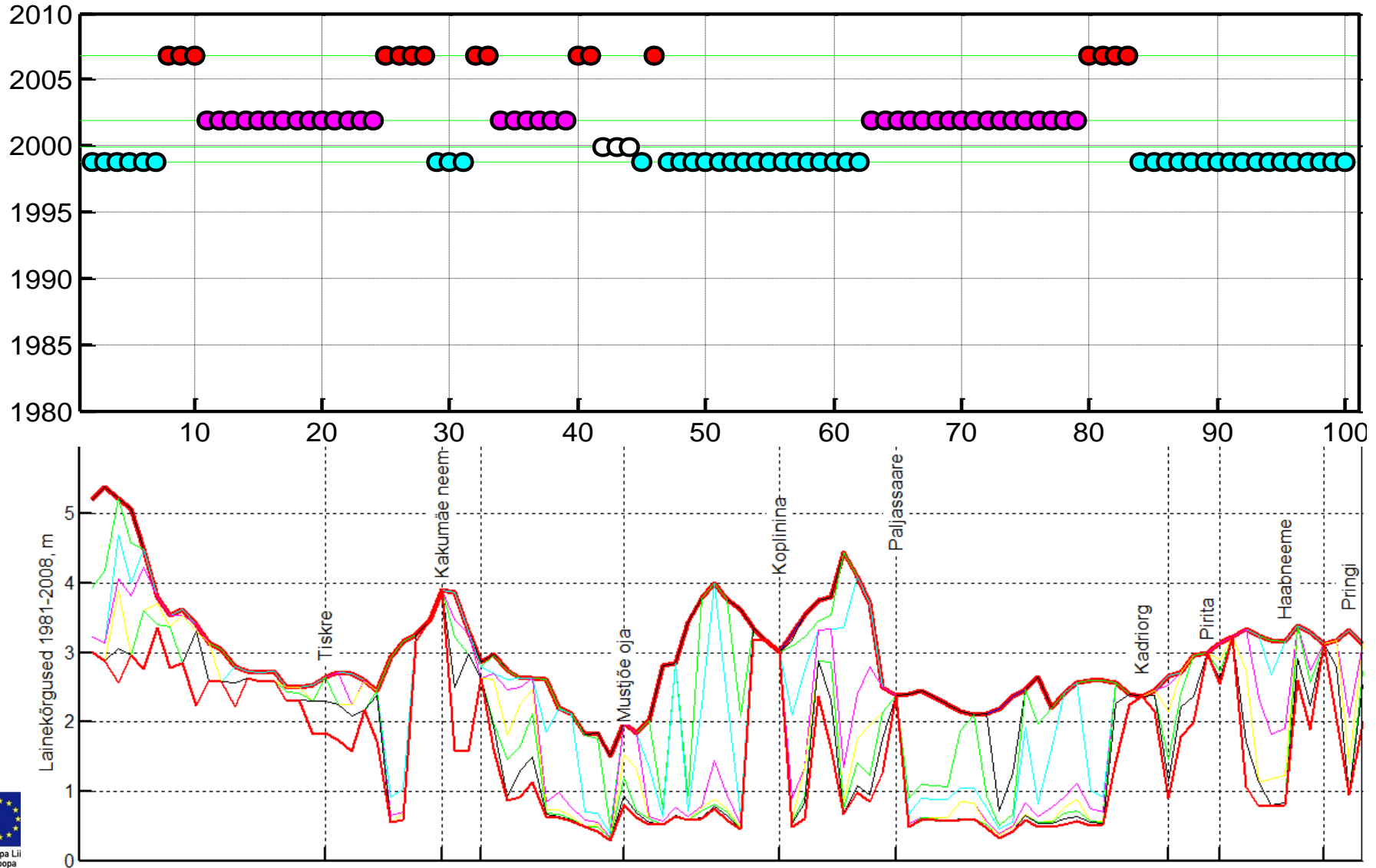
Täiendav lokaalne veetaseme tõus: lahesoppides

Probleem: kõrged lained, mis saavad risti lahesoppidesse risti rannajoonega



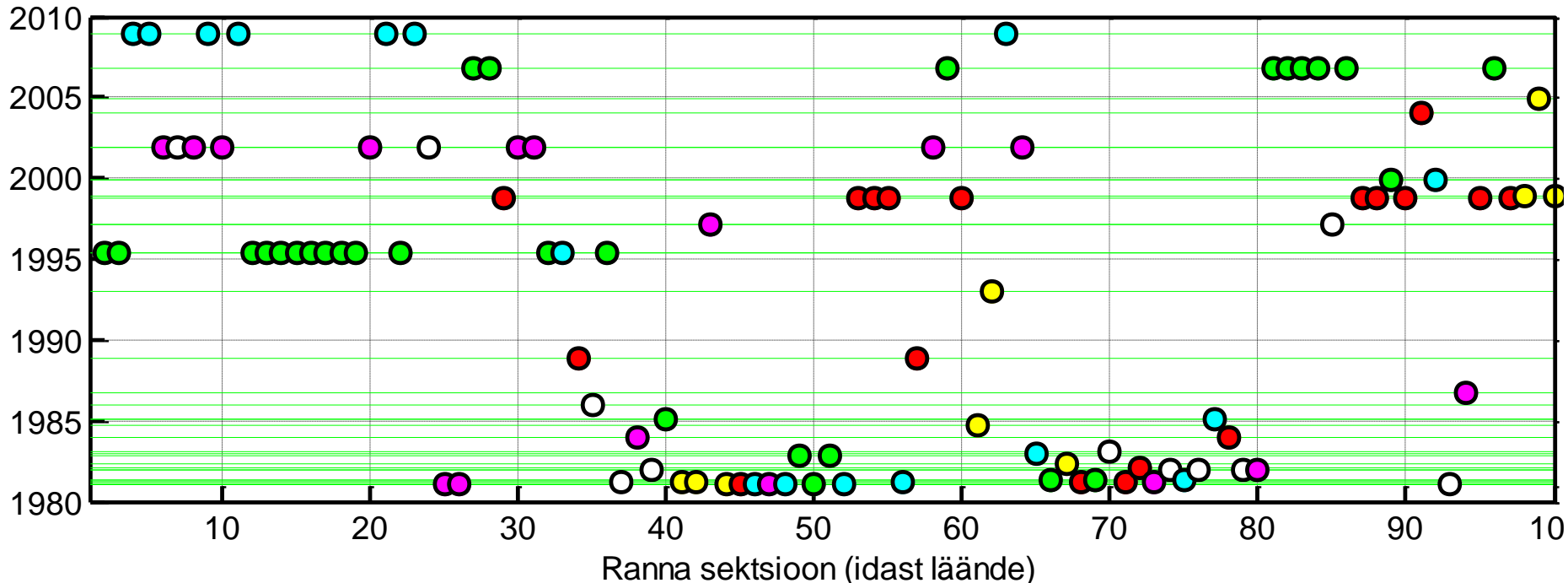
Kõrgeimad 28 aasta jooksul esinenud

lained: 6 tormi üle kogu uuringuala



Kõrge täiendav veetase teoreetiliselt võimalik: suurem number tormete (15 kraadi)

15 kraadi



- Ohtlik veetõus võimalik paljudes tormides
- Loodud tormide poolt, mis samaaegselt pole tekitanud uuringuala kõrgeimaid laineid

Ohtlik veetõus



1918

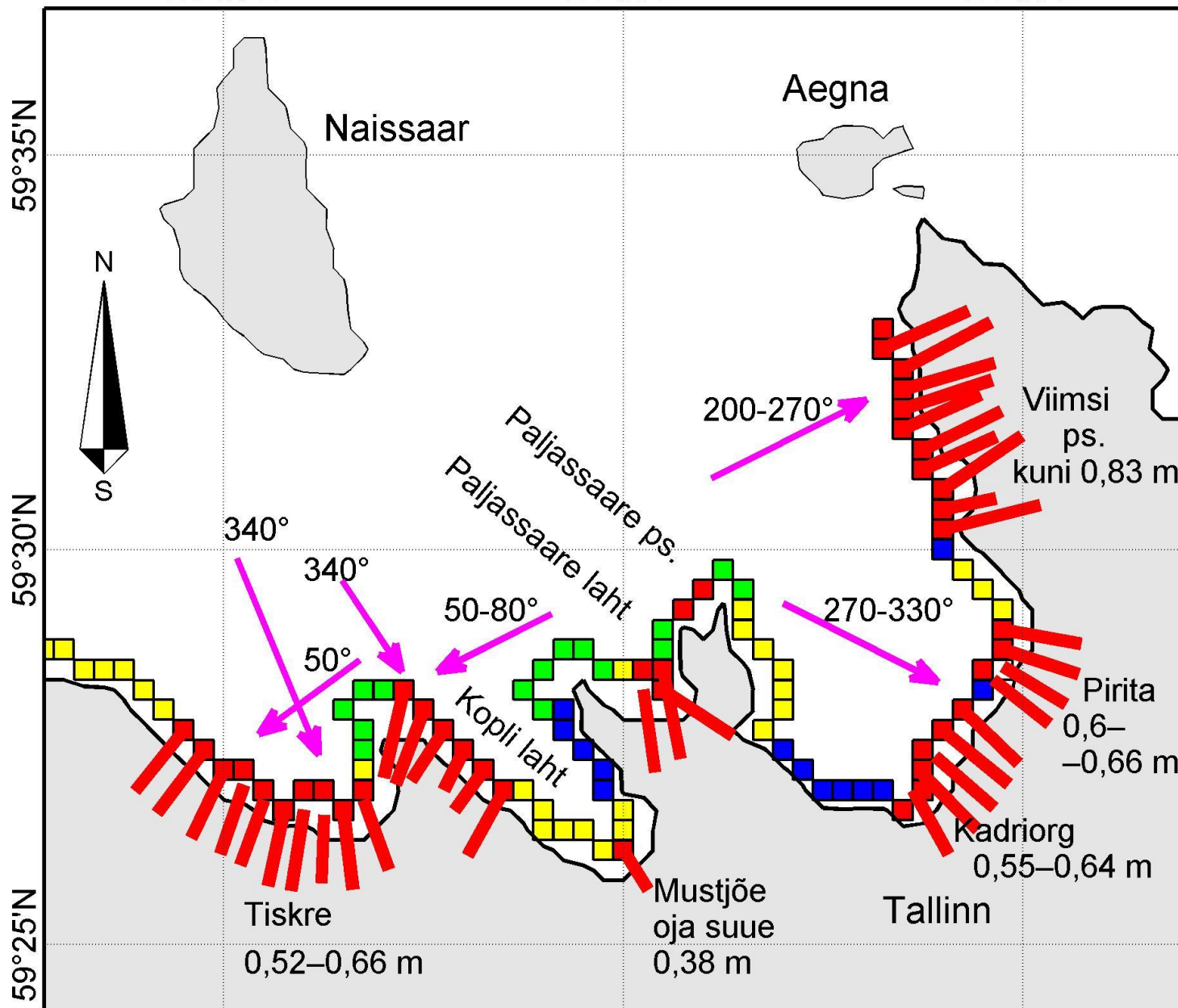
TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

24°30'E

24°30'E

24°30'E



Euroopa Liit
Euroopa
Regionaalarengu Fond





1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Järeldused

- Maksimaalsed ning keskmised lainekõrgused Tallinna lahes varieeruvad olulisel määral
- Lainetuse põhjustatud kõrge veetase võib Tallinna lahe erinevates lahesoppides esineda ligikaudu kord kümne aasta jooksul
- Uuringualas esinenud kõrgeid laineid tekitasid kuus erinevat tormi
- Tormid, mis põhjustavad kõrget veetaset ei ole samaaegselt vastutavad kõrgeimate lainete eest

Täna tähelepanu eest!