Ilmastik ja kliimamuutuste mõju üleujutustele

TLÜ LTI ökoloogia keskus

Hannes Tõnisson, Ü. Suursaar, K. Luik jt.

Hakkame pihta suuremast (Kliimamuutuste mõju)

(foto: Delfi.ee)

Oluline taustainfo:

- Maakerge (kuni 3.5 mm/a);
- Tõusu ja mõõna võib mõõta 5 cm pikkuse joonlauaga (pole oluline);
- Meretaseme kõikumine (-1.2...+2.8 m);
- Tänu pidevale maakerkele ja setete defitsiidile pole meil suuri võimsaid luiteahelikke ja rannajoon on tihti ülejäänud maismaast eraldatud vaid madalate rannavallidega!
- Rannikumetsades võib tihti leida terve hulga rannaga paralleelseid rannavalle;
- Meretase on meil kukkunud viimased ca 6000-7000, nüüd on see protsess pöördumas.

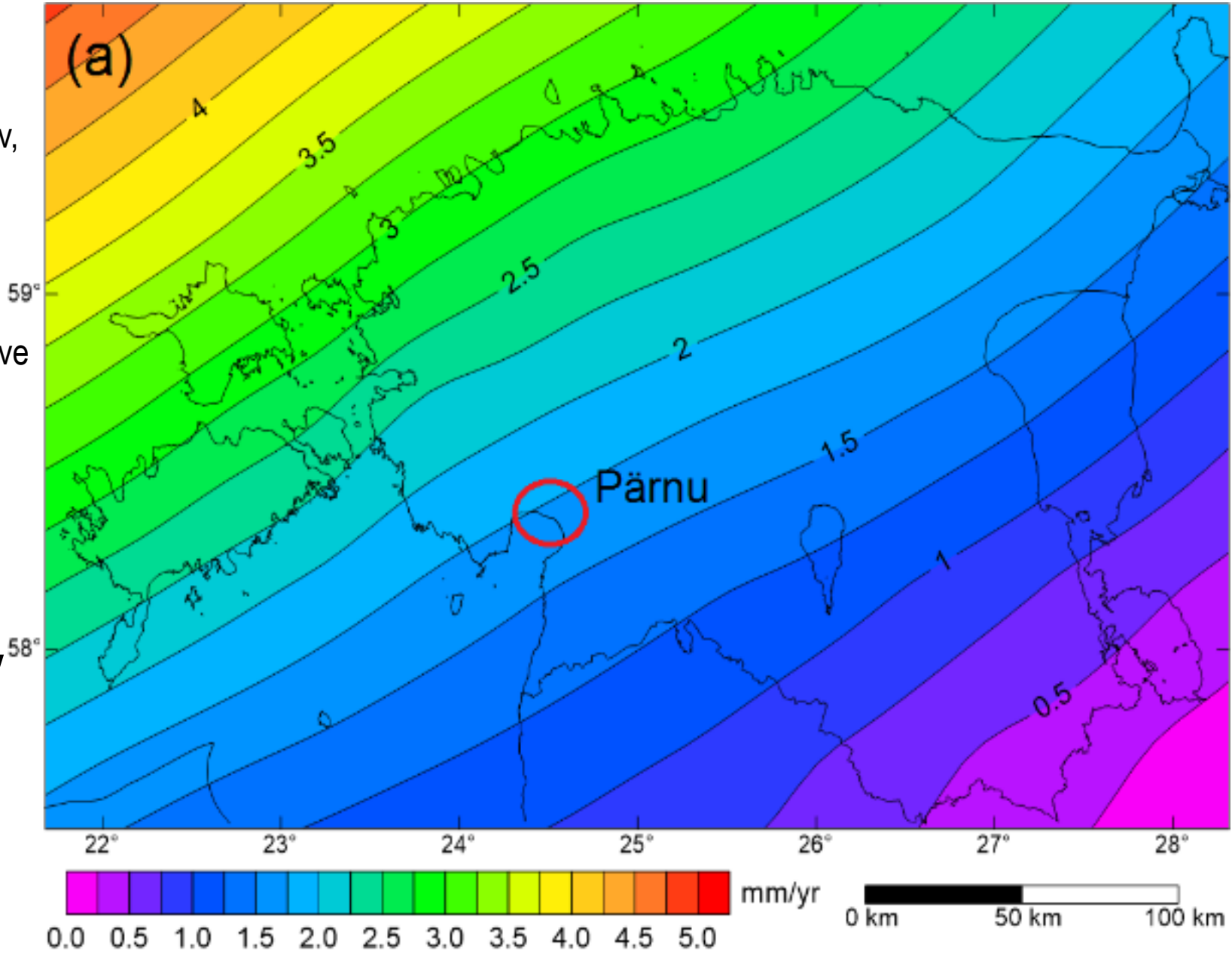
2016 aastal said valmis uued maakerke mudelid (NKG), absoluutne maakerge:

Vestøl, O., Ågren, J., Steffen, H., Kierulf, H., Tarasov, L. 2019. NKG2016LU: a new land uplift model for Fennoscandia and the Baltic region. – Journal of Geodesy, 93, 1759–1779.

Suursaar, Ü., Kall, T. 2018. Decomposition of Relative Sea Level Variations at Tide Gauges Using Results From Four Estonian Precise Levelings, and Uplift Models. – IEEE JSTARS 11, 1966–1974.

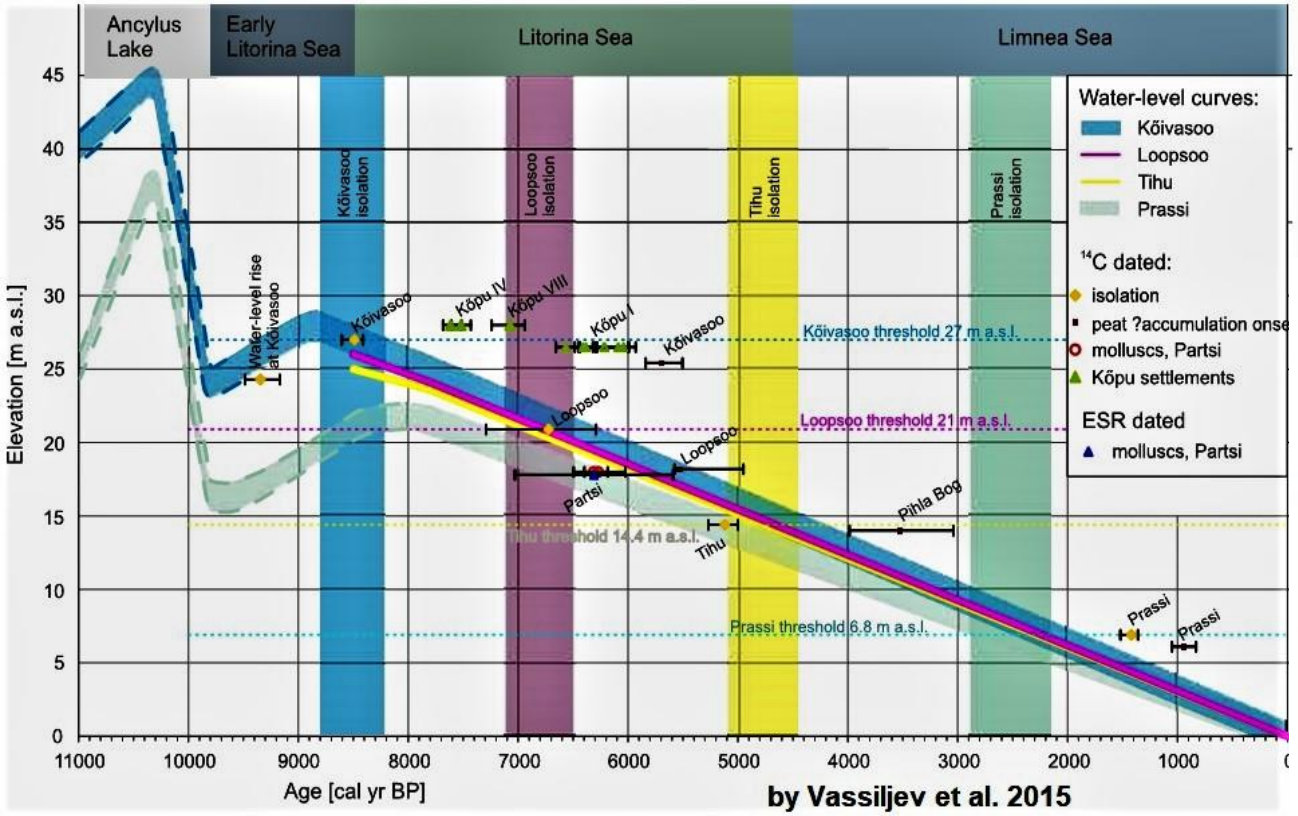
Väljavõte mudelist NKG2016LU_lev maakerge geoidi suhtes.

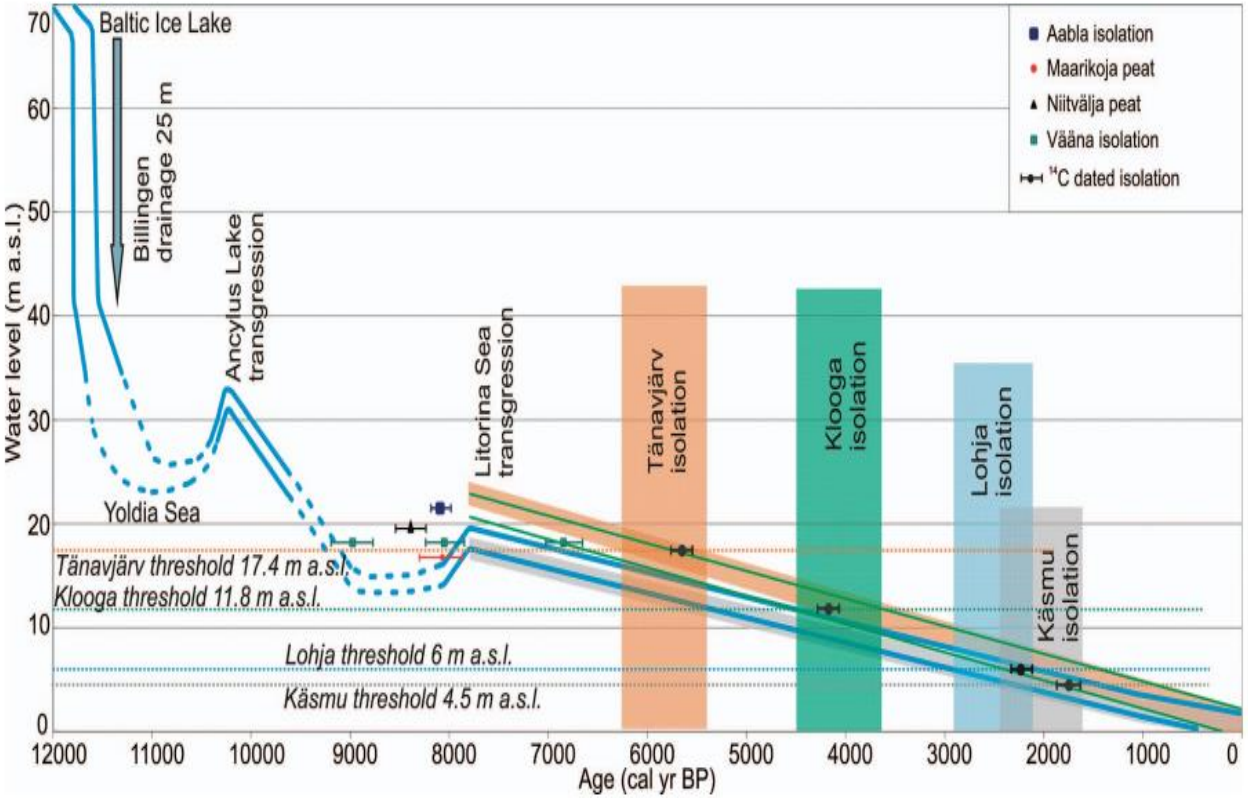
Mudel – nn “silutud”; ei kajasta kohalikke erisusi maakerkes või vajumises, näiteks Pärnus.



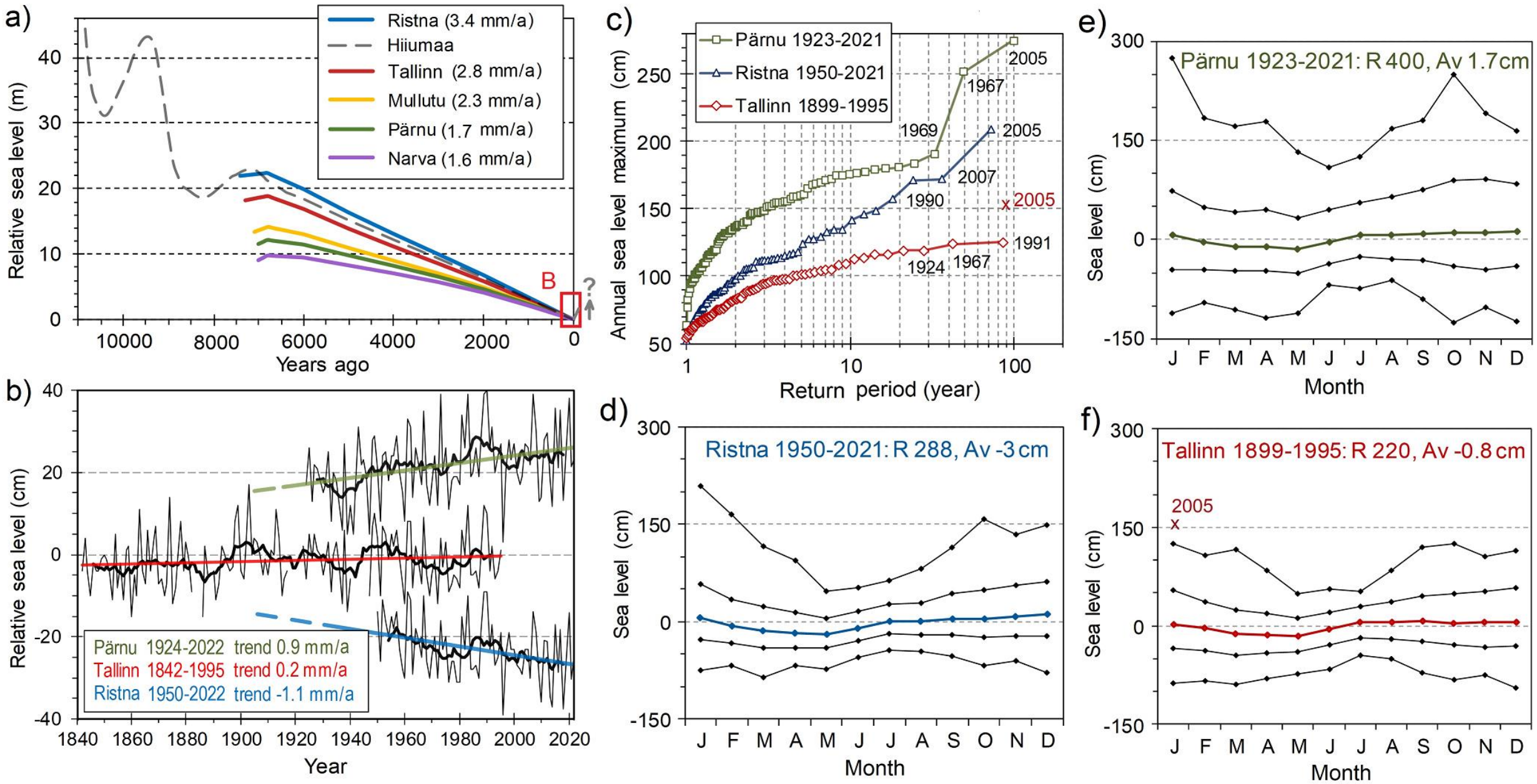
Mis on suhteline meretase ja nähtav maakerge, ehk siis nö ka tunnetuslik maakerge:

“Varasemad meretaseme kõverad” (Vassiljev, Grudzinska, Saarse...), need ei peegeldanud absoluutset maakerget ning sisaldasid juba mõningast meretaseme tõusu.



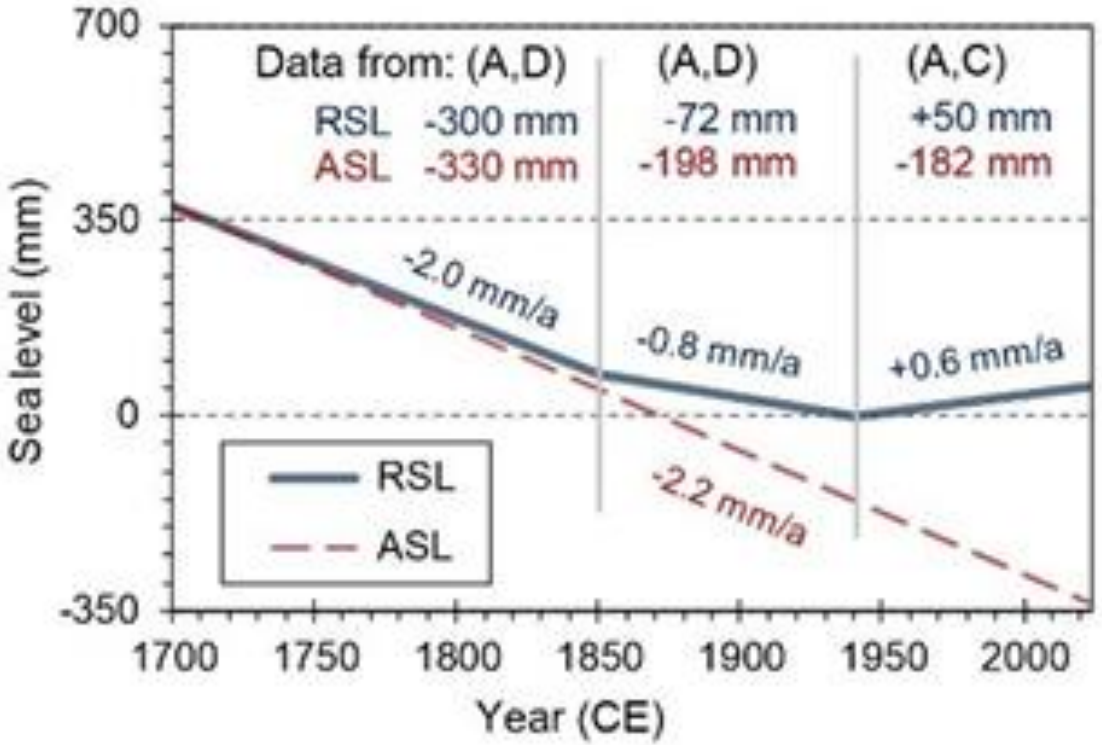


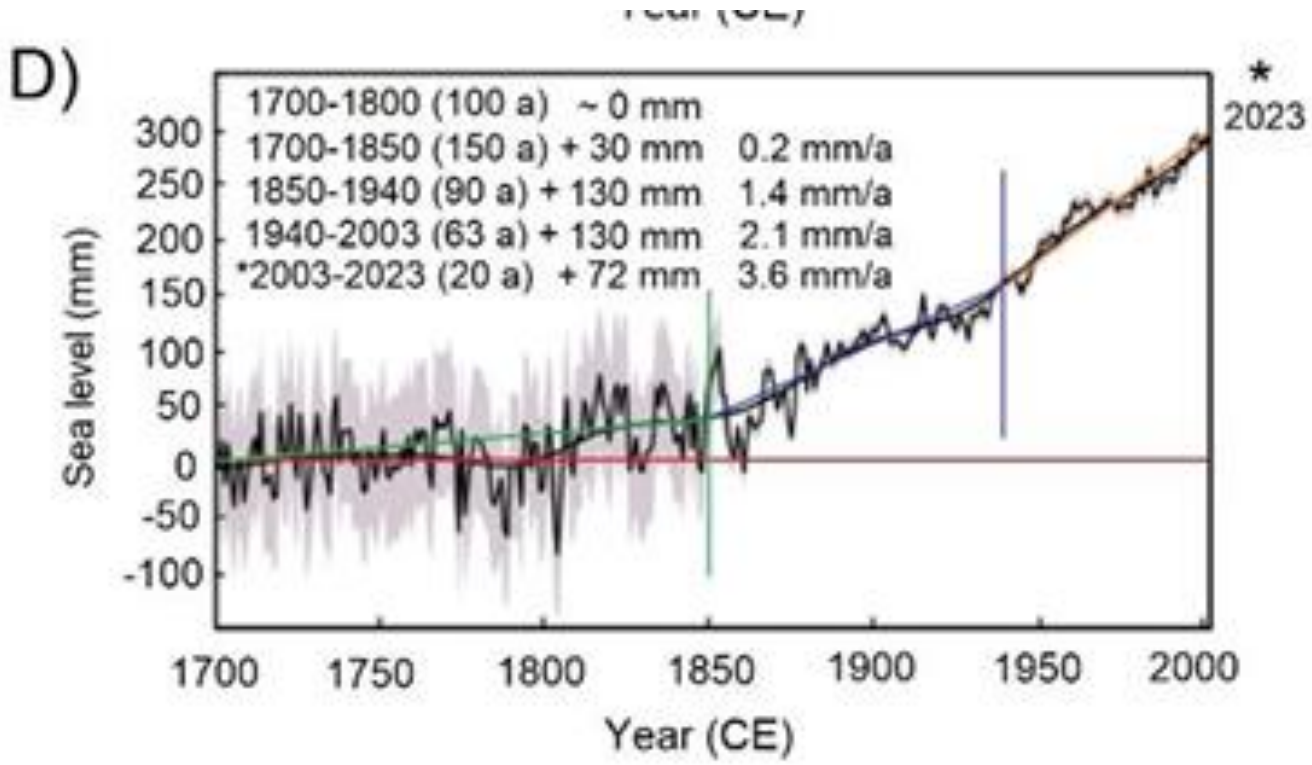
Veetaseme muutuse diapasoonid: tund-päev; sesoonsus-aastad; sajandid-aastatuhanded



Suursaar et al. (2023; ECSS); Luik et al. (2024, CSR,).

Saaremaa (Järve rand Kuressaarest lõunas)näitel näeme, et tegelikult juba meretase tõuseb.



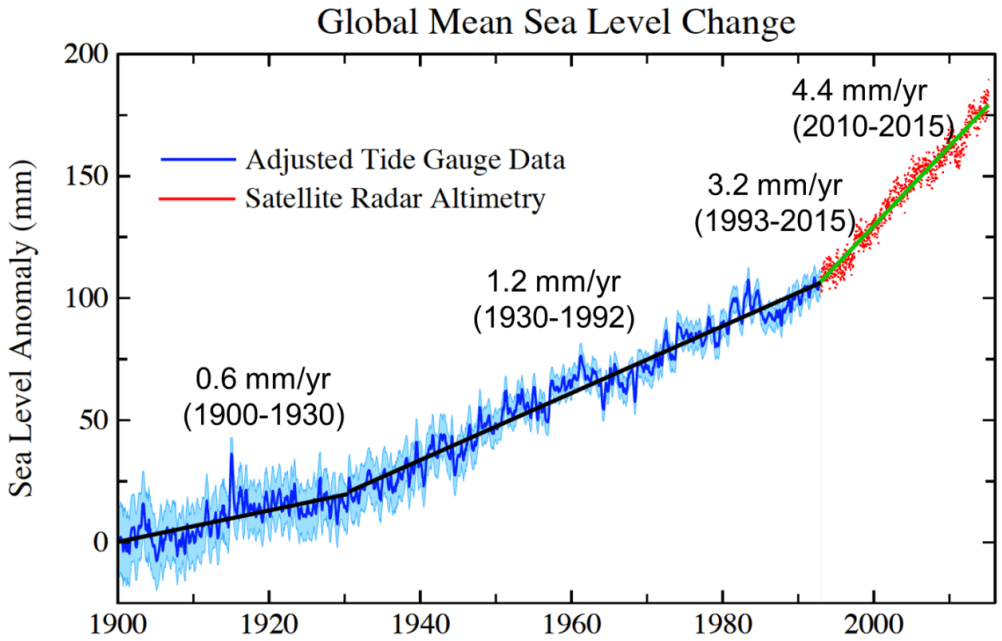


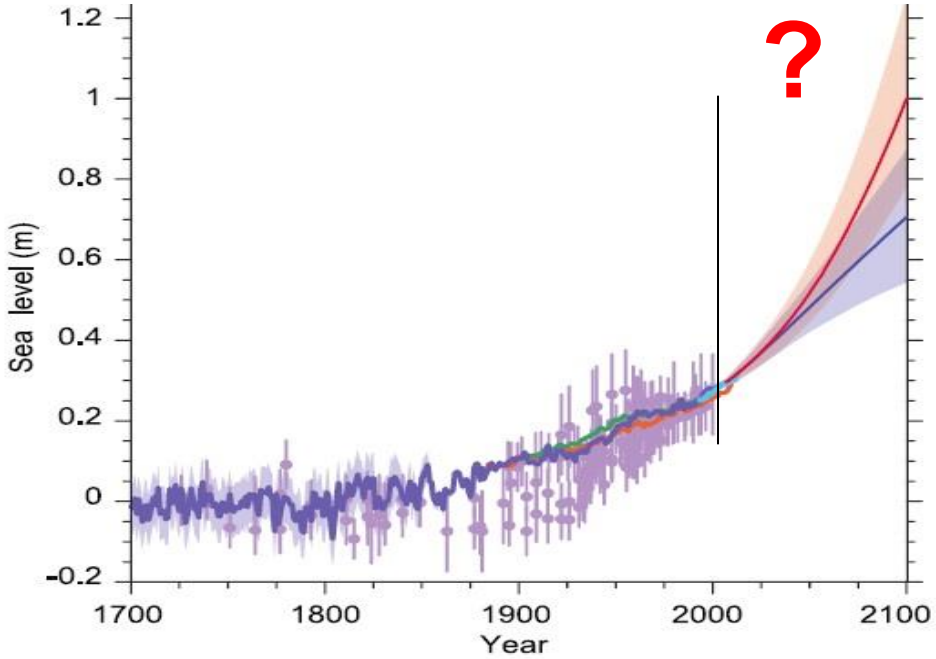
Luik et al. (2024, CSR)

Sellised kaardid on aga natukene ebatäpsed kus meretaseme tõus on juba maakerkesse arvutatud, aga miks?

Maailmamere tase muutub pidevalt,
ilmselt tõuseb aina kiiremini
~0.1 mm/a enne ~ AD 1850
1.4 mm/a 1901-1990
2.1 mm/a 1970-2015
3.2 mm/a 1993-2015
3.6 mm/a 2006-2015
(IPCC)
4.4 mm/a 2010-2015
Seetõttu kasutame absoluutset maakerget.

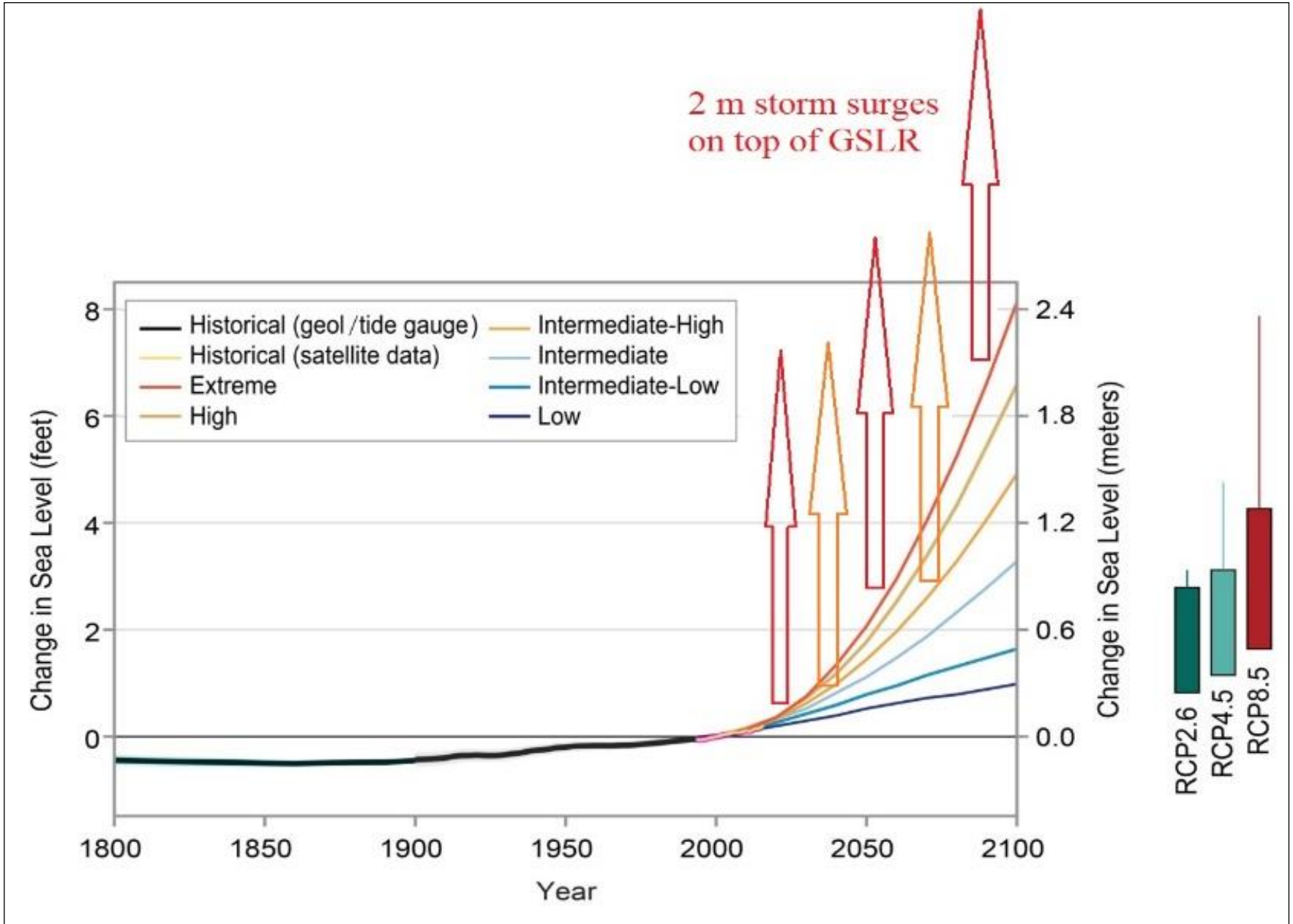
Näeme, et meie andmed klapivad hästi nö rahvusvaheliselt väljaöelduga.



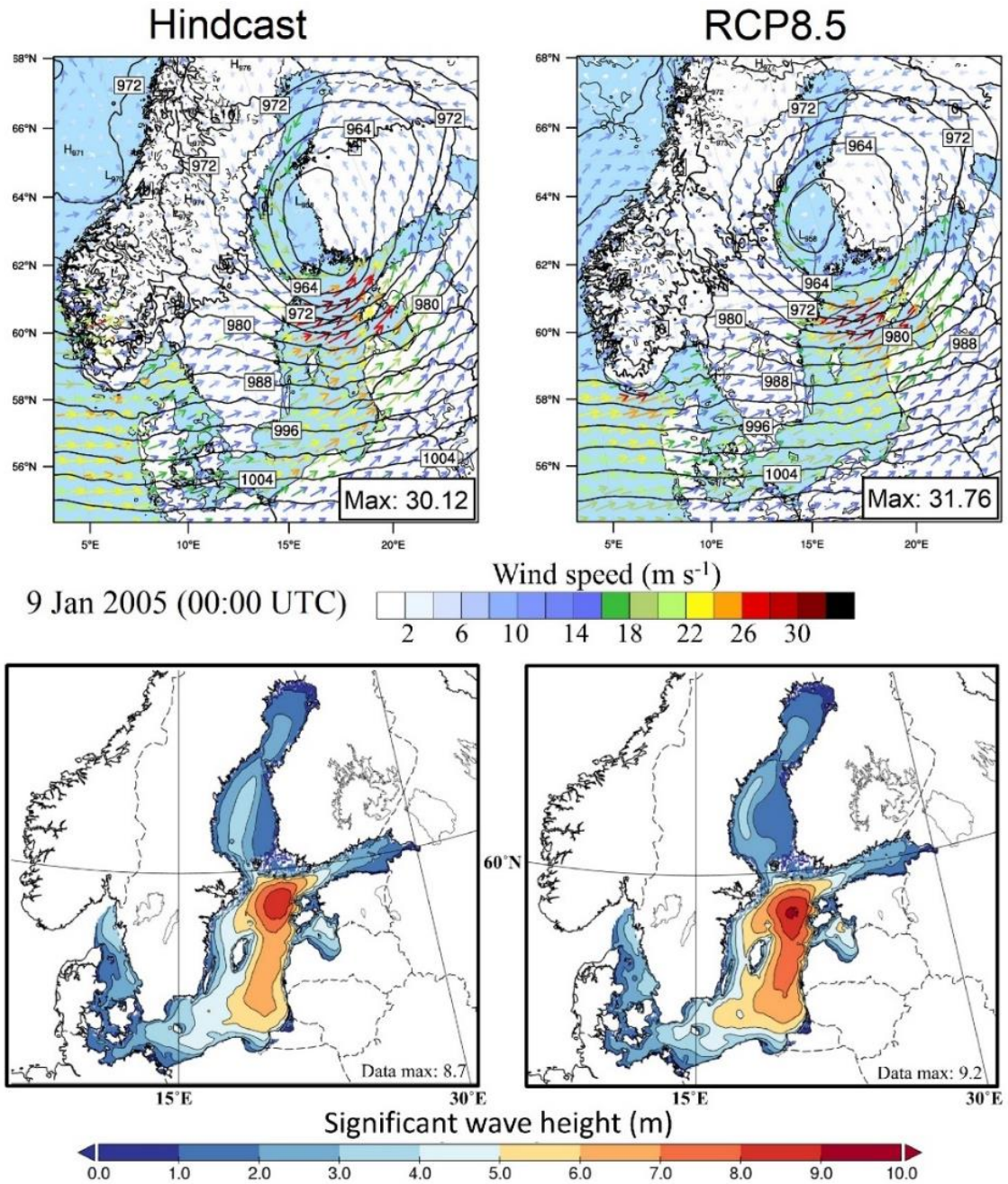


Tuleviku meretaseme tõus sõltub realiseeruvast kliimamuutuse stsenaariumist. Ei tea veel millisest, see sõltub meist (poliitikast jms…)

IPCC meretaseme tõusu stsenaariumid kuni aastani 2100 koos võimalike värskemate leidudega (suuremate liustike sulamine jms) (kuni ~2.4 m)
Indikatiivselt on näidatud tormiajud kuni lisa 2m.



Mida aga võiks meile tuua tuelviku tormid? Kas läheb aina hullemaks?

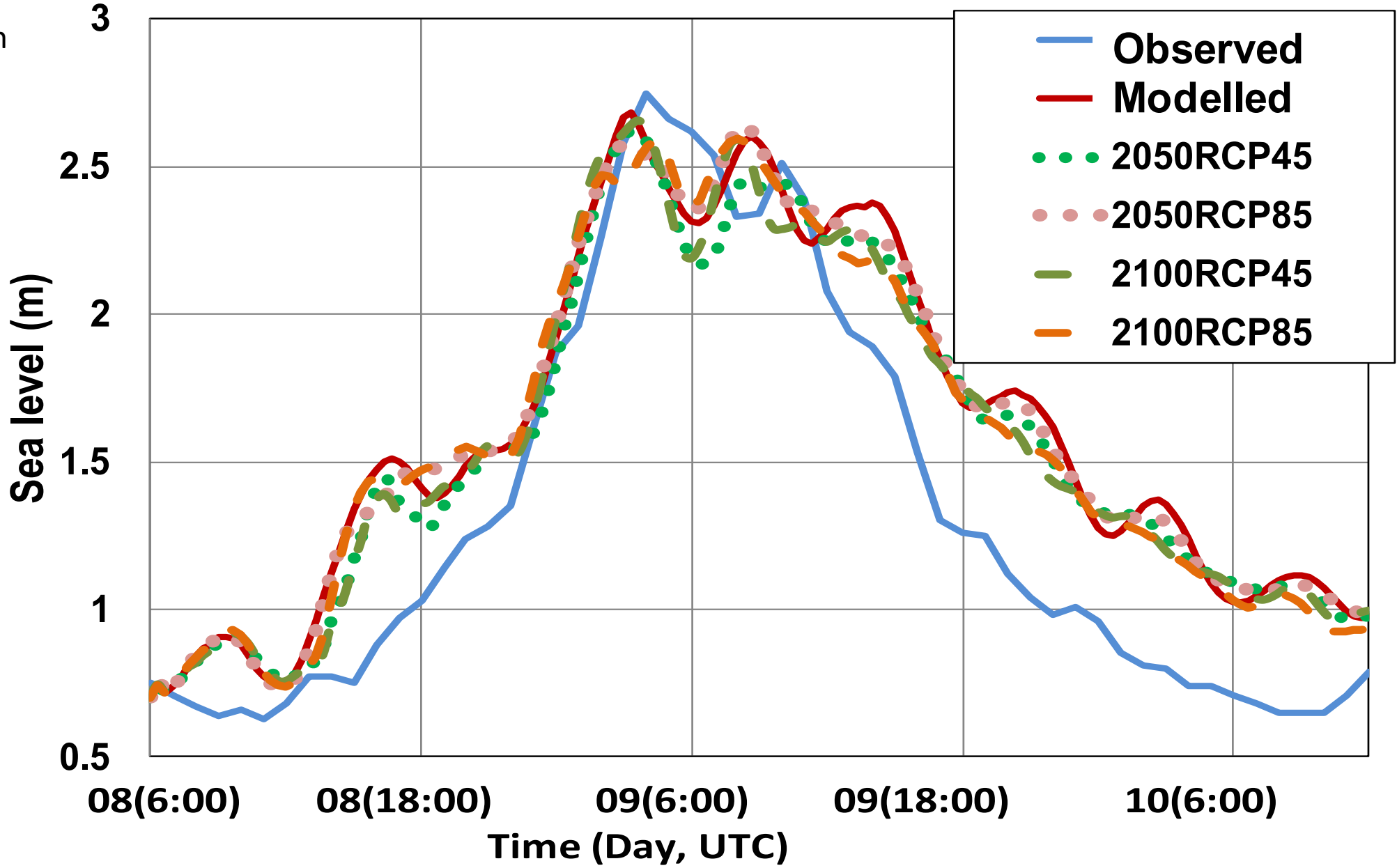


Surrogaatkliima modelleerimine; äärmuslik mittetroopiline tsüklon (ETC) tulevikus (Mäll et al., 2017; 2020). Gudrun (2005, hindcast) asetatud soojemasse tuleviku-kliimasse (RCP8.5) 2100. a.

Arvutatud uuesti rõhuväli, tuuled, veetase, lained. Esialgu tundub, et erinevalt tulevikus selgelt tugevnevatest troopilistest tsüklonitest, ei pruugi meie (polaarfrondi) tormid tugevneda, sest Arktika soojeneb kiiremini ja rõhugradient frondil üldiselt ei tugevne. Siiski on määramatus suur; tugevnevad teist tüüpi tormid ja kliimaäärmused.

Gudrun tegelik, Gudrun tulevikus, siia peame lisama meretaseme kerkimise:

2005: Gudruni tase 275 cm
2050: ???? Järgmine slaid

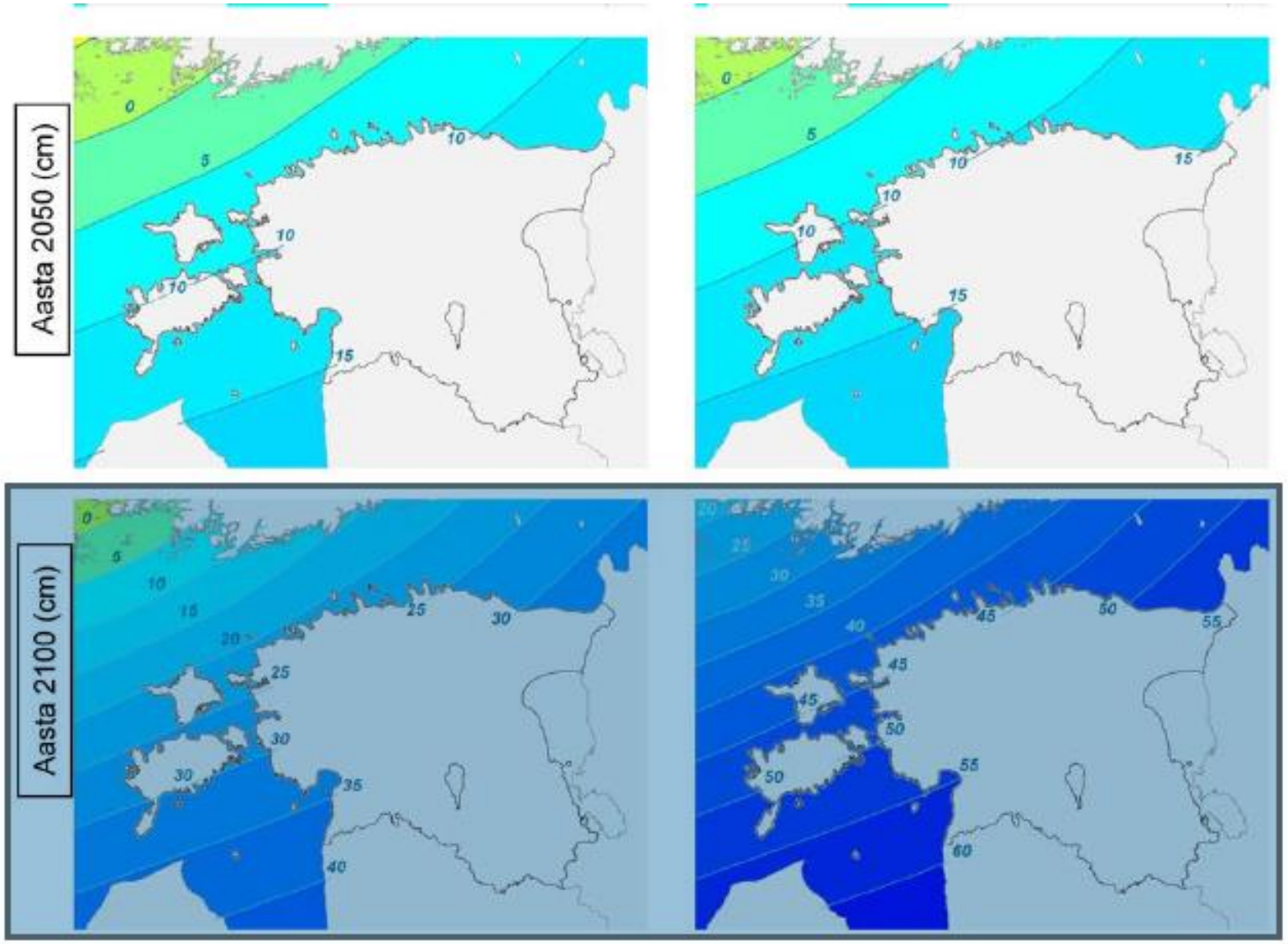


Meretase võimaliku Gudruni kordumisel erinevate kliimastsenaariumite korral:

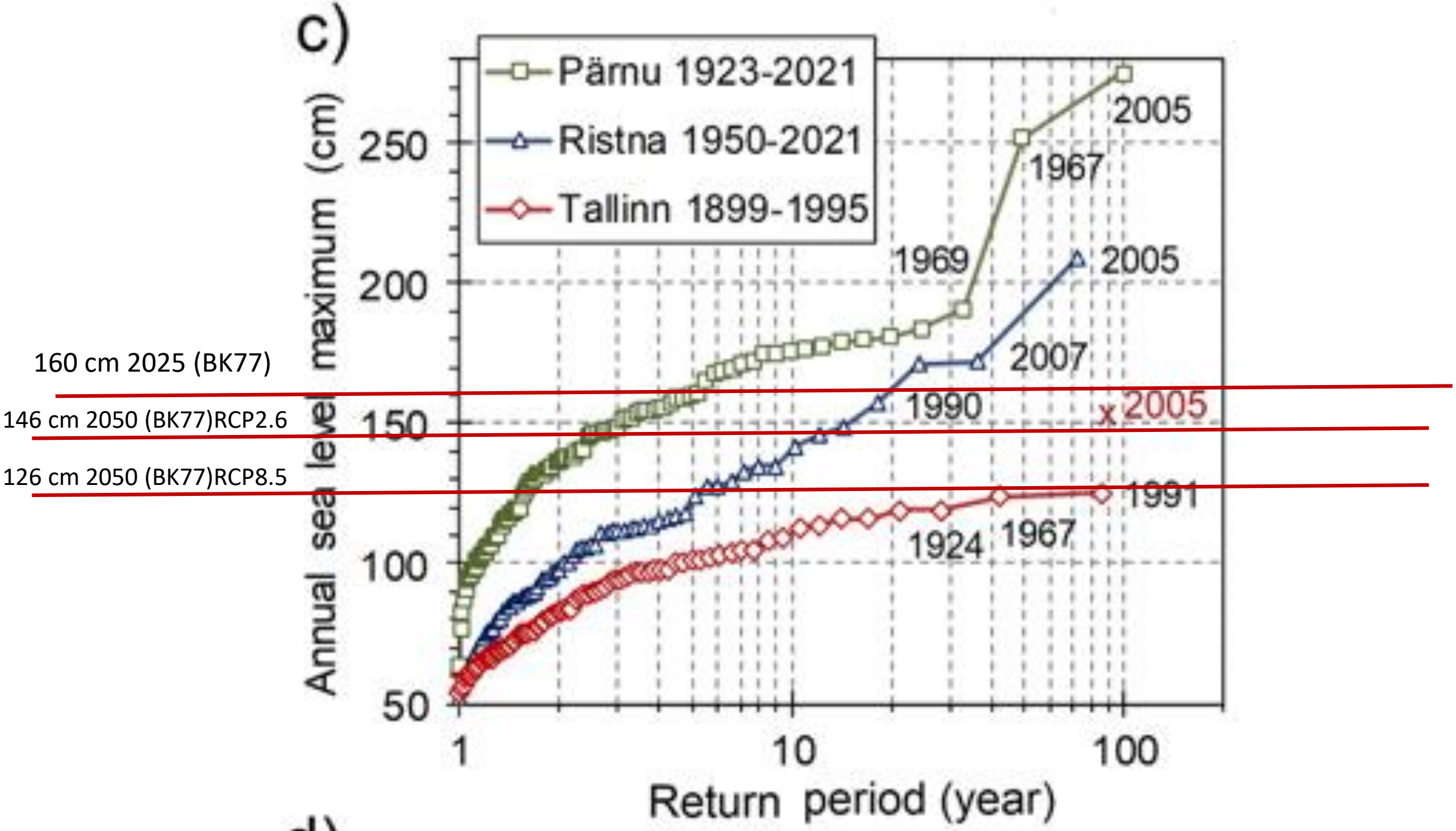
	meretase	maakerge	periood	tase enne	Uus tase	
2050	0.36	0.17	50	275	284.5	
2050	0.44	0.17	50	275	288.5	RCP2.6
2050	0.84	0.17	50	275	308.5	RCP8.5
2100	0.36	0.17	100	275	294	
2100	0.44	0.17	100	275	302	RCP2.6
2100	0.84	0.17	100	275	342	RCP8.5

Jätame ekstreemumi välja, mida tähendab meretaseme kerkimine Pärnule:

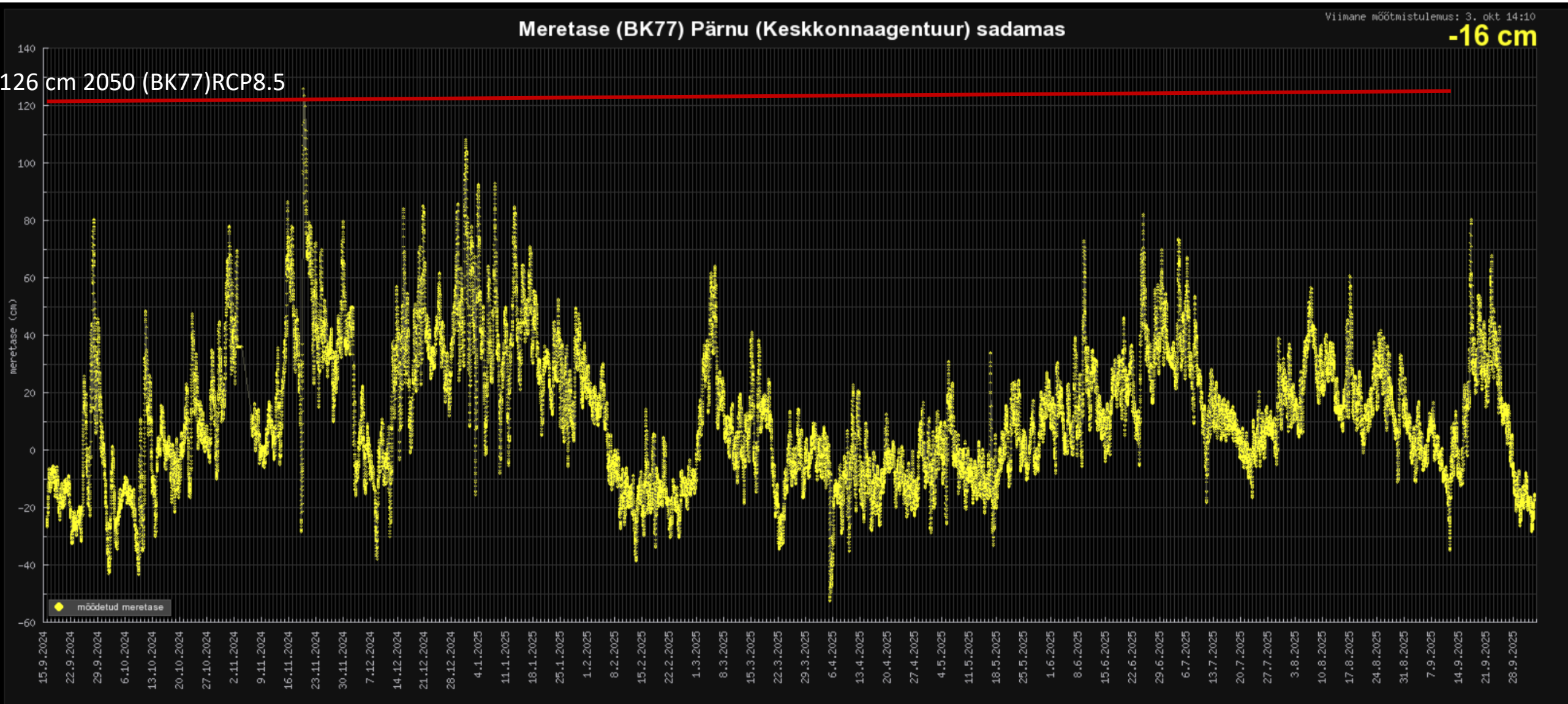
- Aastaks 2050 on Pärnus keskmine veetase 13-16 cm kõrgem kui praegu, mis tähendab, et kriitiline tase (160 cm), ületatakse varasema 57 kuu asemel umbes iga 36 kuu tagant, ehk siis igal kolmandal aastal;
- Aastaks 2100 on oodata meretaseme tõusu 33-54 cm, kriitiline tase ületatakse seega keskmiselt umbes korra aastas, mõnel aastal mitu korda.

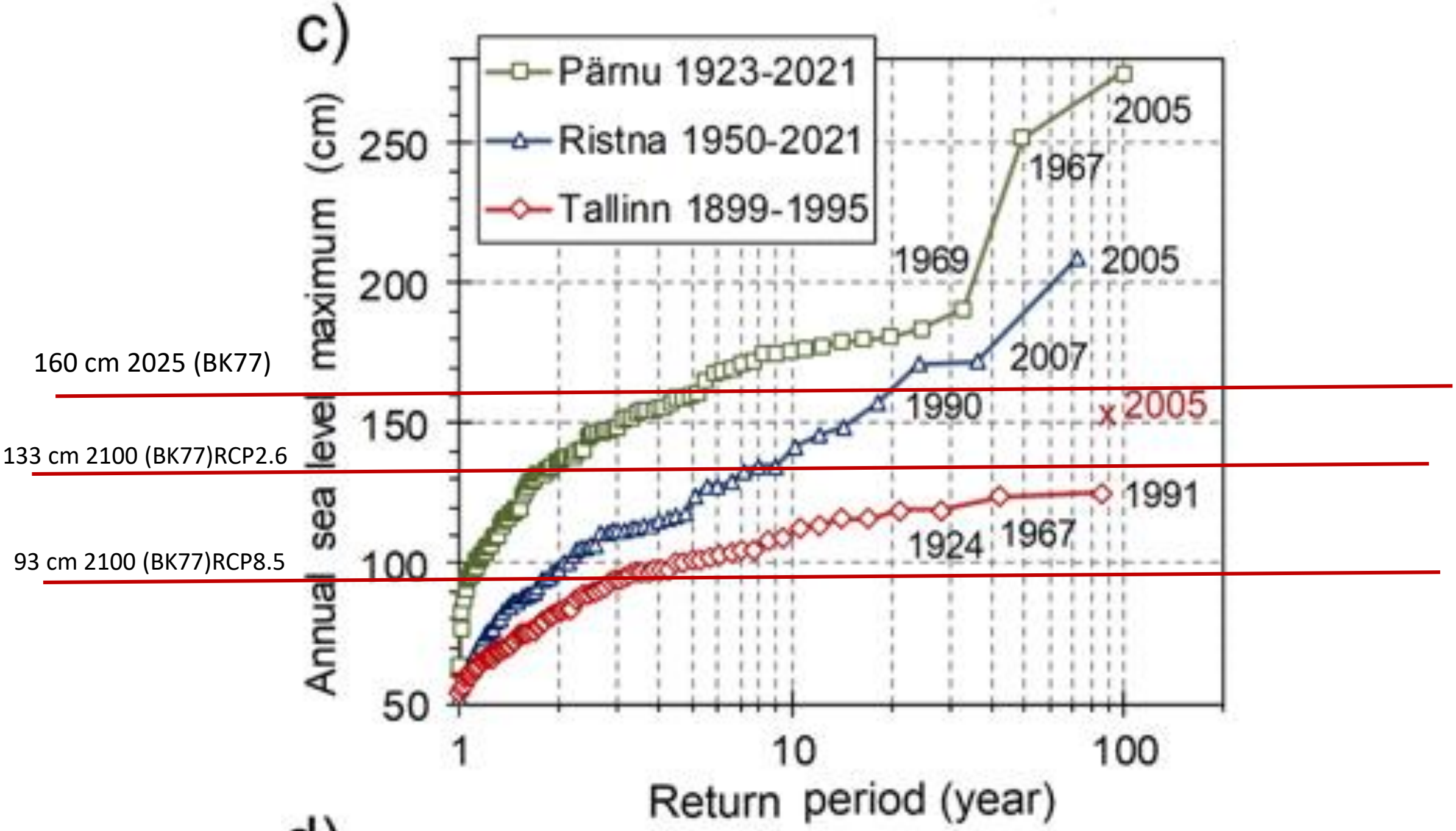


KATI projekti tulemused


c)
Pärnu 1923-2021
Ristna 1950-2021
Tallinn 1899-1995
Annual sea level maximum (cm)
250
200
150
100
50
1
10
100
Return period (year)
2005
1967
1969
2005
2007
1990
x 2005
1991
1924
1967
160 cm 2025 (BK77)
146 cm 2050 (BK77)RCP2.6
126 cm 2050 (BK77)RCP8.5
d)

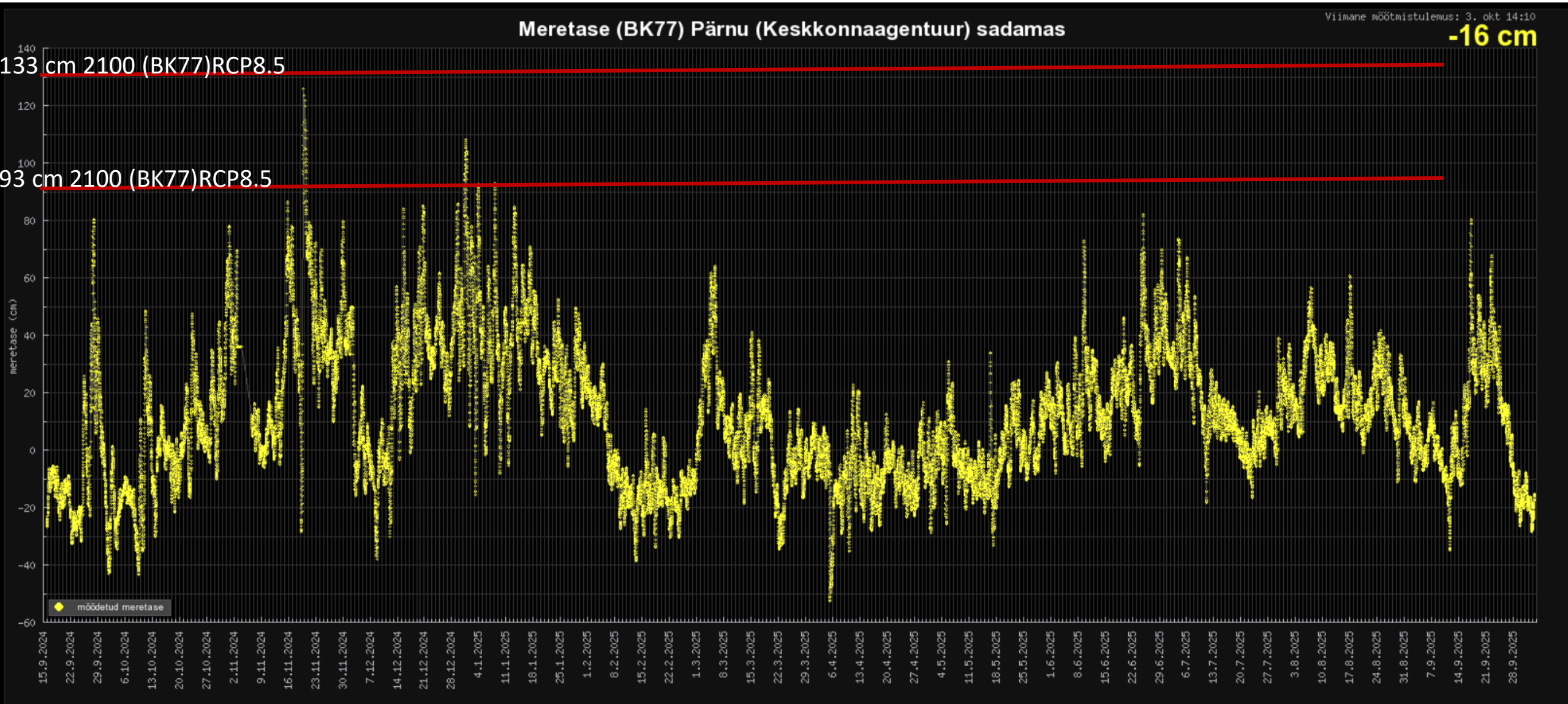
Reaalsuses tähendanuks see seda, et viimasel väga rahulikul talvel oleks ühel korral novembris ületatud kriitiline meretase aastal 2050:



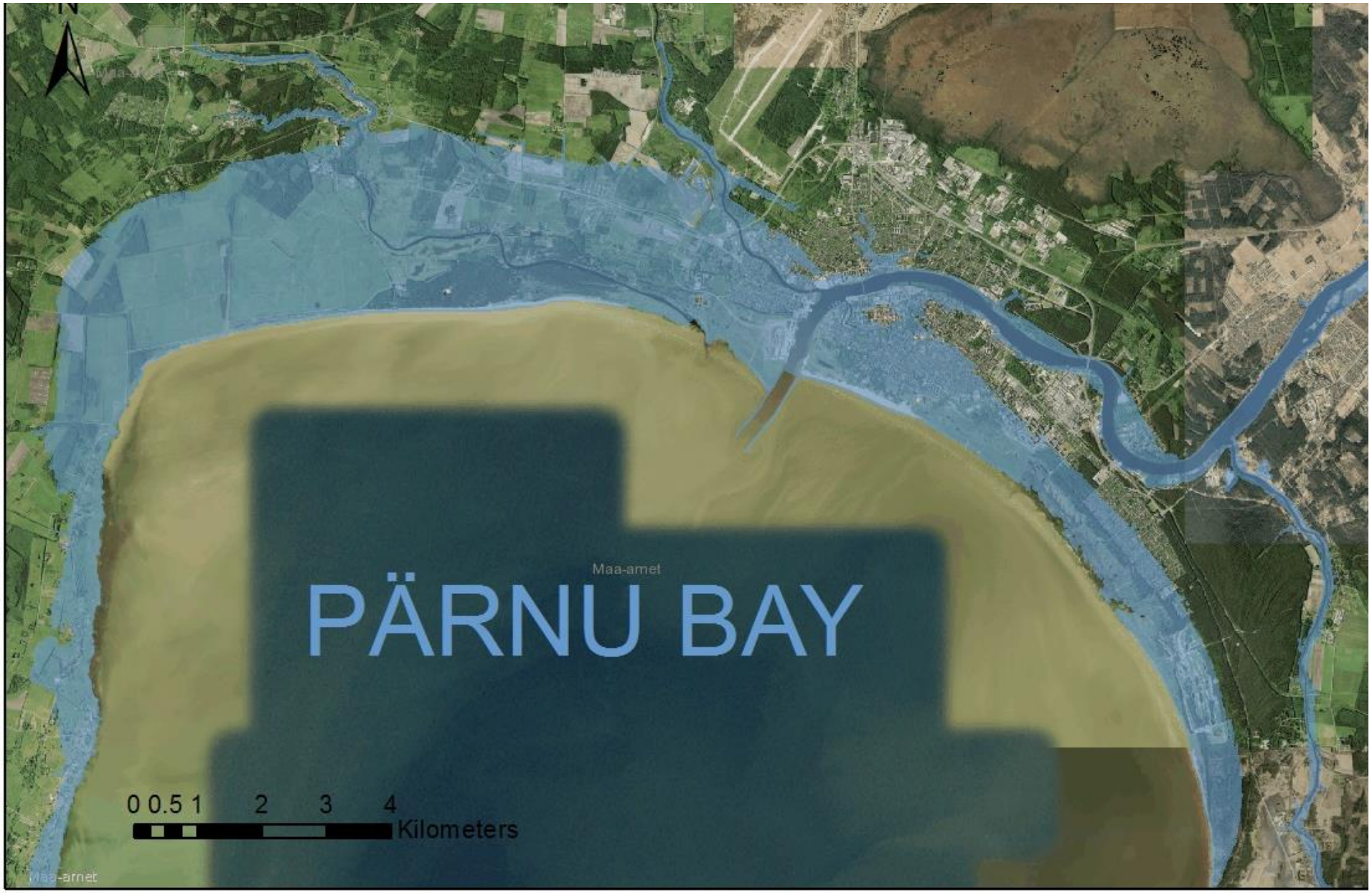

c)
Pärnu 1923-2021
Ristna 1950-2021
Tallinn 1899-1995
Annual sea level maximum (cm)
250
200
150
100
50
1
10
100
Return period (year)
2005
1967
1969
2005
2007
1990
x 2005
1991
1924
1967
160 cm 2025 (BK77)
133 cm 2100 (BK77)RCP2.6
93 cm 2100 (BK77)RCP8.5

d)

Reaalsuses tähendanuks see seda, et viimasel väga rahulikul talvel oleks neljal korral ületatud kriitiline meretase, kusjuures ühel korral oleks olnud väga tõsine üleujutus:



Mis siis juhtuks maksimaalse sündmuse korral?

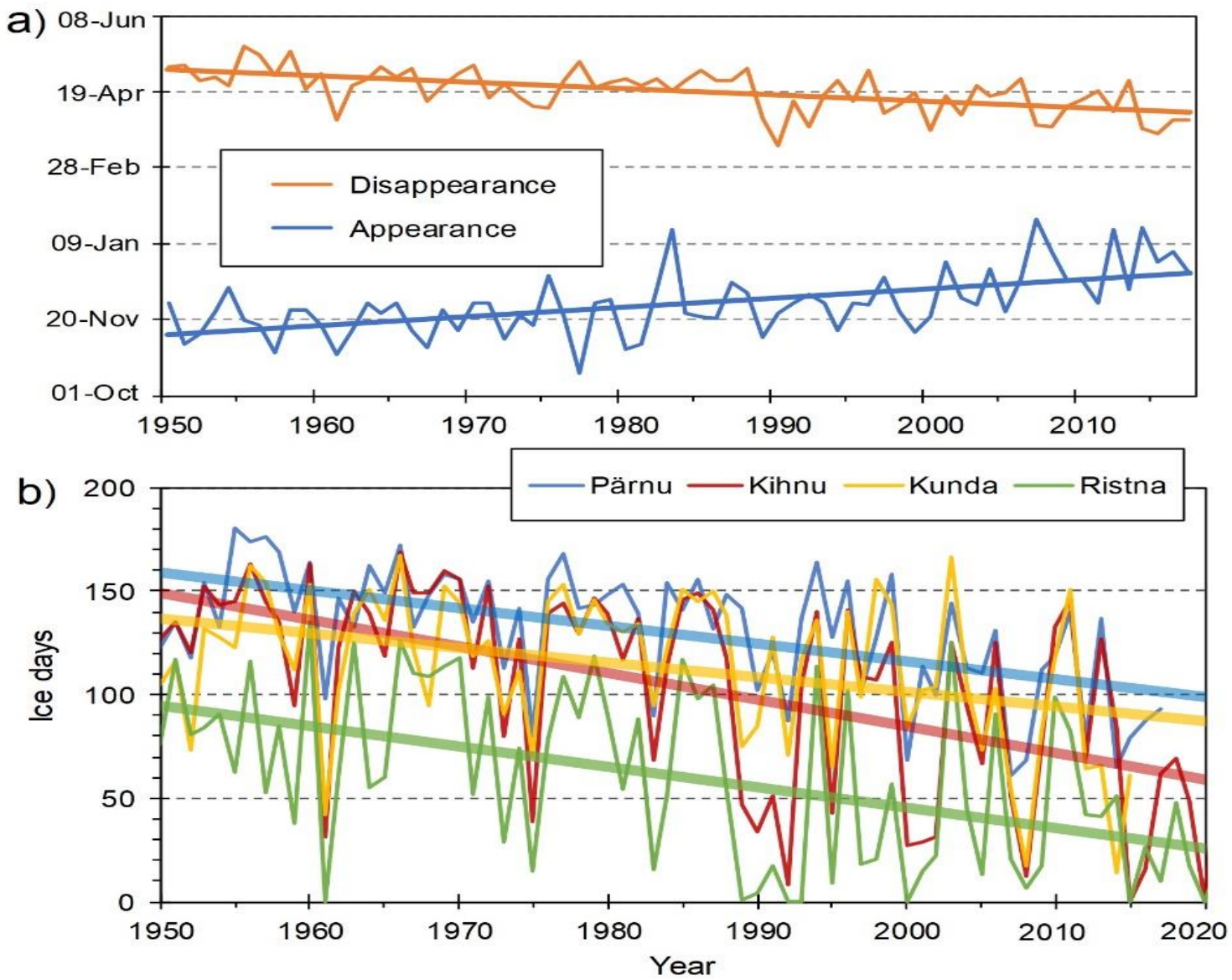


Mis juhtub veel ja kuidas see mõjutab üleujutusi, eelkõige rannikualadel?

Tegelikult on juba juhtunud meil: Kuu keskmiste temperatuuride (kraadides, Celsiuse järgi) trendi muutus perioodil 1951-2020, 9. rannikujaamas. Statistiliselt olulised trended on tõstetud tumedasse kirja.

Station	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Year
Kunda	2.7	**4.9**	**4.5**	**2.6**	**2.5**	0.6	**1.8**	**2.0**	**2.4**	0.7	**2.4**	**3.1**	**2.6**
Tallinn	2.1	**4.5**	**4.1**	**2.9**	**2.4**	0.5	**1.8**	**1.5**	**2.0**	0.2	**2.1**	**2.7**	**2.3**
Pakri	**2.4**	**4.5**	**4.3**	**2.6**	**2.4**	0.8	**2.0**	**2.2**	**2.5**	0.7	**2.5**	**3.1**	**2.5**
Virtsu	2.3	**4.6**	**4.6**	**3.3**	**2.2**	1.0	**1.9**	**2.0**	**2.0**	0.2	**2.0**	**2.9**	**2.4**
Pärnu	**2.7**	**4.4**	**4.8**	**3.6**	**2.1**	0.2	**1.3**	**1.3**	**1.6**	-0.1	**2.0**	**3.3**	**2.2**
Kihnu	2.2	**4.3**	**4.8**	**3.4**	**2.7**	1.0	**1.8**	**2.1**	**2.2**	0.5	**2.0**	**2.8**	**2.5**
Sõrve	**2.3**	**3.8**	**4.2**	**3.3**	**2.9**	**1.6**	**2.2**	**2.4**	**2.1**	0.5	**1.7**	**2.4**	**2.6**
Vilsandi	**2.3**	**3.8**	**4.2**	**2.9**	**2.7**	**1.6**	**2.2**	**2.6**	**2.3**	0.7	**2.0**	**2.7**	**2.5**
Ristna	2.0	**3.7**	**3.6**	**2.5**	**2.3**	1.1	**1.9**	**2.3**	**2.1**	0.5	**2.0**	**2.7**	**2.2**

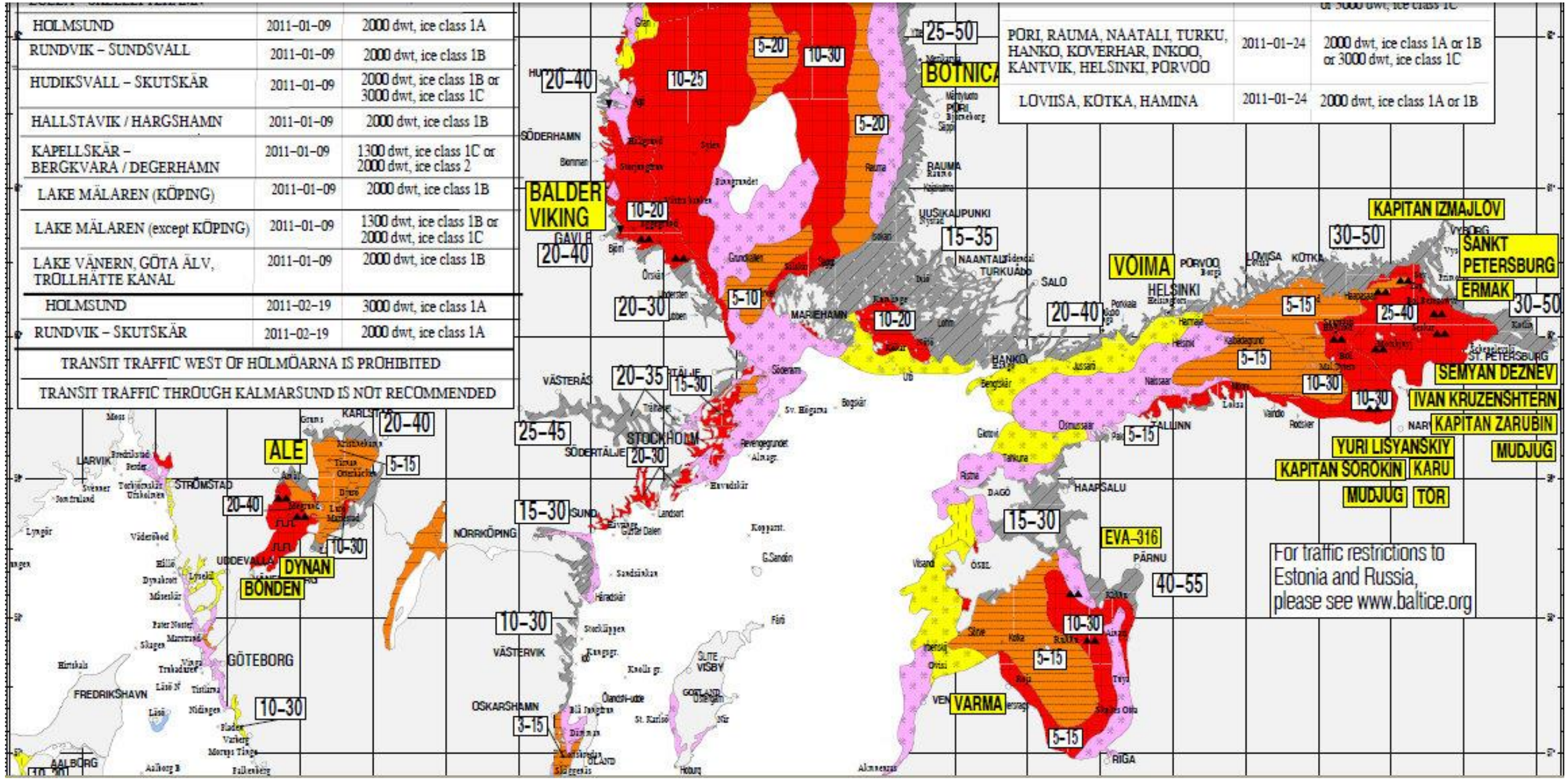
Lisaks meretaseme tõsule kaob ka lainetuse eest kaitsev jää: Jää teke ja kadumine (a) ja jääpäevade arv (b) Kundas, Ristnal, Kihnus ja Pärnus:



2011.02.08 – Tänane külm talv

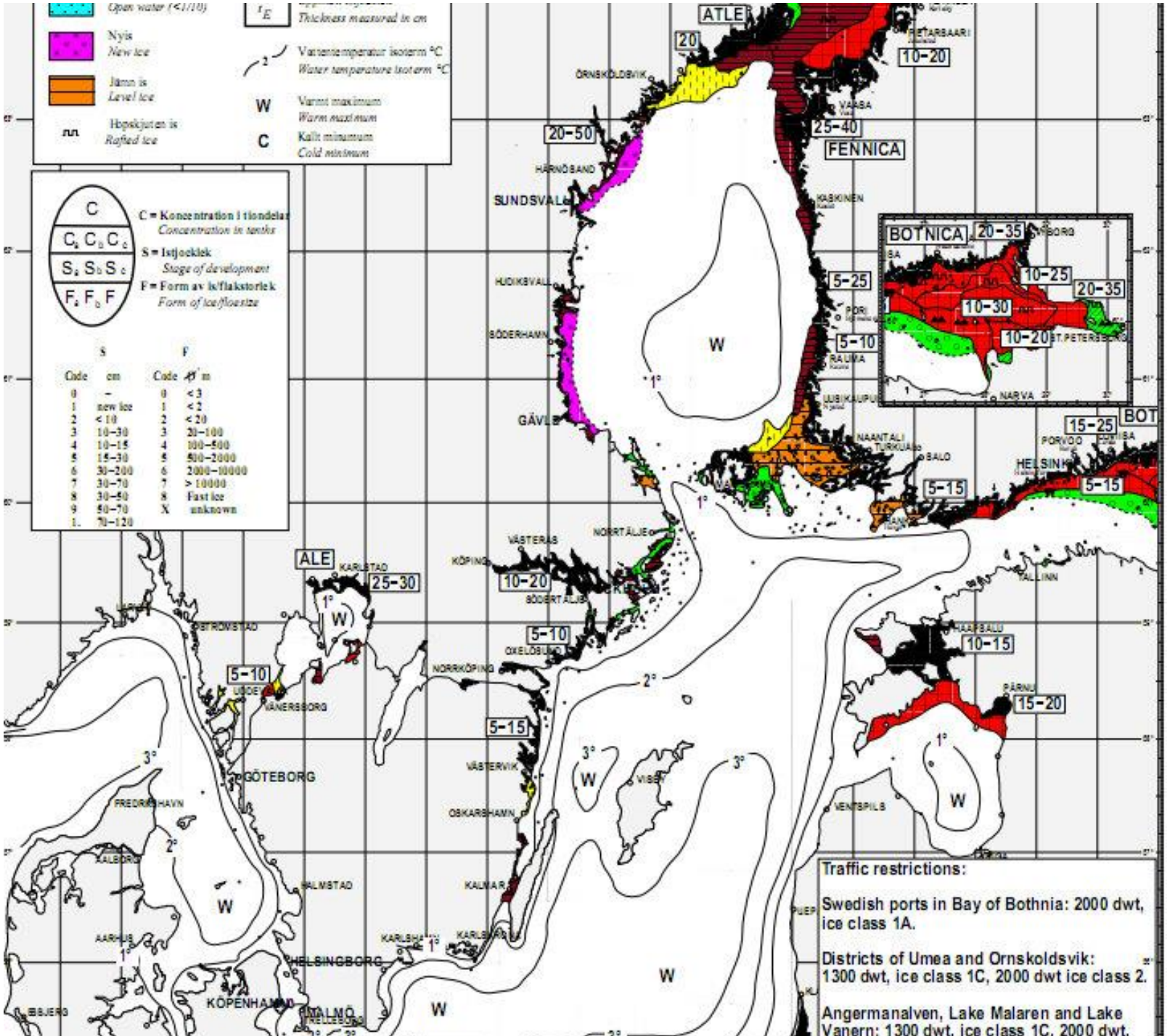
HOLMSUND	2011-01-09	2000 dwt, ice class 1A
RUNDVIK – SUNDSVALL	2011-01-09	2000 dwt, ice class 1B
HUDIKSVALL – SKUTSKÄR	2011-01-09	2000 dwt, ice class 1B or 3000 dwt, ice class 1C
HALLSTAVIK / HARGSHAMN	2011-01-09	2000 dwt, ice class 1B
KAPELLSKÄR – BERGKVARA / DEGERHAMN	2011-01-09	1300 dwt, ice class 1C or 2000 dwt, ice class 2
LAKE MÄLAREN (KÖPING)	2011-01-09	2000 dwt, ice class 1B
LAKE MÄLAREN (except KÖPING)	2011-01-09	1300 dwt, ice class 1B or 2000 dwt, ice class 1C
LAKE VÄNERN, GÖTA ÄLV, TROLLHÄTTE KANAL	2011-01-09	2000 dwt, ice class 1B
HOLMSUND	2011-02-19	3000 dwt, ice class 1A
RUNDVIK – SKUTSKÄR	2011-02-19	2000 dwt, ice class 1A
TRANSIT TRAFFIC WEST OF HOLMÖARNA IS PROHIBITED		
TRANSIT TRAFFIC THROUGH KALMARSUND IS NOT RECOMMENDED		

PORI, RAUMA, NAATALI, TURKU, HANKO, KOVERHAR, INKOO, KANTVIK, HELSINKI, PORVOO	2011-01-24	2000 dwt, ice class 1A or 1B or 3000 dwt, ice class 1C
LOVIISA, KOTKA, HAMINA	2011-01-24	2000 dwt, ice class 1A or 1B

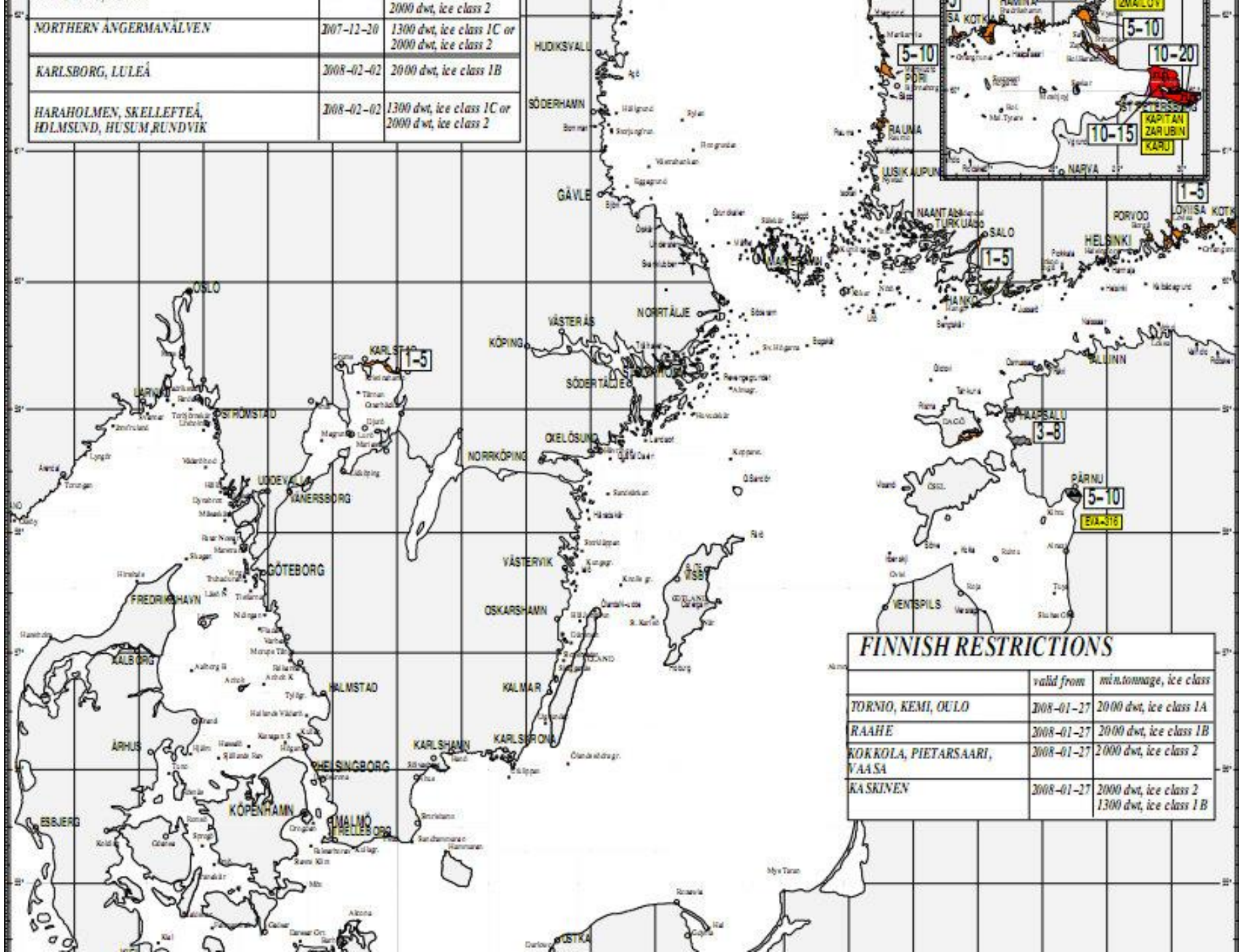


2004
02.02-
tuleviku külm
talv?

SMHI
maps
www.smhi.se



2008.02.02 – tuleviku keskmine talv?



Mis juhtuks rannikualadel lisaks tavapärasele üleujutusele?

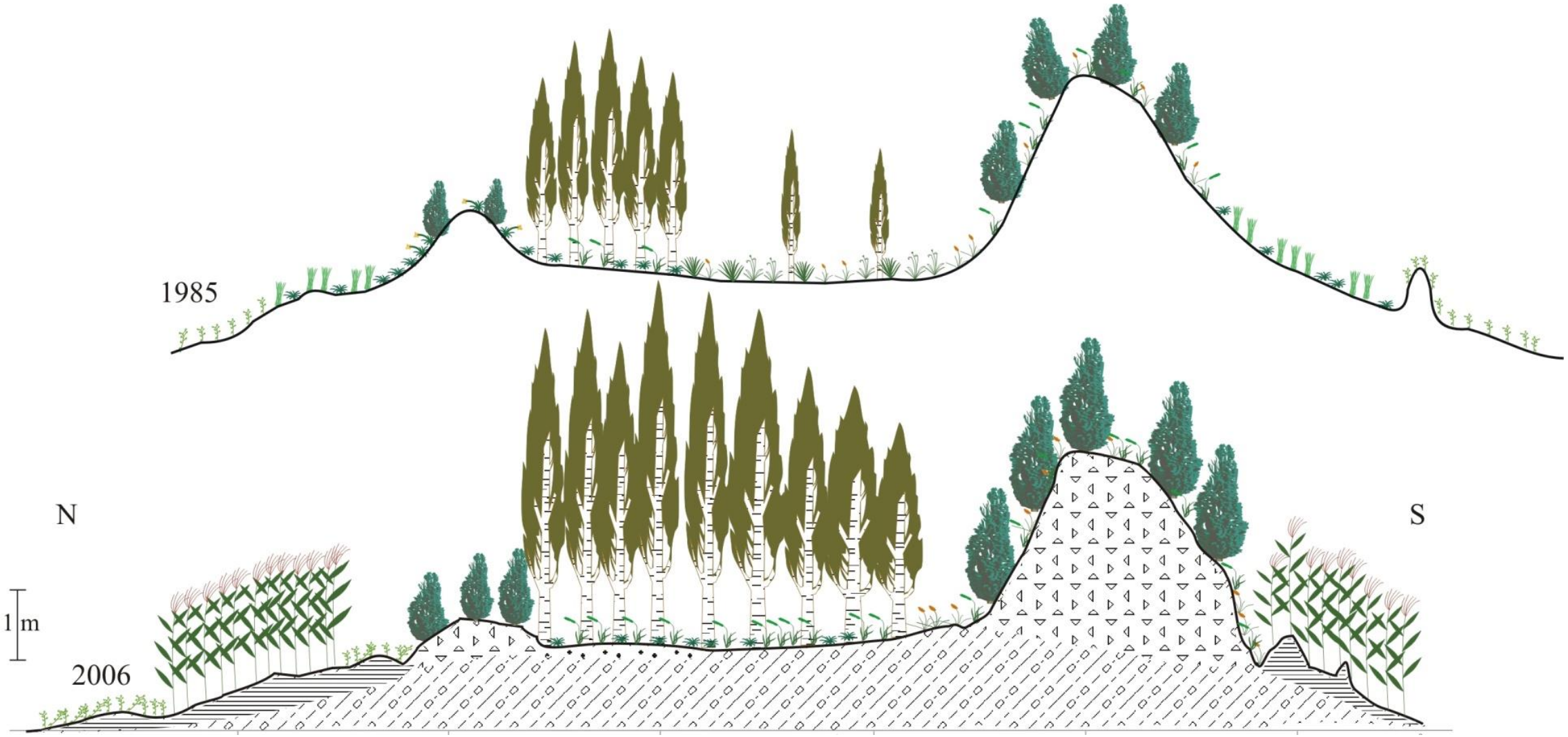
Liivarannad kus täna oli erosioon hakkavad kiirelt taganema, Näiteks Valgerand, Lottemaa, Järve rand, Pirita ranna põhjaosa jne.

Lottemaa, Astang hakkab kiirelt taganema

Minimaalne puhvertsoon kaob

Liivarannad kitsenevad (Tareste-Tõrvanina näide)

Koos kitsenemisega, ajuvesi võib murda läbi rannamoodustiste ja jääda sageli nö lukku rannamoodustiste taha ja põhjustada palju kahju.

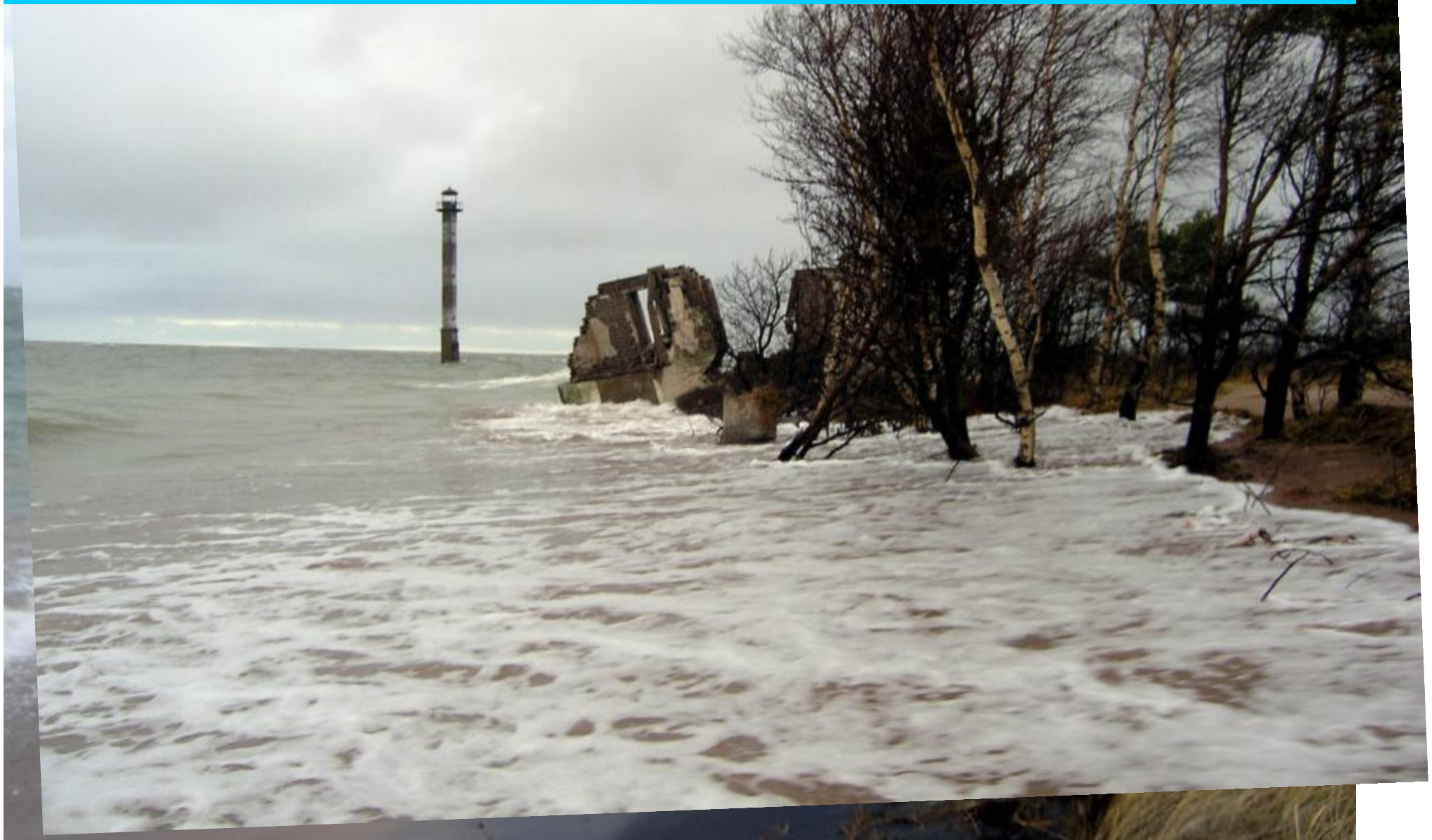


Lainetus murrab läbi luiteahelike ja …

… ja võib üle ujutada ulatuslikud alad nende taga

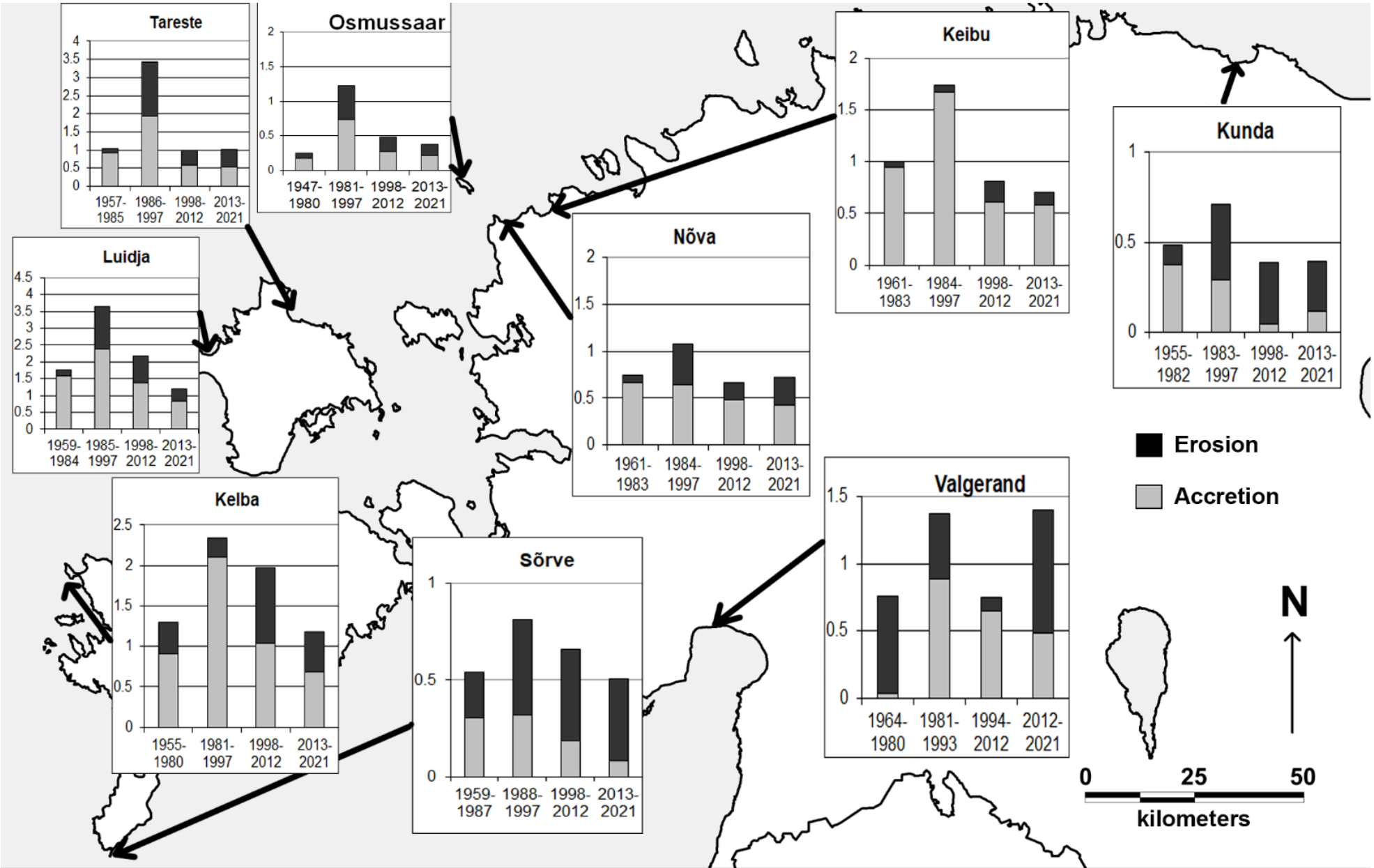
Lainetus hakkab ulatuma metsaalla

Mõned pildid (Kiipsaare)



Rannakaitserajatised muutuvad erosiooni kiirendajateks:
(Pirita tee, Valgerand, Lottemaa jne.)

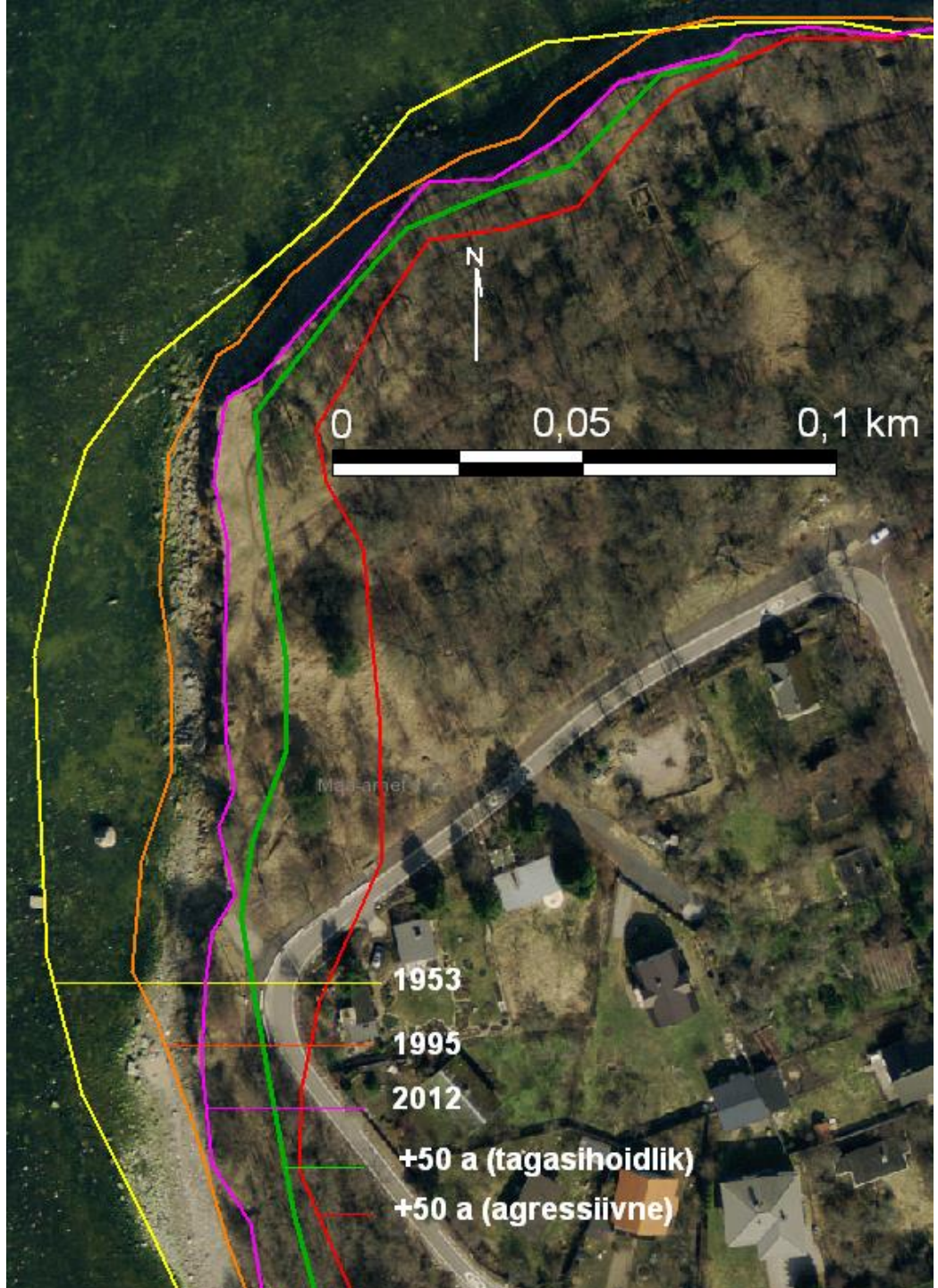
Tormisuse kasv 1980-90-ndate vahetusel kiirendas rannaprotsesse, juhtub ilmselt sama, setted hakkavad kiirelt ümber paigutuma.



Lisaks kiirele murrutusele toimub ka kiirem setete kuhjumine, ummistuvad jõesuudmed

Kiireneb sadamakanalite ummistumine ja laevateede ummistumine

Pärnu, Narva-Jõesuu, Nasva, Kunda, Sillamäe jne.



Kiireneb pangaastangute taganemine (näiteks Kakumäe), ohtu satuvad taristu ja objektid pankade peal

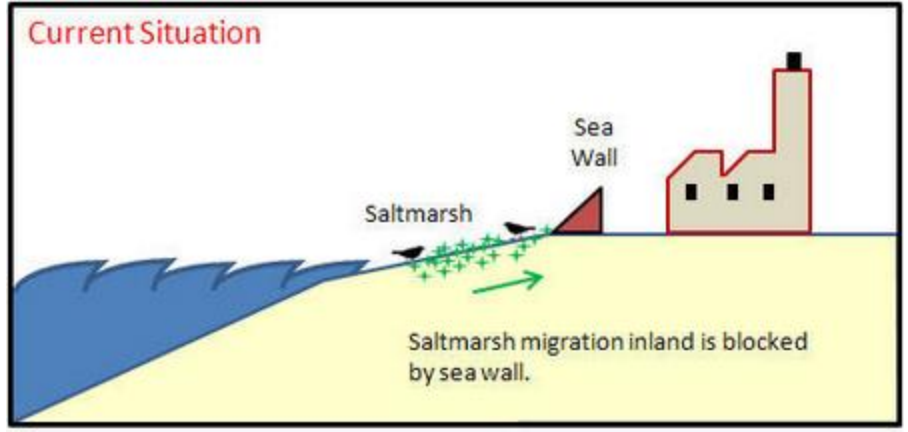
Juba täna ohus olevad kohad kaovad kiirelt:

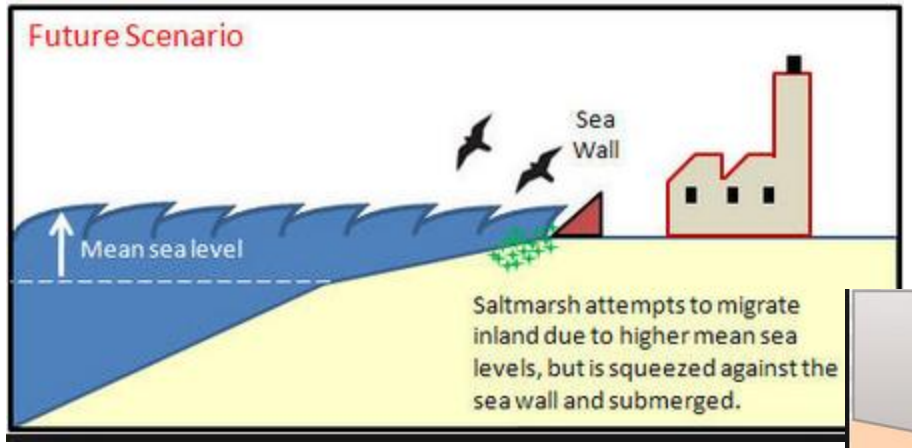
Veel 6-7 a. tagasi Kakumäel..

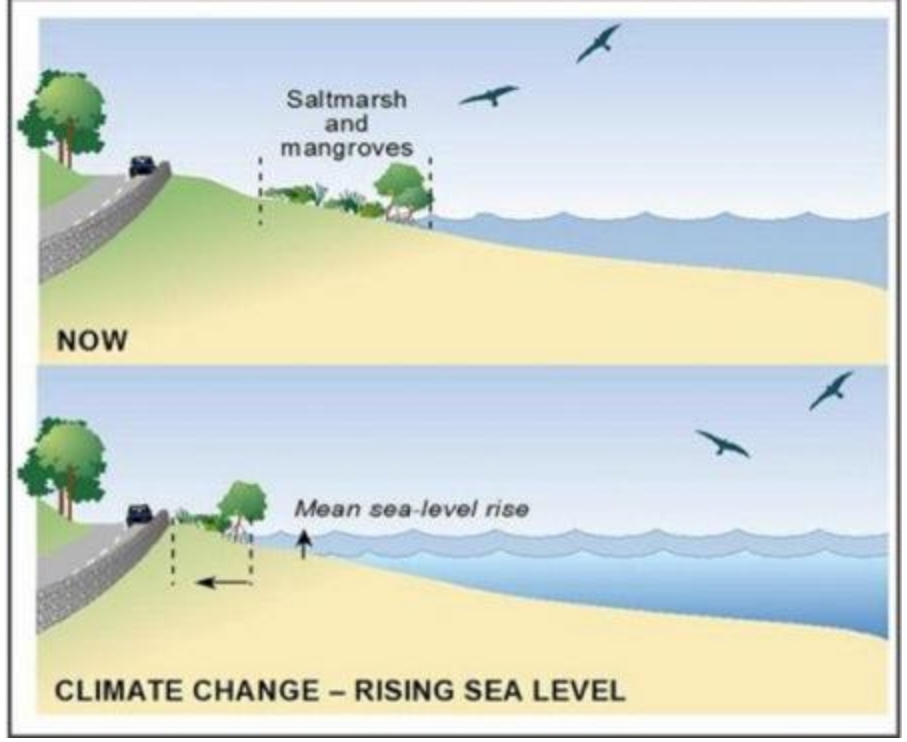
Täna pole enam seda kohtagi kus pildistada…

Pakri Pank

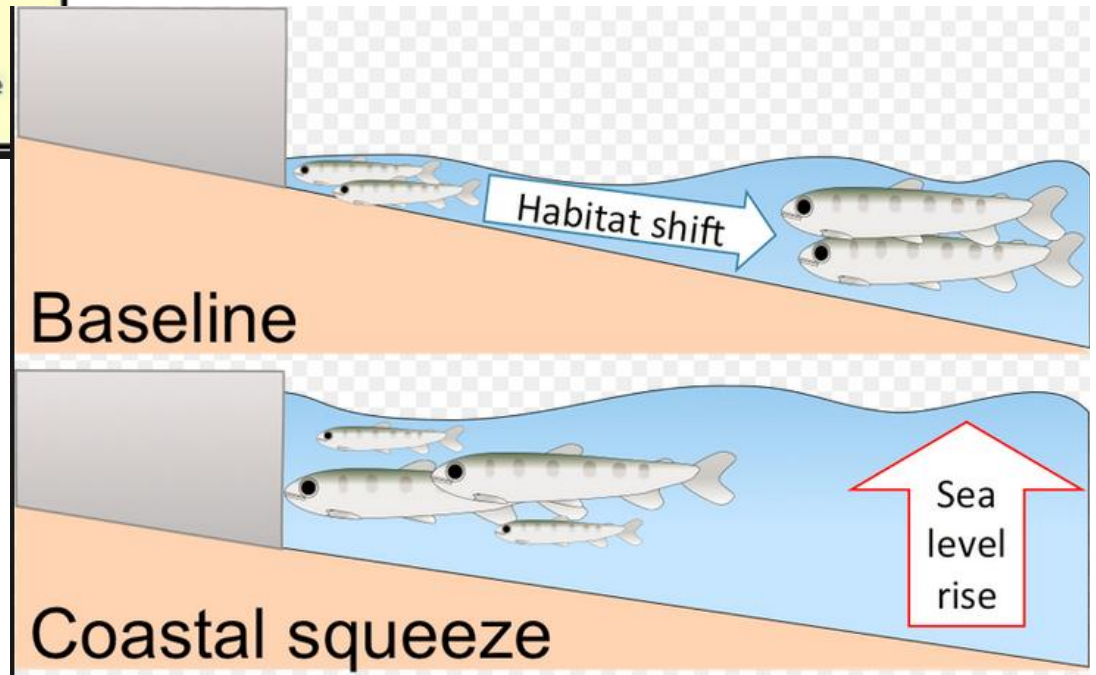
- Kiireneb ka kõrgete pankade taganemine, Põhja-Eesti rannikul võimalikud suured maalihked pangaesisel alal (ohus näiteks ESTLINK kaabel).



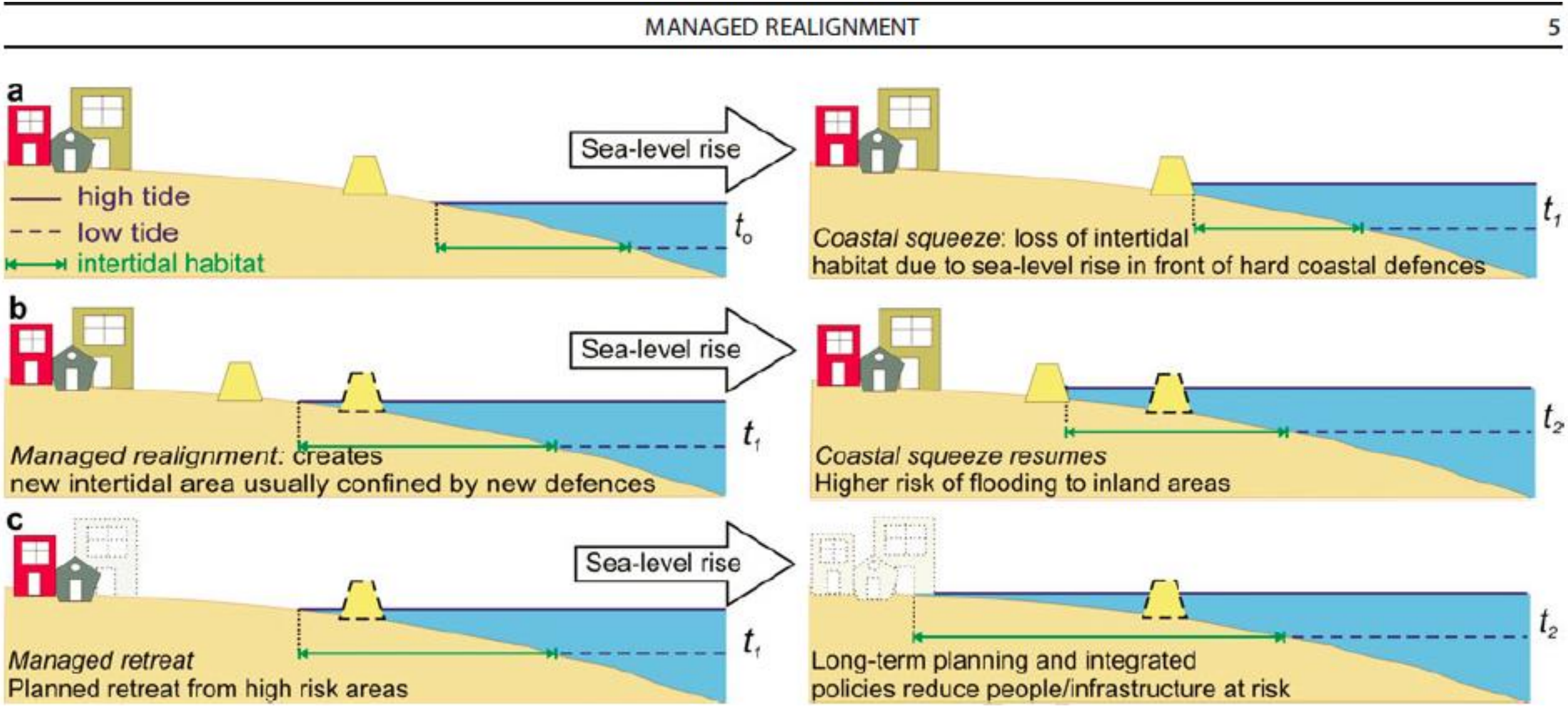




Jõuame olukorda mida mujal maailmas nimetatakse? = Coastal squeeze



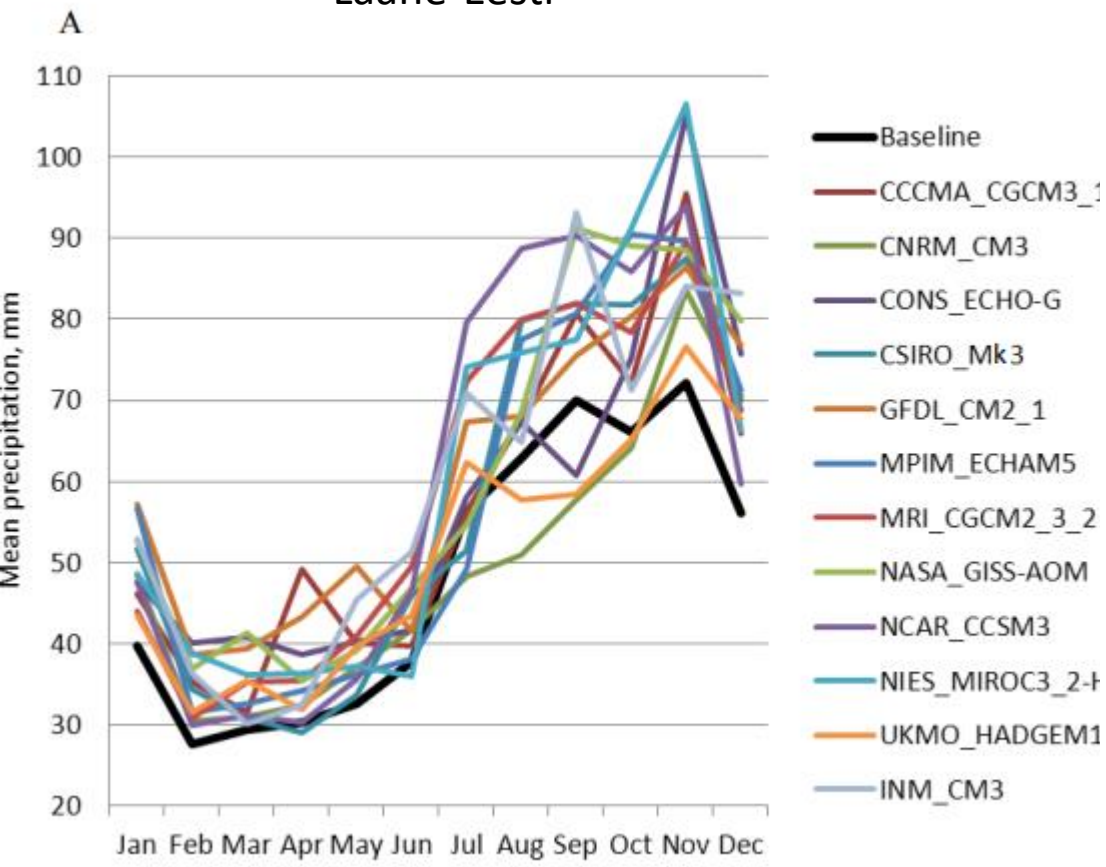
Juba täna peame mõtlema, et kas saaksime all ja eelneval pildil toodud olukordi ennetada?:



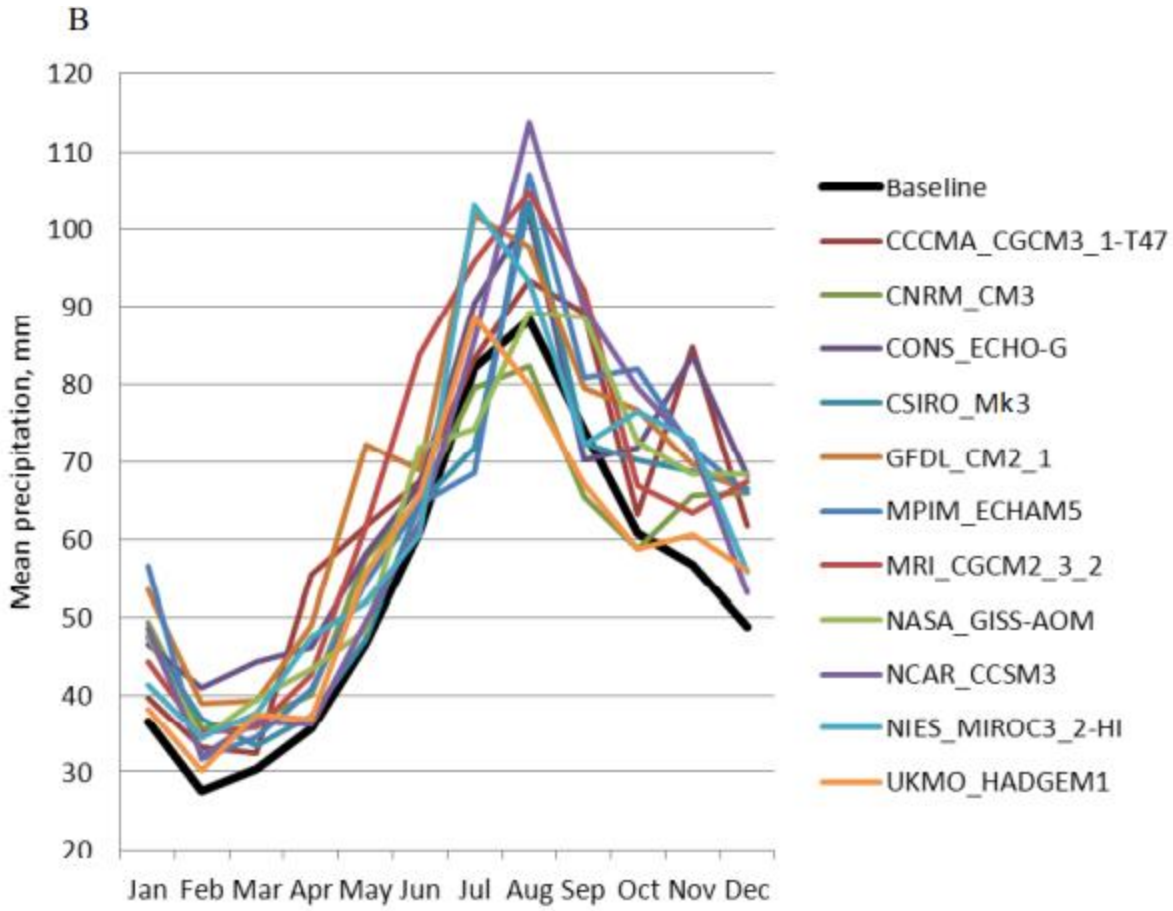
Mis juhtub sademetega, see pole nii kindel:

Kuu keskmine sademete hulk, vaatlused (baseline) ja modelleeritud erinevate mudelite poolt, aastaks 2070-2099 (Jaagus et al 2014): Keskmine sademete hulk kasvab enamasti (kuni 50%), kuid määramatus on väga suur.

Lääne-Eesti



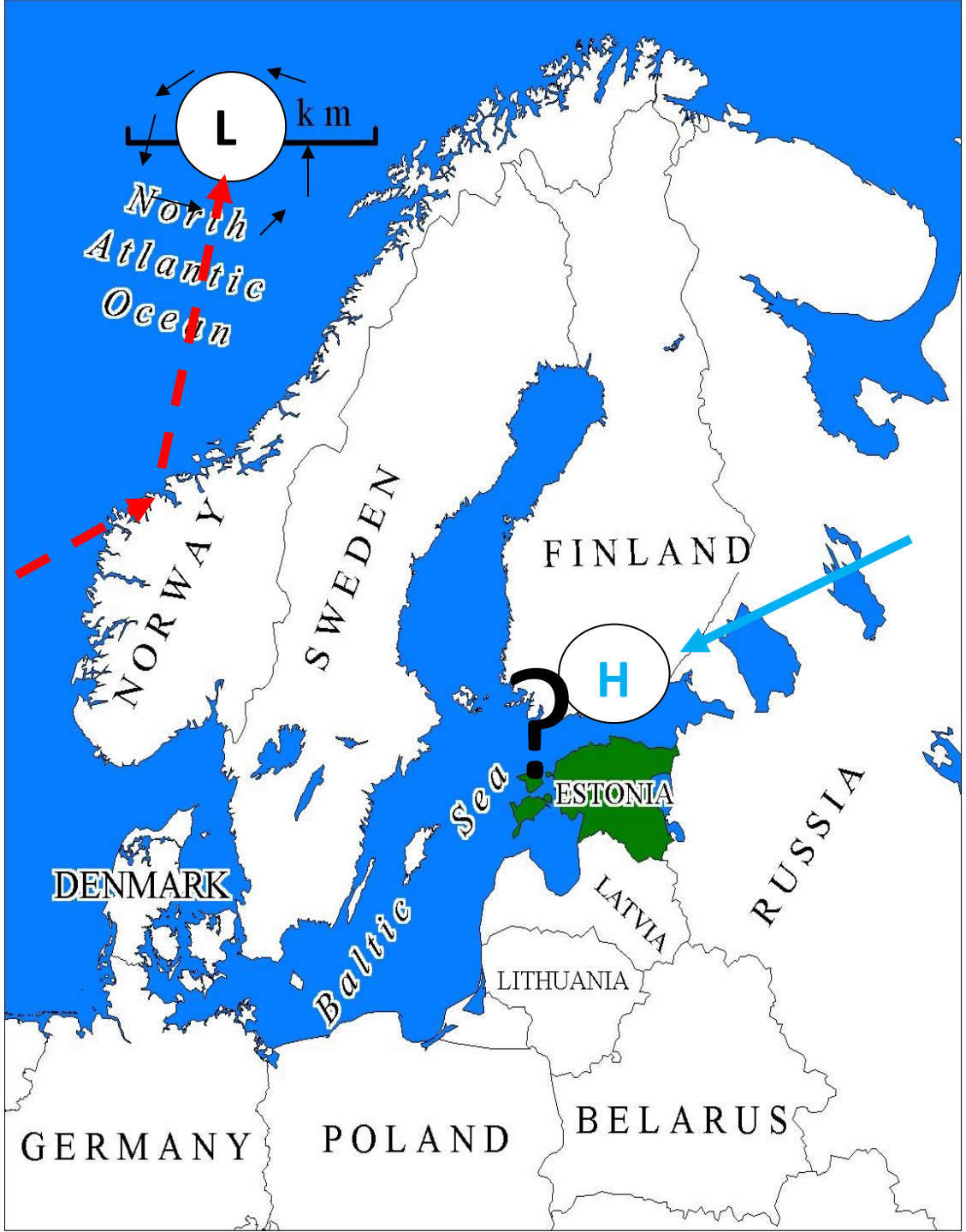
Ida-Eesti



Mis juhtub sademetega?:

- Väheneb lumena tulevate sademete osakaal (nö kogu Eestit katvad sajud), kuid Põhja-Eestis pole võimatu nö Järve efekti võimendumine ja rannikul (mõnekümne km laiuse vööna) lume koguse suurenemine, selle hilisem sulmine võib olla äkiline.
- Energia (soojuse lisadumine süsteemi) tekitab aina suurema riski lühijalisteks hoovihmadeks, enamasti põhjustab lokaalseid üleujutusi, ebasoodsate olude kokkulangemisel ka üksikute jõgede üleujutusi, eelkõige suvisel perioodil.

Aga tegelikult me kõike ei tea, võib juhtuda ka midagi veidi ootamatut:

Umbes 3000-3500 a tagasi võis olla sarnane muutus, mis aga kulmineerus hoopis mandrilisema kliimaga ilmselt umbes 700 aastaks – külmad talved, soojad suved, vähe torme.

Ka sellist stsenaariumit ei saa me välistada