Kliimamuutused Läänemere piirkonnas

Piia Post

Tartu Ülikooli Füüsika instituudi atmosfäärifüüsika labor

Geograafiaõpetajate sügiskool 2021

Kasutatud Hans von Storchi ettekannet BALTEXi 7. teaduskonverentsil, aga ka BACC II raamatut ning mitmeid uuemaid teadusartikleid

BACC II

Process, and summary of most significant results

Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin: BACC II

7th Study Conference, on BALTEX, Borgholm, Sweden, 10 June 2013

Hans von Storch

BALTEX Assessment of Climate Change for the Baltic Sea basin - BACC

Kaks raamatut 2008, 2015

Katse koondada teaduslikult põhjendatud teadmised kliimamuutusest ja selle mõjudest Läänemere valgalal

BACC (2008) lühitulemused

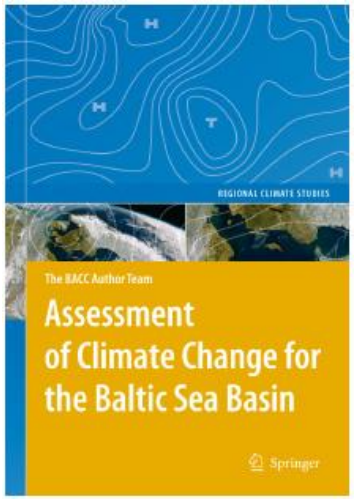
→ Läänemere piirkond soojeneb ja jääb soojenema 21. sajandil.

→ BACC arvab, et soojenemine on vähemalt osaliselt inimtekkeline.

→ Praegu ning lähenevatel kümnenditel on selge signaal temperatuuris ja sellega otseselt seotud muutujates nagu näiteks jääkate.

→ Hiljem võiks oodata ka veeringega seotud ilmseid muutusi.

→ Sellisel regionaalsel soojenemisel on mitmeid mõjusid maismaa ja mere ökosüsteemidele, mõned neist lihtsasti ennustatavad nagu näiteks muutused fenoloogias, teised praegu raskemini prognoositavad.



BACC II lisab juurde

1. BACC I järeldused kehtivad.
2. On lisandunud detaile, mõned vaidlusalused küsimused on kooskõlastatud (nt merepinna temperatuuri trend).
3. Multimudelite ansamblite jooksutamine on peamine lisandus, nende kaudu muutuste detekteerimine, aga mitte põhjuste leidmine.
4. Regionaalsetel kliimamudelitel on ikka veel väga suured kõrvalekalded ning mõningate faktorite (aerosool, maakasutus) mõju pole ikkagi nende mudelitega kirjeldatav.
5. Aegridade homogeensus on probleem ja seda ei võeta vahest piisava tõsidusega.
6. Mõjud ökosüsteemidele või sotsiaalmajandusele võivad kombineeruda, aga tuleb rohkem pingutada, et seda koosmõju mõista
7. Ei tohi ära unustada teisi mõjusid kui kliimamuutus.

Muutused viimase 200 aasta jooksul

- Oluline rõhutada, et meie piirkonnas on väga suur aastatevaheline ja aastakümnetevaheline muutlikkus enamuses muutujates
- See muutlikkus on palju suurem kui pikaajalised trendid, trendid sõltuvad tugevasti valitud ajavahemikust

Missugused olulised muutused on tuvastatud?

Muutuja	Pikk trend	Viimased kümnendid	Muutuja	Pikk trend	Viimased kümnendid
Õhu temperatuur	+	+	Ekstreemsademed	puudub	+
Vee temperatuur	+	+	Pilvisus	puudub	peamiselt -
Sademed	puudub	peamiselt +	Temperatuuri ööpäevane amplituud	-	-
Tuul	puudub	peamiselt +	Vegetatsiooniperioodi pikkus	+	+
Meretase	+	+	Äravool	puudub	+
Jää ulatus	-	-	Kiirgus	puudub	+/-
Lumikate	-	-			

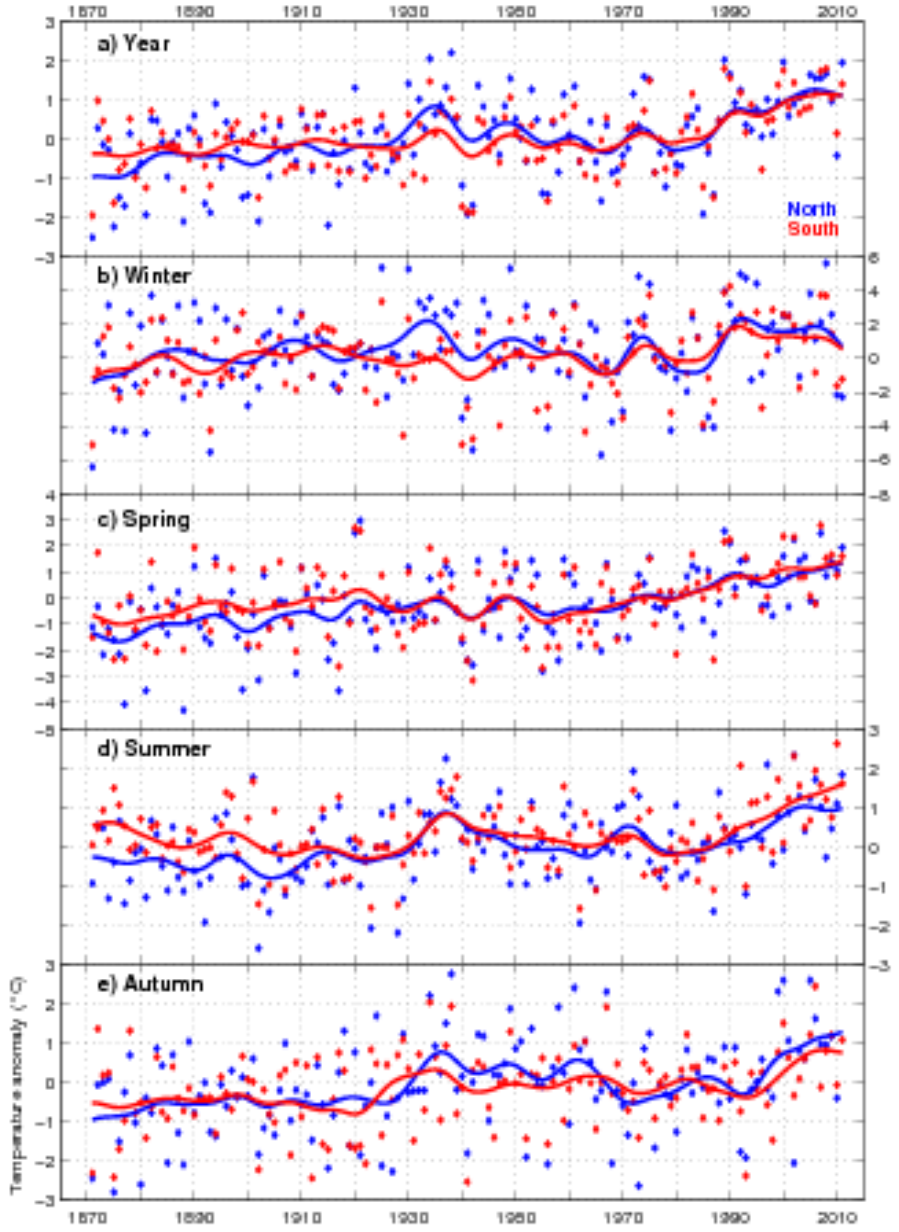
Õhutemperatuur

Läänemere piirkonnas on õhutemperatuur kasvanud enam kui globaalne keskmine sama ajavahemiku jaoks

- Suurim kasv on kevadel
- Suurim kasv on 60° pl põhja pool

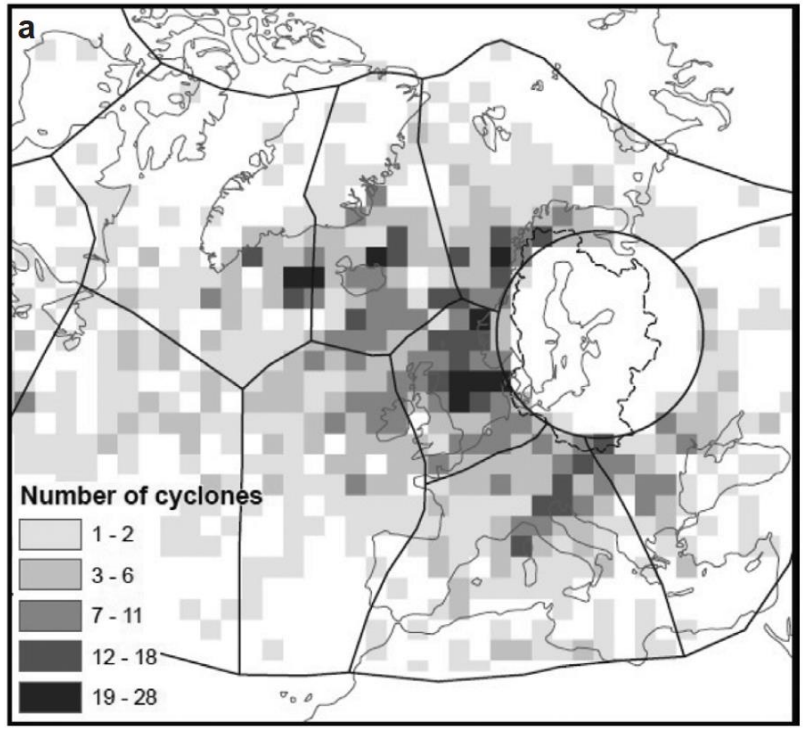
Tabel. Aluspinnalähedase temperatuuri tõus (kraadi kümnendis) lineaarse trendi järgi 0.05 usaldusväärsuse tasemel

ala	aasta	talv	kevad	suvi	sügis
põhjapool	0.11	0.10	0.15	0.08	0.10
lõunapool	0.08	0.10	0.10	0.04	0.07

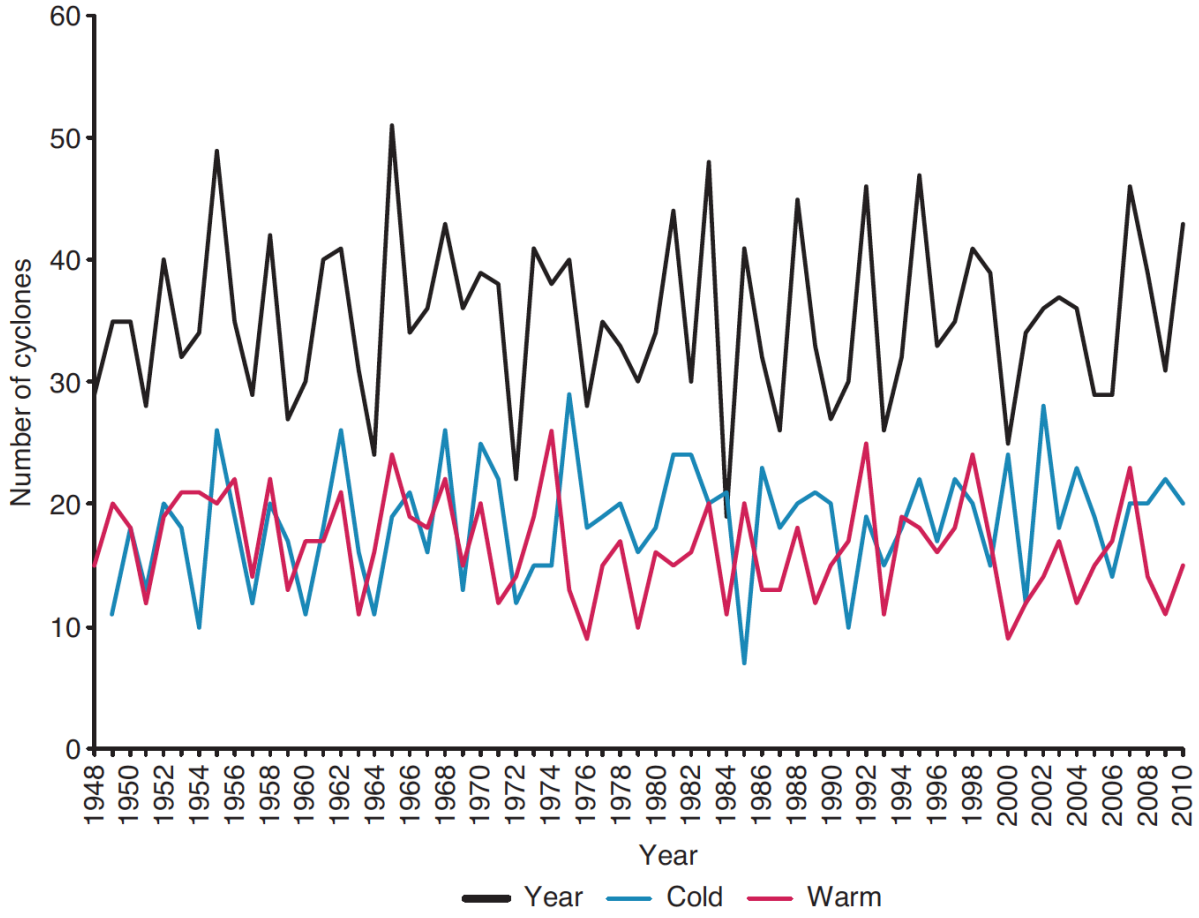


Aastased ja sesoonsed maapinnalähedase õhutemperatuuri anomaaliad Läänemere piirkonnas 1871-2011. Sinisega ala keskmine 60°pl põhja pool ja punasega samast laiusest lõuna pool.

Tsüklonite arvus pole olulist muutust



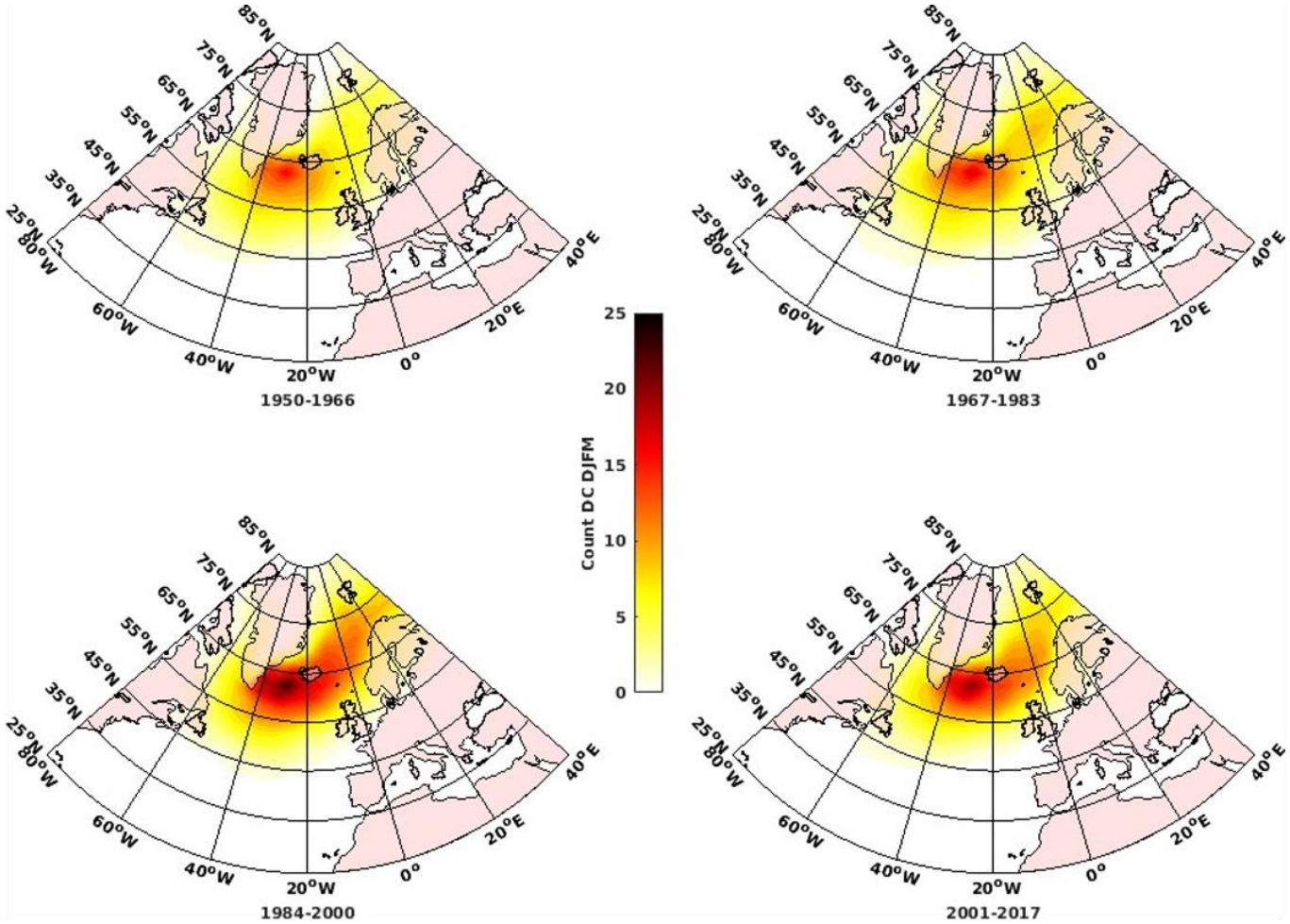
Ringi jõudvate tsüklonite arvud 200 km x 200 km alade jaoks



Tsüklonite arvude aegrida kogu aasta (must), talv (sinine), suvi (punane)

Sepp jt 2018

Mida ütlevad meile uuringud mineviku kohta?



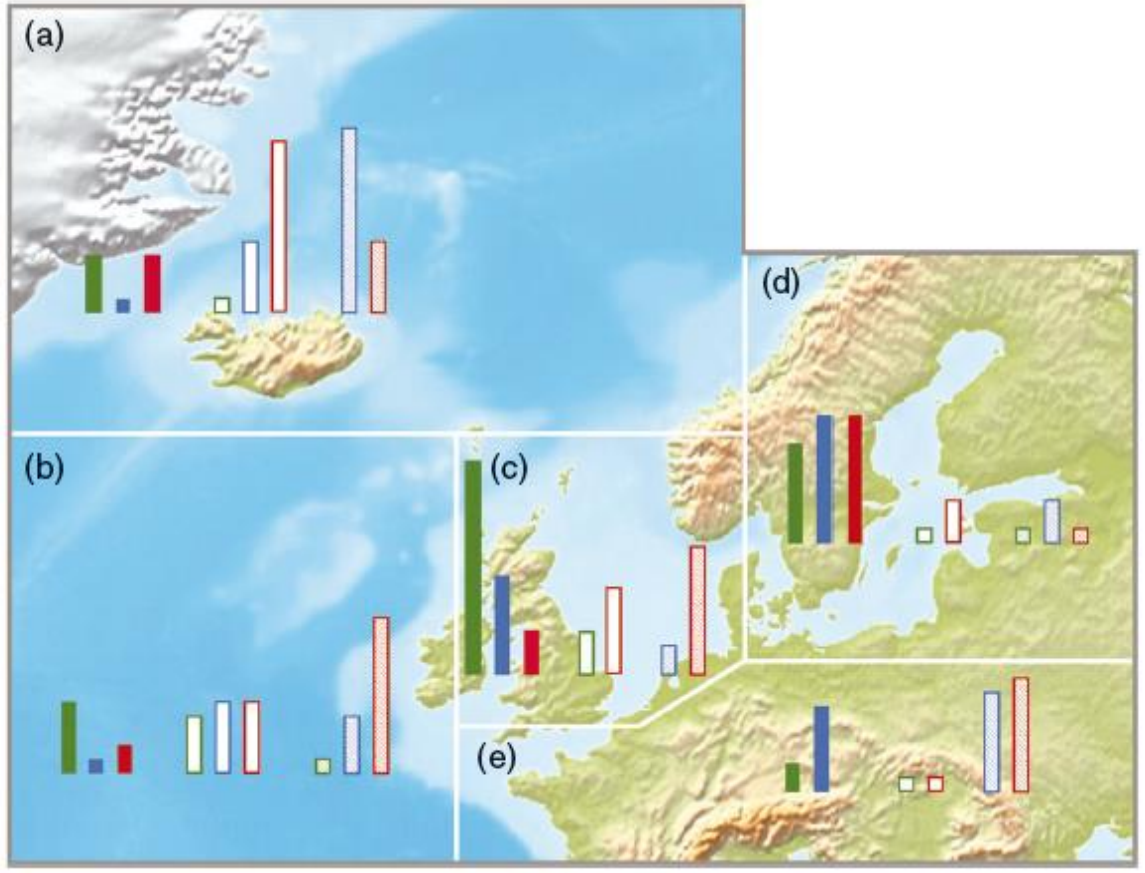
- Atlandi tormide rada nihkus 1990-date lõpus kirdesse
- 21-sajandi alguses on see taandunud

Talviste madalrõhkkondade arvud 17-aastaste perioodide kohta (NCEP/NCAR)

Lehmann Post, 2021

Mida ütlevad meile uuringud mineviku kohta?

Tormisuse kasv?



a) Põhja Atland - NA,
b) Lõuna Atland - SA,
c) Põhjameri,
d) Läänemeri,
e) Kesk Euroopa.
Tulba kõrgus näitab vastava trendi saanud uuringute arvu.
Trendide suunda näitavad värvid:
punane – kasvav trend,
sinine – kahanev trend,
roheline – trendi pole.
Uuringute arvud:
Täidetud tulbad- mõõtmistest,
tühjad tulbad - järelanalüüsid,
varjutatud tulbad - tulevikuprognoosid.

Feser jt (2015) on kogunud Läänemere piirkonna jaoks 25 uuringut tuule ja rõhu mõõtmistest

Mida ütlevad meile uuringud mineviku kohta?

- Trendiarvutustes pole mõistlik kasutada tuule mõõtmisi, sest neis on mõõtmismeetodi ning jaama ümbruse muutustest tingitud ebahomogeensused. Parem oleks arvutada tuulte kiirused õhurõhu andmetest, mis annab väga usaldusväärse mõõdiku tasaste alade jaoks.

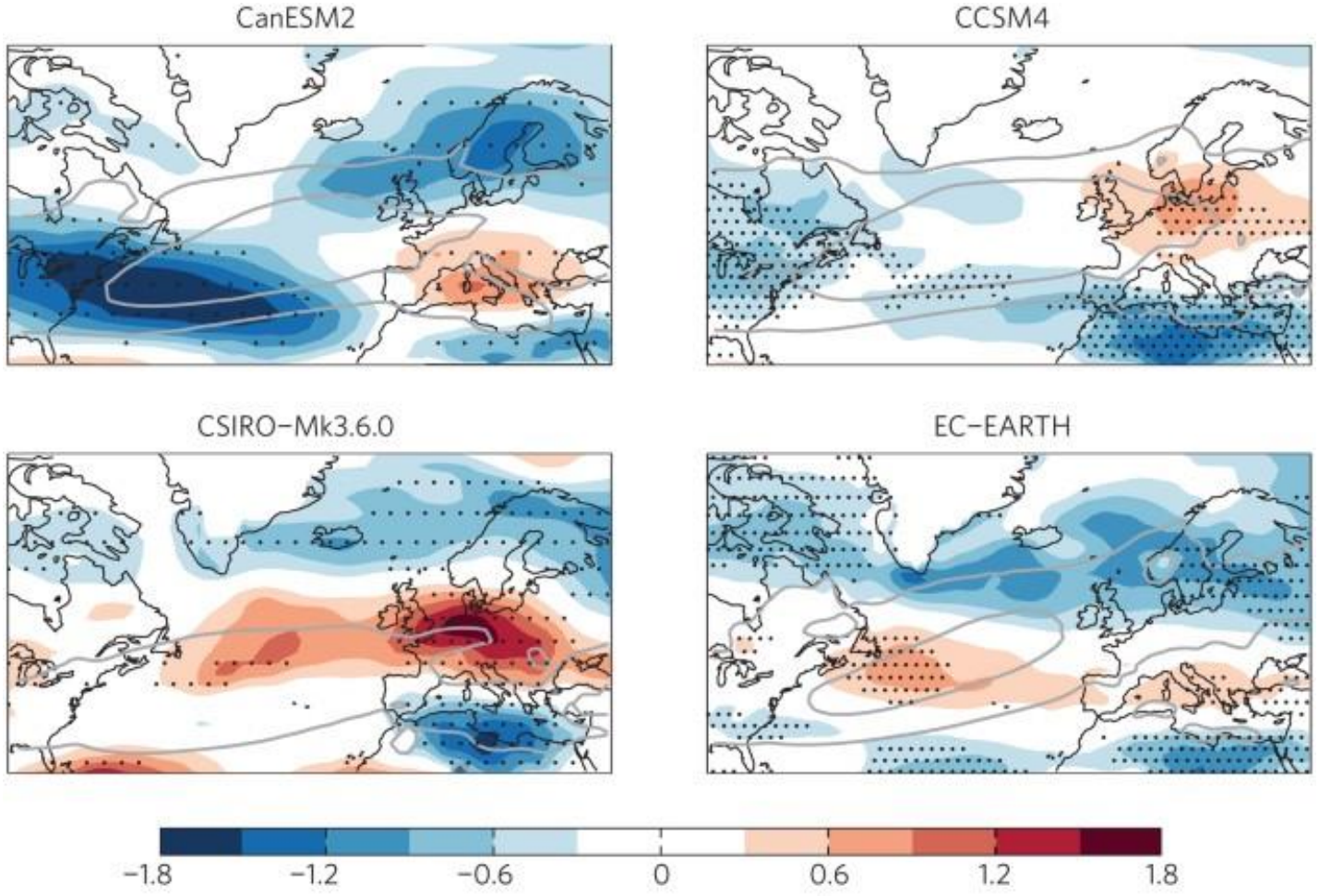
- **Läänemere piirkonna tormisuse kasvu ning kahanemist näitab umbes sama arv uuringuid**

=> pole selget tulemust

- Ei viimaste aastakümnete ja sajandite kohta (rõhumõõtmisest tulenevad uuringud)
- Ega ka viimase 1000 aasta kohta (mudeluuringud) pigem tormide arvu kahanemist.

Feser jt 2015

Mida ütlevad meile uuringud tuleviku kohta?



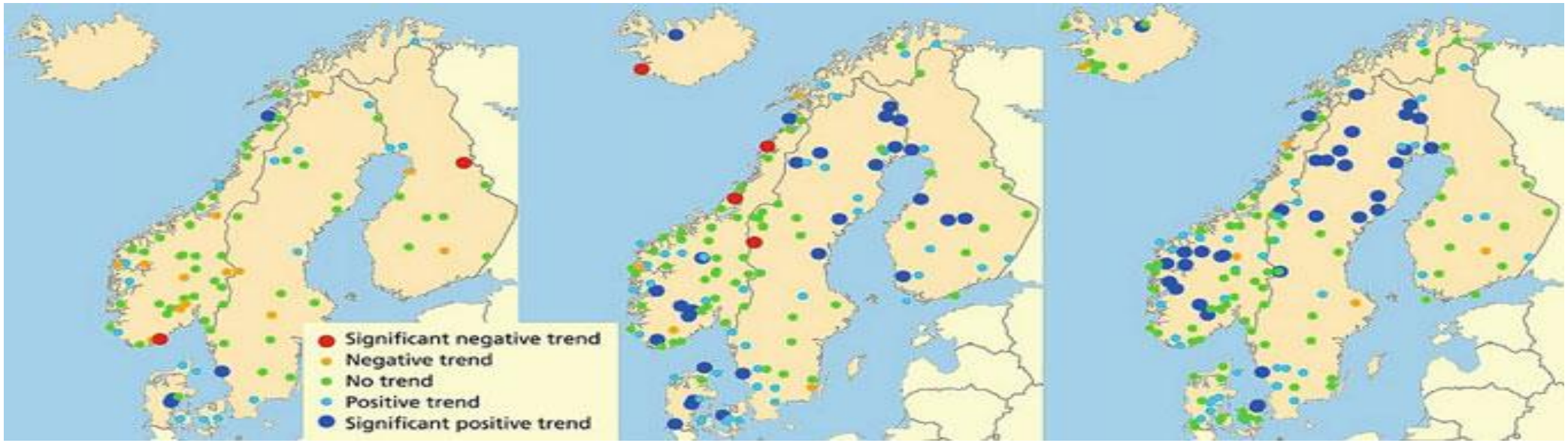
Siin puudub samuti selge tulemus:

globaalse tsirkulatsiooni muutusega võib tormisus Eestis nii kasvada kui kahaneda!

Tuule kiiruse muutus 21. sajandil alumises troposfääris [m/s]

Shepherd 2014

Äravool. Üldist trendi pole, temperatuuritõus selgitab muutusi paremini kui sademed



Trendid äravoolus Põhjamaades 1920-2002 (vasakul), 1941-2002 (keskel) ja 1961-2000 (paremal). Hisdal et al 2010

Lumikate väheneb nii paksuselt kui kestuselt

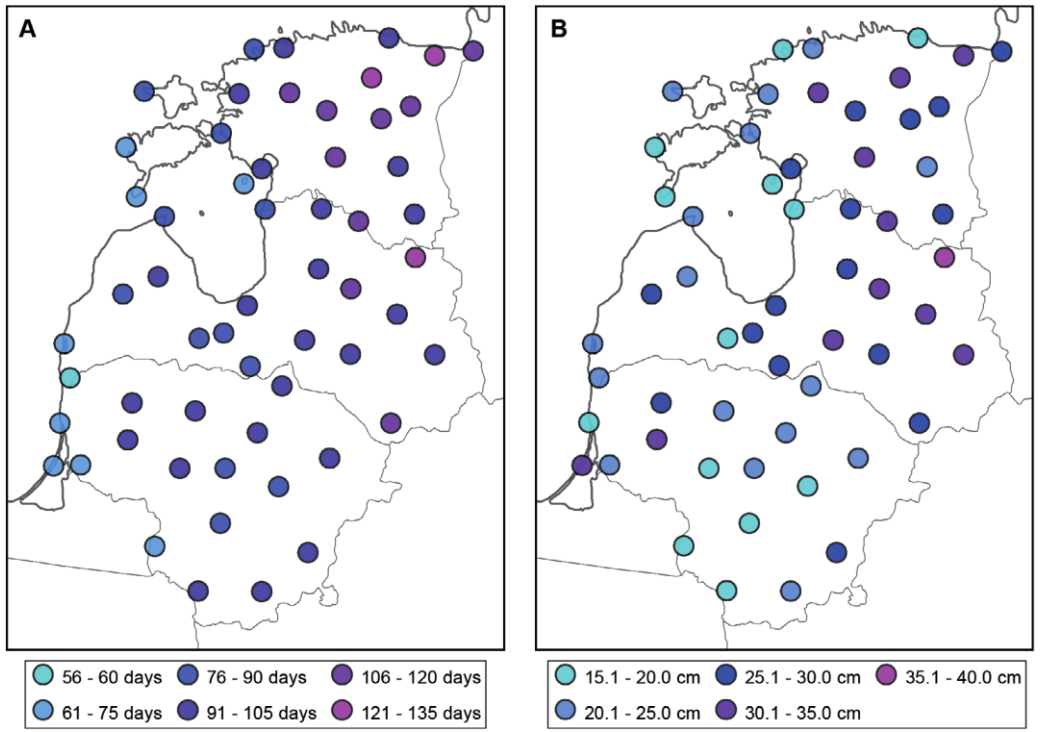


Fig. 2. (**A**) Climatological-mean (1981–2010) snow cover duration (days), and (**B**) maximum snow depth (cm) in the Baltic States.

Klimatoloogiline keskmine A) päevade arv ning B) maksimaalne lume paksus

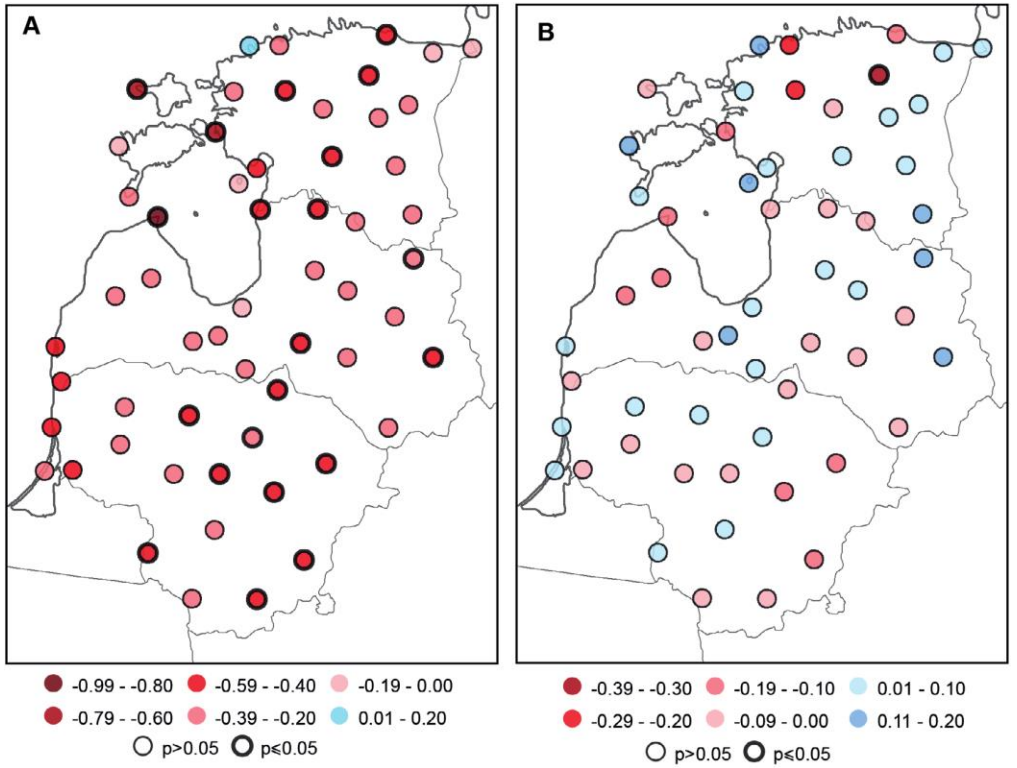


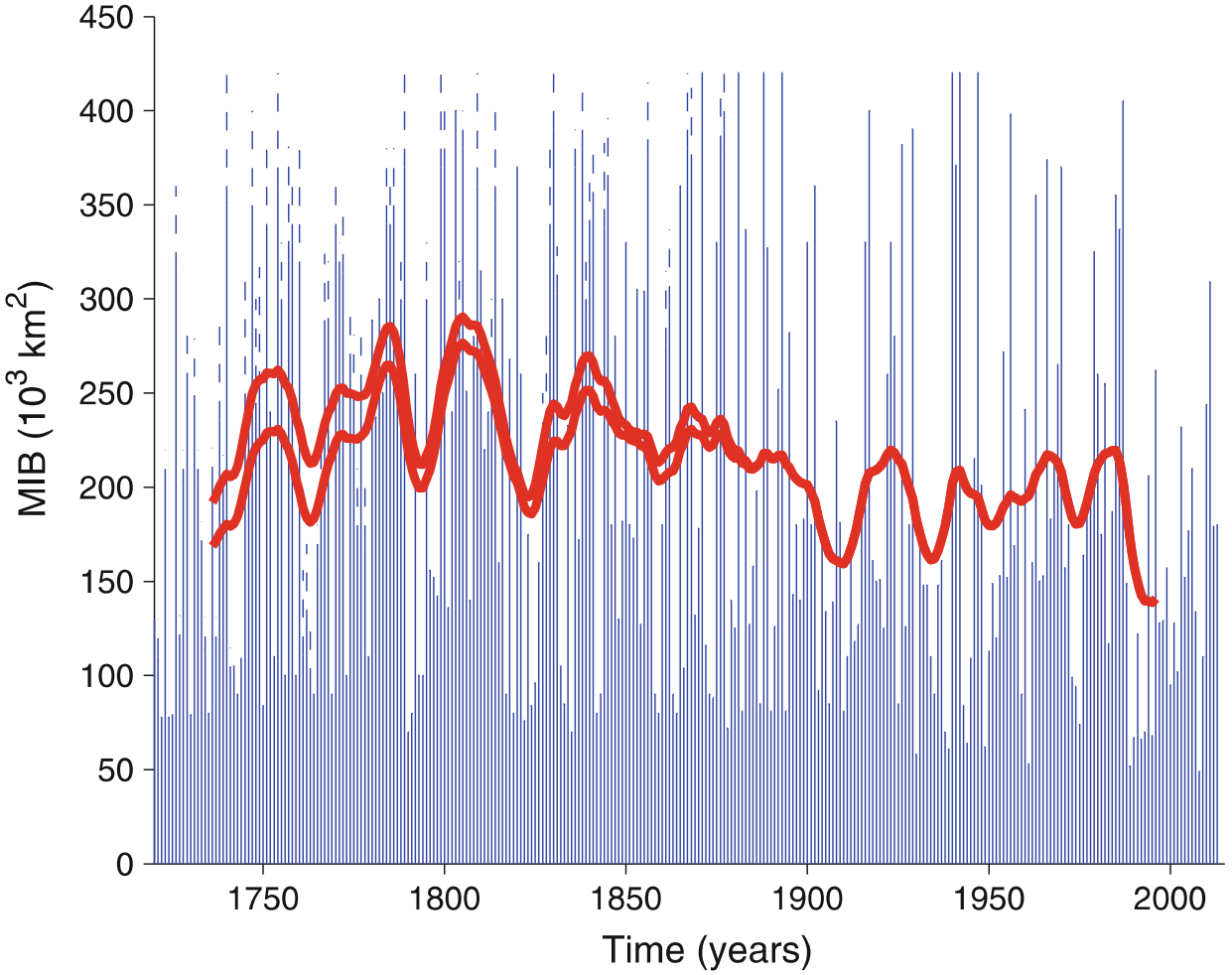
Fig. 7. Changes in (**A**) snow cover duration (days/year), and (**B**) maximum snow depth (cm/year) (Sen's slope method) at meteorological stations in the Baltic States in 1961–2015. Stations with statistically significant changes ($p \leq 0.05$) are marked with thick outlines.

Muutused lumikatte A) päevade arvus ning B) maksimaalses lume paksuses

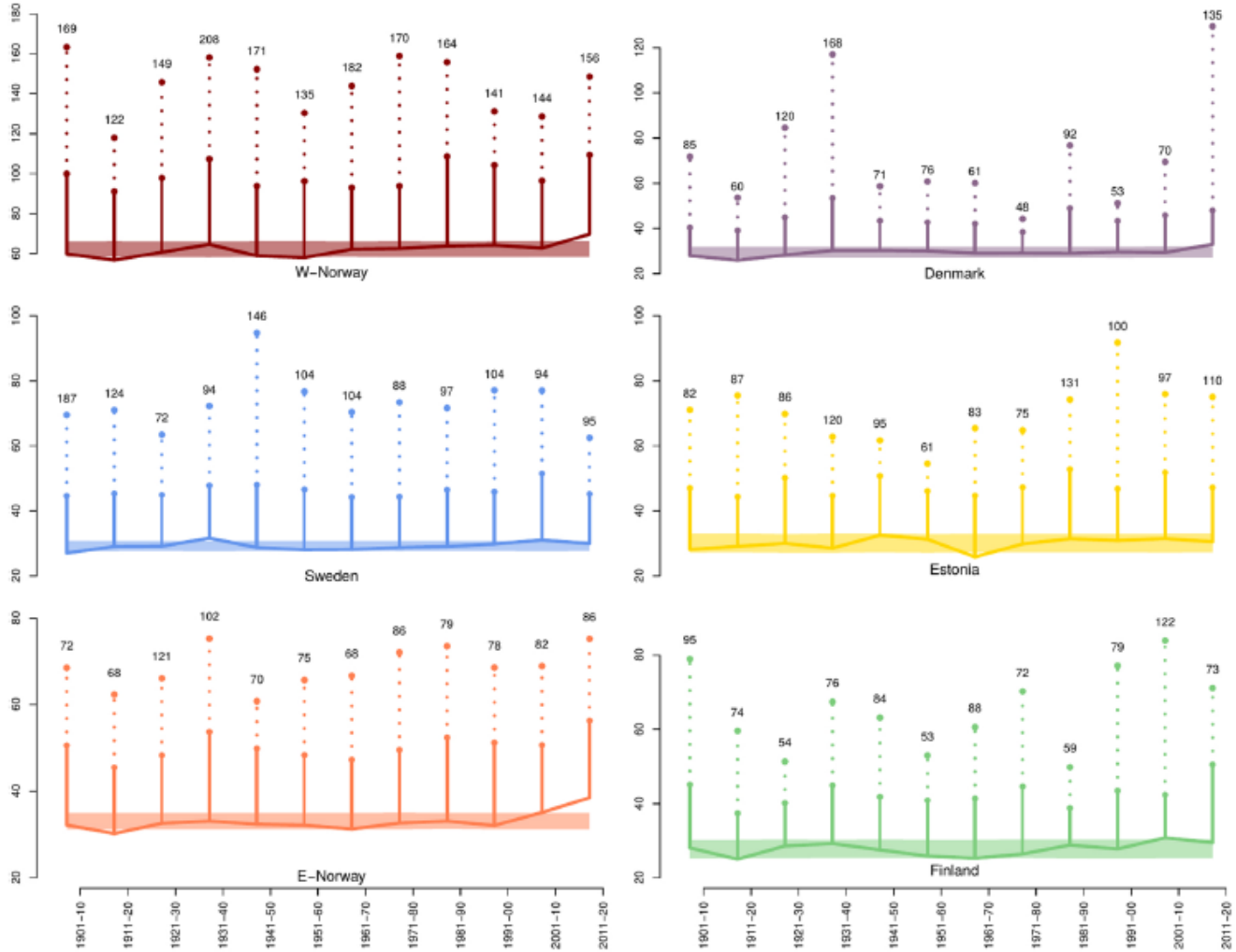
Rimkus et al 2018

Läänemere maksimaalne jääga kaetus 1720-2012

Katkendliku joonega on näidatud määramatus varajastes hinnangutes. 30-aastane libisev keskmine on samuti näidatud kahe joonega, mis alguses esitab hinnangute määramatust ning sulab üheks, kui täppismõõtmised said kättesaadavaks.



Sademete aastaste päevamaksimumide suur ajaline muutlikkus



Mediaan (alumine joon), 90 protsentiil ja 99 protsentiil kümnendi aastastest maksimumidest 1901-2020. Arvud näitavad absoluutseid maksimume kümnendis

Dyrrdal et al 2021

Tuleviku kliimamuutus

- Tuleb vahet teha eri muutujate prognooside usaldusväärsuses

- Tulevikuennustuse täpsus sõltub väga mudelist. Mudeleid kontrolliti tänapäeva kliima peal, kuid vee- ja energiabilansi tabamine polnud väga täpne.

- Mudelitevahelised erinevused tänapäeva kliima jaoks olid suuremad kui prognoositud muutused (näiteks sademed).

- Globaalne soojenemine 1990- 2100 oleks 1.4 – 5.8 °C, Läänemere piirkonnas 0.9 °C kõrgem sellest (20 mudeli keskmine). Põhja pool soojenemine just talvel. Aga määramatus on suurem kui globaalsel juhul (min 1 °C suvel ja max 10 °C talvel).

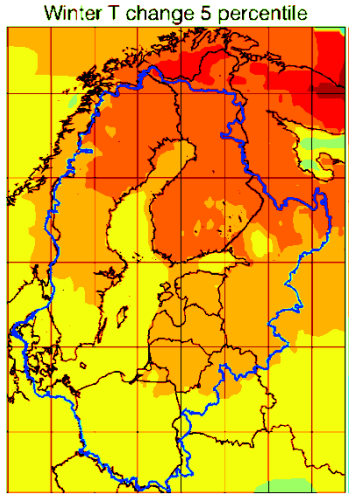
- Sademed kasvavad, va päris lõunas suvel, aga määramatus on suurem kui temperatuuri korral.

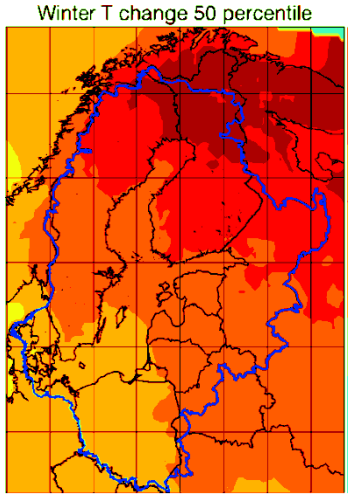
Tulevik

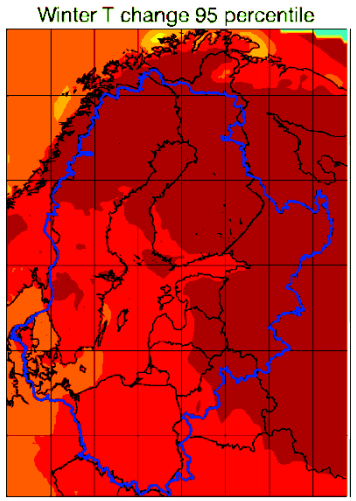
- Temperatuur tõuseb 4 - 6°C, põhjas ja talvel enam. Ööpäevase käigu amplituud kahaneb, eriti talvel ja sügisel. Seetõttu pikeneb vegetatsiooniperiood 20-50 päeva põhjas ja 30-90 päeva lõunas.
- Sademed: talved märjemad ja suved kuivemad. Põhi-lõuna erinevus endiselt, aga negatiivne muutus ulatub siin enam põhjapoole kui GCM-de korral.
- Tuul – 8% kasvu maismaa kohal aasta lõikes, sesooniti isegi 12%(talvel). Kui jää hulk väheneb, siis 18% kasvu. Aga üldiselt on muutused ebaselged.
- Äravool kasvab põhjapool ja väheneb lõunas. Sama tendents sesooniti.
- Merepinna temperatuur tõuseb 2-4 °C , jää hulk väheneb 50-80%. Aga baseerub vaid 4 mudelil.

Mudelite ennustatud temperatuurimuutus sajandi lõpuks (kraadides) võrrelduna 1961-1990

talv

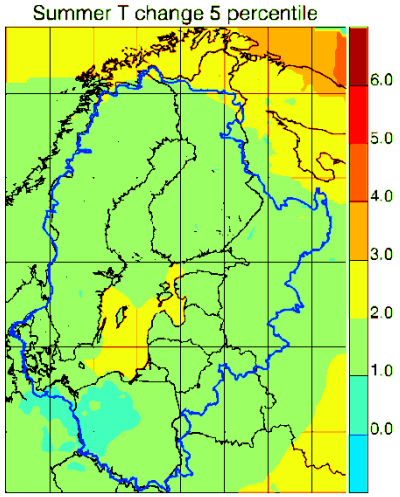


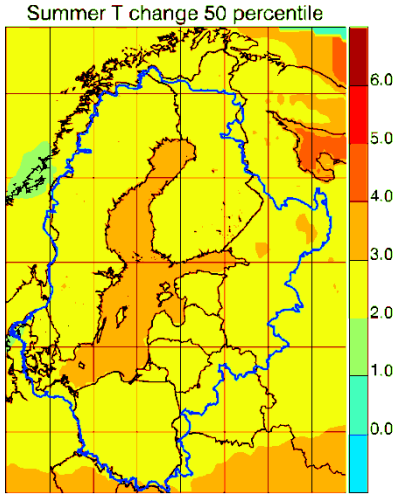


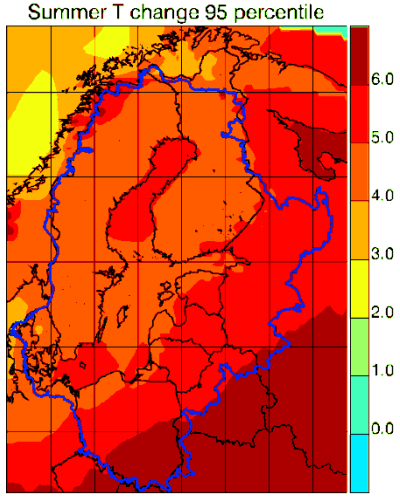


SRES A1B stsenaarium 13 mudelist alumine keskmine ja ülemine protsentiil

suvi



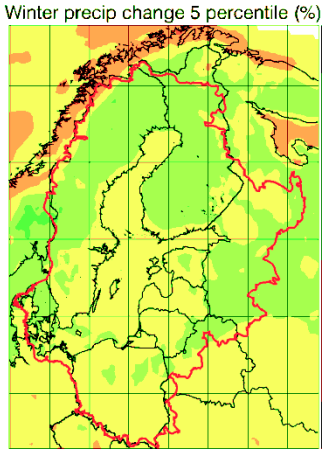


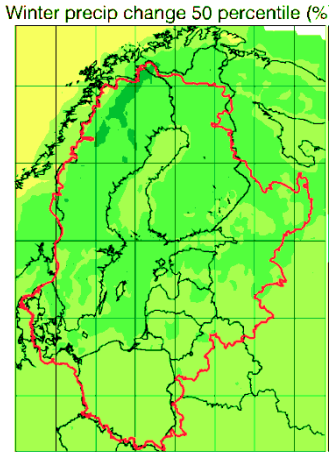


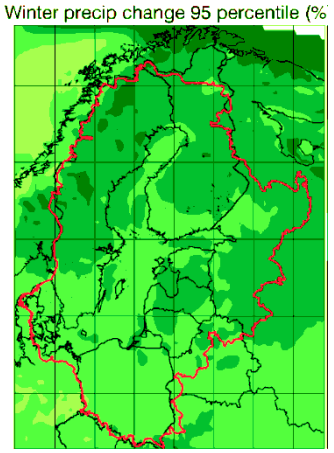
BACC 2014

Mudelite ennustatud sademete muutus sajandi lõpuks (%-des) võrrelduna 1961-1990

talv

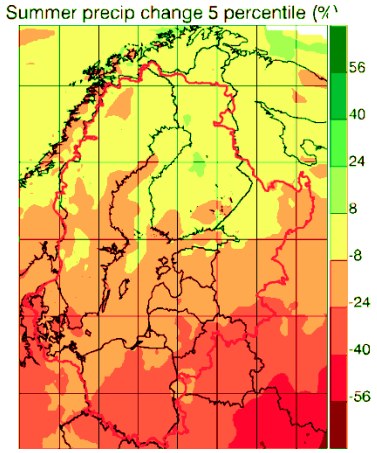


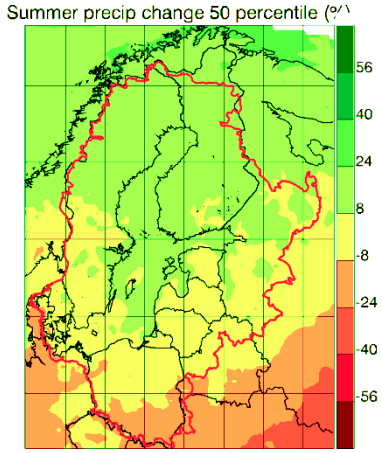


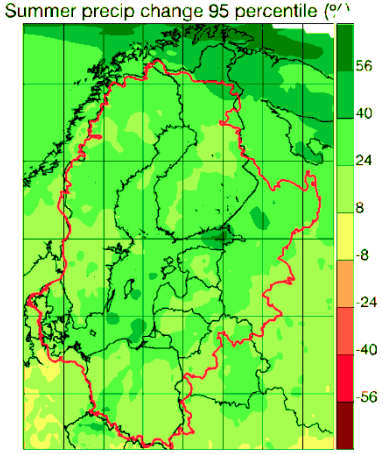


SRES A1B stsenaarium 13 mudelist alumine keskmine ja ülemine protsentiil mudelitest

suvi







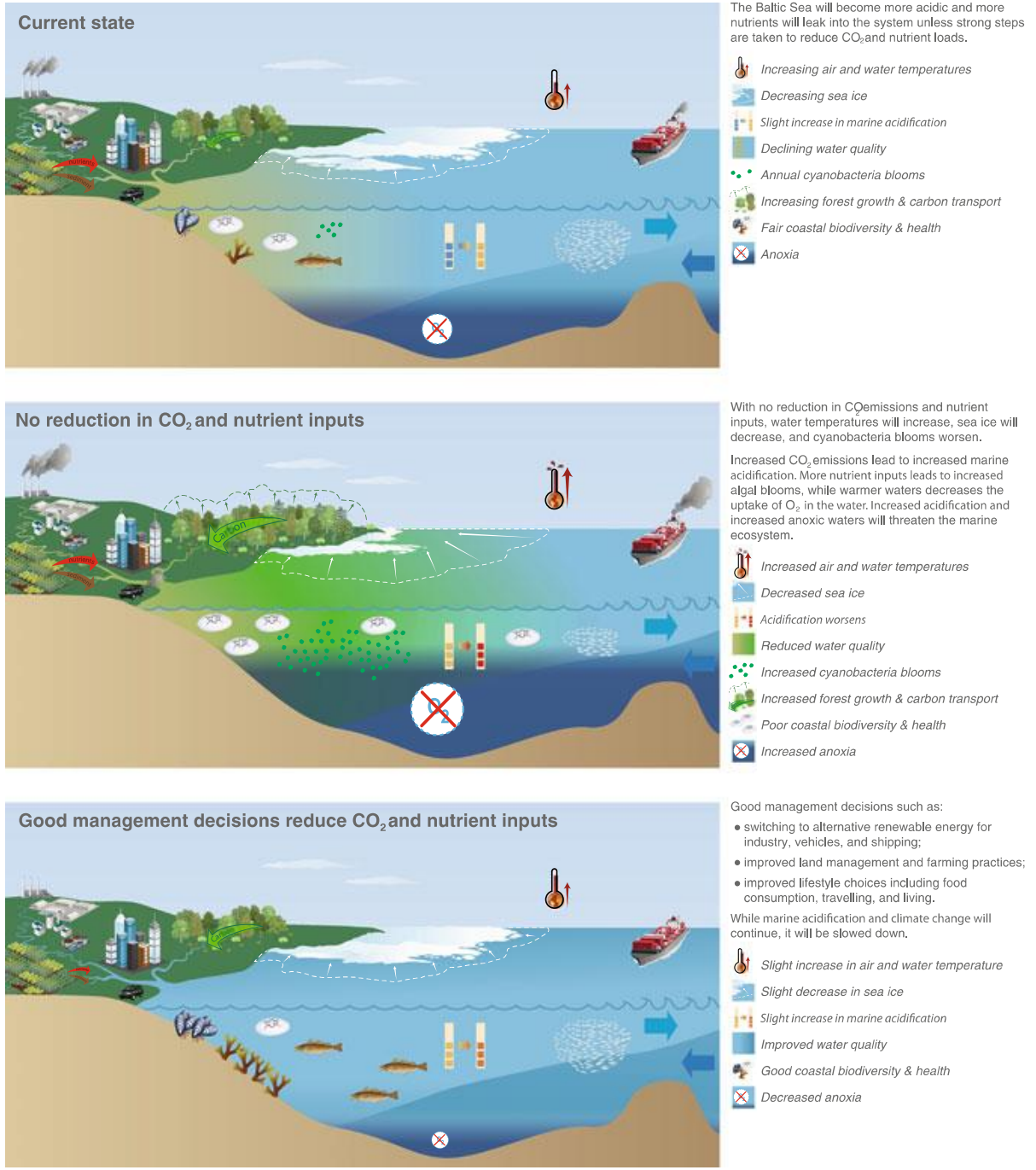
BACC 2014

Tulevikumuutused ökosüsteemides

- Maa ökosüsteemides on muutunud varasemaks kevadised fenoloogilised faasid, liigid on nihkunud põhjapoole ja taimestiku kasv ja elujõud on kasvanud.

- Mere ökosüsteemis on raske teha järeldusi, sest on teisi mitte-klimaatilisi stresse – eutrofeerumine, kalapüük, saasteained – mis on seotud inimtegevusega.

Mere tänapäevane (üleval) ja tulevikuseisund kui ei vähendata CO2 ja toitainete voogusid (keskel) ja kui seda tehakse (all)



BACC 2014

Kokkuvõtteks

- Lihtne on põhjendada muutusi, mis tulenevad globaalse temperatuuri tõusust
- Temperatuuritõus on juba olnud suurem kui globaalselt keskmine

=>Sellega seostuvad muutujad on samuti oluliselt muutunud - lumikate, jää pindala

=>Sellega on seostatavad ka mitmed muutused ökosüsteemides

- Suured määramatused on seotud globaalse tsirkulatsiooni oleviku ja tulevikumuutustega, st ühtlasi tormide, sademete, äravoolu jne
- Samuti on keerukas tuua põhjusi mere ökosüsteemide muutuste kohta, sest tegureid on enam kui lihtsalt kliimamuutus