

Eesti kliima ja keskkonnaseisundi võimalike muutuste hindamine aastani 2100

Urmas Raudsepp

TTÜ Meresüsteemide Instituut



KESTA



Eesti kliima ja keskkonnaseisundi võimalike muutuste hindamine atmosfääri-, mere- ja jõgede äravoolu dünaamiliste mudelite tulemuste põhjal

EstKliima

- TTÜ Meresüsteemide Instituut (Urmas Raudsepp, projekti koordinaator)
- TTÜ Keskkonnatehnika instituut (Alvina Reihan)
- TÜ Füüsika instituut (Rein Rõõm)
- TÜ Geograafia instituut (Jaak Jaagus)
- TÜ Eesti Mereinstituut (Jonne Kotta)
- TLÜ Ökoloogia instituut (Hannes Tõnisson)
- EMÜ Metsandus- ja maaehitusinstituut (Toomas Tamm)

EstKliima eesmärk

- Programm
 - „Majanduskeskkonna arendamise rakenduskava“ prioriteetse suuna „Eesti teadus- ja arendustegevuse konkurentsivõime tugevdamine teadusprogrammide ja kõrgkoolide ning teadusasutuste kaasajastamise kaudu“ meetme „Keskkonnatehnoloogia teadus- ja arendustegevuse toetamine“ programm „Keskkonnakaitse ja -tehnoloogia teadus- ja arendustegevus (KESTA)“
- Eesmärk
 - Projekti eesmärgiks on **teaduslikult põhjendatud teadmiste saamine ja adekvaatsete hinnangute andmine võimalike kliimamuutuste ja nende tagajärgede kohta Eesti rannikumerele, rannikule ja jõgedele kasutades kompleksset lähenemist – atmosfääri, maismaa, mereala ja rannikupiirkonna seisundi dünaamilist modelleerimist**. Teadmised ja hinnangud põhinevad regionaalsete kliima mudelite (RCM) tulemusel Eesti lähiala jaoks koostatud kliima muutuse stsenaariumidel, mis on sidusad pikaajaliste andmeanalüüsi trendidega. Analüüsil kasutatakse atmosfääri, mere, valglate ja rannaprotsesside mudelite tulemusi.

Projekti kestus: 01.01.2012 – 31.12.2014

EstKliima tegevused

- Projekti raames **modelleeritakse komplekselt** Läänemere piirkonna **atmosfääri**, Eesti **jõgede valgate**, **Läänemere ning Eesti ranniku** muutusi perioodil **1961-2100**.
- Kliimamuutuste hinnangud koostatakse ühtse süsteemi – atmosfäär, jõed, meri, rannik – olemasolevate **andmeridade ja modelleeritud väljade koosanalüüsi tulemusena**.
- Selline analüüs võimaldab leida **põhjus–tagajärg seoseid** süsteemi erinevate komponentide vahel ja selgepiirilisemalt eristada kliimamuutuse efekti looduslikust muutlikkusest.

EstKliima tööpaketid

- *TP1 Eesti oludele potentsiaalselt kohanduvate kliimastsenaariumite valik (juht prof. **Jaak Jaagus**).*
- *TP2 Atmosfääri kliimamuutused (juht prof. **Rein Rõõm**).*
- *TP3 Kliimamuutuste avaldumine pinnavee režiimis (jõesed ja valglad). (juht Dr. **Toomas Tamm**)*
- *TP4 Kliimamuutused merekeskkonnas. (juht Dr. **Jonne Kotta**)*
- *TP5 Muutused Eesti rannikutel. (juht Dr. **Are Kont**)*
- *TP6 Globaalsete kliimamuutuste avaldumine atmosfääri, pinnavete, mere ja ranniku ühises süsteemis. (juht Dr. **Jaan Laanemets**)*

EstKliima tulemused

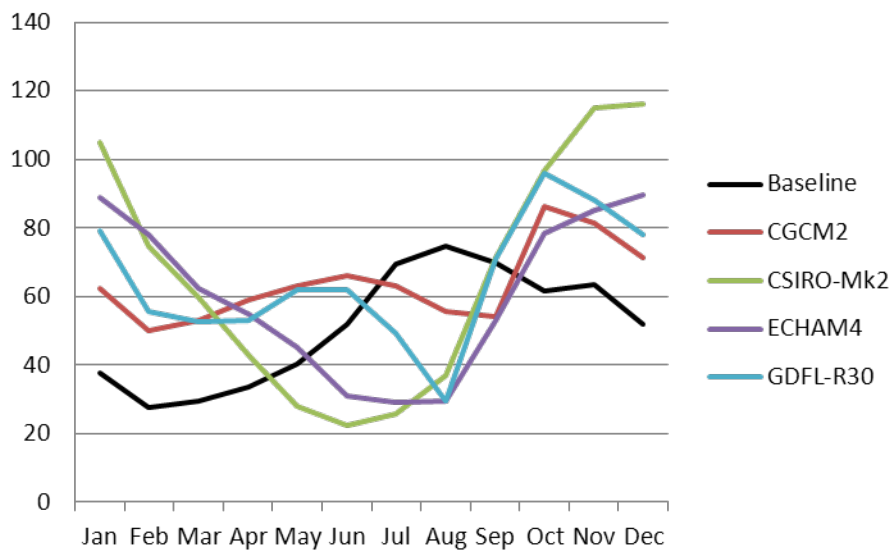
- Projekti tulemusena **tõuseb Eesti võimekus kliima- ja keskkonnamuutusi käsitlevates valdkondades.**
- Projekti tulemused **võimaldavad anda teaduspõhist ja adekvaatset informatsiooni kliima- ja keskkonnamuutustega seotud riiklikul tasemel poliitiliste otsuste vastuvõtmiseks, tulevikku suunatud praktiliste keskkonnakaitse alaste tegevuste planeerimiseks ja elluviimiseks ning merealade ruumilise planeerimise otsuste tegemiseks.**
- Projekt **aitab kaasa EL-i veepoliitika raamdirektiivi, EL-i loodusdirektiivi, EL-i merestrateegia raamdirektiivi, HELCOM Läänemere tegevuskava eestipoolsete kohustuste täitmisele ja EL-i bioloogilise mitmekesisuse poliitika elluviimisele ning kliimamuutustele adapteerumise strateegia väljatöötamisele Eestis.**

Eesti oludele potentsiaalselt kohanduvate kliimastenaariumite valik

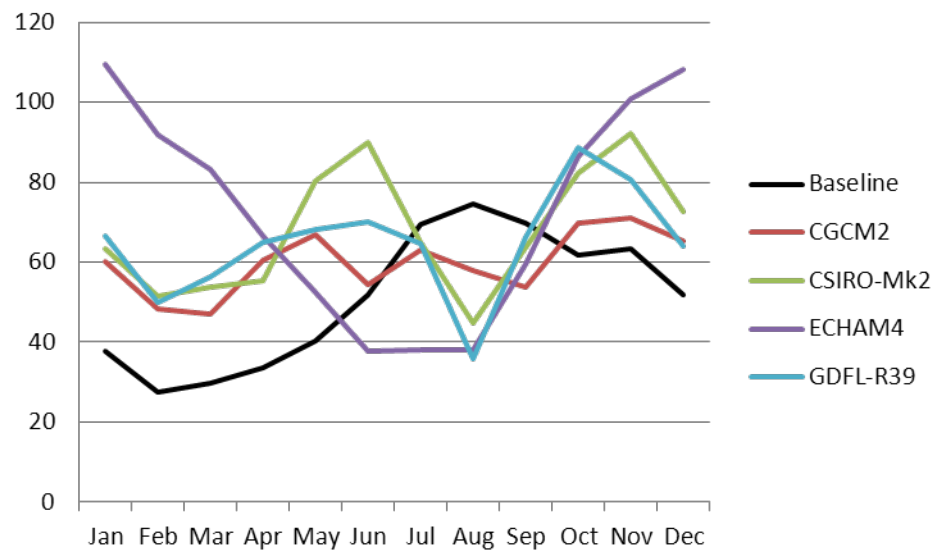
- Edasiseks kasutamiseks valiti välja mõõduka kasvu stsenaarium RCP4.5
- Globaalsetest kliimamudelitest valiti kasutamiseks Euroopa Keskuse ECMWF kliimamudeli EC-EARTH konkreetne realisatsioon MetEir
- Kliima muutusi analüüsiti perioodil 1966-2010. Aasta keskmine temperatuur tõusis sel perioodil 1.6-2.0 °C ehk ca 0.4 °C kümnendi kohta.
- Seoses globaalse kliima soojenemisega on täheldatud, et ööpäeva miinimumtemperatuur on tõusnud kiiremini kui maksimumtemperatuur, mille tagajärjel on amplituud vähenenud. Eesti puhul kehtib see seaduspärasus üksnes talvel. Muul ajal kas siis pole toimunud muutust või näiteks aprillis ja mais on amplituud hoopis selgelt suurenenud.
- Kliimaatilised aastaajad on nihkunud kevadel varasemaks ja sügisel hilisemaks.

Modelleeritud sademete muutused 21. sajandi lõpuks

Lääne-Eesti



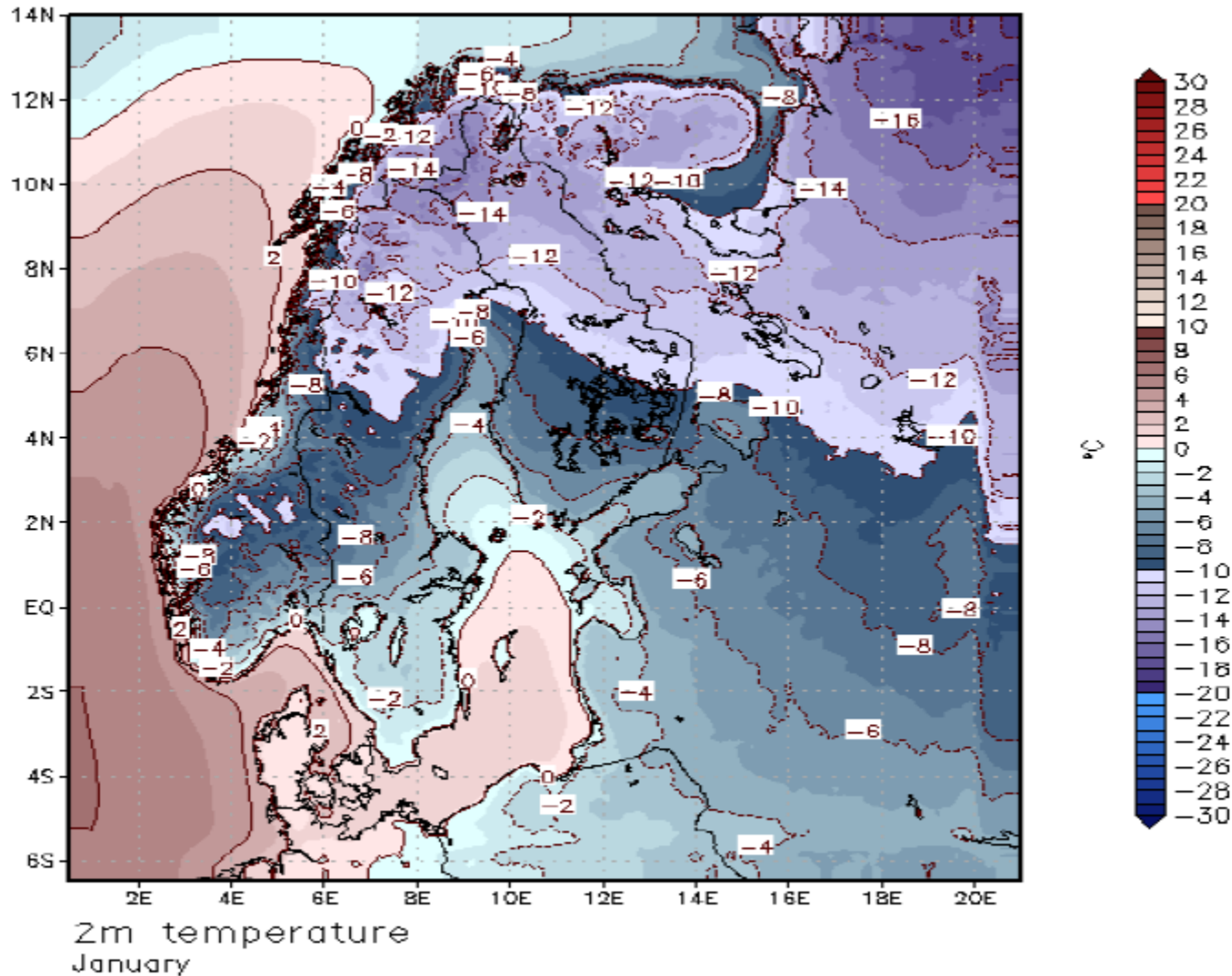
Ida-Eesti



Atmosfääri kliimamuutused

- On teostatud kliimatunnuste arvutused BaltAn65+ alas ja saadud temperatuuri (1965–2005) ja sademete (1965–1986) kuukeskmiste kaardistatud aegread
- Koostati tuulekarakteristikute andmebaas, Liivi lahe piirkonnas analüüsiti WAsP ja HIRLAM mudeliga modelleeritud tuuleväljasid ning alustati koostöös metoodika väljatöötamisega WAsP abil aluspinna tuuleväljade tulemuste parendamiseks rannikutsoonis.

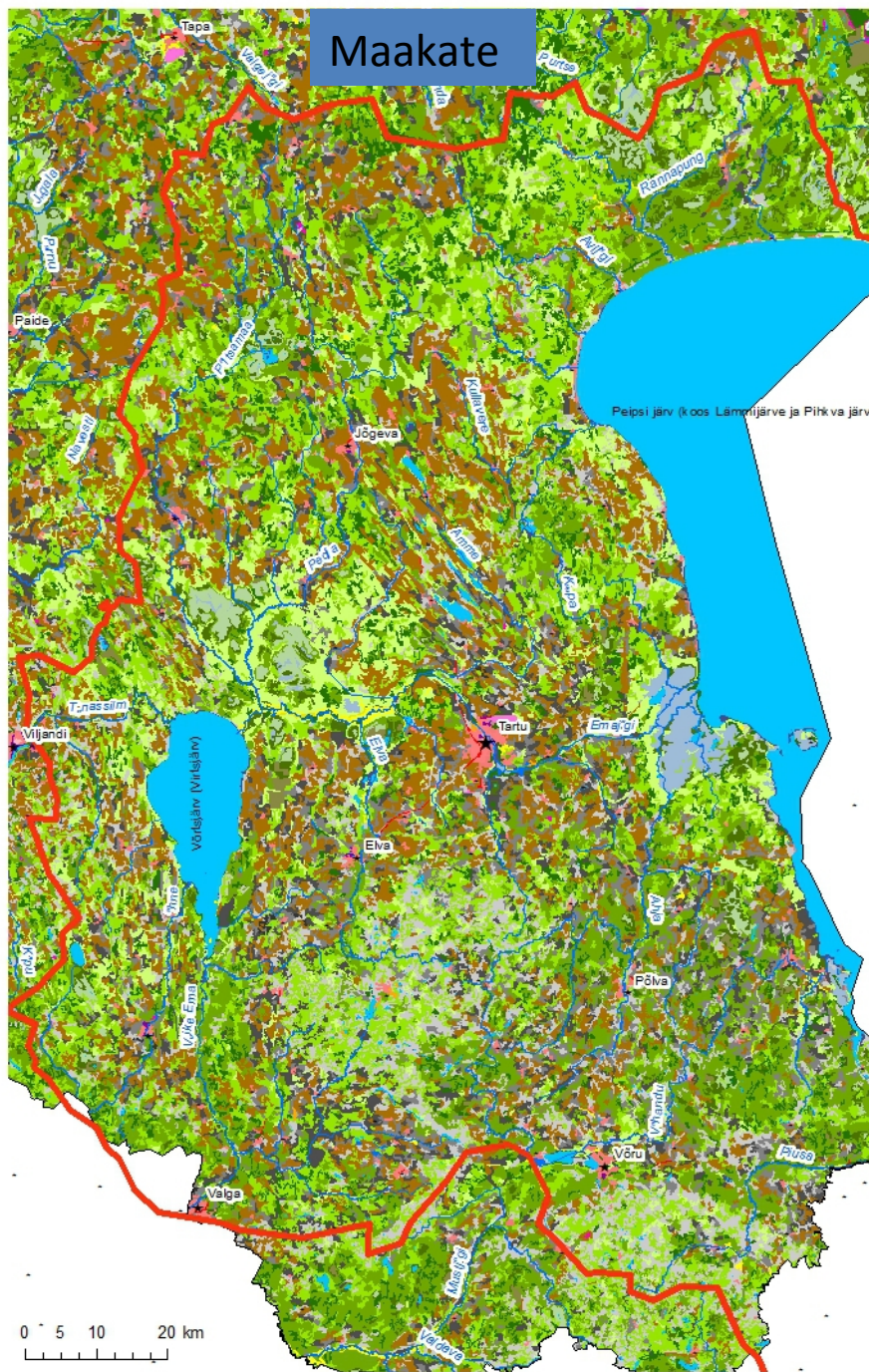
Keskmine temperatuur jaanuaris (1965-2005)



Kliimamuutuste avaldumine pinnavee režiimis (jõesed ja valgled)

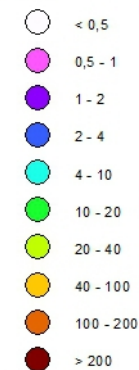
- Koostati SWAT mudeli andmekihtide sh 5-50m DEM, mullastikukaart, jõgede kaart.
- Koostati maakasutuse kaardikiht mudelite (SWAT ja PolFlow) tarbeks.
- Olemas on hüdroloogiline andmebaas vooluhulkade mõõtmistulemustest kõigis Eesti hüdromeetriaajaamades.
- Valmistati ette meteoroloogilist andmestikku SWAT mudeli jaoks. Mudel vajab järgmisi andmeid ilmastiku kohta ööpäevase sammuga:
 - maksimaalne ja minimaalne õhutemperatuur
 - sademete hulk
 - keskmine tuule kiirus
 - keskmine suhteline õhuniiskus
 - summaarne kiirgus

Maakate



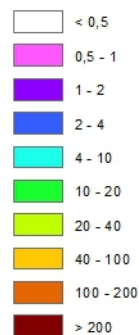
Mõõdetud

m³/s

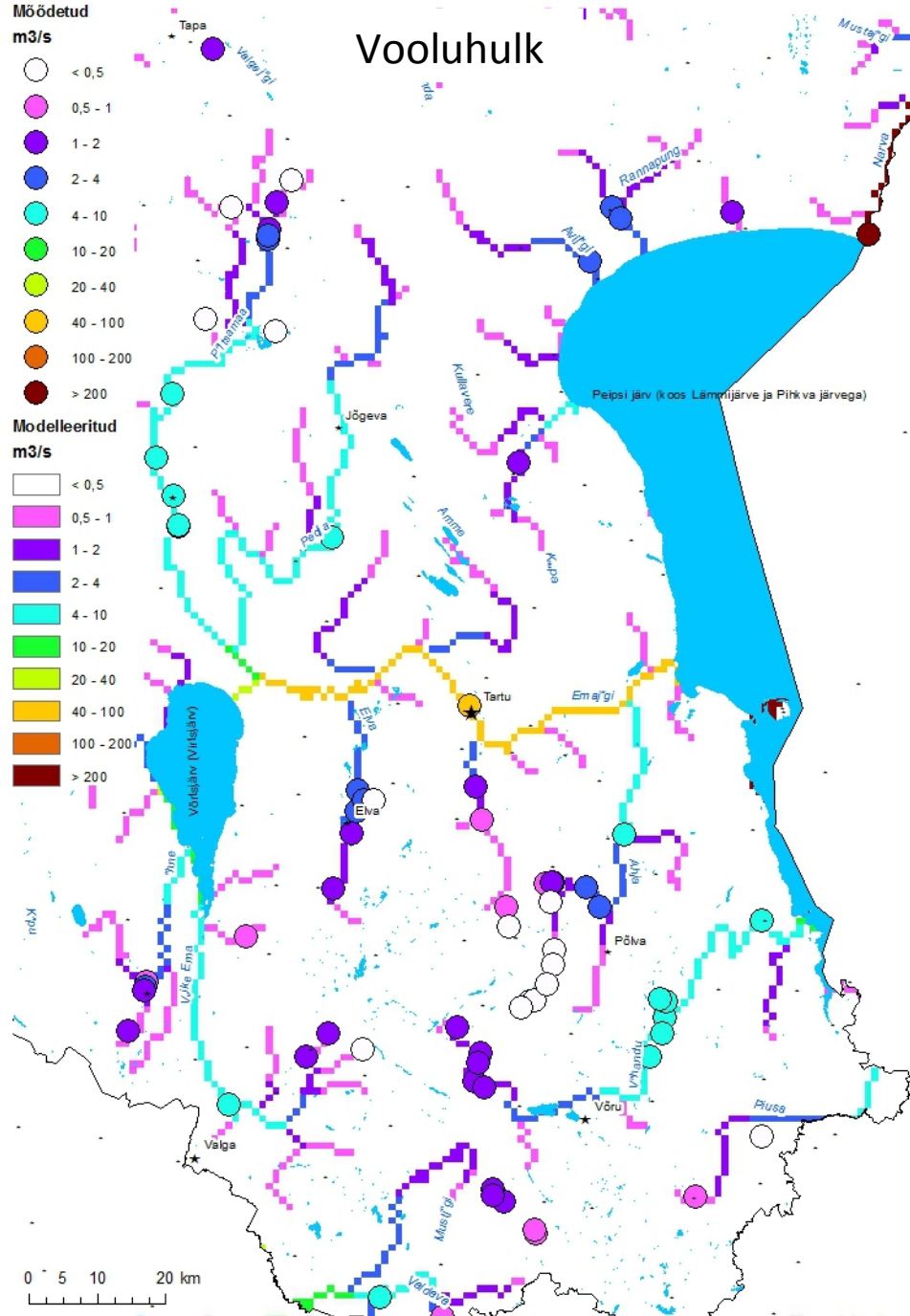


Modelleeritud

m³/s



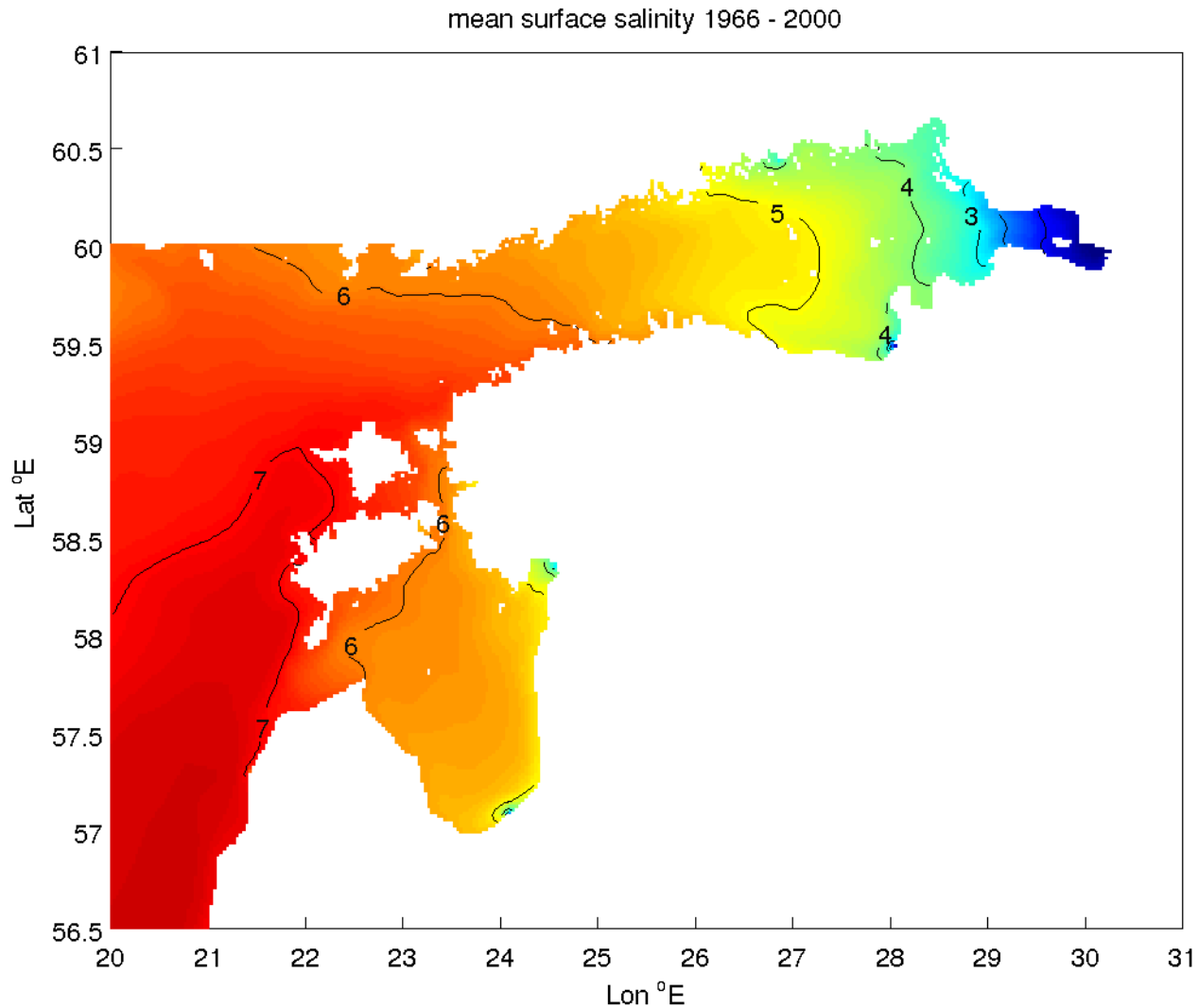
Vooluhulk



Kliimamuutused merekeskkonnas

- GIS andmebaasi koondati eritüübilised andmed mere eluta keskkonna ja elustiku kohta.
- Määratleti olulisemate ökosüsteemi elementide ruumi- ja ajamastaabid.
- Uuriti erinevate keskkonnamuutujate mastaabist tingitud mõju mereelustikule.
- Tsirkulatsioonimudeliga tehti simulatsioonid perioodi 1965-2005

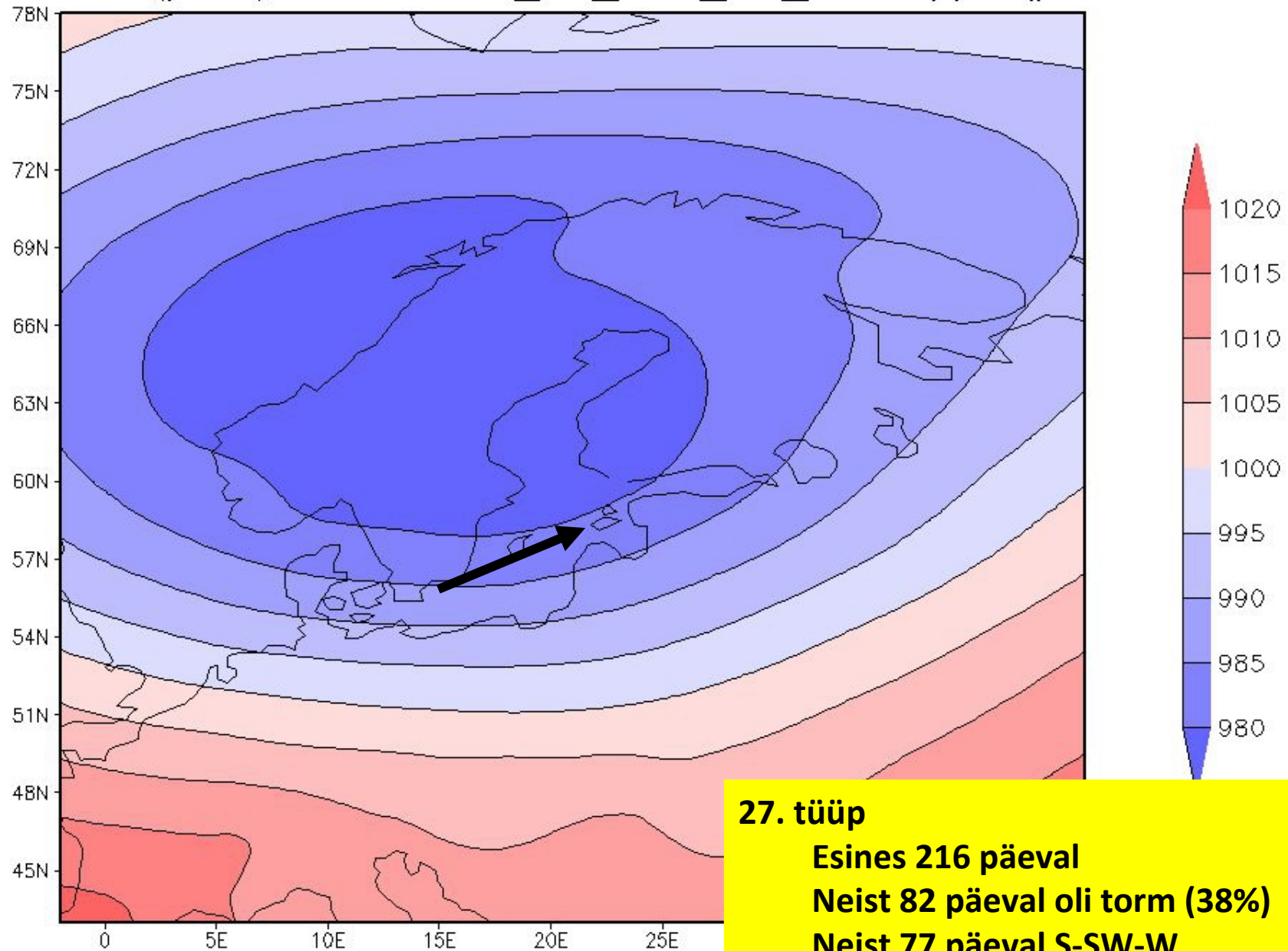
Keskmine pinnasoolsus



Muutused Eesti rannikutel

- Määrati astangute ja rannajoonte muutusi, registreeriti mere mõju ulatusi, täpsustati reljeefi ja viidi läbi eksperimentaalseid katseid protsesside täpsemaks mõistmiseks.
- On koostatud andmebaas 20. saj. esinenud tormide ja kõrgete veeseisude juhtumite kohta.
- Koostatud on atmosfääri tsirkulatsioonitüüpidega seostatud tormide andmebaas ja läbi viidud tormiandmete esmane analüüs.
- Lainemudeliga SWAN (arvutusvõrk on 1 meremiil) on tehtud järelarvutus perioodiks 1965-2007.
- Analüüsiti erineva geoloogilise ehitusega pankade ja astangute taganemise kiirust. Leiti, et kõige kiiremini muutuvad luidettesse kujunenud astangud.
- Eesti rannikumaastike dünaamika analüüs viimase saja aasta lõikes on toonud esile suure varieeruvuse, mis tuleneb erinevat geomorfoloogilist tüüpi rannikutel toimunud maakasutuse järskudest muutustest.

MSLP(year) for CAP27_YR_S01_SP_D05 type #27



27. tüüp

Esines 216 päeval

Neist 82 päeval oli torm (38%)

Neist 77 päeval S-SW-W

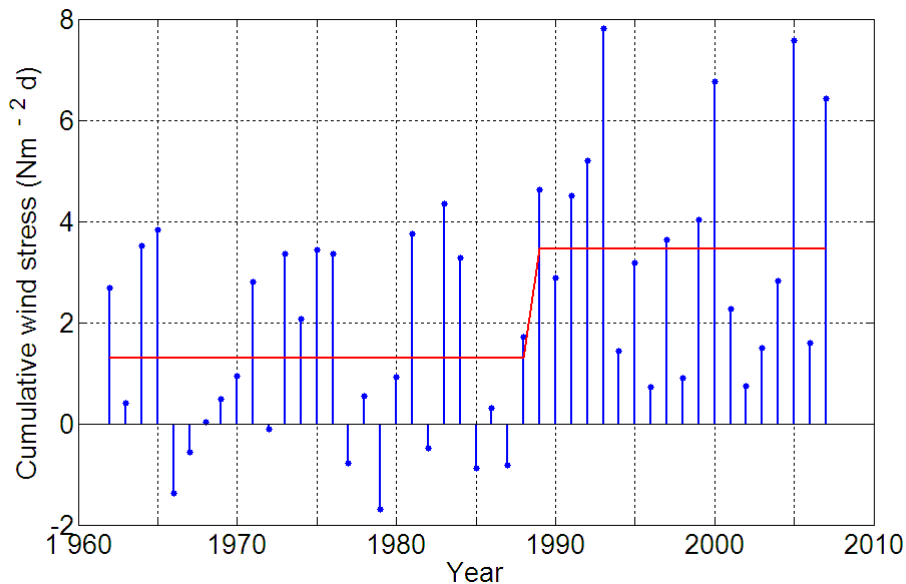
5 päeva NNW

Globaalsete kliimamuutuste avaldumine atmosfääri, pinnavete, mere ja ranniku ühises süsteemis

- On loodud konsolideeritud andmesüsteem, mis põhineb hajusatel andmebaasidel. Konsolideeritud andmesüsteem hõlmab atmosfääri, pinnavee, ranniku ja mere mõõtmisandmeid.
- Soome lahe estuaarne tsirkulatsioon võib edelatuulte korral pöörduda vastupidiseks (vesi voolab lahte ülakihis ja lahest välja põhjalähedases kihis) ja külmal aastaajal kui puudub termokliin viib see veesamba stratifikatsiooni kadumisele, mis omakorda tingib kogu veesamba läbisegunemise ja hapnikutingimuste paranemise.
- Utö meteojaama (Soome Meteoroloogia Instituut) tuuleandmete (detsember-jaanuar, 1962-2007) analüüs näitas, et edelatuulte kumulatiivses impulsis toimus 1989 a. režiimi nihe, mis soodustab estuaari tüüpi tsirkulatsiooni ümberpöördumisi.
- Peale esmaste tredide analüüsi kasutati merekeskkonna eluta muutujate ning elustiku vaheliste seoste uurimisel uudset masinõppel põhinevat meetodikat ning väljatöötatud parimaid mudeleid kasutati bioloogiliste näitajate leviku modelleerimisel.
- Eristati COST 733 raames koostatud atmosfääri tsirkulatsiooni klassifikatsioonide hulgast „vihmased“ tsirkulatsioonitüübid (ehk siis tüübid, millega suure tõenäosusega kaasnevad sademed).

Tuule ja stratifikatsiooni seos

**Kumulatiivne piki lahte tuule
komponent (detsember –
jaanuar)**



**Talvise veetiheduse aegread
jaamas F3 = LL7 (detsember –
jaanuar)**

