

AdaptEst merekliima andmed ja ökosüsteemi teenused

Mariliis Kõuts, Ilja
Maljutenko, Rivo
Uiboupin, Urmas
Raudsepp, Jüri
Elken, Arne
Männik

25. september 2025

Tähelepanu :

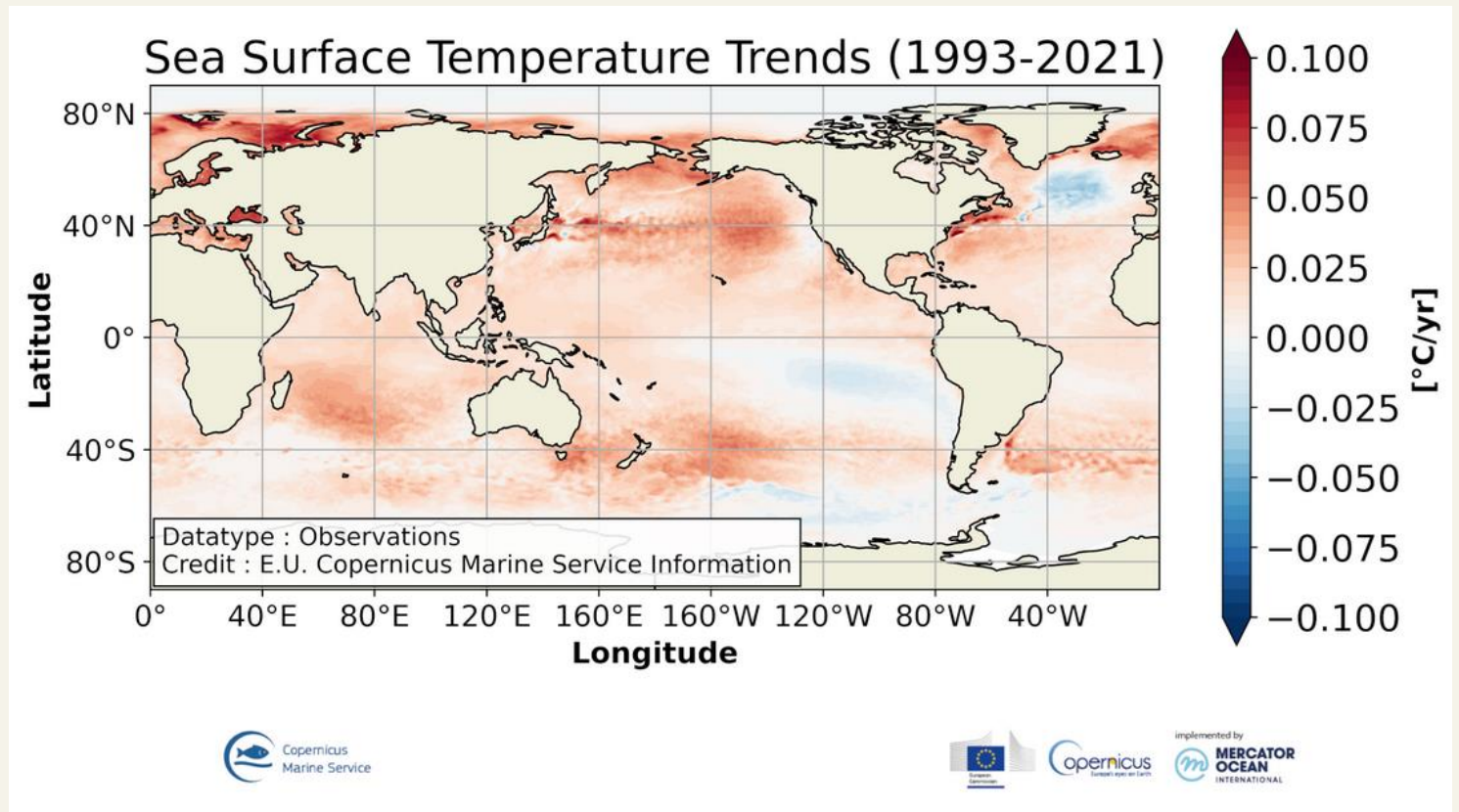
Käesoleva ettekande sisu on esialgne ja võib muutuda. Palume arvestada, et esitatud on esmased analüüsid ja need on mõeldud arutelu tekitamiseks.



Kliimamuutus Läänemeresel

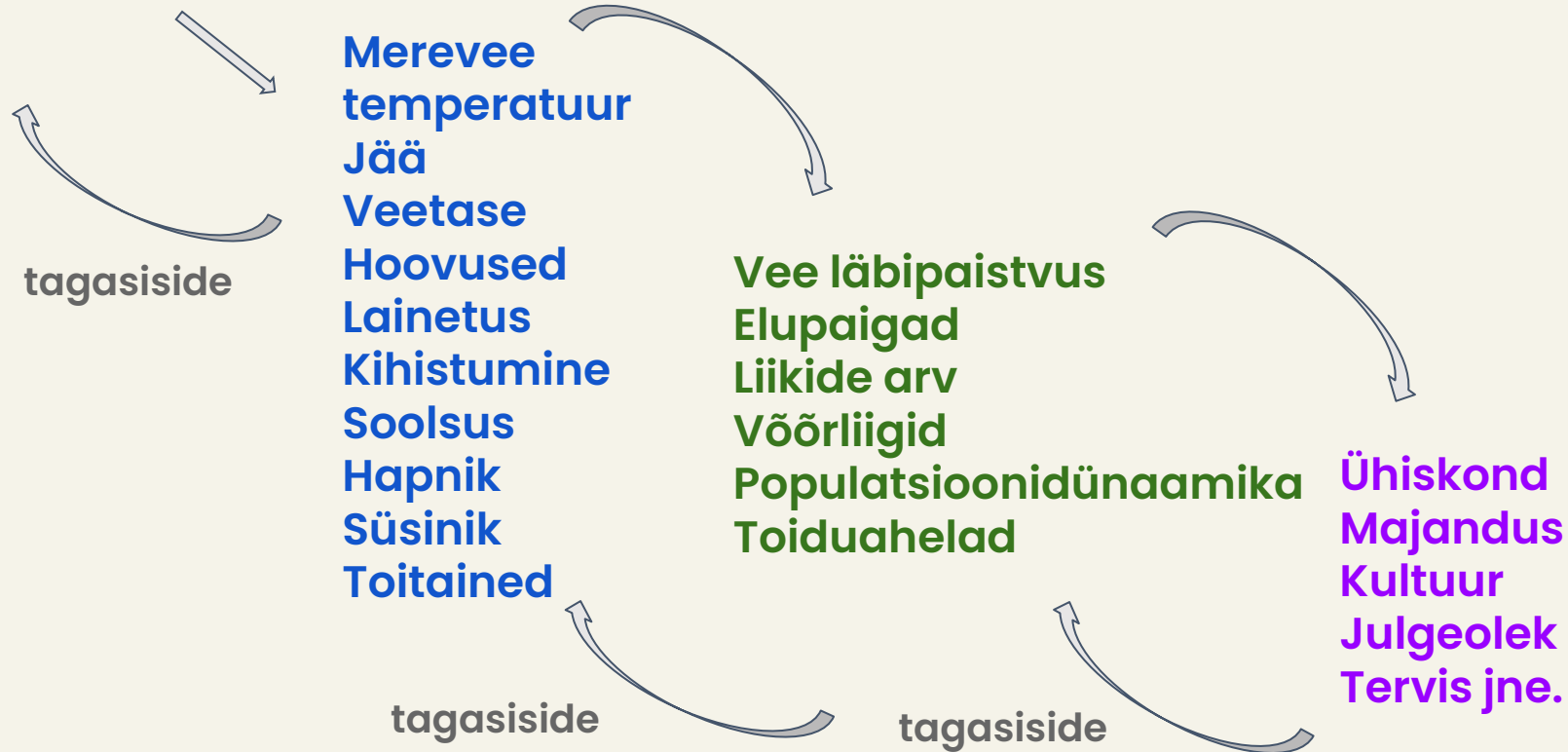
Läänemeri on üks kiiremini soojenevaid meresid maailmas.

Kliimamuutuste mõjusid võimendavad Läänemere iseloomulikud tunnused nagu eutrofeerumine, väike veevahetus ning veesamba tugev kihistumine.



Muutuste ring

Globaalne
temperatuuri-
tõus



Kliimamuutus on keeruline füüsikaliste, keemiliste ja bioloogiliste muutuste kaskaad, kus üks muutus toob kaasa järgmised, mis omakorda laienevad üle süsteemi ja muudavad jäädavalt selle omadusi.

Ökosüsteemi teenused

Ökosüsteemide olulisust (neist lähtuvat kasu) inimesele võib mõõta/väljendada läbi **ökosüsteemi teenuste** (MA, 2001).

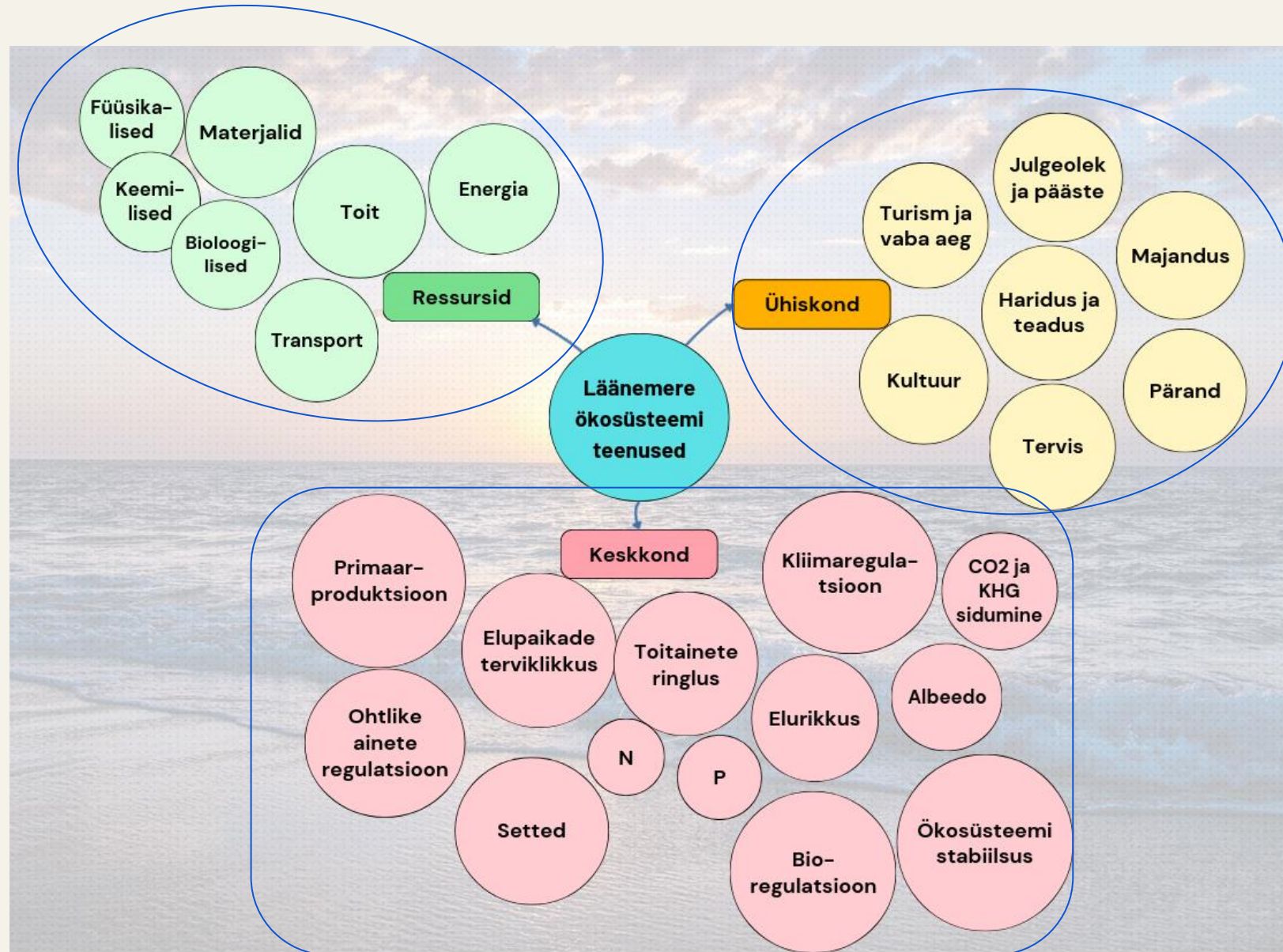
Ökosüsteemi teenused e. **loodushüved** on inimese jaoks vajalikud ökosüsteemide omadused (ressursid ja protsessid), mis loob meie harjumuspärase elukorralduse baasi.

4 tüüpi hüvesid:

- baas (toitainete ringe)
- regulatiivsed (kliima)
- materiaalsed (mereressursid)
- kultuurilised (turism)

Loodushüved saab jaotada vahe- ja lõpphüvedeks, kus esimesed loovad eelduse teisteks. Näiteks baashüved tagavad tingimused ülejäänud hüvedele.

Ökosüsteemi hüvede eeldus on terviklikud, toimivad ja kõrge vastupanuvõimega ökosüsteemid.





Kliimamuutus mõjutab oluliselt ökosüsteeme ja ökosüsteemide poolt pakutavaid hüvesid. Seeläbi toob kliimamuutus kaasa muutused ka meie elukorralduses.



Kuidas hinnata kliimamuutuse mõju ökosüsteemi hüvedele?

Tegemist on näidisega, kuidas saaks meie andmeid kasutada selleks, et hinnata kliimamuutuseid meid huvitavatele valdkondadele, mis on võetud kokku ökosüsteemi teenustena.

1. Selgitame, milliseid merekeskkonna parameetreid kliimamuutused mõjutavad ja millised andmed on üldse olemas (hetkel).
2. Leiame mõjutatud ökosüsteemi teenuste kategooriad.
3. Selgitame, kuidas kliimamuutused ja neist tingitud merekeskkonna muutused kanduvad üle ökosüsteemi teenustele.
4. Toome välja mõju olemuse, mõju hindamise pot. mõõdikud ning leevendus- ja kohanemismeetmed.

Temperatuuri tõus (T°)

Baas ja regulatsioon:

hapnik
süsinik
lämmastik
fosfor
setted
ohtlikud ained

primaardproduktsoon
liigirikkus
populatsioonidünaamika
elupaigad
toiduahelad
võõrliigid

Materiaalsed:

toit
energia
transport
materjalid

Sotsiaalsed:

pärand ja kultuur
vaba aeg & turism
haridus & teadus
tervishoid
pääste & julgeolek

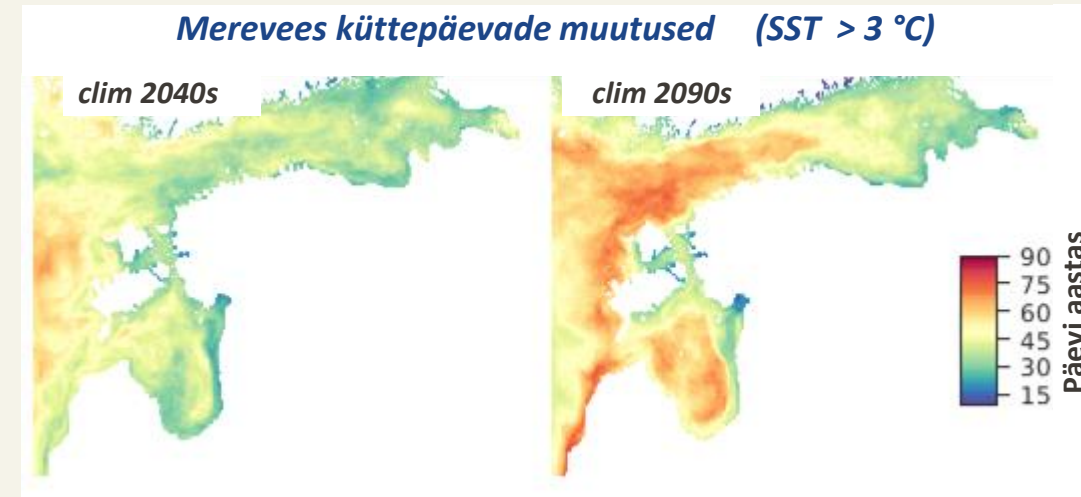
Merevee T° tõusu mõju energiatootmisele merest

Temperatuuri ruumiliste piltide abil on võimalik kaardistada Eesti meresoojusenergia jaotust ruumis (ja ajas).

Mõju Positiivne. Kui meres salvestub rohkem soojust, siis saab seda sügis-talvisel perioodil energiana ka rohkem kasutada.

Kuidas hinnata Energiahind, mereenergia küttepäevade arv.

Kohanemine Pikaajaline strateegiline planeerimine (mitmekesine energiatootmine), mereenergia investeeringud ning taristu loomine piirkondadesse, kus selle tootmine on tulemuslik.



Hundipea linnaosa arenduse projekt

Merevee T° tõusu mõju turismisektorile

Tuleviku veetemperatuuri kaardid aitavad hinnata mõju turismipiirkondadele ning kombineerimine bioloogiliste jt. andmetega võimaldab omakorda hinnata pot. veekvaliteedi muutuseid ja ohte.

Mõju Suhteline. Rohkem sooje ning päikeselisi päevi pikendab rannahooaega ning toob rohkem puhkajaid. Teisalt põhjustab kõrgema temperatuuriga halvenenud veekvaliteet randade ajutist sulgemist ujujatele. Hooajalised külma aja üritused võivad pigem kannatada.

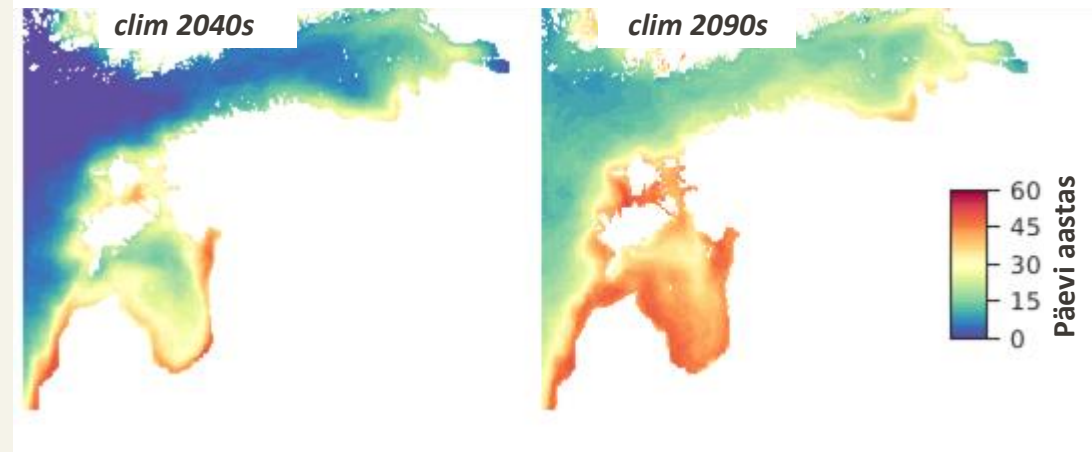
Kuidas hinnata ujumispäevade arv; tulu turismisektorist (sh. hooajalised üritused); randade täituvus ja rannakohvikute käive jne.

Kohanemine Suvise (ranna)turismi planeerimine, hooaja pikendamine; ohtude operatiivne seire ning reaajas info väljastamine.



Hiiumaa Jäakala festivali peetakse ka ilma jäät

Merevee rannapäevad muutused (SST > 18 °C)



Sinivetikaõitseng Läänemerel 2019 suvel (Sentinel 3)

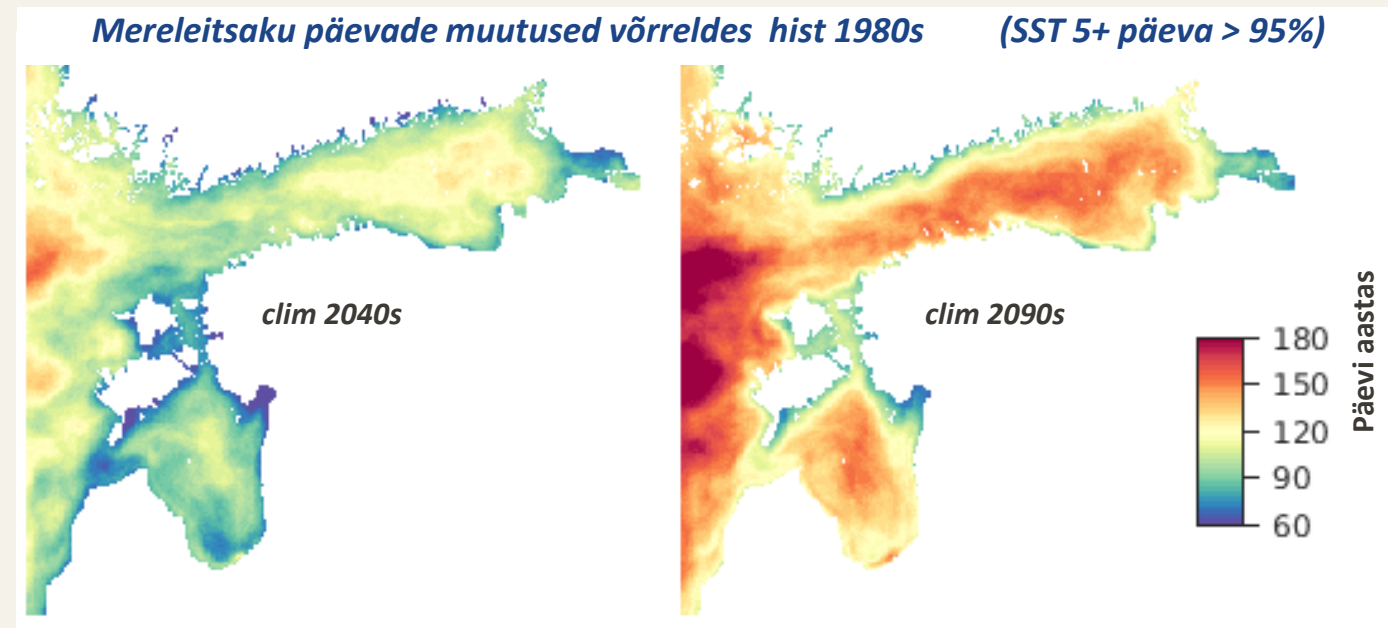
Temperatuur – ekstreemsündmused

Keskmise temperatuuri tõusu juures mängivad merekeskkonnas suurt rolli keskmise temperatuuri kestvad anomaaliad ehk mereleitsakud.

TalTech Meresüsteemide Instituudi interaktiivse teenuse kaudu saab jälgida mereliste kuumalainete ulatust ning ajalist kestust Läänemeres:

<https://cmems.msi.ttu.ee/>

Mereleitsakud võivad olla inimese jaoks meeldivad sündmused, kuid pikas perspektiivis vähendavad need mereelustiku vastupidavust muudele häiringutele ning põhjustavad ebameeldivaid tagajärgi (mikrovetikate vohamine, kalade massiline suremine)



T^o tõusu mõju kalapüügile

Mõjuhinnangud kalavarudele vajavad kalapüügi- ja kalavarude, kalade kudealade ja elupaikade info integreerimist temperatuuriandmetega.

Mõju Pigem negatiivne. Keskmise veetemperatuuri tõus ja ekstreemsed sündmused (mereleitsakud) avaldavad mõju, mis kaladel varieerub kergest stressist kuni massilise suremiseni ja populatsioonimuutusteni. Osasid liike võib soojenev meri ajutiselt ka soosida.

Kuidas hinnata Maj. oluliste liikide arvukuse hinnangud, kudemisperioodi veetemperatuurid, püüginumbrid.

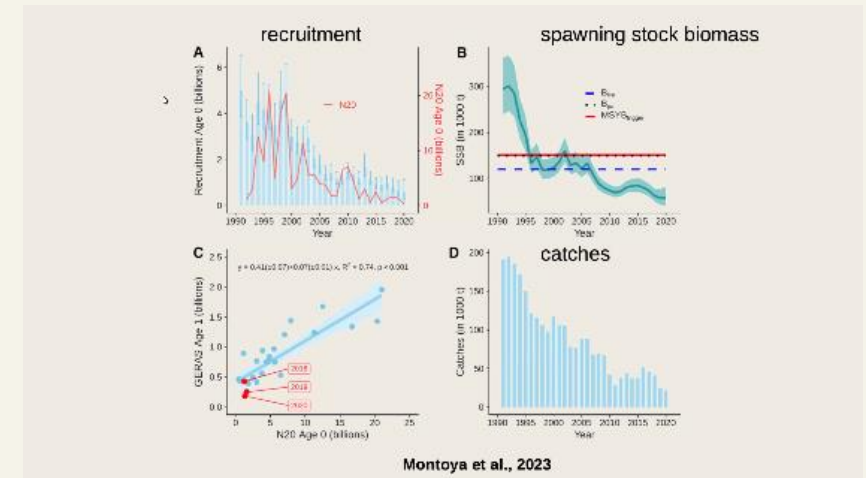
Leevendus ja kohanemine Püügimahtude vähendamine, ümberlülitumine teistele, vähem mõjutatud liikidele, akvakultuur, taimsed alternatiivid.



Merisiig (*Coregonus lavaretus lavaretus*)



Räum (*Clupea harengus membras*)



T° tõusu mõju vesiviljelusele

Temperatuuri ruumiliste andmete ühendamise teiste veekvaliteedi näitajatega võimaldab kaardistada vesiviljeluseks sobivaid asukohti.

Mõju Suhteline. Kasvav veetemperatuur mõjutab veeorganismide kasvu ning toimetulekut. Kohalikud liigid on kehvemas seisus vrl. võõrliikidega. Ekstreemumitel on tugev negatiivne mõju.

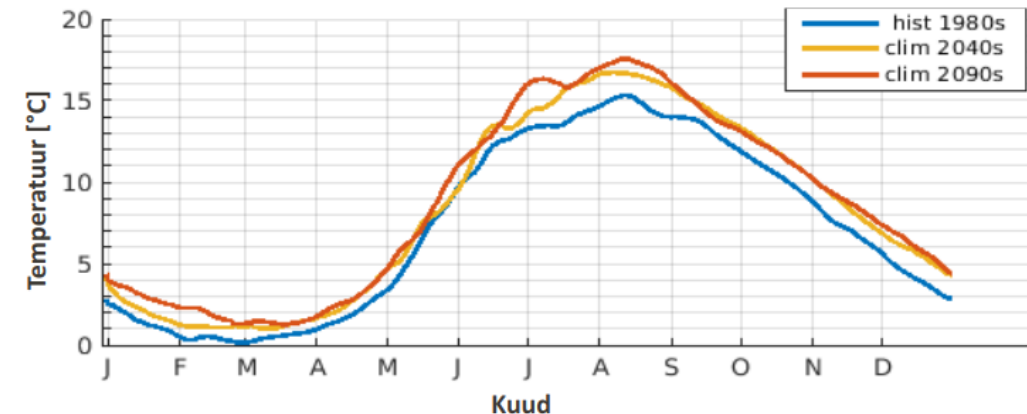
Kuidas hinnata Temperatuuriandmed vesiviljeluse liikide biomass, vesifarmide arv, teenitav tulu.

Leevendus ja kohanemine Kasvatamiseks sobivate liikide valimine vastavalt temperatuuritaluvusele. Sobiv asukohavalik, mis säästaks kohalikku elustikku.



Karbifarm Tagalahe. Autor: Jonne Kotta

Temperatuuri sempoonsus



T^o tõusu mõju CO₂ (jt. KHG-de) regulatsioonile

CO₂ neeldumise-eraldumise arvutused nõuavad erinevate andmete kombineerimist T^o andmetega.

Mõju Negatiivne. Kõrgem veetemperatuur vähendab merevee ja orgaanika võimet süsihappegaasi siduda ja ringest välja viia.

Kuidas hinnata Veetemperatuur, hapnikutingimused veesambas ja merepõhjas. Arvustuslikud CO₂ sisalduse ja bilansi meetodid.

Leevendus ja kohanemine Elupaikade ja üldisemalt mere seisundi seire ning kaitse – loodusliku CO₂ sidumise võimendamise. Merre minevate toitainete voo jätkuv vähendamine.



Soolsuse muutused, kihistumine

Baas ja regulatsioon:

hapnik	primaarproduksioon
lämmastik	elupaigad
fosfor	liigirikkus
süsinik	võõrliigid
ohtlikud ained	populatsioonidünaamika
setted	toiduahelad

Sotsiaalsed:
vaba aeg & turism
haridus & teadus
tervishoid

Materiaalsed:
toit
materjalid

Soolsuse mõju võõrliikide levikule

Kombineerituna ökoloogiliste andmetega saab kliimamuutuse projektsioone (soolsus, temperatuur) kasutada võõrliikide potentsiaalse paljunemisedukuse hindamiseks Läänemeres.

Mõju Suhteline. Vee soolsuse muutused (tihti koosmõjus muude tingimustega) mõjutavad seda, millised liigid Läänemerre pidama jäävad. Soolsuse suurenemine võib soodustada merelisi võõrliike, kes omakorda konkureerivad kohalike liikidega kuni muutusteni toiduahelates ja liigirikkuses.

Kuidas hinnata uuenev võõrliikide nimekiri, arvukuse ja leviku hinnangud, ohustatud liikide arvukuse ja leviku hinnangud.

Leevendus ja kohanemine Tegevused vähendamaks võõrliikide liikumist Läänemerre (ballastvete reeglid, puhastamine, kontroll jne.) Võõrliikide majanduslik kasutamine kohalike liikide ees.



Ümarmudil on muutunud nii mõnelegi rannakalurile peamiseks sissetulekuks

EESTI

Margus Muld
01.10.2024 21:21

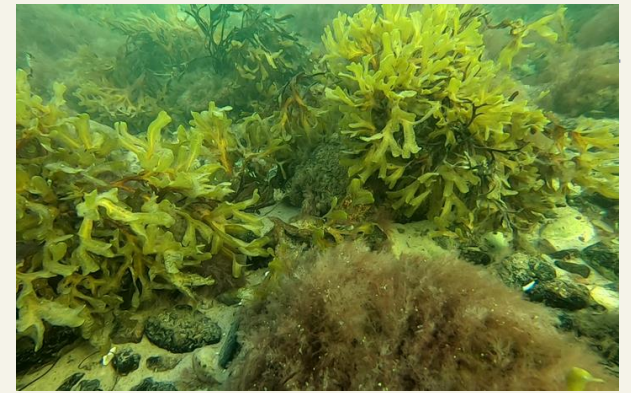
Kuula artiklit 3 min



Vaata galeriid
14 pilti

Foto: Kalurid mudilat püüdmäs. Autor/allikas: Margus Muld/ERR

Kihistumise mõju mereelupaikadele



Mereelupaikade modelleerimine muutuvate kliimatingimuste kontekstis.

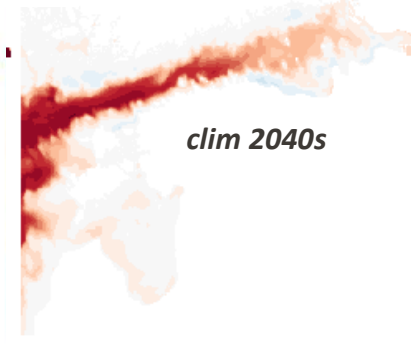
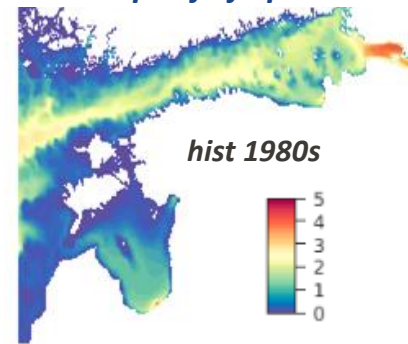
Mõju Negatiivne. Vee tugevam kihistumine süvendab hapnikupuudust ja eutrofeerumist ning halvendab seeläbi võtmeliikide (makrovetikad, taimed) kasvutingimusi, mis omakorda avaldab mõju kõigile teistele, neist sõltuvatele liikidele ja võrgustikele. Hapnikupuudus suurendab CO_2 ja CH_4 eraldumist setetest.

Kuidas hinnata Väärtuslike elupaikade seisundi seire, kalapüügistatistika, kalastamisega seotud turismi tulud.

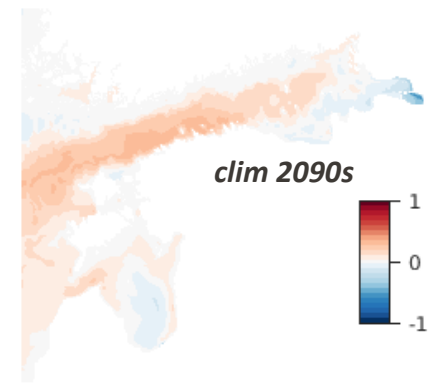
Leevendus ja kohanemine Mereelupaikade ja nendega seotud liikide seire ning kaitse. Üldised meetmed mere seisundi parandamiseks.

Keskmine soolsuse

erinevus põhja ja pinna vahel

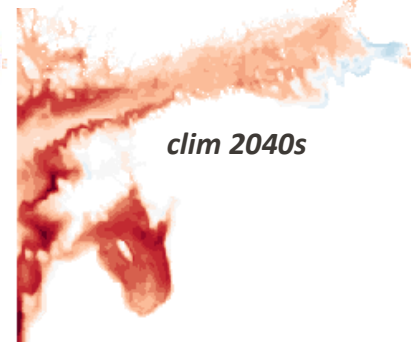
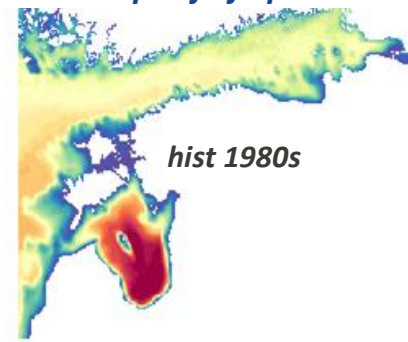


Muutused

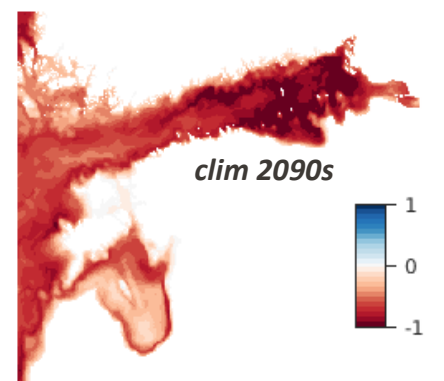


Keskmine temperatuuri

erinevus põhja ja pinna vahel



Muutused



Kihistumise mõju toitainete (N, P) ringele

Mõju Negatiivne. Soolsuse muutused ja sellega kaasnev veesamba tugevam kihistumine suurendavad eutrofeerumise ilminguid Läänemeres.

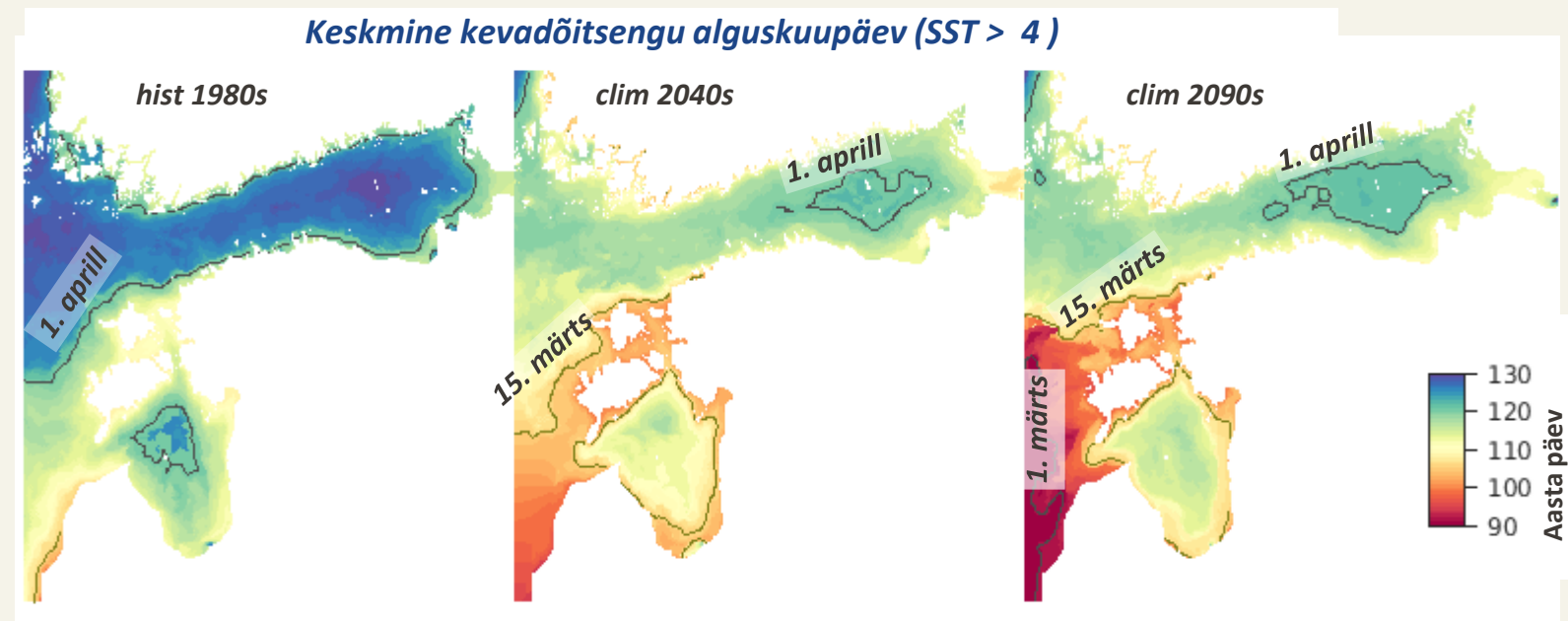
Kuidas hinnata Toitainete hulk vees. Mereõitsengute ulatus/intensiivsus.

Veekvaliteet. Hapnikuolud.

Leevendus ja kohanemine

Sinimajanduse

lahendused (vetika- ja karbi-
kasvandus); merre minevate
toitainete voo jätkuv
vähendamine.



Jäätö vähendamise

Baas ja regulatsioon:

hapnik
süsinik
lämmastik
fosfor
setted

primaarproduktsoon
elupaigad
liigirikkus
võõrliigid
populatsioonidünaamika
toiduahelad

Materiaalsed:

toit
energia
transport

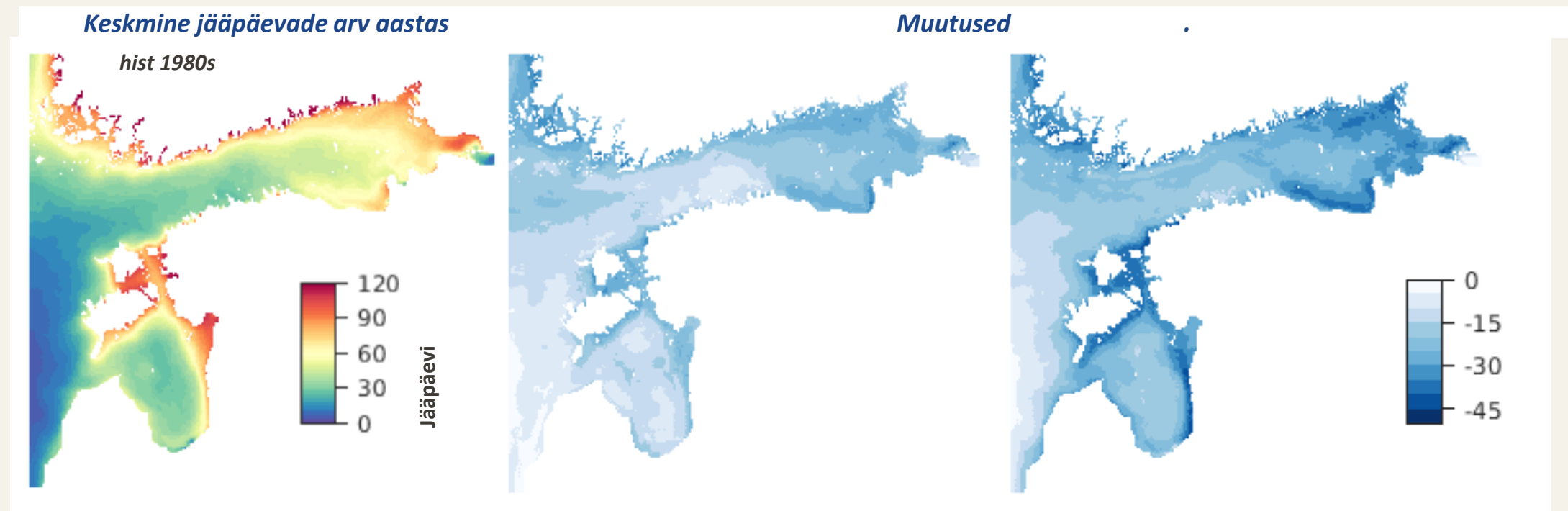
Sotsiaalsed:

päränd ja kultuur
vaba aeg ja turism
pääste & julgeolek

Jääkattega päevad Eesti rannikumeres

Jääpäevade arv väheneb Väinameres ja Liivi lahe rannikul ca 40 päeva. Mujal rannikumeres ca 20 päeva.

Paldiski saab tõenäoliselt jäävabaks



Jää vähenemise mõju transpordisektorile

Mõju Positiivne. Transpordivõimalused üldiselt paranevad. Kulutused kütusele vähenevad. Samas suureneb määramatus.

Kuidas hinnata Jäävabade päevade hulk aastas. Transpordikulud.

Kohanemine Valmisolek jääga tegelemiseks peab säilima. Jää tõenäosus küll väheneb, aga seda suurem on üllatus/segadus/rahaline kulu, kui jää ikkagi ootamatult tekib.



Kas Jäämurdja
Tarmo jääb tööta?

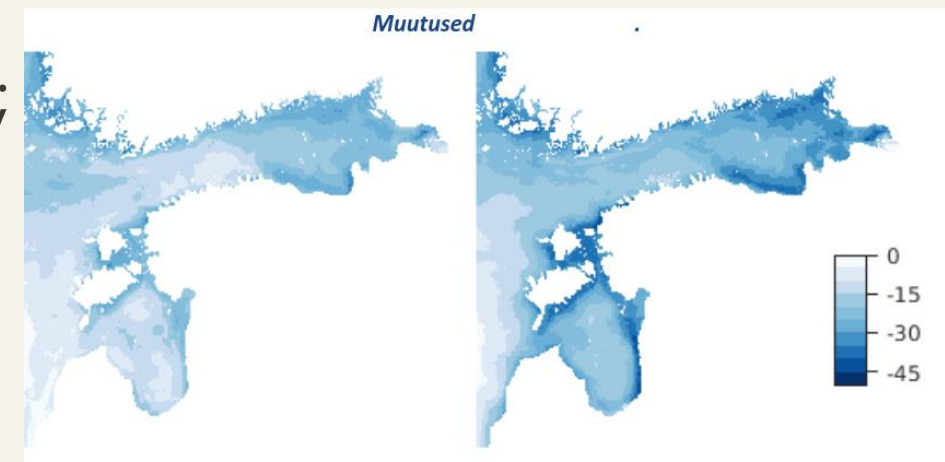


Jää vähenemise mõju mererajatistele

Mõju Suhteline. Väiksem jääkatte ulatus mõjub mererajatiste planeerimisele, ehitamisele ja teenindamisele positiivselt – väiksemad kulud. Samas säilib koos jää tekkimise võimalusega kaootamatute olukordade oht.

Kuidas hinnata jää geograafiline ulatus ja kestus; rajatiste ehitamise ja teenindamise kulu.

Kohanemine planeerimine; jätkuv arvestamine jää tekkimise ohuga ning reageerimisvõimekus



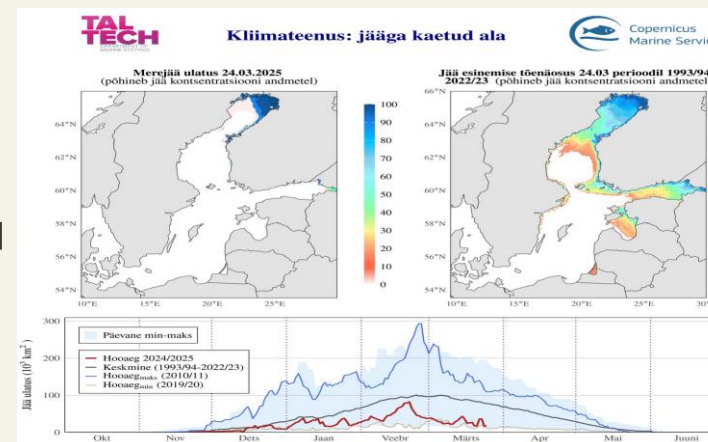
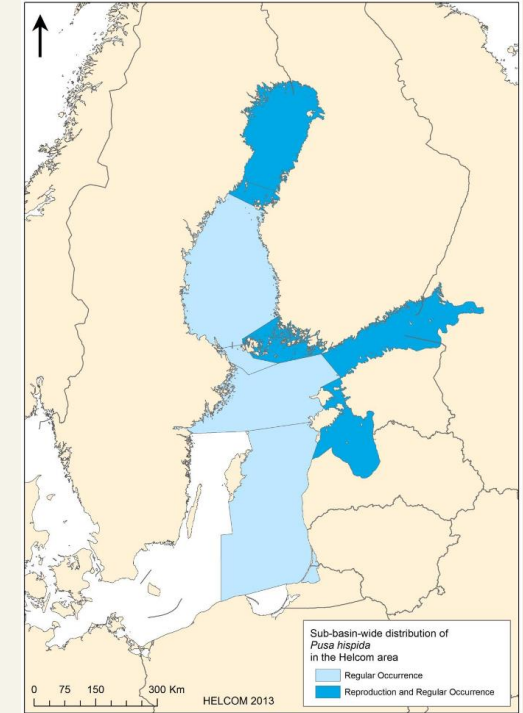
Jää vähenemise mõju mereimetajatele

Mõju Negatiivne. Jääga seotud hülge liikide paljunemine muutub keerulisemaks, populatsioonide kokkukukkumise oht (viiger Soome lahes).

Kuidas hinnata Jää ulatuse muutused hüljeste poegimisaladel. Hüljeste arvukus (hallhüljes, viigerhüljes)

Leevendus ja kohanemine Hülgejahi lõpetamine. Hüljeste turismipotentsiaal. Liikide paljunemise toetamine rannikualadel (ajutiselt piiratud liikumisega tsoonid).

MSI jääkatte kliimateenus



Veetaseme muutused

Baas ja regulatsioon:

hapnik
süsinik
lämmastik
fosfor
setted
primaarproduktsoon

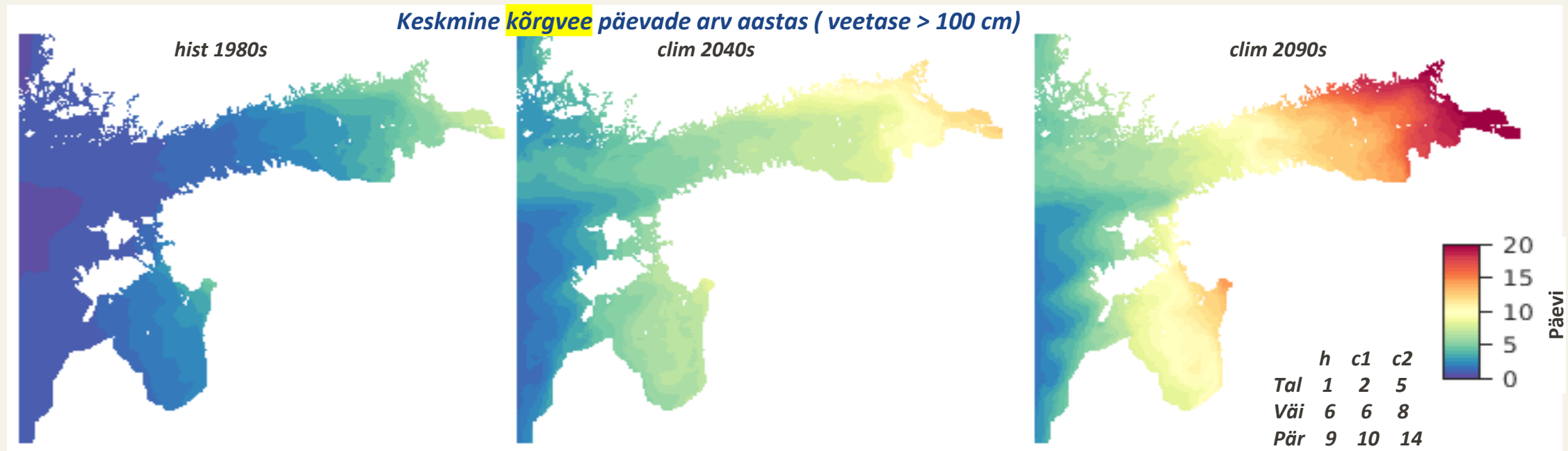
Materiaalsed:

toit
energia
transport
materjalid

Sotsiaalsed:

vaba aeg & turism
tervishoid
pääste & julgeolek

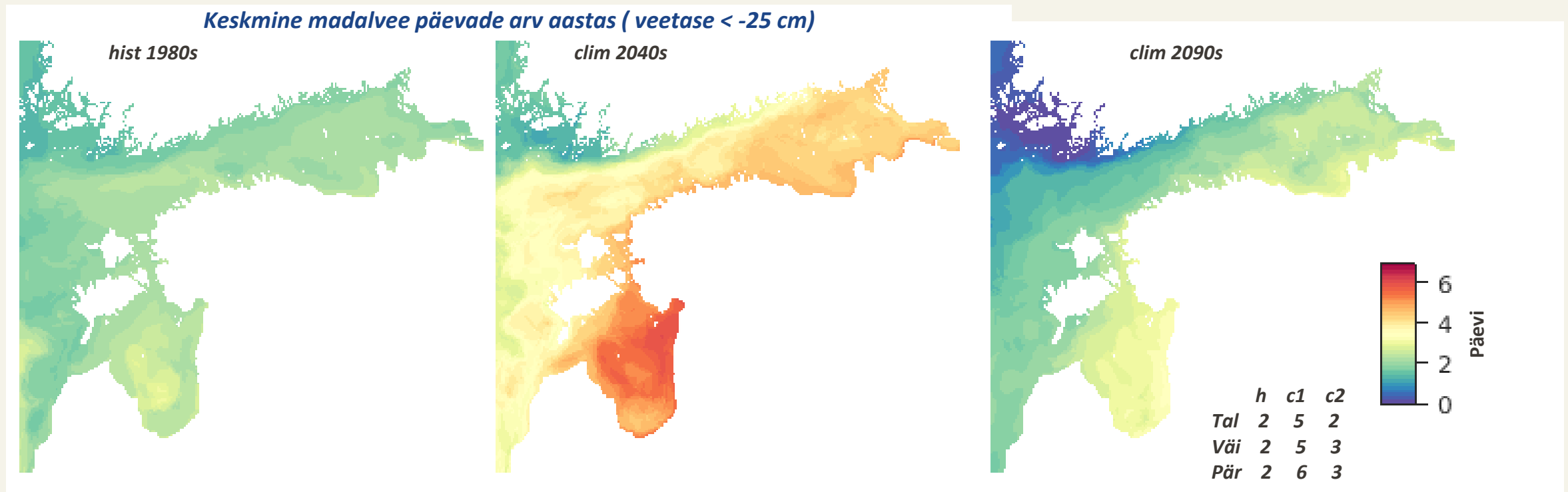
Üleujutuspäevad Eesti rannikul



- Üleujutuspäevade hulk suureneb sajandi keskel kuni 5 päeva võrra.

- Üleujutuspäevade hulk suureneb sajandi lõpuks kuni 9 päeva võrra; kõrge riskiga kohad on Pärnu ja Narva

Madalveepäevad Eesti rannikul



- Madalveepäevade hulk suureneb sajandi keskel 3–4 päeva võrra.
- Sajandi lõpuks on madalveepäevi sarnaselt praegusele ajale

Veetaseme tõusu mõju kinnisvarasektorile

Veetaseme tõusu eri riskiga tsoonide kaart, millest saab juhinduda nii kinnisvara- kui kindlustussektor.

Mõju Negatiivne. Kõrgema keskmise veetaseme ning suurenenud üleujutusriskide puhul suurenevad ehitus- ning kindlustuskulud, oluliseks muutub planeerimine koos põhjaliku eelanalüüsiga.

Kuidas hinnata Üleujutuste tõenäosuste kaart, kinnisvarasektori tulud, kindlustuskulud, rannikute ehituspiiranguvööndi suurus.

Kohanemine Riskide maandamine, planeerimine ja koostöö teadlastega (prognoosid). Ettevaatuspõhimõtete rakendamine ehitusel.

Üleujutuste ohualade kaardirakendus:

<https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/yua>

Pärnus on üleujutus kuni kesklinnani

Juhime tähelepanu, et artikkel on rohkem kui viis aastat vana ning kuulub meie arhiivi. Ajakirjandusvälis-
uenda arhiivide sisu, seega võib olla vajalik tutvuda ka uuemate allikatega.



Jaauari alguse üleujutus Pärnus — Foto: Pärnu Postimees

(Täiendatud kell 19,18)

Pärnu linna üleujutus hõlmab suure rannäärse ala kohati kuni kesklinnani välja.



Marienholti arendus Haapsalu lahes

Madalvee mõju meretranspordile

Madalveeohtlike piirkondade kaardistamine.

Mõju Negatiivne. Madala veetaseme korral on laevaliiklus häiritud, eriti piirkondades, kus meri on niigi madal (nt. Väinameri)

Kuidas hinnata veetase olulistel laevaliinidel

Kohanemine Veetaseme operatiivne ning täpne prognoosivõimekus koos kindlal liinil sõitvate laevadepraamide süvise korrigeerimisega; liinilaevade ohukohtade süvendamine.



Rukki kanal mandri ja Hiiumaa vahel



Foto: Urmas Lauri

Hoovuste muutused

Baas ja regulatsioon:

lämmastik
fosfor
setted
ohtlikud ained
primaardproduksioon
elupaigad

Materiaalsed hüved:

energia
transport

Sotsiaalsed hüved:

vaba aeg & turism
pääste

Hoovuste muutuste mõju merepäästele

Mõju Suhteline. Muutlikumad hoovusekiirused ja suund mõjutavad merepääste reageerimiskiirust ning tegutsemisplaani. Üldised kulud suurenevad.

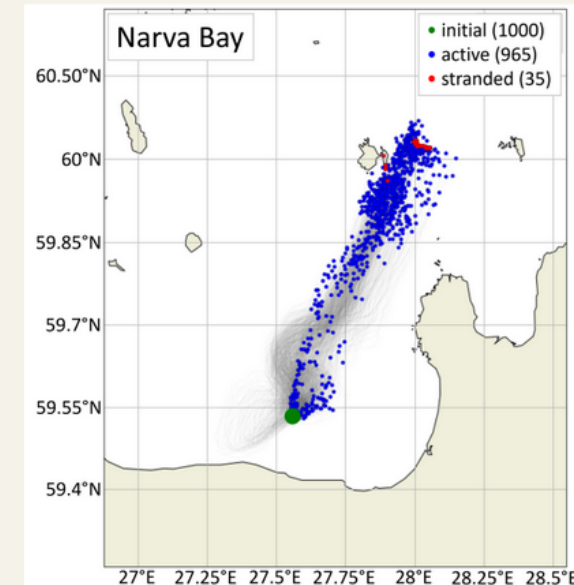
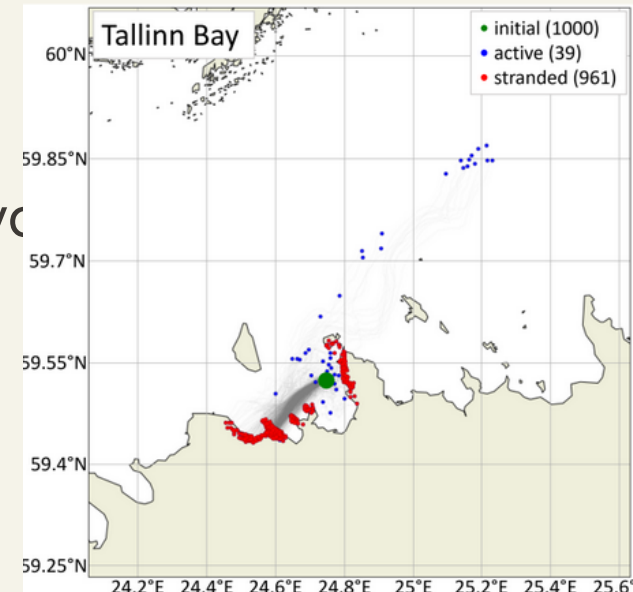
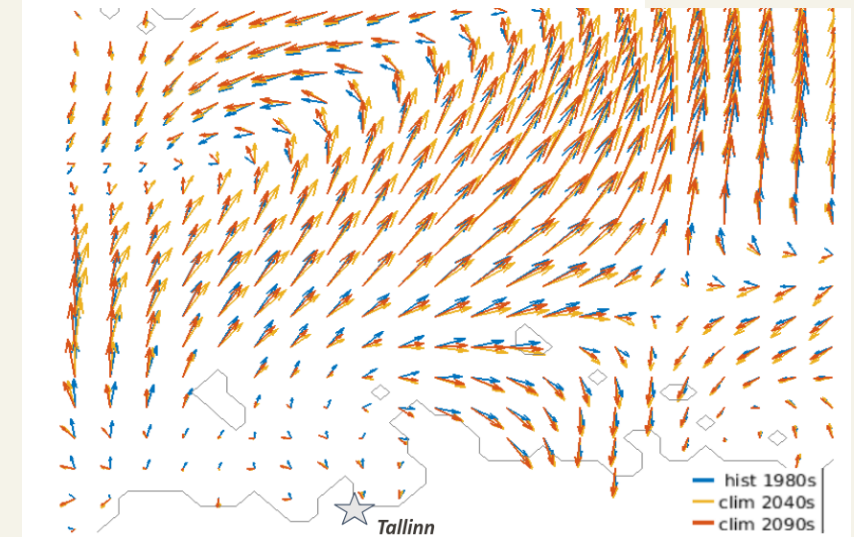
Kuidas hinnata päästekulud, töötundide arv, töökohtade arv.

Kohanemine Täiendavad kulutused päästevalmisolekuks. Pidev valmisolek ekstreemsündmusteks.

Prognoosivõime ja operatiivseire täpsuse suurendamine.

Õlireostuse levik Tallinna ja Narva lahes →

Pinnakihi hoovusväli, Soome lahe avaosas



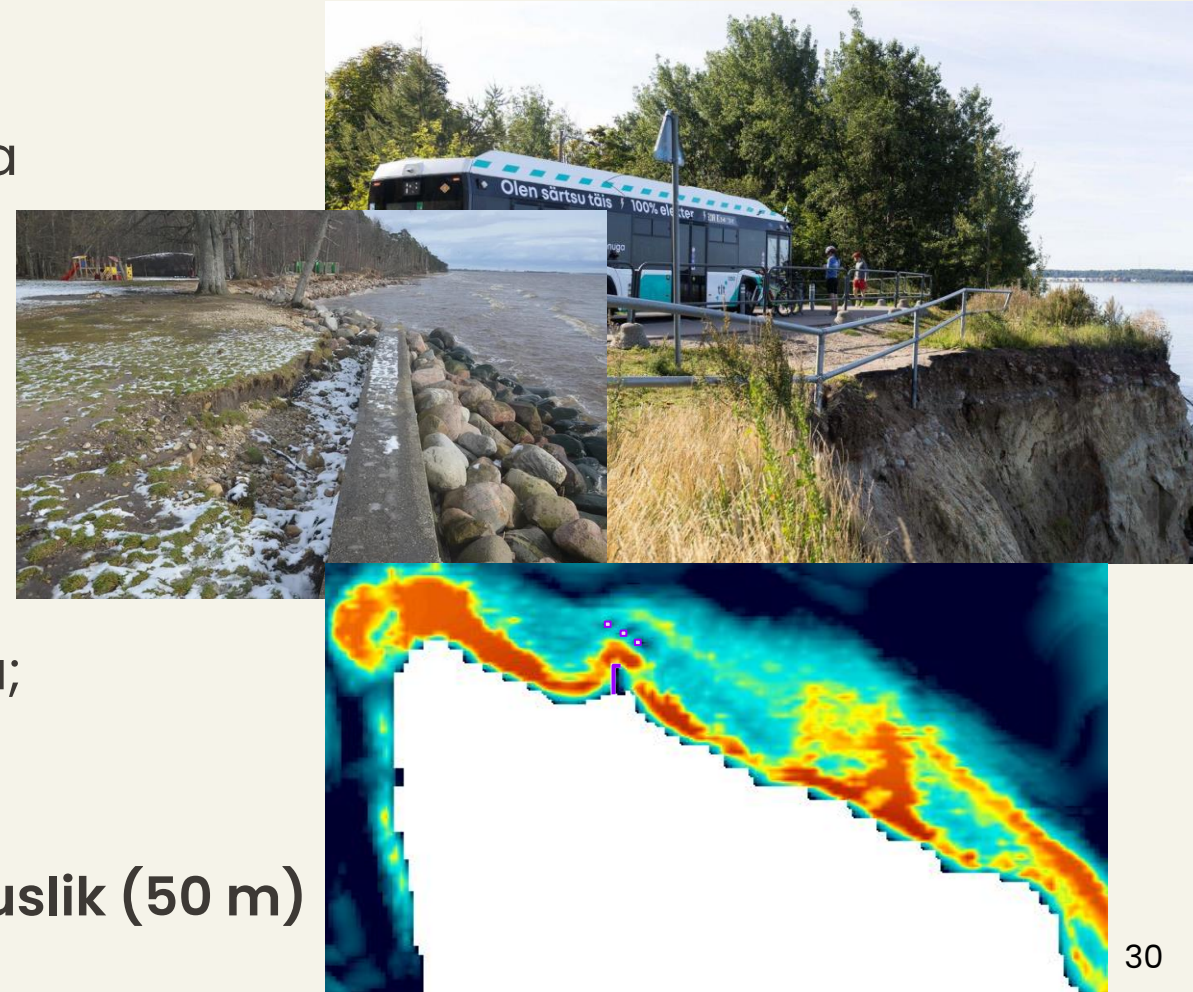
Mõju rannikuprotsessidele

Mõju Suhteline. Muutused hoovuste suunas ja kiiruses mõjutavad erosiooni- ja kuhjumisprotsesse rannikul, mis omakorda puudutab kõiki rannikutegevusi ja taristut.

Kuidas hinnata arendus- ja ehitustegevus rannikul (projektide hulk ja geograafiline jaotus); rannikuprotsesside muutustest tulevad kulud.

Kohanemine pikaajaline planeerimine koostöös teaduslike tulevikuprojektsioonidega; ohupiirkondade kaardistamine ja ohtude ennetamine.

Erosioon Pakri poolsaare kaldal, kõrglahutuslik (50 m) settemudel NEMO (1. okt, 2023) →



Kliimamuutus kui võimalus

- Energialahenduste mitmekesistamine, mis suurendab ka turvalisust
- Erinevate sinimajanduse lahenduste kasutuselevõtt, mis teenib nii kohalikke kui ka keskkonda
- Kaitstud alade laiendamine meres, mis on kasulik turismisektorile ning keskkonnale
- Tark ning paindlik kalapüük, mis vääringab liike nende arvukuse põhjal (nt. ümarmudila kasutamine)
- Mitmekesiste ning paindlike töökohtade loomine rannikupiirkondades (nn. "munad mitmes koryis" strateegia" – nt. kalamehed teaduandmete kogujaks)
- ...

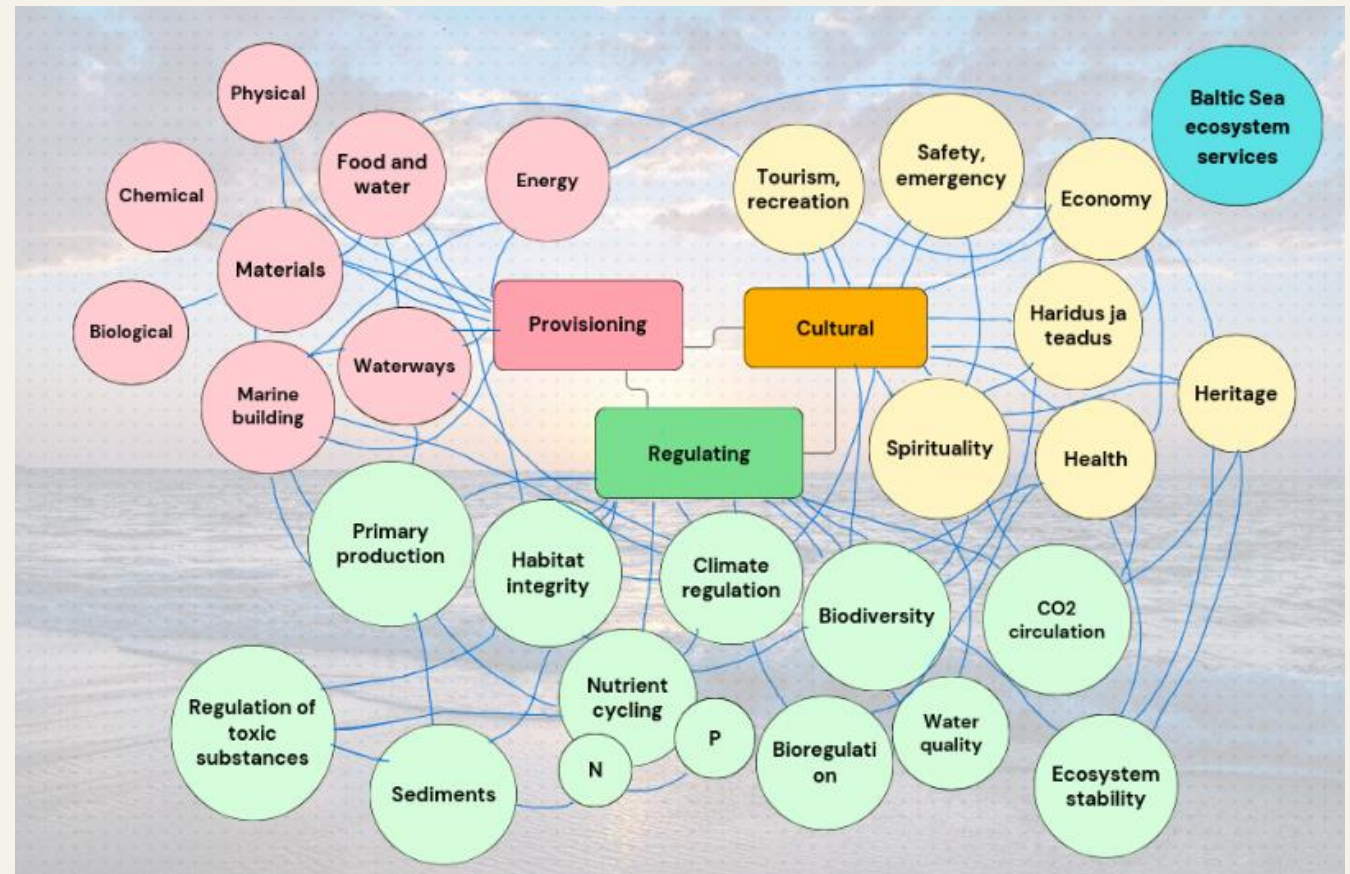
Kliimamuutus ja riskid

Selleks, et võistlustel (ehk siis sellises kliimas, kus me tulevikus elama hakkame) läheks hästi, tuleb kõvasti trenni teha (ehk valmistuda võimalikeks kliimastenaariumiteks).

Andmetega on võimalik riske ja nende tõenäosust hinnata, millest saab omakorda lähtuda tegutsemisel, AGA...

- peab arvestama, et paljud mõjud on samaaegsed ning lisanduvad muudele, juba olemasolevatele surveteguritele

- peame ka teadvustama, et igasugune kliimaprojektsioon tuleb paratamatu määramatusega. Seda määramatust peab arvestama ka strateegilises planeerimises



Määramatus

Keskkonnapiiridega kooskõlas lahendused

Loodus on meie kõige kogenum ja parim abiline
kliimamuutustega kohanemisel

Ettevaatusprintsip

Iga tegevus peab olema põhjalikult ja
holistiliselt kaalutletud

Kuidas tegutseda suure tundmatu ees?

Paindlikkus

Hoida erinevad võimalused lahti, et kriisi korral
operatiivselt suunda muuta

Kokkuhoid, säästlikkus

Lahendused ei pea olema kallid, vaid leidlikud ning
võimalikult energia-ning aineefektiivsed

Lahenduste mitmekesisus

Panustada võimalikult mitmekesisusse
lahenduste valikusse, et riske hajutada

Detsentraliseerimine ja kohalikkus

Kohalike kogukondade kriisivalmidus ning
hakkamasaamisvõime

Kokkuvõte

- Kliimamuutus mõjutab negatiivselt pea kõiki baas-ja regulatiivseid ökosüsteemi teenuseid, mis omakorda on üldisemaks ökosüsteemide ja inimühiskonna toimimise aluseks, puhverdades muuhulgas ka kliimamuutuseid.
- Mõnedele sotsiaalsetele/kultuurilistele teenustele on kliimamuutustel positiivne mõju.
- Selleks, et vähendada kliimamuutuste negatiivset mõju ning võimendada positiivset, on vajalik (riiklike) teaduspõhiste leevendus- ja kohanemismeetmete väljatöötamine ja rakendamine.
- AdaptEst projekti raames loodav kliimaandmestik on selleks otstarbeks sobiv ning kättesaadav. Baasandmeid saab igaüks kasutada selleks, et neid teiste valdkondade andmetega kombineerida, kliimamuutusega kaasnevaid muutuseid hinnata ning kestlikke tulevikulahendusi välja töötada.

