RANNIKUMERE ÜLEUJUTUSED EESTIS – RISKID, SEIRE JA VALMISOLEK

Rivo Uiboupin
Meresüsteemide instituut
Tallinna Tehnikaülikool

15.10.2025

TÄNAVU MÖÖDUS 20 AASTAT JAANUARI TORMIST, MIS OMAL AJAL ANDIS TÕUKE MERETASEME SEIRE- JA PROGNOOSITEENUSTE ARENGULE EESTIS

KESKKONNAAGENTUUR

Otsing

Keskkonnaseire ja analüüsid | Teenused ja aruandlus | Ilm ja kliima | Asutus, uudised ja kontakt | Kriis.ee

Uudised > 2005. aasta jaanuaritorm kiirendas ilmateenistuse arengut

2005. aasta jaanuaritorm kiirendas ilmateenistuse arengut

09.01.2015 | 11:50

2005. aasta jaanuaritorm kiirendas ilmateenistuse arengut

ERR.ee UUDISED TV RAADIO LASTELE JUPITER

novaator UUDISED TEADUS 3 MINUTIGA MEEDIATAIP ERIPROJ

Jaanuaritorm muutis kardinaalselt Eestis ilma ennustamist

LOODUS

Sandra Saar
03.01.2025 15:53

Kuula artiklit 7 min

Foto: Priit Mürk/ERR

Täna möödub 10 aastat viimaste aegade suurimast tormist, mis on saanud vaikival kokkuleppel jaanuaritormi nime. Palju purustusi ja kõneainet põhjustanud torm oli

ERR kasutab oma veebilehtedel http küpsiseid. Kasutamist jätkates nõustute kõikide ERR-i veebilehtede küpsiste seadetega

ERR.ee UUDISED TV RAADIO LASTELE JUPITER

uudised EESTI ARVAMUS MAJANDUS VÄLISMAA KULTUUR SPORT EETER TE

Päästeamet Surju hooldekodu siiski ei evakueeri

EESTI
03.01.2025 14:04
Uuendatud: 03.01.2025 18:47

Kuula artiklit 2 min

Foto: Üleujutus Surjus. Autor/allikas: Verner Vilgas/ERR

TAL TECH
MERESÜSTEEMIDE INSTITUUT

VEETASEME SEIRE JA PROGNOOS: KELLELE, MIKS JA KUIDAS?

- 2005 jaanuari torm näitas, et **olukorrateadlikkuse parandamiseks ja kriisireguleerimiseks rannikul** on veetasemeinfosüsteem hädavajalik **riigi teenus**.
- **Sadamad** kasutavad oma akvatooriumis olevaid **mõõtejaamasid igapäevase töö planeerimiseks**.
- **Omavalitsused** pakuvad vajalikku infot oma **kodanikele**.
- **Operatiivne mudelprognoos** rannikutegevuste planeerimiseks ja **kriisideks valmistumiseks.**
- **Üleujutuste kaardistamine satelliitpiltidelt**, et saada infot piirkondadest, kus vaatlusjaamasid pole
- **Kliima projektsioonid** ja kaugseirepõhised üleujutusalade kaardistused (esinemisagedus), et toetada **planeeringuid ja arendusi rannikutsoonides.**

- **Parimate praktikate jagamine:** tänu Euroopa koostööpartneritele (Mercator Ocean ja ECMWF) ja Eesti partneritele saame **viia Eesti arendused Euroopasse ja tuua Euroopa arendused Eestisse.**
- Veetaseme seire ja prognoosi teenuse näol on tegemist laiatarbe teenustega, mille klikke (kasutuskordasid) loendatakse miljonites. Ilmselt **Eesti inimesed ja ettevõtted vajavad veetaeme infot**.

MERCATOR OCEAN INTERNATIONAL

ECMWF

KESKKONNAAGENTUUR

SAARTE LIINID

TALLINNA SADAM

RIIGI KAITSEINVESTEERINGUTE KESKUS

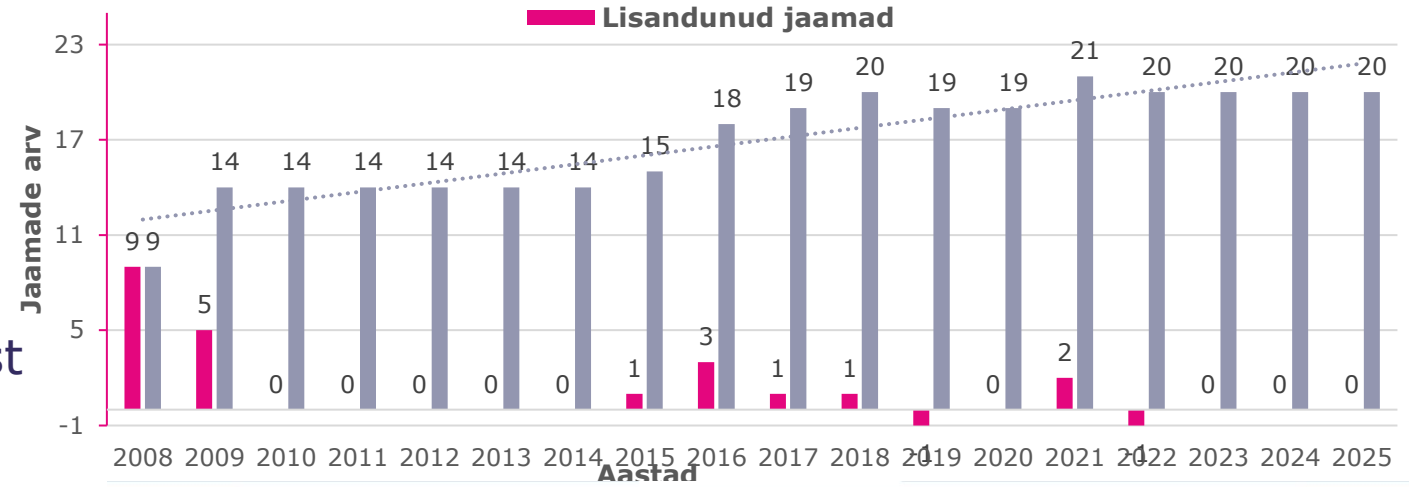
TAL TECH MERESÜSTEEMIDE INSTITUUT

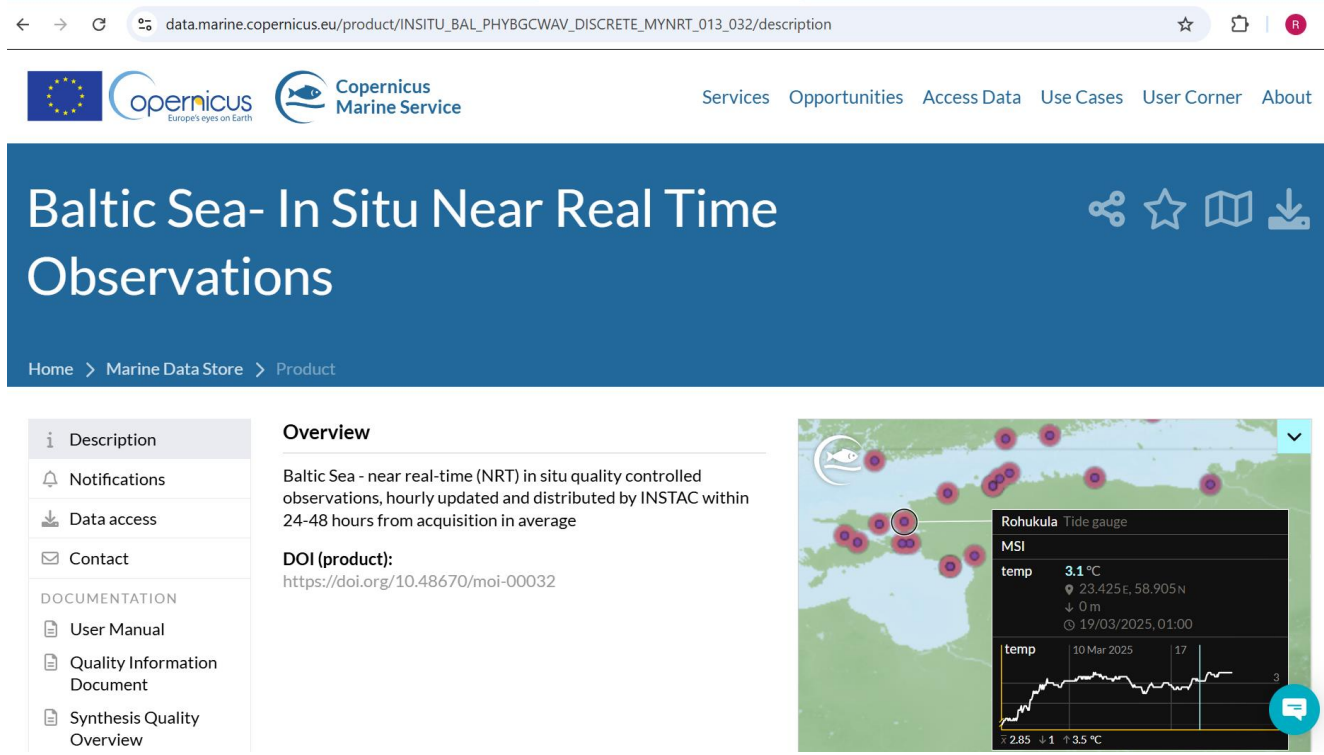
VIIMSI

MÕÕTEJAAMAD RANNIKUL 2005-2025

- KAUR'il jaamda pakuvad head ühtlast katvust üle kogu Eesti ranniku
- MSI opereeritavad jaama paiknevad vastavalt kasutajate/ettevõtete spetsiifilistele soovidele ja teadusuuringute vajadustele.
  - Tulevikus lisanduvad uued jaamad vastavalt kasutajate soovidele.

- **Ranniku veetaseme jaamade andmed kättesaadavad ka Copernicuse mereteenuses: https://marine.copernicus.eu/**





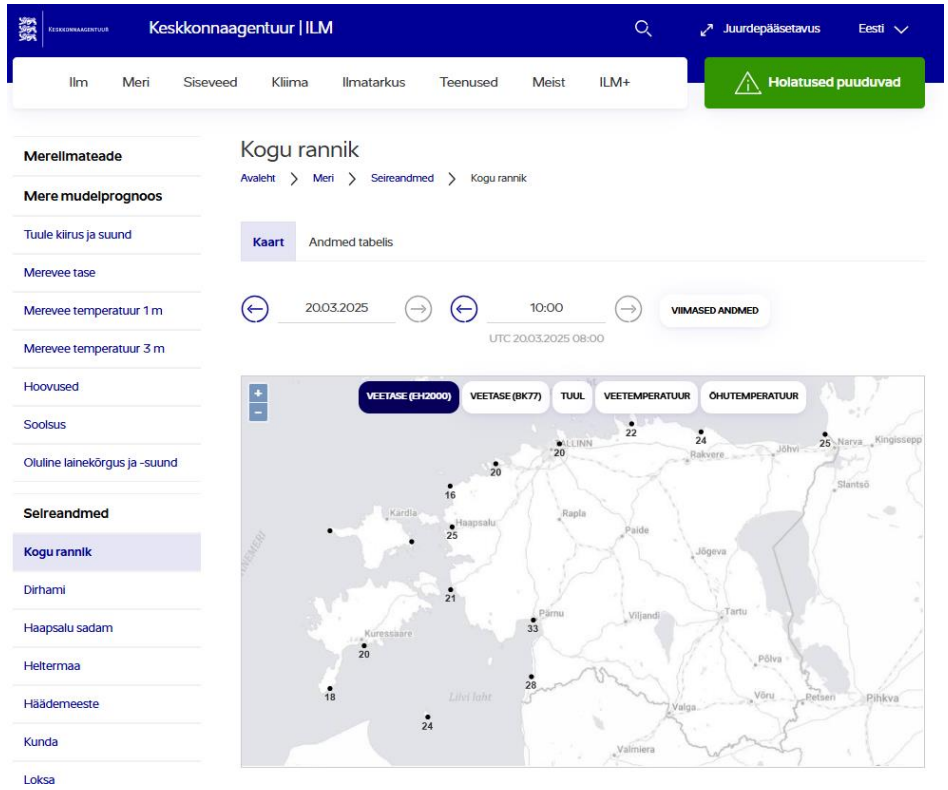
LLMEV25003 "Copernicus merekeskkonna seireteenused Läänemere seire ja prognoosikeskuses COP2ph2" (01.12.2024–30.06.2028); Vastutav täitja: **Priidik Lagemaa**; Tallinna Tehnikaülikool,Meresüsteemide instituut; Finantseerija: **Mercator Ocean International**.

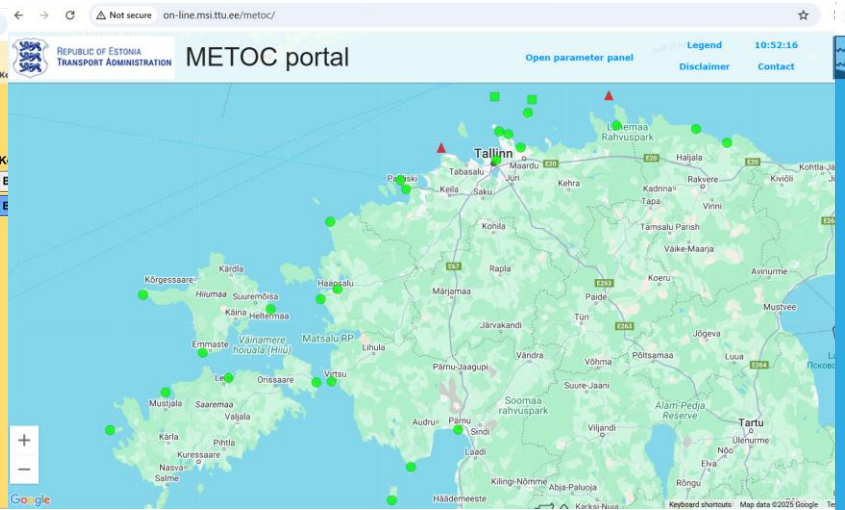
MERETASEME INFOSÜSTEEMID

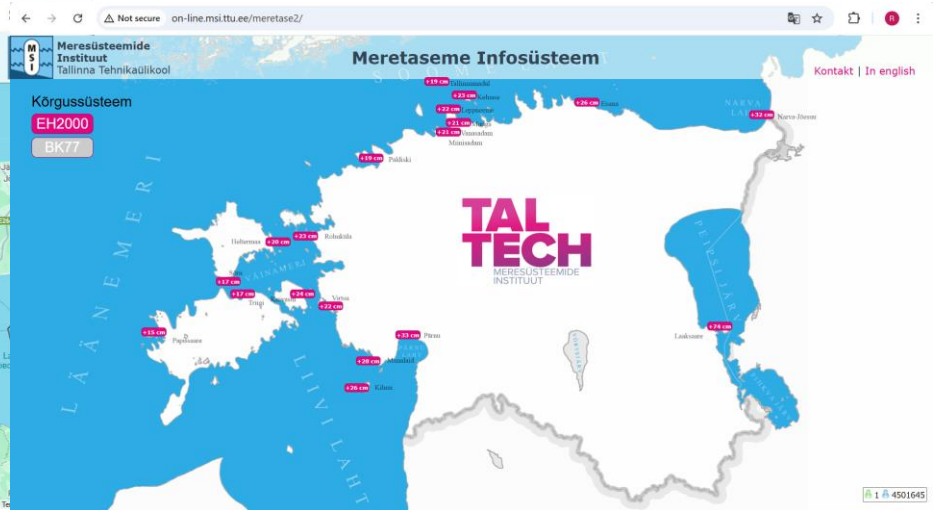
- Eestis terviklikult on hea ranniku veetaseme jaamade katvus

- Vajadus “virtuaalsete” jaamade järele asukohtades, kuhu jaama paigutamine ei ole finantsiliselt otstarbekas ja avamerel.

- “Virtuaalsete” jaamade kasutamine eeldab mudelprognoosi ja järelanalüüsi andmete kavaliteedi parandamist.







MERETASEME PROGNOOS ARENG

Esimese prognoosisüsteemi käivitamisest Eestis 2005 kuni Läänemere idasosale fokuseeritud digitaalse kaksiku lahendusteni ECMWF töövoos 2025

2005 — Mereprognooside käivitamine Eestis (KIK'i projekt)

2009 — Rahvusvahelise Hiromb mudlei käivitamine (MyOcean -> hiljem Copernicus)

2009 — Hiromb-EST mudeli/teenuse käivitamine Eestis

2014 — Üleminek Hiromb-Boos mudelile (HBM mudel)

2015 — Üle-euroopalise Copernicuse mereteenuse käivitumine

2022 — NEMO-EST mudeli käivitamine KAURis

2023 — AI komponendi HIDRA2 arendamine Läänemere jaoks

2025 — AI põhise prognoosi (HIDRA2) operatiivne rakendamine ECMWF'i töövoos (Destination Earth, DE330)

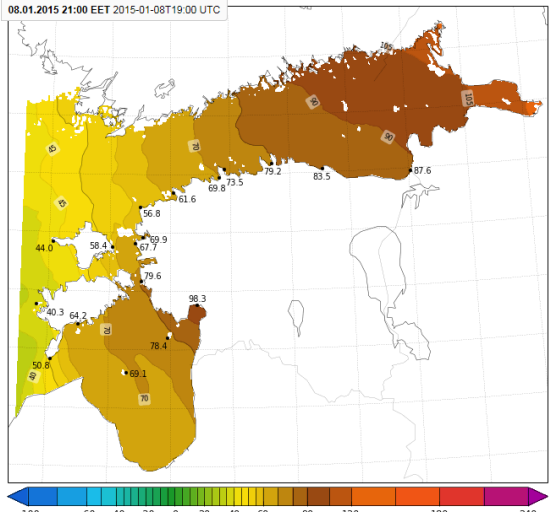
2026 — NEMO kõrglahutuslik vajaduspõhise digitalse kaksiku teenuse rakendamine ECMWFs (Destination Earth, DE330)

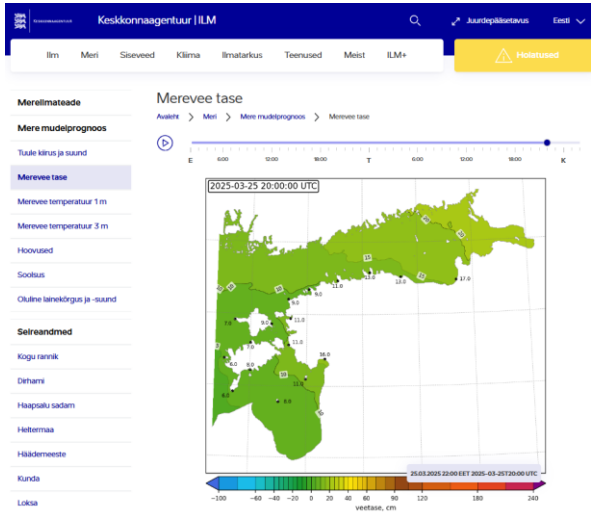
MERCATOR OCEAN INTERNATIONAL

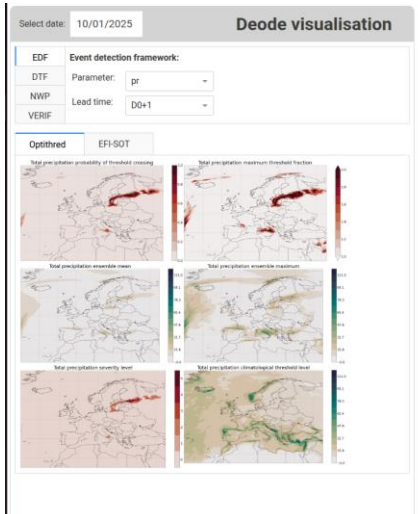
ECMWF

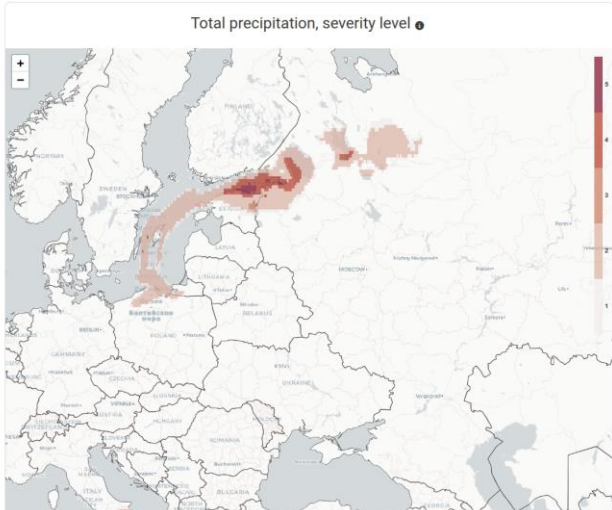
KESKKONNAAGENTUUR

TAL TECH MERESÜSTEEMIDE INSTITUUT





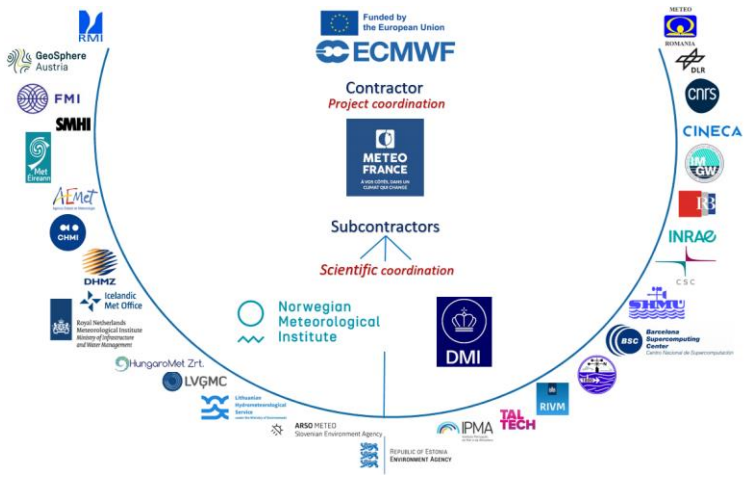


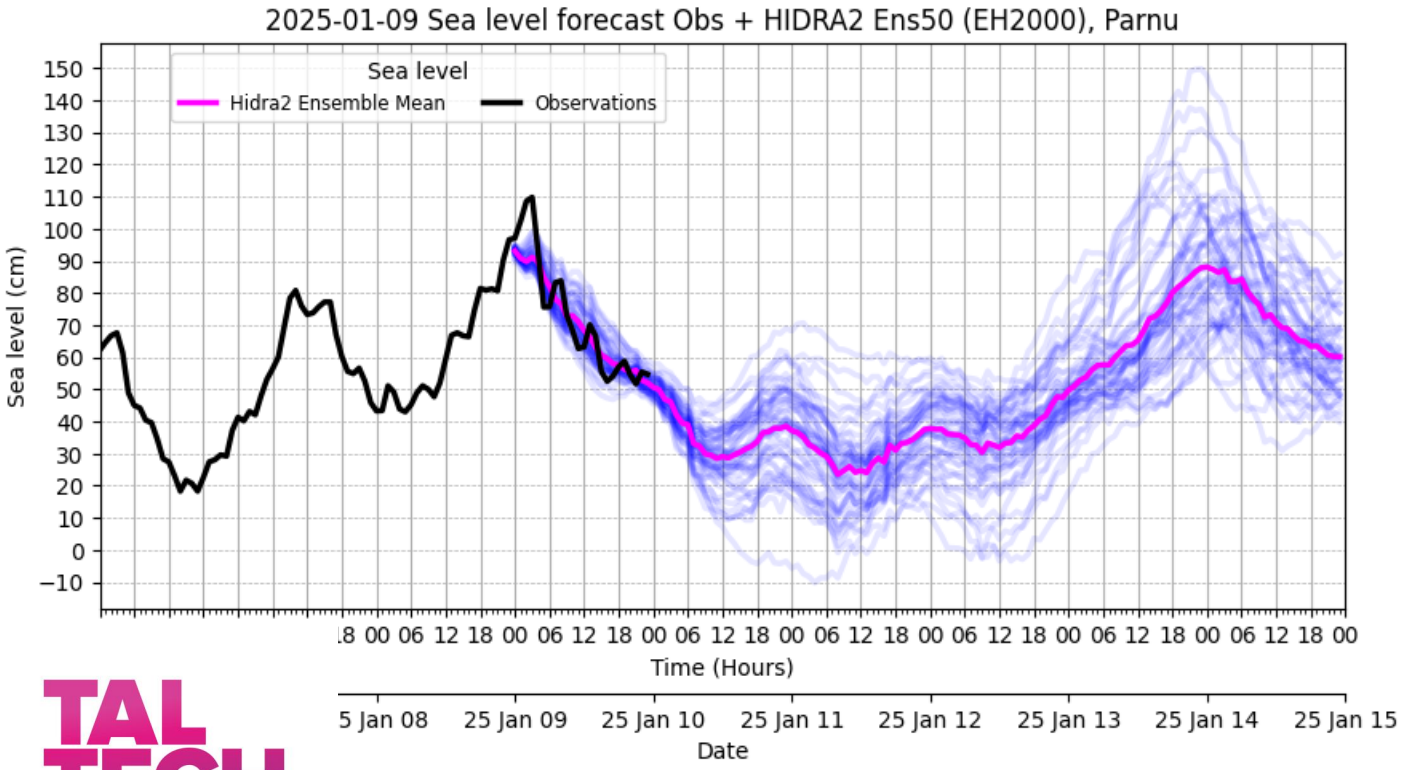


Destination Earth On-Demand Digital Twin (DE330)

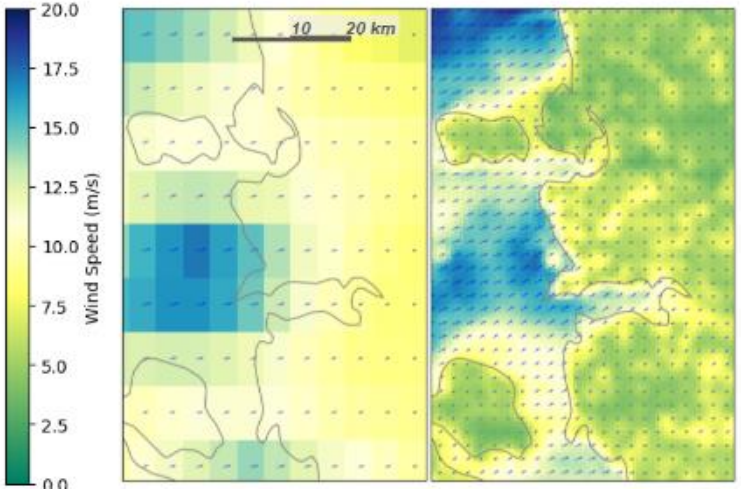
AI-põhine prognoos ekstreemsete sündmuste varajaseks tuvastamiseks Läänemerel

1. HIDRA2 mudel - ekstreemsete sündmuste tuvastamine +144h ette kasutades tõenäosuslikku (erinevad stsenaariumid) AI-põhist mereilma prognoosi
2. ECMWF kõrglahutuslike (500m) meteoväljade rakendamine meretaseme ja lainetuse prognoosiks ->”mis-siis-kui” stsenaariumid.





The case study of 2023 Oct 5…7



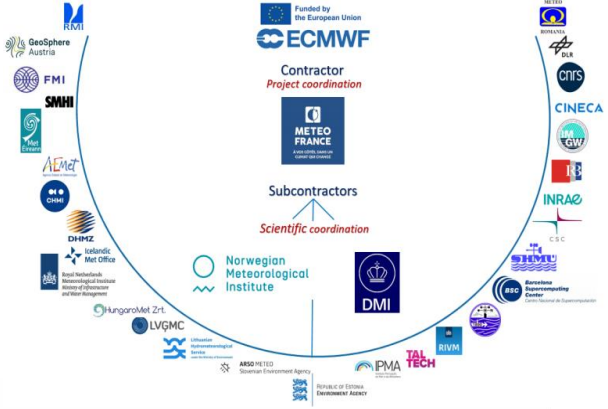
Barzandeh, A., Rus, M., Ličer, M., **Maljutenko, I., Elken, J., Lagemaa, P., and Uiboupin, R.**: Application of HIDRA2 Deep Learning Model for Sea Level Forecasting Along the Estonian Coast of the Baltic Sea, EGUsphere, https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-3691, 2024.

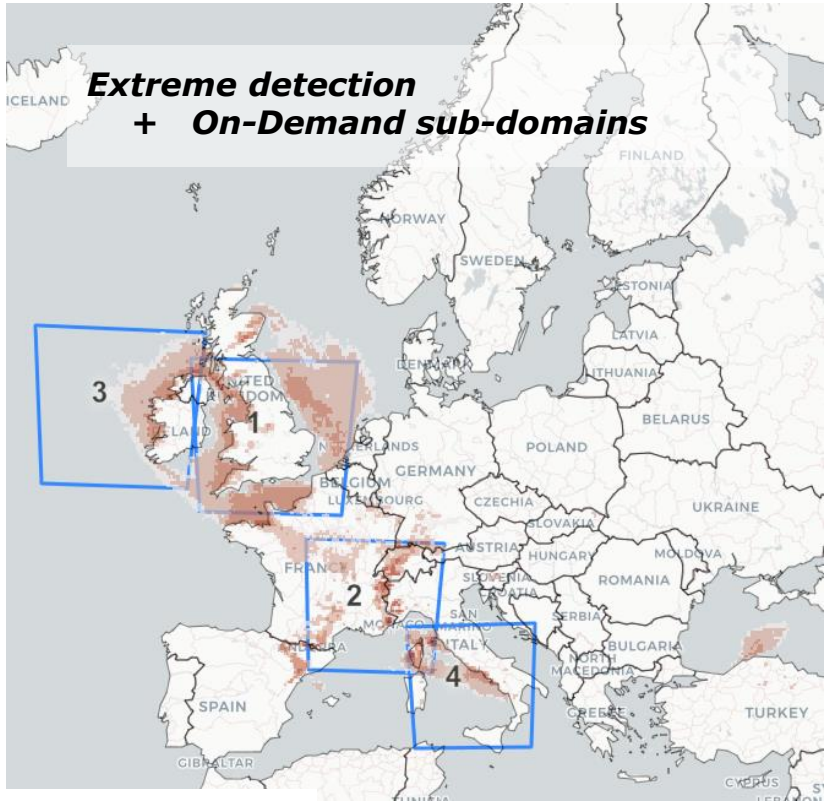
LLMAV22111 "Destination Earth: digitaalne kaksisk ekstreemset sündmuste vajaduspõhiseks analüüsiks" (1.09.2022–30.04.2026); Vastutav täitja: **Rivo Uiboupin/Ilja Maljutenko**; Tallinna Tehnikaülikool, Meresüsteemide instituut; Finantseerija: **Meteo-France** (MF), European Centre for Medium-Range Weather Forecast (**ECMWF**).

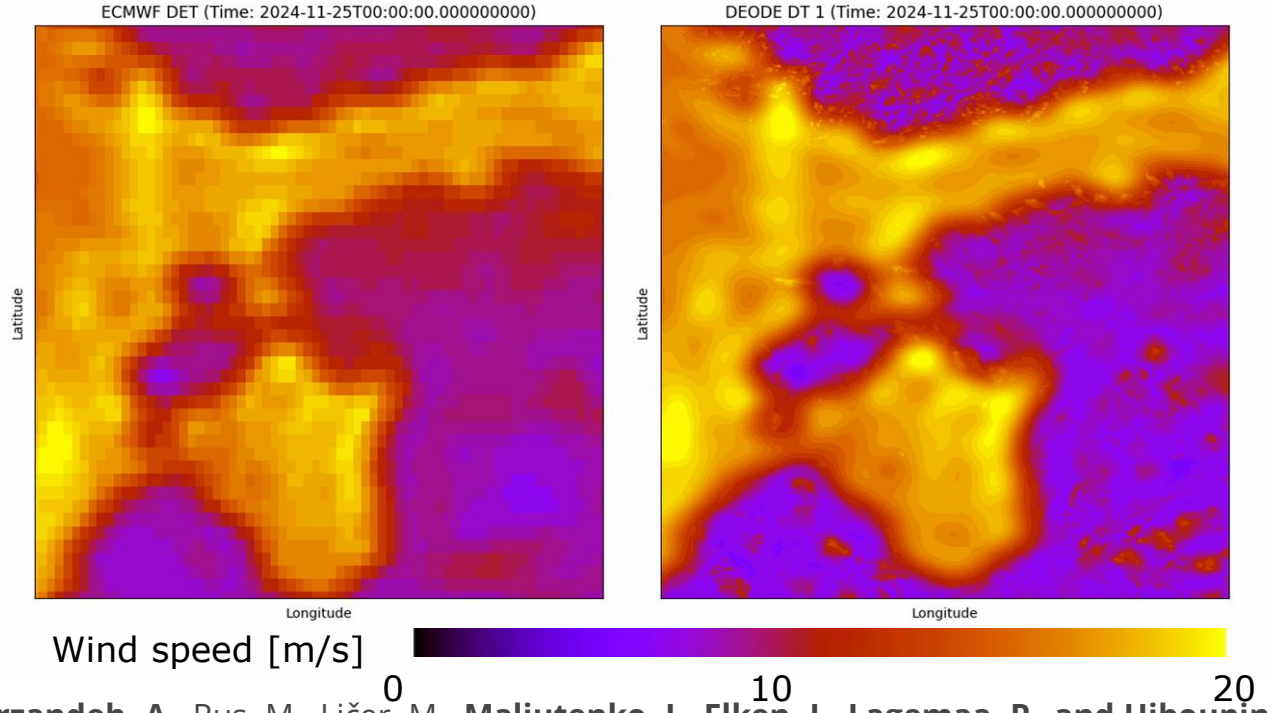
TAL TECH
MERESÜSTEEMIDE INSTITUUT

Destination Earth On-Demand Digital Twin (DE330)
Operatiivne teenus

- **Vajadusepõhised kõrglahutuslikud meteoroloogia väljad (500m) ektreemsete sündmuste (sh. üleujutus) eel ja ajal Läänemeres.**







Barzandeh, A., Rus, M., Ličer, M., **Maljutenko, I., Elken, J., Lagemaa, P., and Uiboupin, R.**: Application of HIDRA2 Deep Learning Model for Sea Level Forecasting Along the Estonian Coast of the Baltic Sea, EGUsphere, https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-3691, 2024.

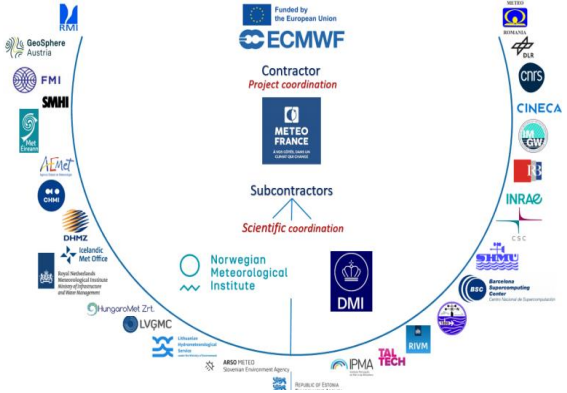
LLMAV22111 "Destination Earth: digitaalne kaksisk ekstreemset sündmuste vajaduspõhiseks analüüsiks" (1.09.2022–30.04.2026); Vastutav täitja: **Rivo Uiboupin/Ilja Maljutenko**; Tallinna Tehnikaülikool, Meresüsteemide instituut; Finantseerija: **Meteo-France** (MF), European Centre for Medium-Range Weather Forecast (**ECMWF**).

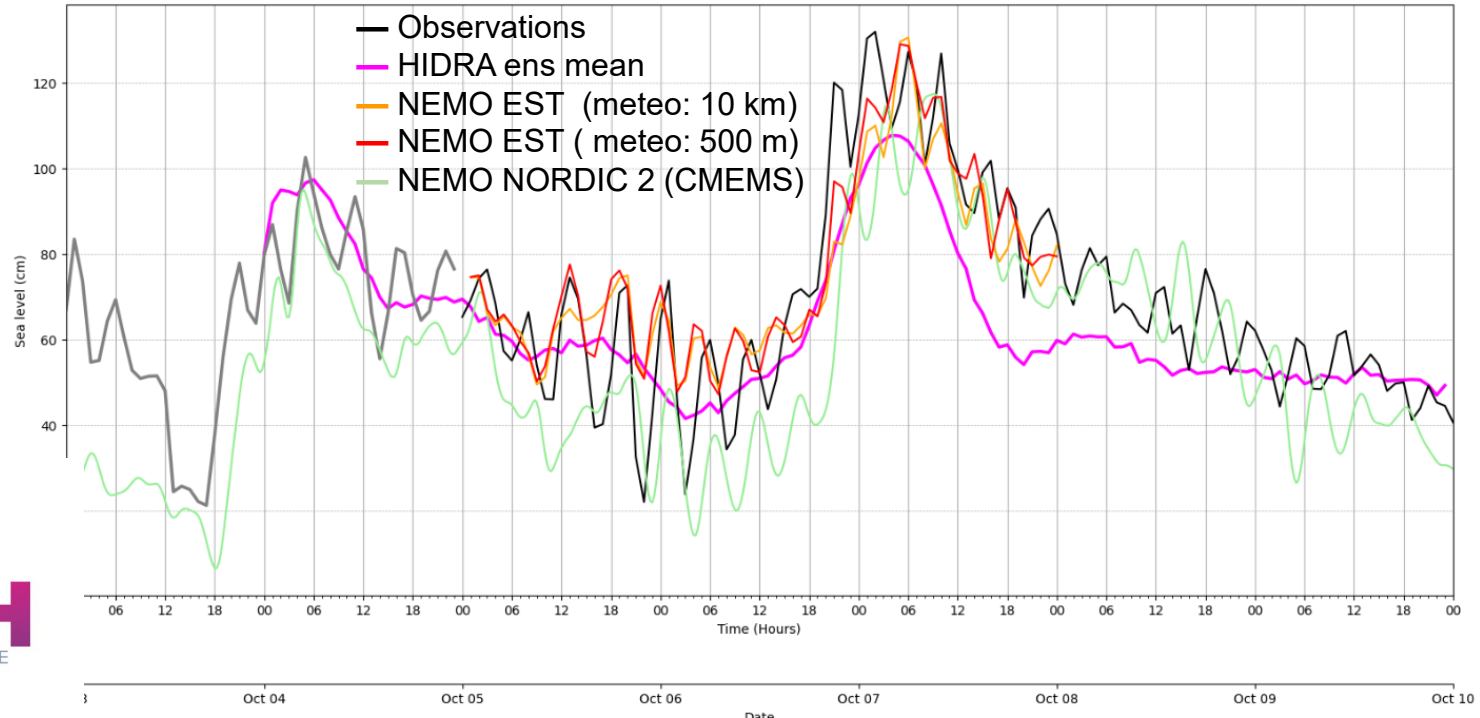
TAL TECH MERESÜSTEEMIDE INSTITUUT

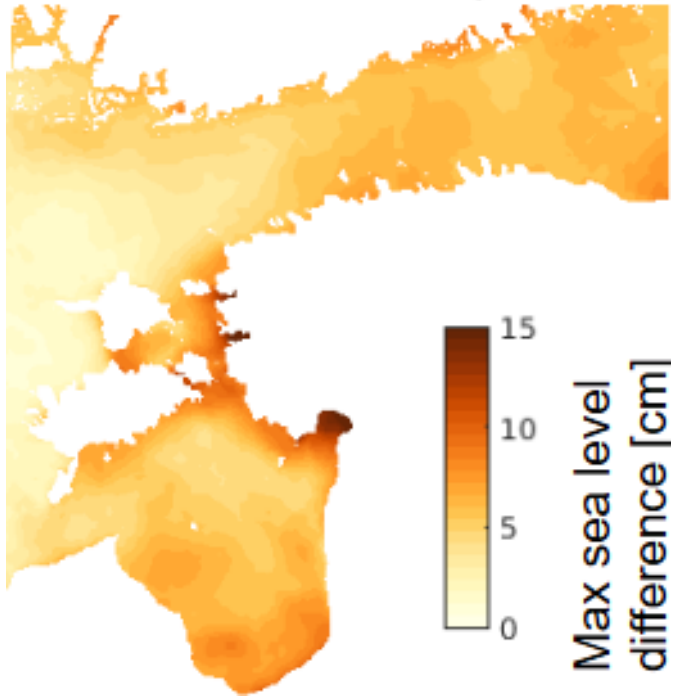
DestinE

Täpsustatud veetaseme prognoos (NEMO-EST)

- Kõrgem meteo väljade lahutus -> täpsem veetaseme prognoos -> erinevus kuni 15 cm.
- ECMWF (DEODE tellija) julgustab liikmesriikide meteoteenistusi (sh.KAUR) kasutama/valideerima *Extreme Detection Framework* (EDF) tulemusi oma tööprotsessis.
- Hetkel Läänemere üleujutuse prognoositeenus pre-operatiivne ja läheb ECMWF'is operatiivseks 2025.







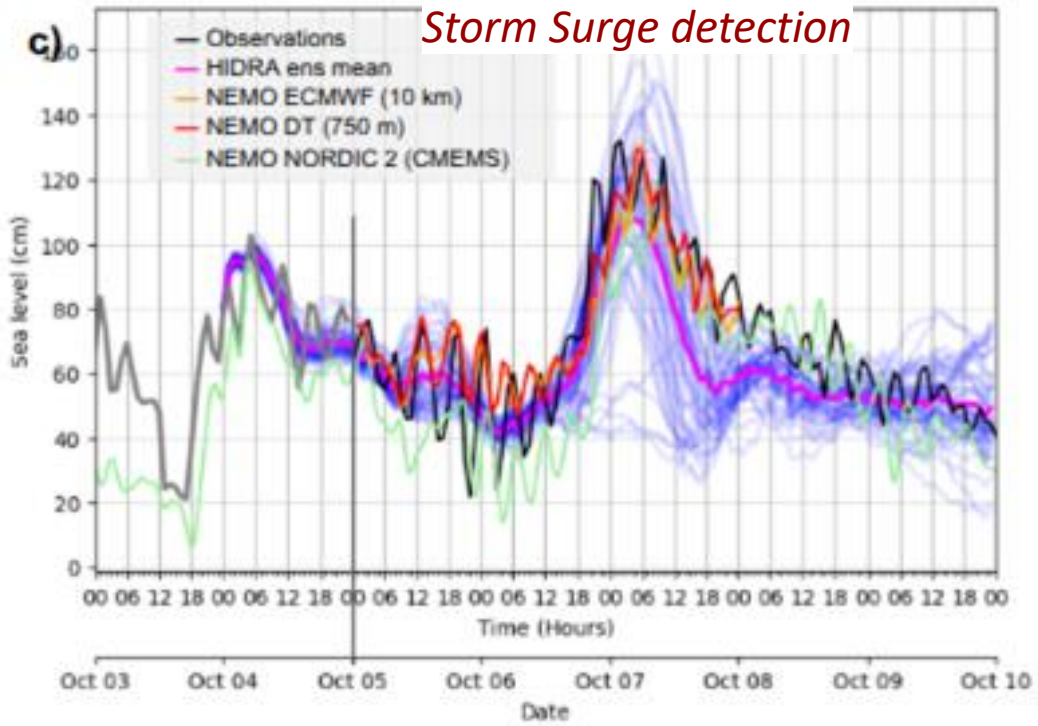
LLMAV22111 "Destination Earth: digitaalne kaksisk ekstreemset sündmuste vajaduspõhiseks analüüsiks" (1.09.2022–30.04.2026); Vastutav täitja: **Rivo Uiboupin/Ilja Maljutenko**; Tallinna Tehnikaülikool, Meresüsteemide instituut; Finantseerija: **Meteo-France** (MF), European Centre for Medium-Range Weather Forecast (**ECMWF**).

TAL TECH
MERESÜSTEEMIDE INSTITUUT

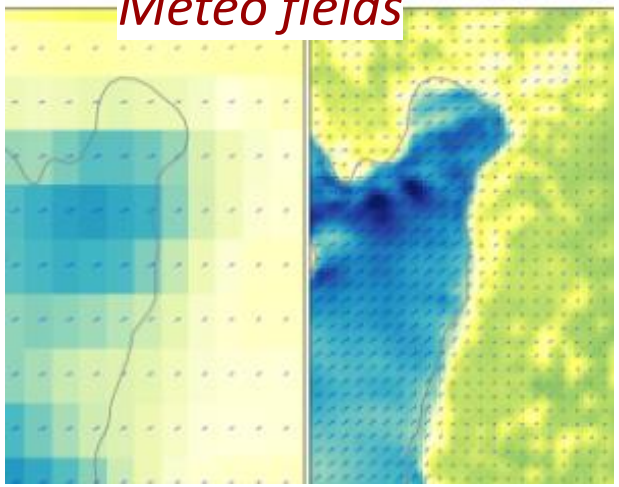
DEODE USECASE demonstrators

Case 2: Storm Surge Detection and Prediction

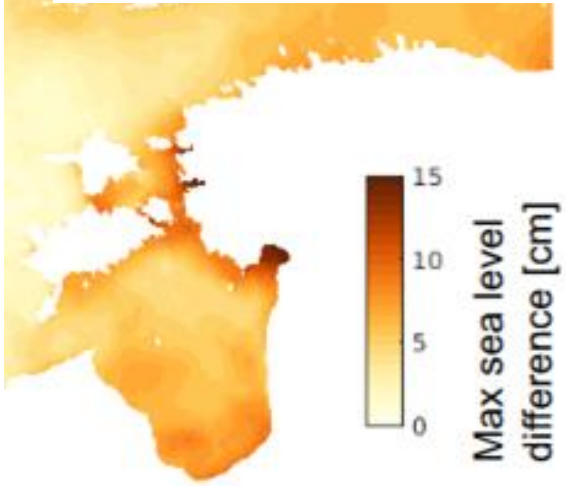
Early Sea Surface Height ensemble predictors for Storm Surge detection



High resolution DEODE Meteo fields



Improved estimation of Sea Surface Height increase



TAL TECH

Republic of Estonia Environment Agency

TAL TECH Department of Marine Systems

Extreme Detection framework

Destination Earth ECMWF

Select date: 16/11/2024

Deode visualisation

EDF
DTF
NWP
VERIF

Deode triggering framework:

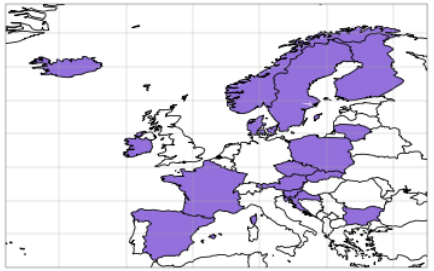
Event: storm mask: no_mask

Lead time: D0+1

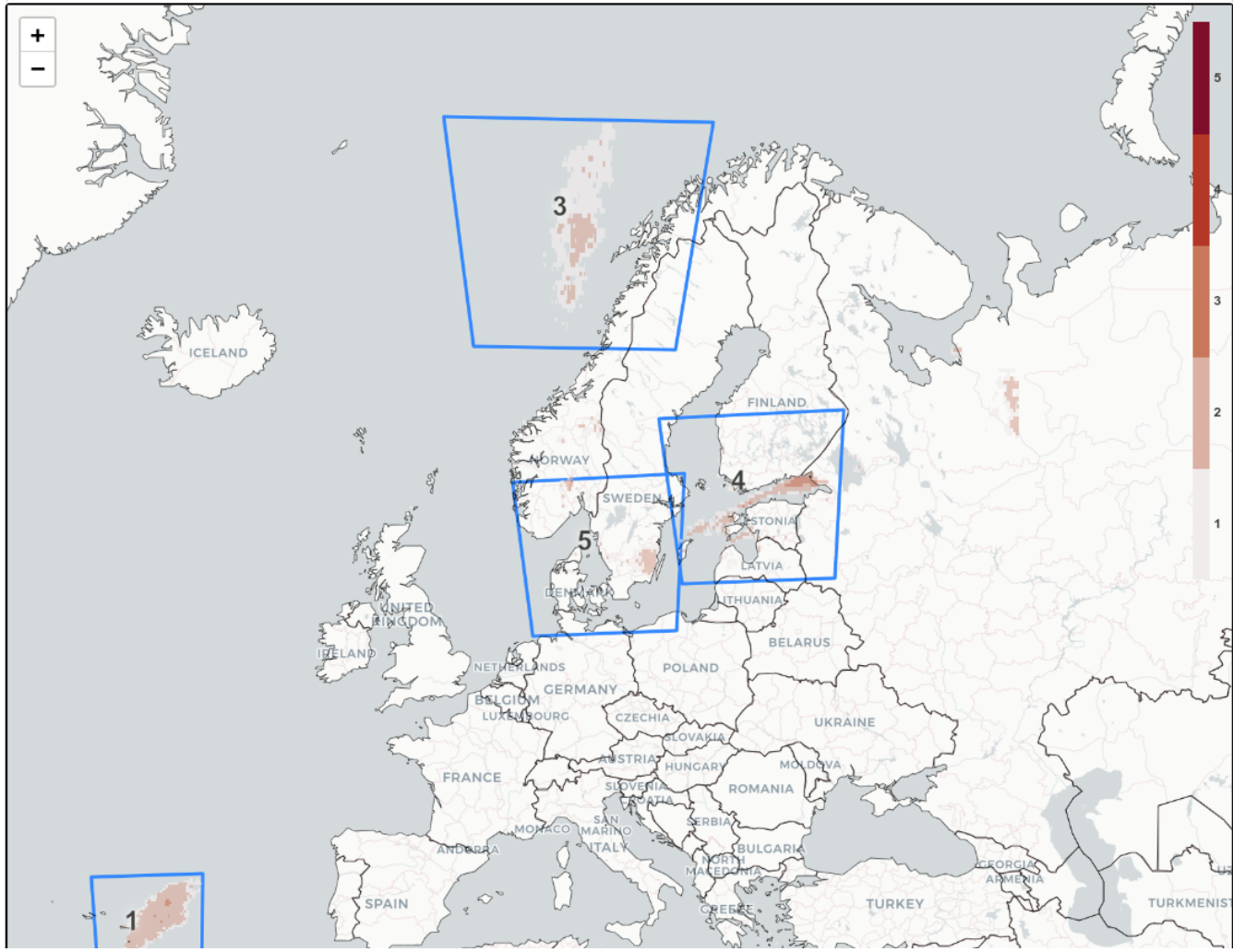
domain-1 | domain-2 | domain-3 | domain-4 | domain-5

```
[general]
event_type = "storm"

[domain]
xloncen = -23.62580112570356
xlatcen = 37.74306573247907
number = 1

[general.times]
start = "2024-11-16T00:00:00Z"
forecast_range = "P2D"
```

storm



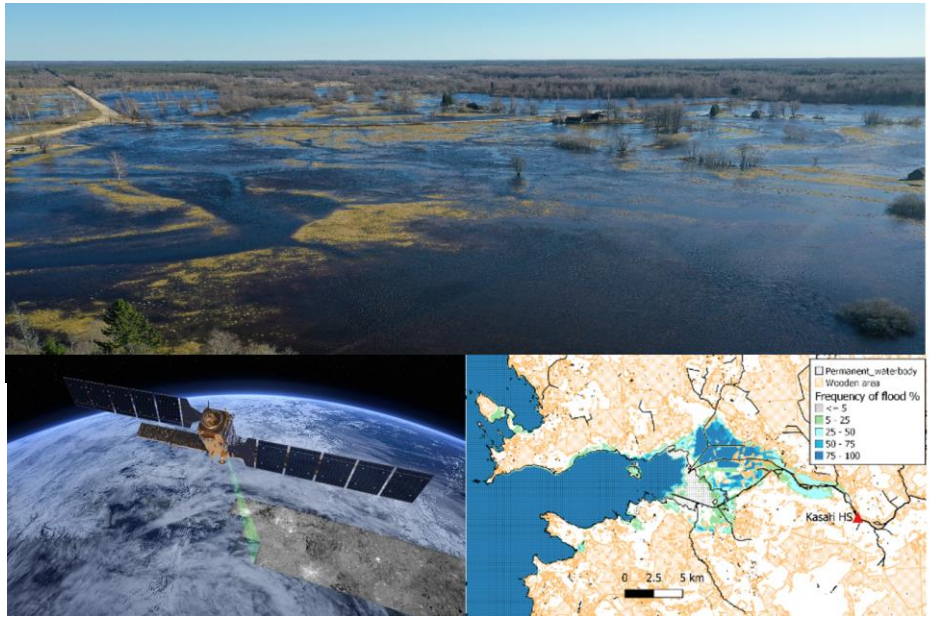
Suggested domains for 'storm' events

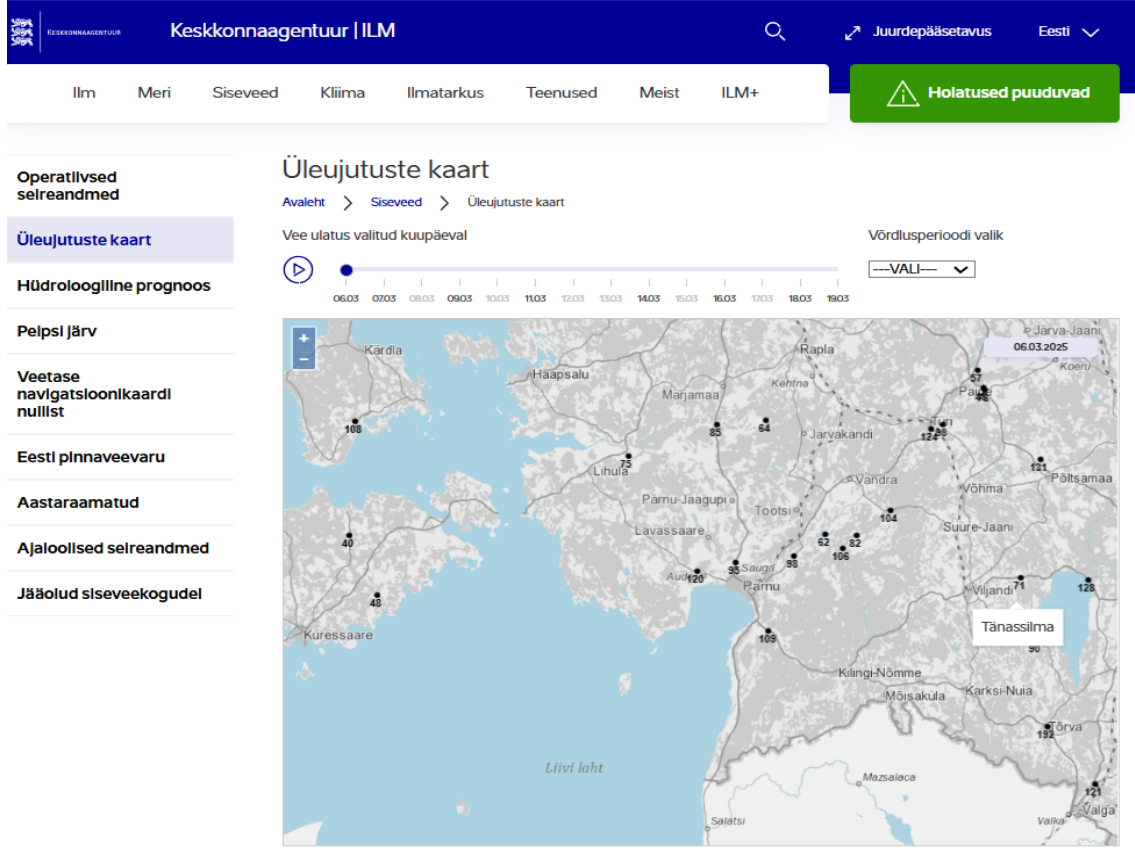


TAL TECH MERESÜSTEEMIDE INSTITUUT

KAUGSEIRETEENUS ÜLEUJUTUSTE KAARDISTAMISEKS (OPERATIIVNE ALATES 2024)

- Sentinel-1 satelliidi andmetel põhineval teenusel on kaks funktsiooni:
  - Operatiivne üleujutusalade kaardistamine Sentinel-1 satelliitidelt.
  - Ranniku ja siseveekogudega seotud üleujutuste statistika planeerimisotsute toetamiseks





Tähelepanu! Väljundid võivad olla ebatäpsed piirkondades, kus esineb lumi- ja jääkatet.

Operatiivsel avatud vee ulatuse kaardirakendusel kuvatakse avatud vee ulatust viimase satelliidi ülelennu hetkel **mereranniku, järvedes** (90 suuremat) ning **jõgede luha aladel**. Kaardistuse aluseks on Sentinel-1 satelliitpildid, mille ruumiline lahutus on ca 5×20 m, seega detailsust, mis jääb alla 10 m, ei ole võimalik satelliitpiltidelt hinnata. Igapäevane kaardistus katab Sentinel-1 tehisavaradari ülelennu trajektoori. **Kuna Sentinel-1 vaateala lalus on 250 km, siis ei ole ühe satelliidi ülelennuga kaardistatav kogu Eesti piirkond**. Veebikaardil kuvatud menüüst saab liuguriga liikudes valida kuupäeva, mille ülelennu kaardistust visualiseeritakse.

Sipelgas, Liis, Age Aavaste, and Rivo Uiboupin. 2021. "Mapping Flood Extent and Frequency from Sentinel-1 Imagery during the Extremely Warm Winter of 2020 in Boreal Floodplains and Forests" *Remote Sensing* 13, no. 23: 4949. https://doi.org/10.3390/rs13234949

Projekt

LLMAE21069 "Üleujutuste kaugseire teenuse eksperimentaallahendus" (01.07.2021–30.06.2023); Vastutav täitja: **Liis Sipelgas**; Tallinna Tehnikaülikool, Meresüsteemide instituut; Finantseerija: **Keskkonnaagentuur**;

OPERATIIVNE ÜLEUJUTUSTE KAARDISTAMINE

SURJU ÜLEUJUTUS 2025

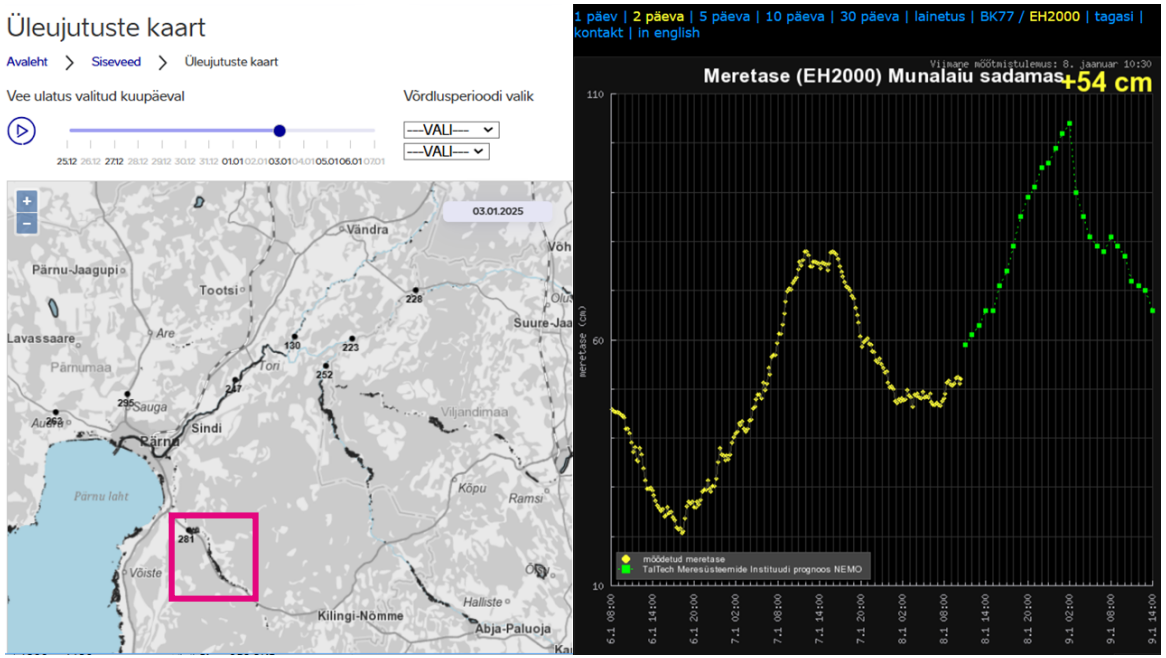
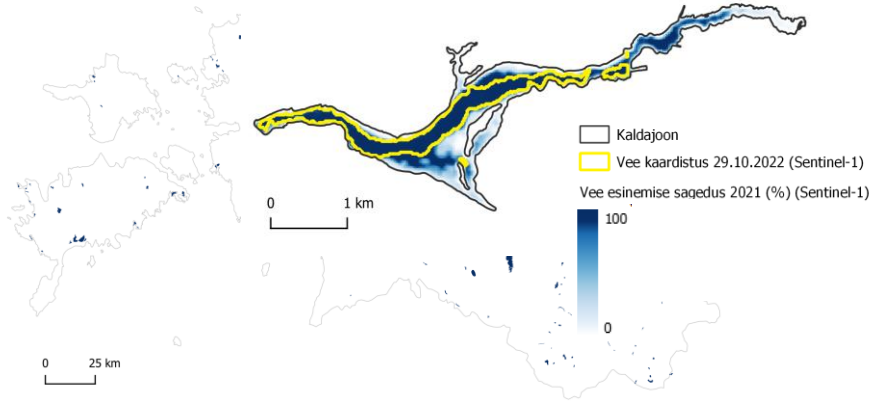


Foto: Üleujutus Surjus. Autor/allikas: Verner Vilgas/ERR

SOODLA VEEHOIDLA: VEERESSURSI MUUTLIKUS



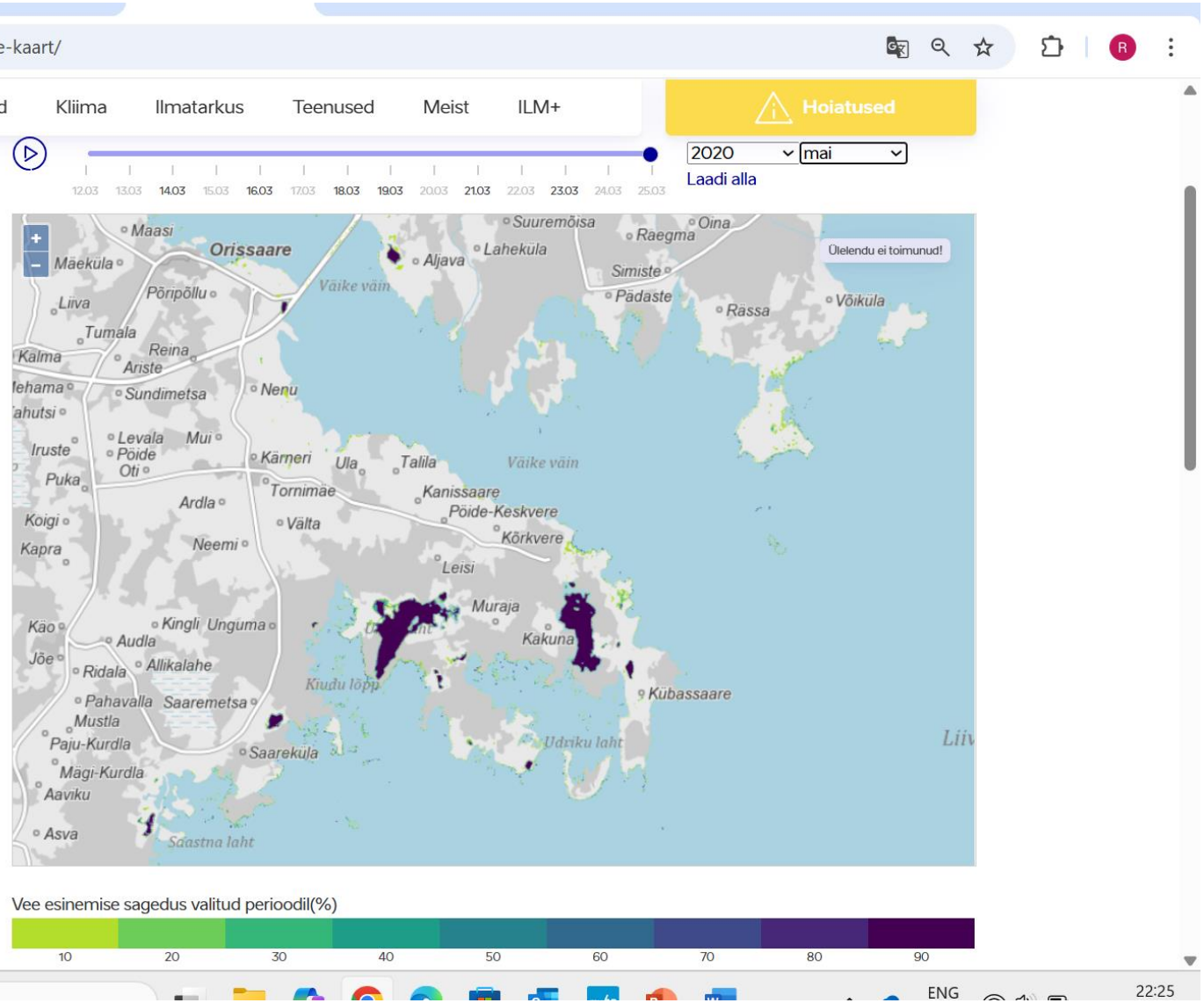
TAL TECH
MERESÜSTEEMIDE INSTITUUT

Sipelgas, Liis, Age Aavaste, and Rivo Uiboupin. 2021. "Mapping Flood Extent and Frequency from Sentinel-1 Imagery during the Extremely Warm Winter of 2020 in Boreal Floodplains and Forests" *Remote Sensing* 13, no. 23: 4949. https://doi.org/10.3390/rs13234949

Projekt

LLMAE21069 "Üleujutuste kaugseire teenuse eksperimentaallahendus" (01.07.2021–30.06.2023); Vastutav täitja: **Liis Sipelgas**; Tallinna Tehnikaülikool, Meresüsteemide instituut; Finantseerija: **Keskkonnaagentuur**;

ÜLEUJUTUSTE STATISTIKA PLANEERINGUTE TOETAMISEKS

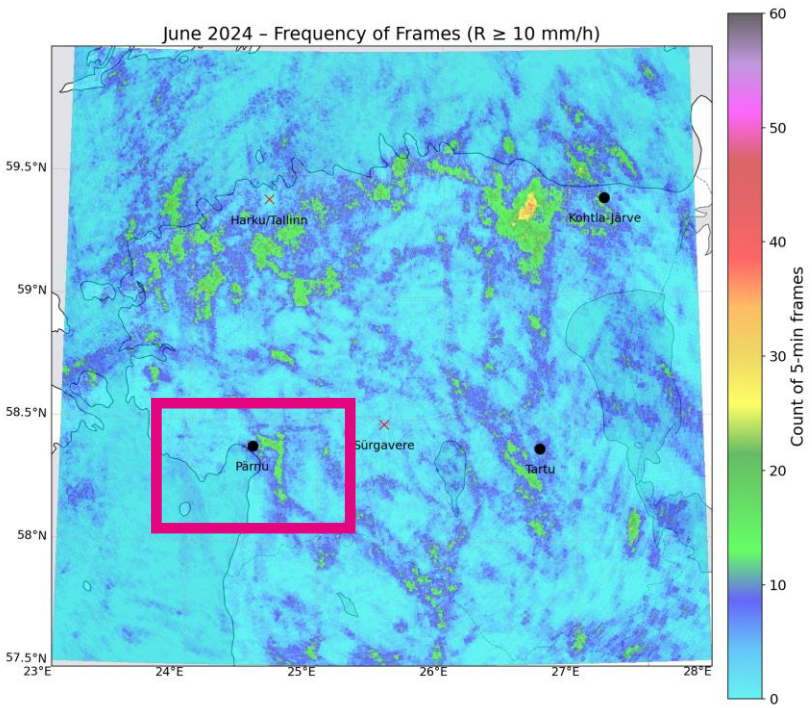


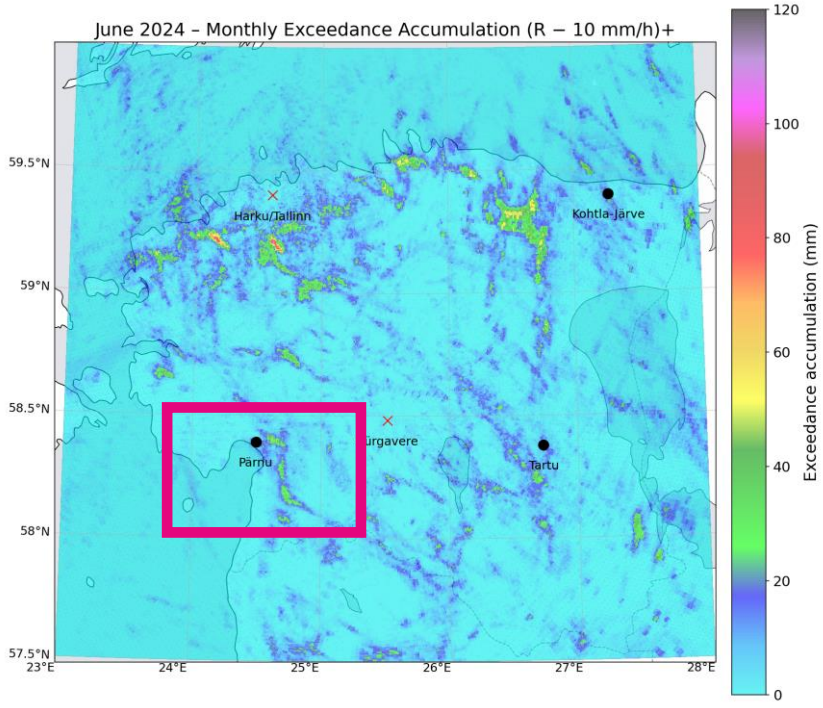
Sipelgas, Liis, Age Aavaste, and Rivo Uiboupin. 2021. "Mapping Flood Extent and Frequency from Sentinel-1 Imagery during the Extremely Warm Winter of 2020 in Boreal Floodplains and Forests" *Remote Sensing* 13, no. 23: 4949. https://doi.org/10.3390/rs13234949Projekt

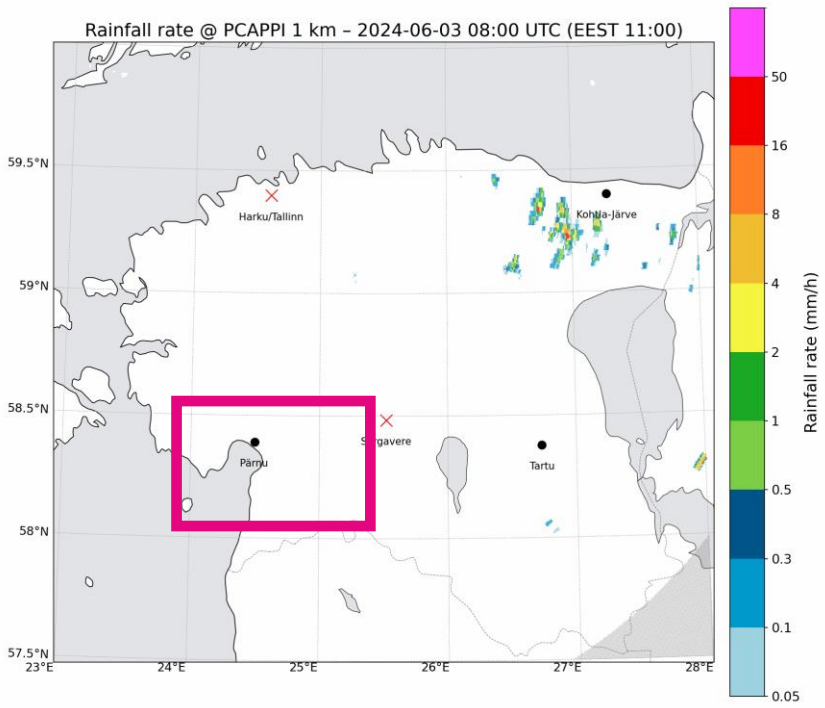
LLMAE21069 "Üleujutuste kaugseire teenuse eksperimentaallahendus" (01.07.2021–30.06.2023); Vastutav täitja: **Liis Sipelgas**; Tallinna Tehnikaülikool, Meresüsteemide instituut; Finantseerija: **Keskkonnaagentuur**;

RADARI KASUTAMATA POTENTSIAAL

- Analoogselt satelliitpiltidega saab kaardistada ka riskipiirkondi Harku ja Sürgavere radaritega.
- Tuvastadasituatsioone, kui meretaseme tõusust tingitud rannikuülejutus ja äkksadudest põhjustatud üleujutus satuvad ühele ajale.







Radar-Based Visualization of a Hailstorm event

Case Study: Southeast Estonia, 22 May 2025

Yee Chun TSOI, Department of Marine Systems, TalTech

Data: Sürgavere radar
Study Period: 22 May 2025, 10:00 – 14:00 UTC

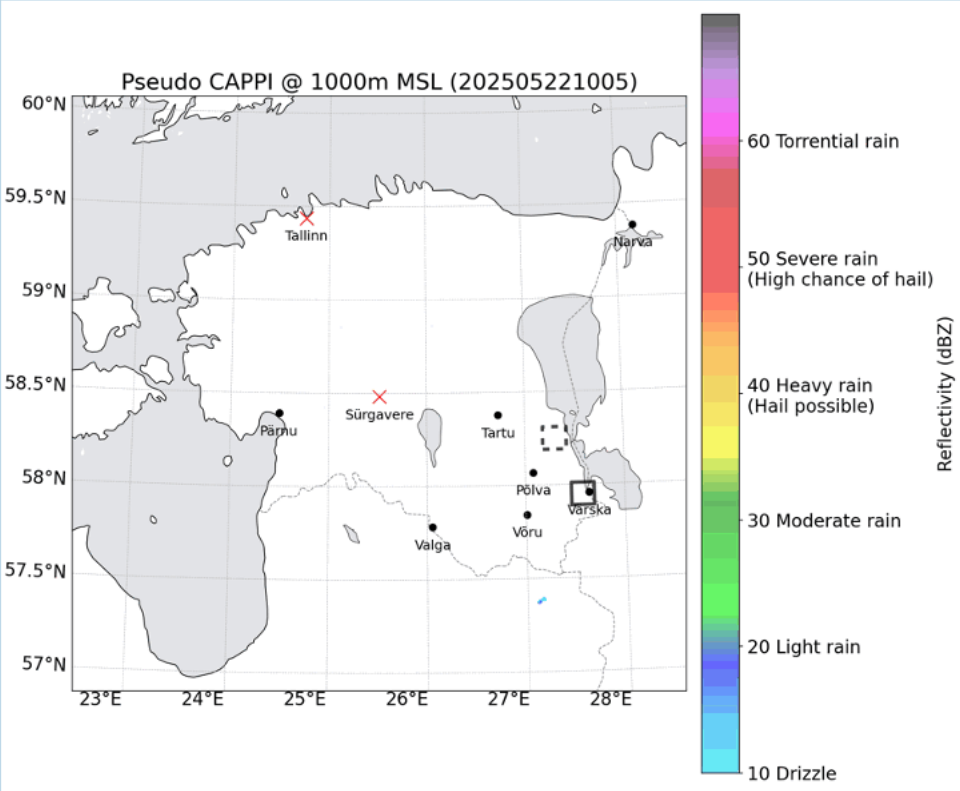
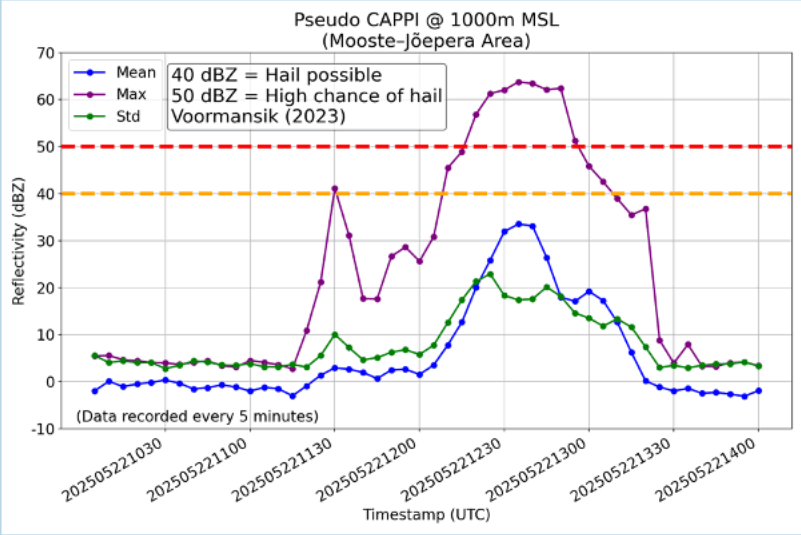


Fig 1. Reflectivity @ 1000m MSL, 22 May 2025 10:05–14:00 UTC

Event A: Mooste → Jõepera (1520 – 1550 UTC)

Event B: Orava → Värska (1555 – 1620 UTC)



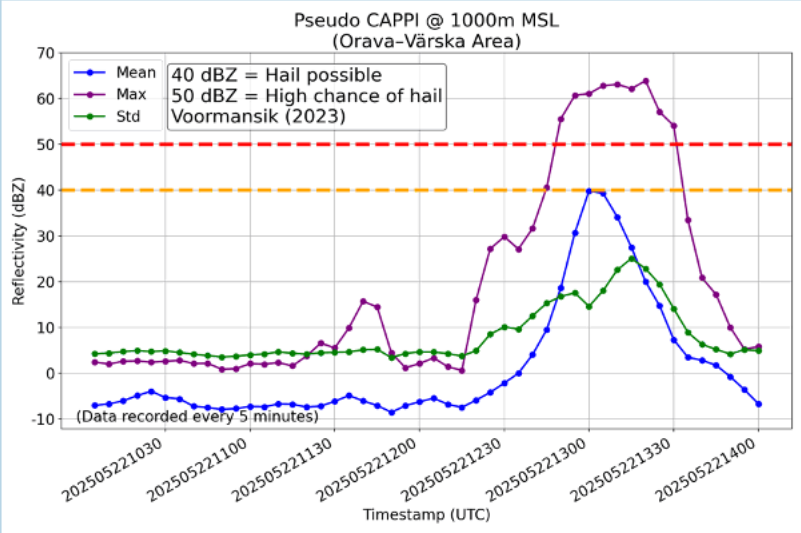


Fig 2. Reflectivity statistics (mean, max, std) in two hail event regions

Radar-Based Visualization of a Hailstorm event

Case Study: Southeast Estonia, 22 May 2025

Yee Chun TSOI, Department of Marine Systems, TalTech

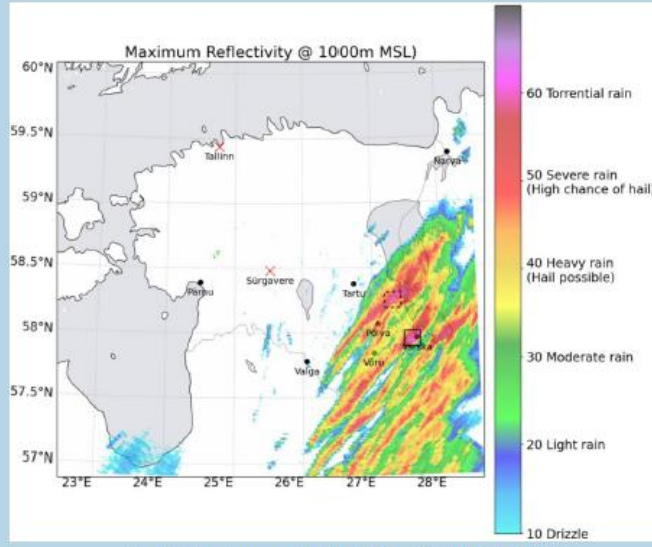


Fig 4. Maximum Reflectivity @ 1000m MSL (22 May 2025, 1000 – 1400 UTC)

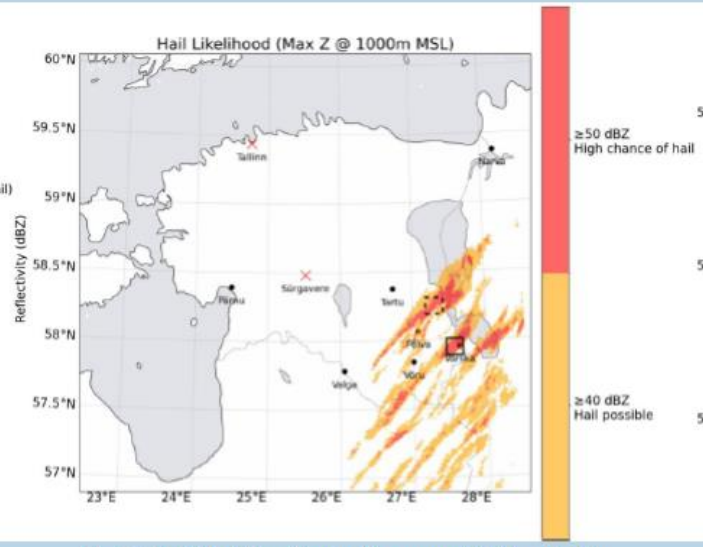


Fig 5. Hail Likelihood with Voormansik's thresholds (22 May 2025, 1000 – 1400 UTC)

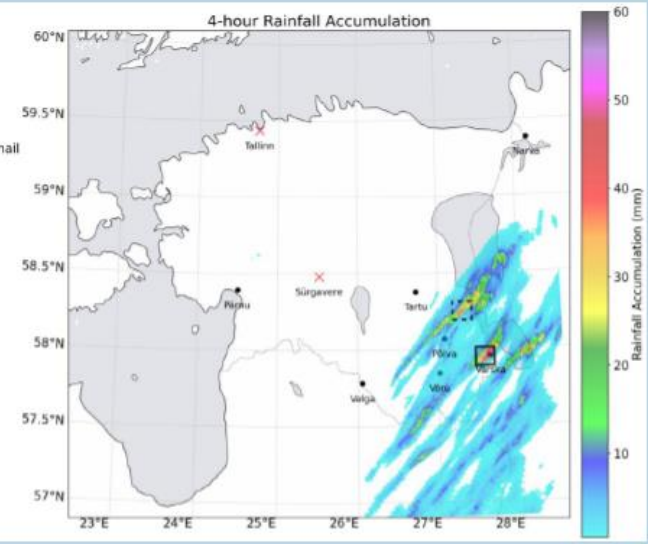


Fig 6. Rainfall Accumulation (22 May 2025, 1000 – 1400 UTC)

Hail can occur in storm cells once maximum reflectivity exceeds about 40 dBZ, but using a 50 dBZ cut-off would would give the best overall hail detection performance in Estonia (Voormansik, 2023).

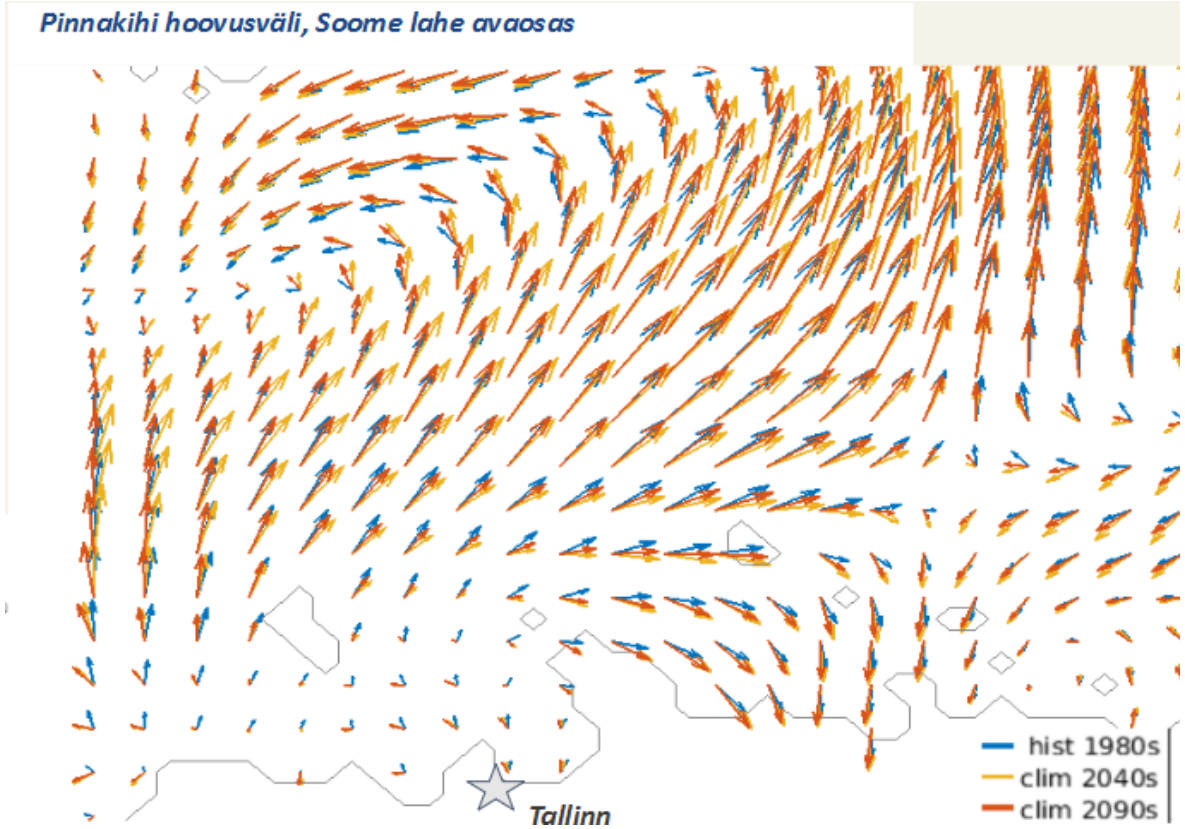
Two narrow strips of heavier rainfall trace the hail tracks over Mooste–Jõepera and Orava–Värska.

Data Source: Estonian Environmental Agency

Processed and Visualized by: Department of Marine Systems, TalTech

VEETASE LÄHIKÜMNENDITEL: KLIIMAPROJEKTSIOONID

- Mere (sh. veetaseme) kliima projektsioonid kuni aastani 2100
- Kõrglahutuslik atmosfääri mudeli info võimaldab paremini esitada rannikuprotsesse ja pakkuda kasutajasõbralikke andmeid/kaarte (nt. sisend kliimaateenustesse)



VEU23019 "Riiklike kliimamuutustega kohanemise tegevuste rakendamine Eestis" (01.01.2023–31.03.2032); Vastutav täitja: **Rivo Uiboupin**; Tallinna Tehnikaülikool, Meresüsteemide instituut (partner); Finantseerija**: Euroopa Komisjon, Keskkonnaministeerium**

MNKE23060 "Kõrglahutuslike atmosfääri väljade andmebaasi koostamine perioodi 1979-2100 kohta" (01.10.2023–31.12.2024); Vastutav täitja: **Aarne Männik**; Tallinna Tehnikaülikool, Meresüsteemide instituut (koordinaator); Finantseerija: **SA Keskkonnainvesteeringute Keskus/Kliimaministeerium**;

TAL TECH
MERESÜSTEEMIDE INSTITUUT

KLIIMAMROJEKTSIOONID:
METEO -> MERETASE

Peenskaleeriv mudel:

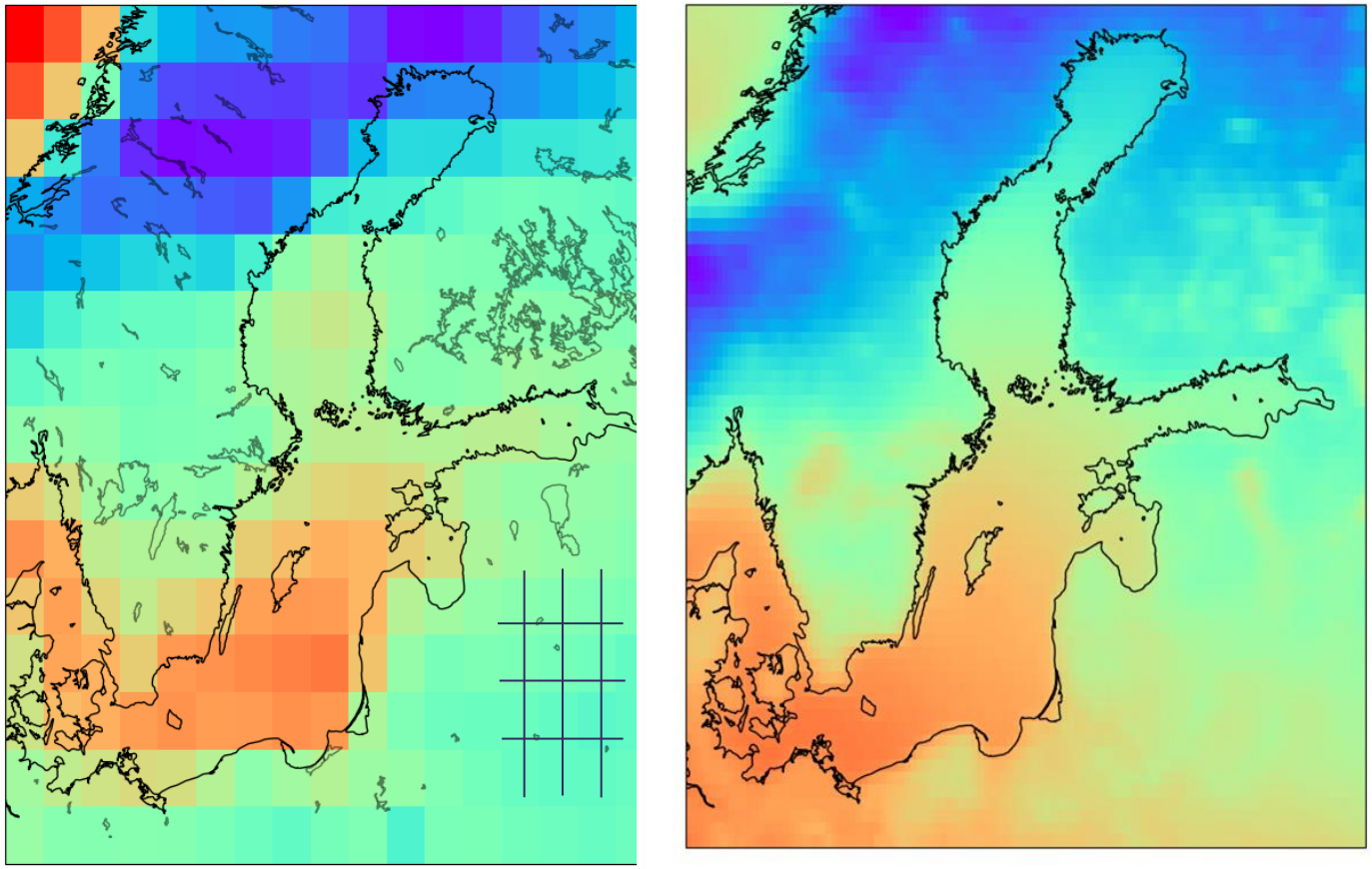
- RCA4 -SMHI Rossby keskuse poolt arendatud regionaalne kliimamudel
- Horisontaalne lahutus 22km ⇒
- Vertikaalis 40 kihti
- Merepinna kohal on muutused kontrastsemad

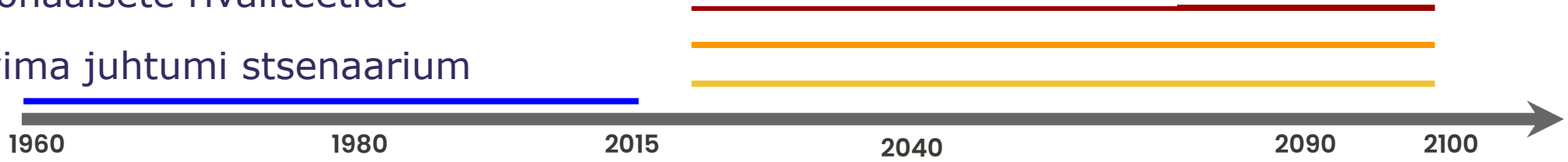
Globaalmudelit on peenskaleeritud aastatele **1960 - 2014**;
3 tuleviku stsenaariumit ajaaknaga **2015 - 2100**:

- SSP245 - "pool rehkendust" stsenaarium
- SSP370 - regionaalsete rivaliteetide stsenaarium
- SSP585 - halvima juhtumi stsenaarium

Globaalse ja Regionaals (peenskaleeritud) mudeli resolutsioon

NOR 100 km | **RCA 22 km**



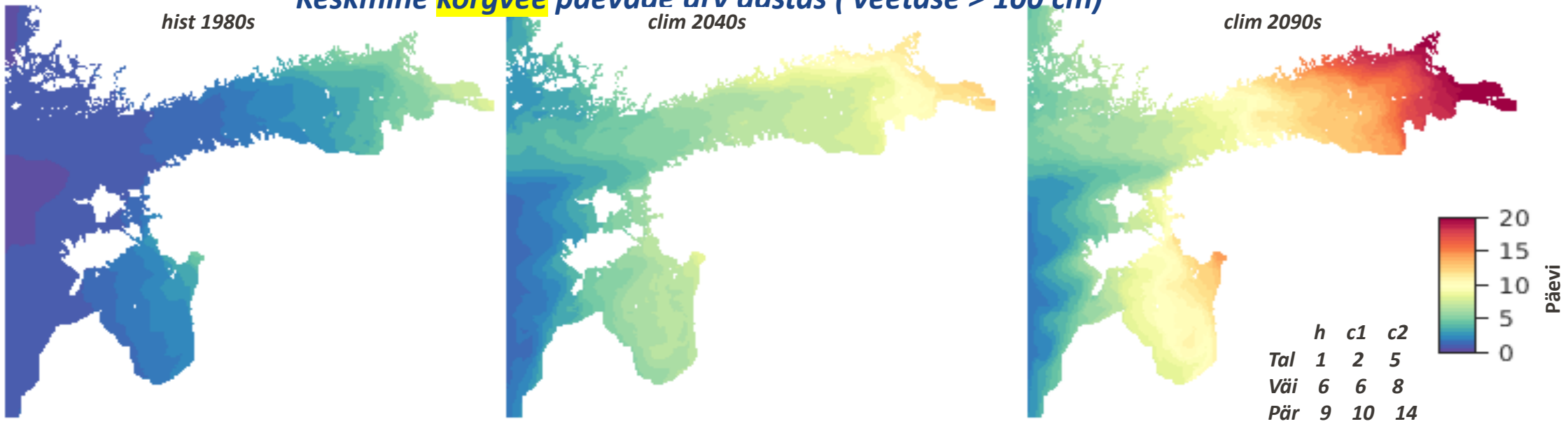


TAL TECH
MERESÜSTEEMIDE INSTITUUT

MNKE23060 "Kõrglahutuslike atmosfääri väljade andmebaasi koostamine perioodi 1979-2100 kohta" (01.10.2023–31.12.2024); Vastutav täitja: **Aarne Männik**; Tallinna Tehnikaülikool, Meresüsteemide instituut (koordinaator); Finantseerija: **SA Keskkonnainvesteeringute Keskus, Kliimaministeerium**;

MERETASEME KLIIMAPROJEKTSIOONID:
ÜLEUJUTUSPÄEVAD EESTI RANNIKUL

Keskmine kõrgvee päevade arv aastas (veetase > 100 cm)



- 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

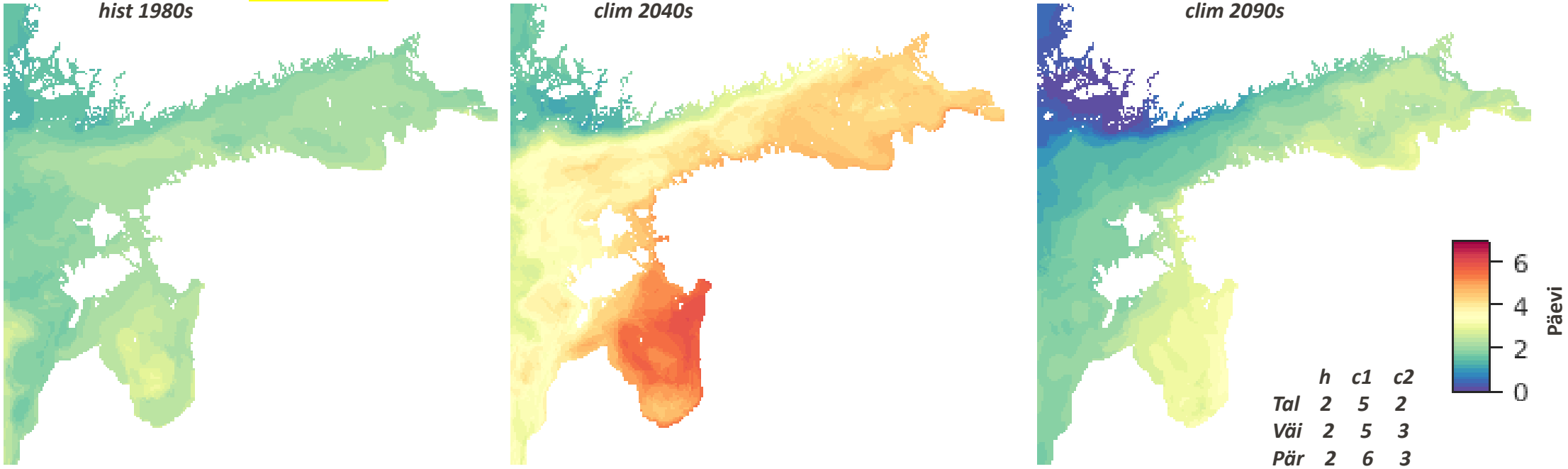
VEU23019 "Riiklike kliimamuutustega kohanemise tegevuste rakendamine Eestis" (01.01.2023–31.03.2032); Vastutav täitja: **Rivo Uiboupin**; Tallinna Tehnikaülikool, Meresüsteemide instituut (partner); Finantseerija**: Euroopa Komisjon, Kliimaministeerium**

MNKE23060 "Kõrglahutuslike atmosfääri väljade andmebaasi koostamine perioodi 1979-2100 kohta" (01.10.2023–31.12.2024); Vastutav täitja: **Aarne Männik**; Tallinna Tehnikaülikool, Meresüsteemide instituut (koordinaator); Finantseerija: **SA Keskkonnainvesteeringute Keskus, Kliimaministeerium**;

TAL TECH
MERESÜSTEEMIDE INSTITUUT

MERETASEME KLIIMAPROJEKTSIOONID:
MADALVEE PÄEVAD EESTI RANNIKUL

Keskmine madalvee päevade arv aastas (veetase < -25 cm)



	h	c1	c2
Tal	2	5	2
Väi	2	5	3
Pär	2	6	3

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

VEU23019 "Riiklike kliimamuutustega kohanemise tegevuste rakendamine Eestis" (01.01.2023–31.03.2032); Vastutav täitja: **Rivo Uiboupin**; Tallinna Tehnikaülikool, Meresüsteemide instituut (partner); Finantseerija**: Euroopa Komisjon, Kliimaministeerium**

MNKE23060 "Kõrglahutuslike atmosfääri väljade andmebaasi koostamine perioodi 1979-2100 kohta" (01.10.2023–31.12.2024); Vastutav täitja: **Aarne Männik**; Tallinna Tehnikaülikool, Meresüsteemide instituut (koordinaator); Finantseerija: **SA Keskkonnainvesteeringute Keskus, Kliimaministeerium**;

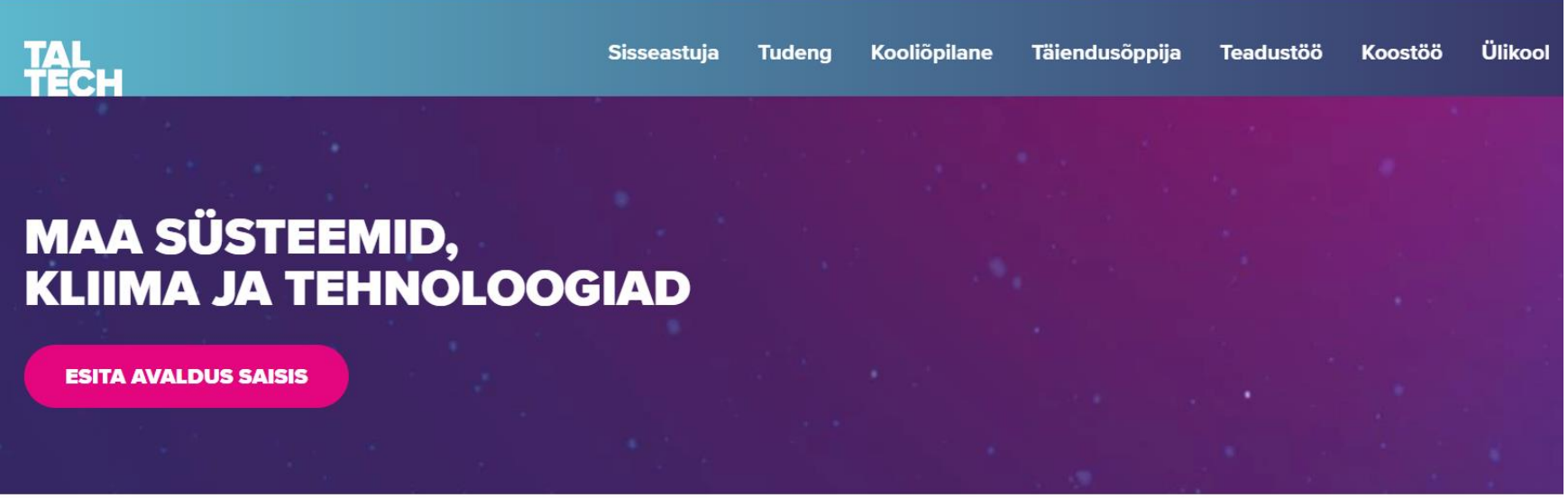
TAL TECH
MERESÜSTEEMIDE INSTITUUT

KOKKUVÕTE JA TULEVIK

- Mõõtejaamade arv on kasvand ning andmed on riiklikes (MSI ja KAUR) ja Euroopa andmebaasides (Copernicus Marine).
- Eesti meretaseme mudelprognoos on arenend järjekindlalt partnerluses Copernicuse mereteenusega (Mercator Ocean)
- Üleujutuste kaugseire teenus on operatiivne alates 2024 kevadest
- Mere kliimaprojektsioonid valmis kliimaateenustes kasutamiseks alates 2026
- Radarandmete (satellite ja imeteo.radar) laialdasem kasutamine ohualade kaardistamiseks.

- Lähitulevik:
  - AI meetodite operatiivne rakendamine Läänemere veetaseme prognoosi täpsustamiseks ECMWF teenuses
  - Mere digitaalse kaksiku lahendused ja “mis-siis-kui” stsenaariumid kriitilistes olukordades.

TAL TECH
MERESÜSTEEMIDE INSTITUUT



TAL TECH
MERESÜSTEEMIDE INSTITUUT

AITÄH!

RIVO.UIBOUPIN@TALTECH.EE

SISUKORD

- Eriala sisu
- Tulevik
- Kas sobib mulle?
- Õppekorraldus ja sisseastumistingimused

TalTechi kõige Maa-lähedasem eriala õpetab sind tundma planeedi muutuvat keskkonda, planeerima säästlikku ressursikasutust ning rakendama digiajastu nutikaid tehnoloogiaid.

TAL TECH