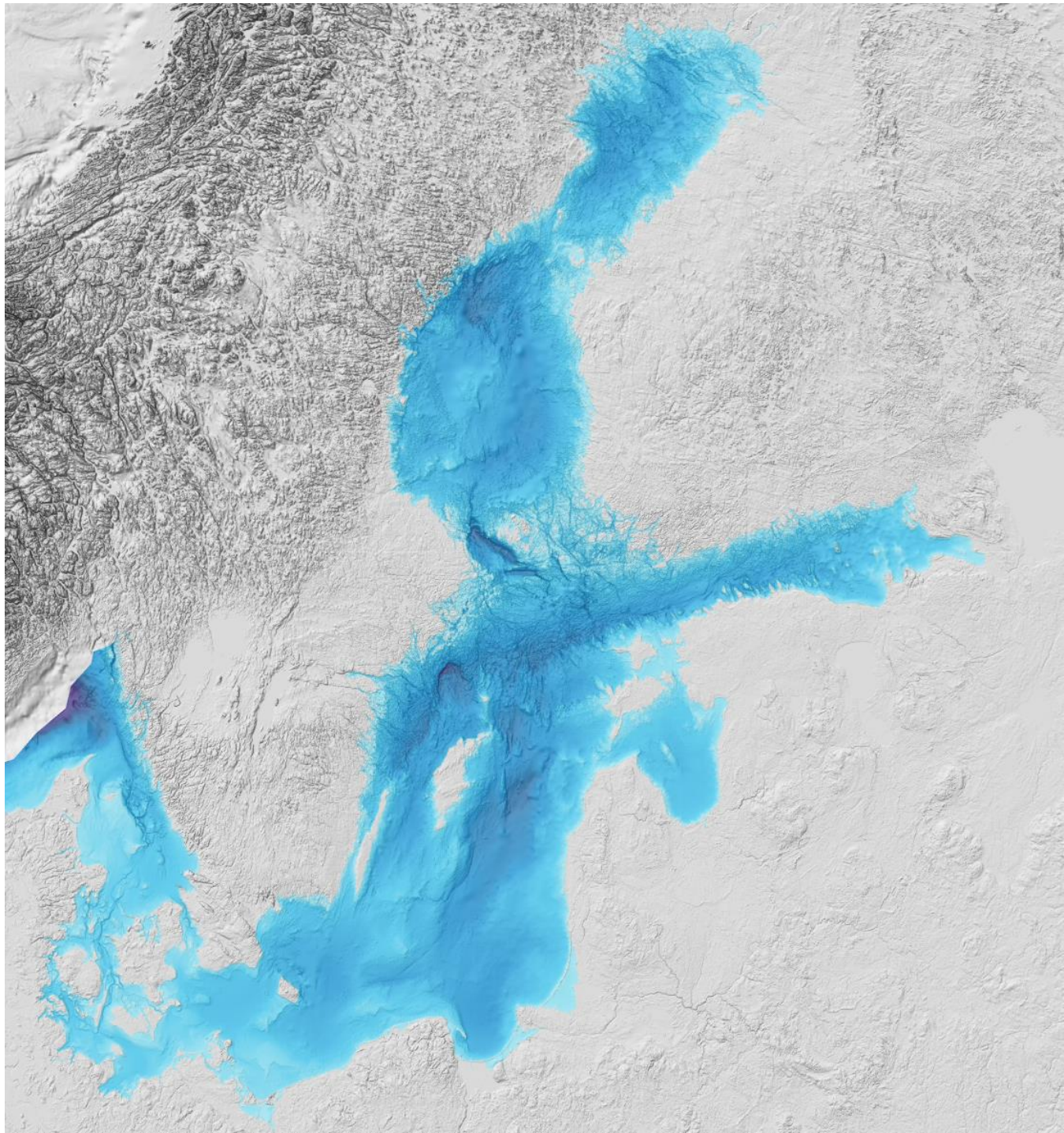
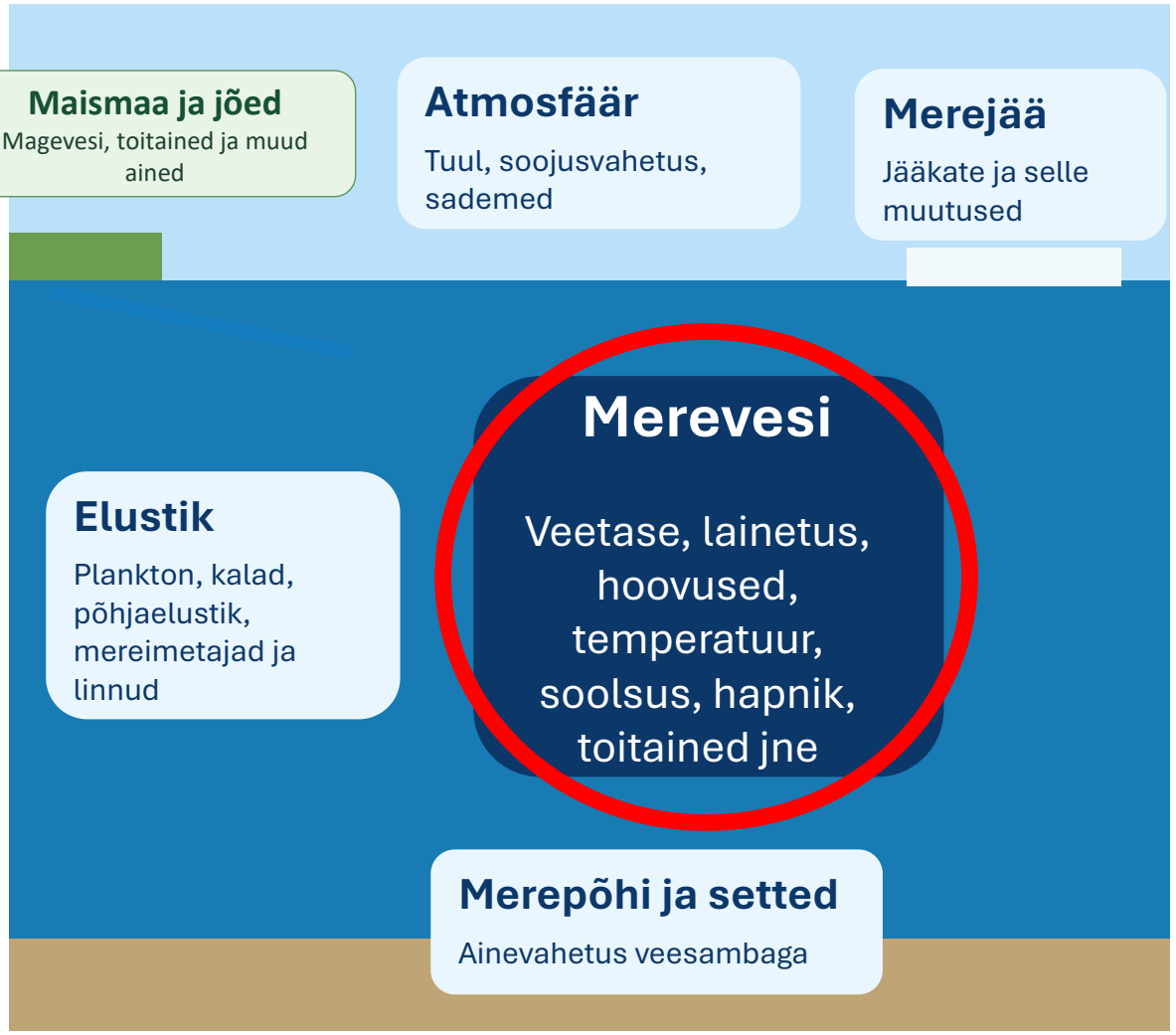
Mereseisundi mõõtmistest

Taavi Liblik
TTÜ



Meresüsteem



- Läänemerele on tugev mõju maismaalt.
- Läänemeri on madal ja väike, kuid tugevate gradientide ning rohkete keeriste, frontide ja muude nähtustega, mis muudavad prognoositavuse keerukaks.
- Tugev mõju atmosfäärilt. Eriti rannikupiirkonnad reageerivad kiirelt ilmamuutustele.

Meremõõtmised

- Mereseisundit jälgitakse **kaugseire** ja **kohapealsete** (in situ) mõõtmistega.







- Kaugseire võimaldab jälgida suuri merealasid, kuid annab teavet peamiselt merepinna kohta.
- **Kohapealsed mõõtmised** võimaldavad uurida veesamba vertikaalset struktuuri ning mõõta ka parameetreid, mida kaugseirega ei saa määrata.

Miks on mereseisundit vaja mõõta?

- **Mereteaduses** on endiselt palju vastuseta küsimusi.
- **Merekeskkonna seisundi** hindamine ja muutuste jälgimine.
- **Operatiivne info** mere hetkeolukorra kohta.
- Mõõtmisandmed numbriliste **mudelite** ja **kaugseire** produktide **arendamiseks**, valideerimiseks, assimileerimiseks.

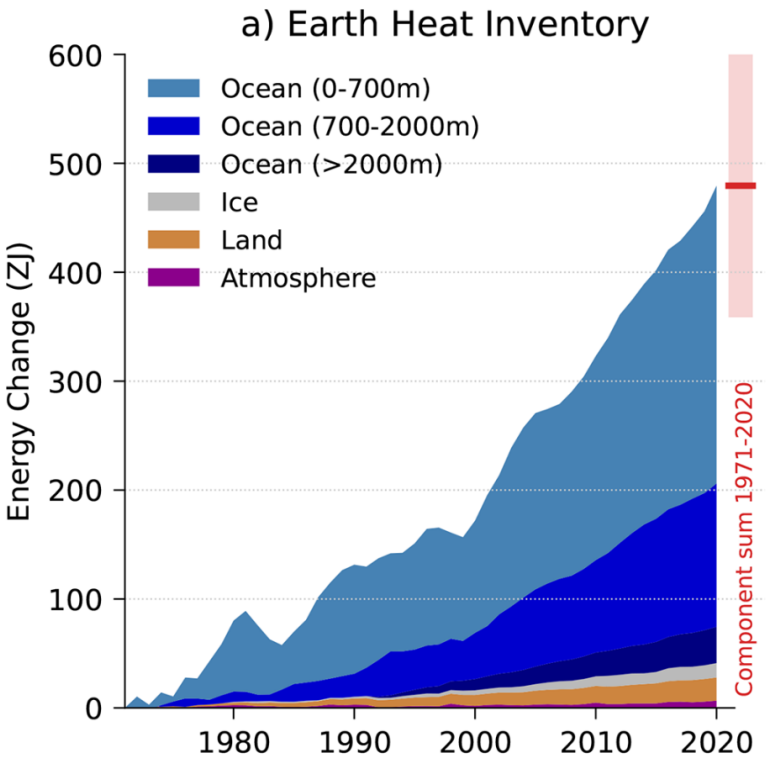






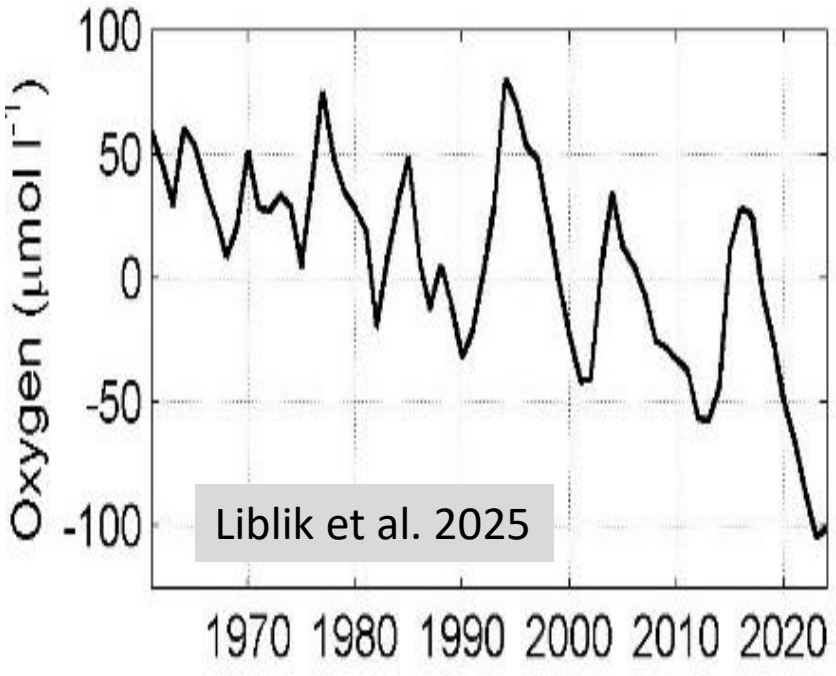
Miks? Merekeskkonna seisundi hindamine ja muutuste jälgimine

Soojusenergia akumuleerumine globaalselt



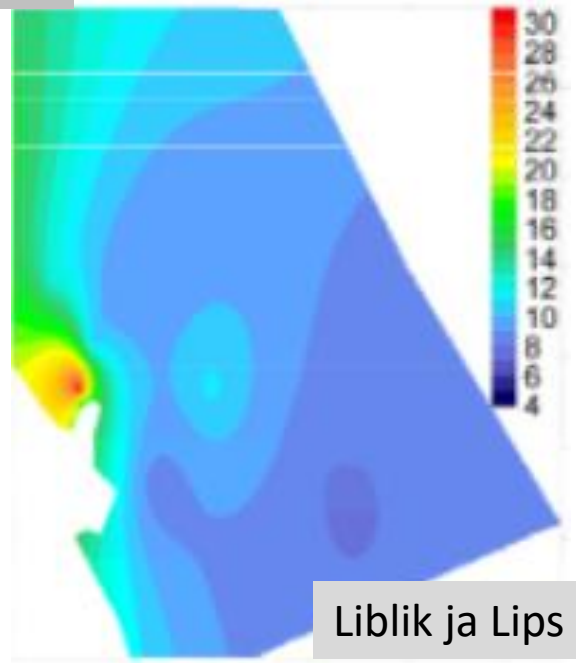
Forster et al. 2026

Läänemere keskosa hapnik allpool 100 m



Liblik et al. 2025

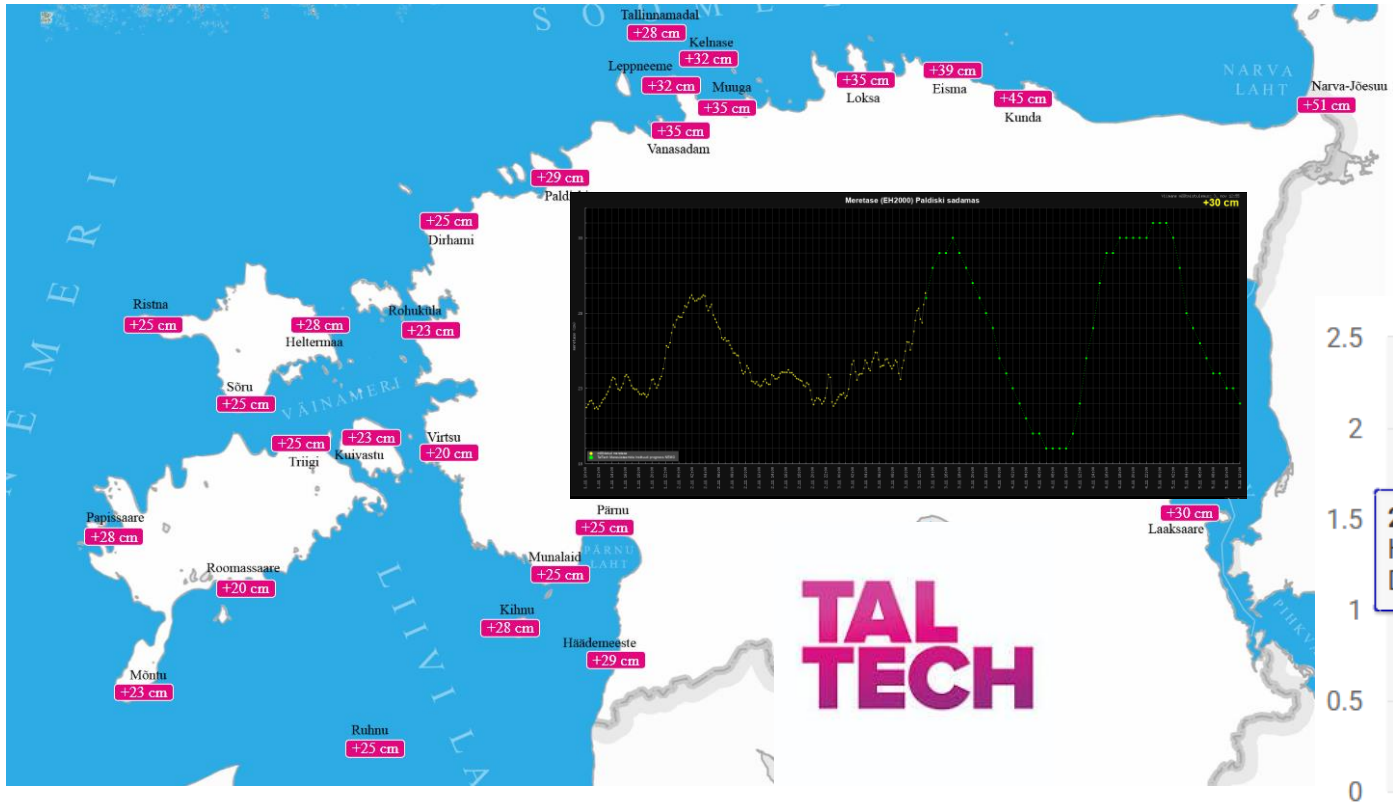
Heltermaa sadama süvendusel tekkiva heljumi levik



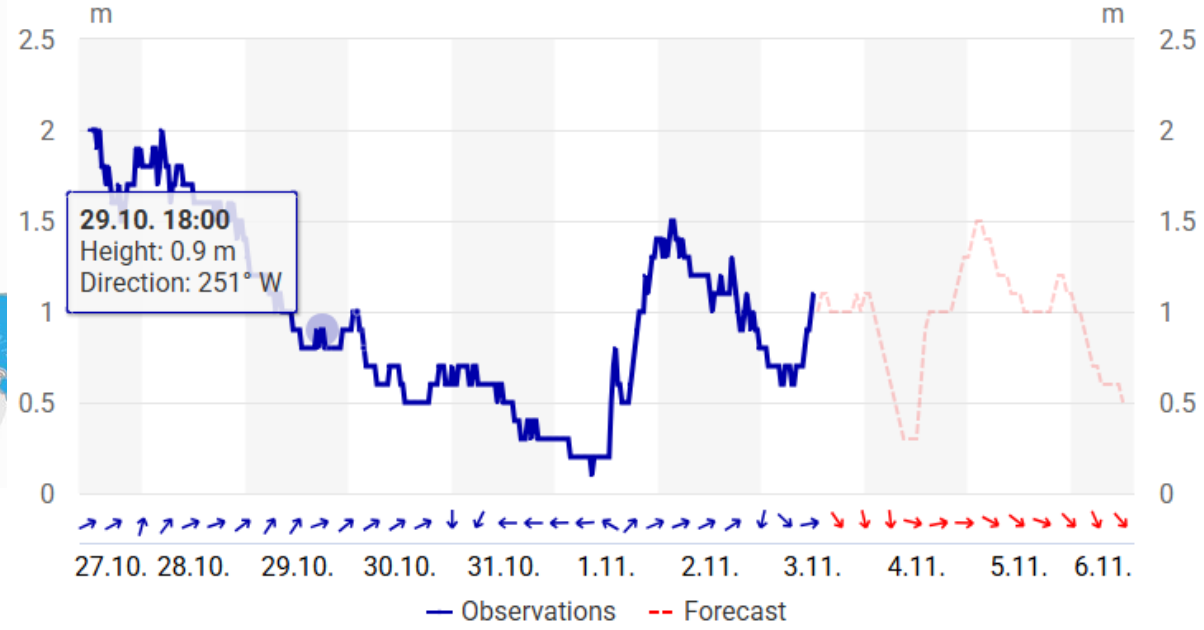
Liblik ja Lips 2011



Miks? Operatiivne info merel toimuvast.





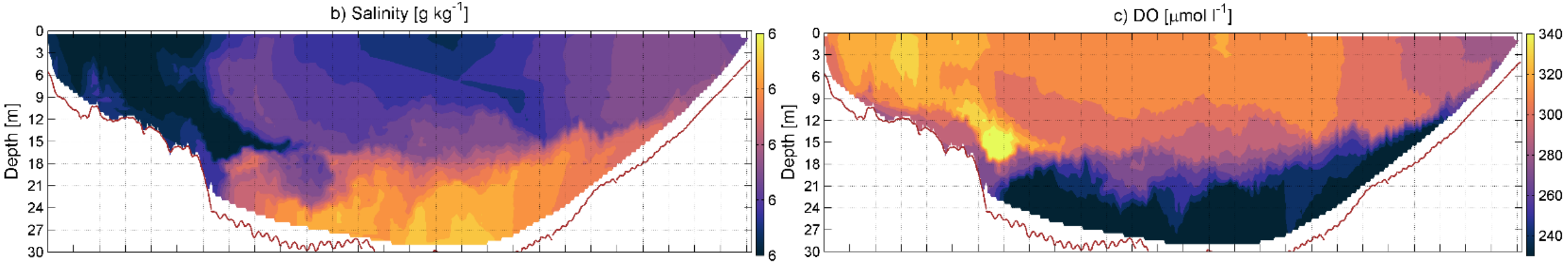


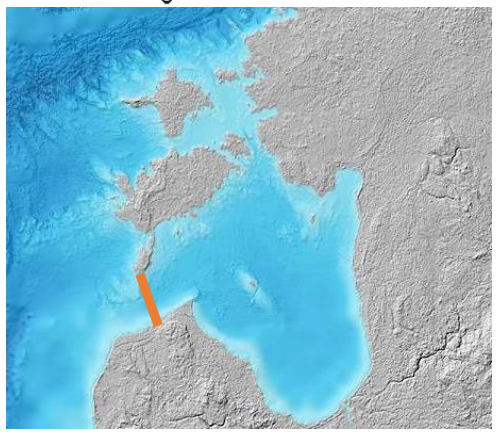
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Miks? Mereteaduse määramatused ja mudelite arendamine.

- Mereteaduses on veel palju lahendamata küsimusi.

- Numbrilistes mudelites on veel palju määramatust.





In-situ mõõtmiste platvormid

- **Juhitavad.** Laevad, robotid.
- **Triivivad.** Pinnaujukid või profileerivad ujukid.
- **Fikseeritud.** Rannikujaamad, poijaamad (fikseeritud sügavustel, profileerivad).
- **Liikuvad, kuid juhitamatud.** Mereimetajad, kommertslaevad.



IOC GOOS 2011

Vaatlussüsteem

- Vaatlussüsteem on tavaliselt kombinatsioon eri platvormidest.

- Platvormidel on väga erinevad karakteristikud.

- Vaatlussüsteeme on globaalsetest (nt. ookeani soojussisalduse määramiseks) lokaalseteni (nt. väike sadam).

- „Kõike“ ei saa ühe süsteemiga mõõta.

- Platvormide valik sõltub uuritava nähtuse karakteristikutest.

Vaatlussüsteemid

- Ookeani/mere vaatlussüsteemide nimekiri on pikk.

- Global Ocean Observing System

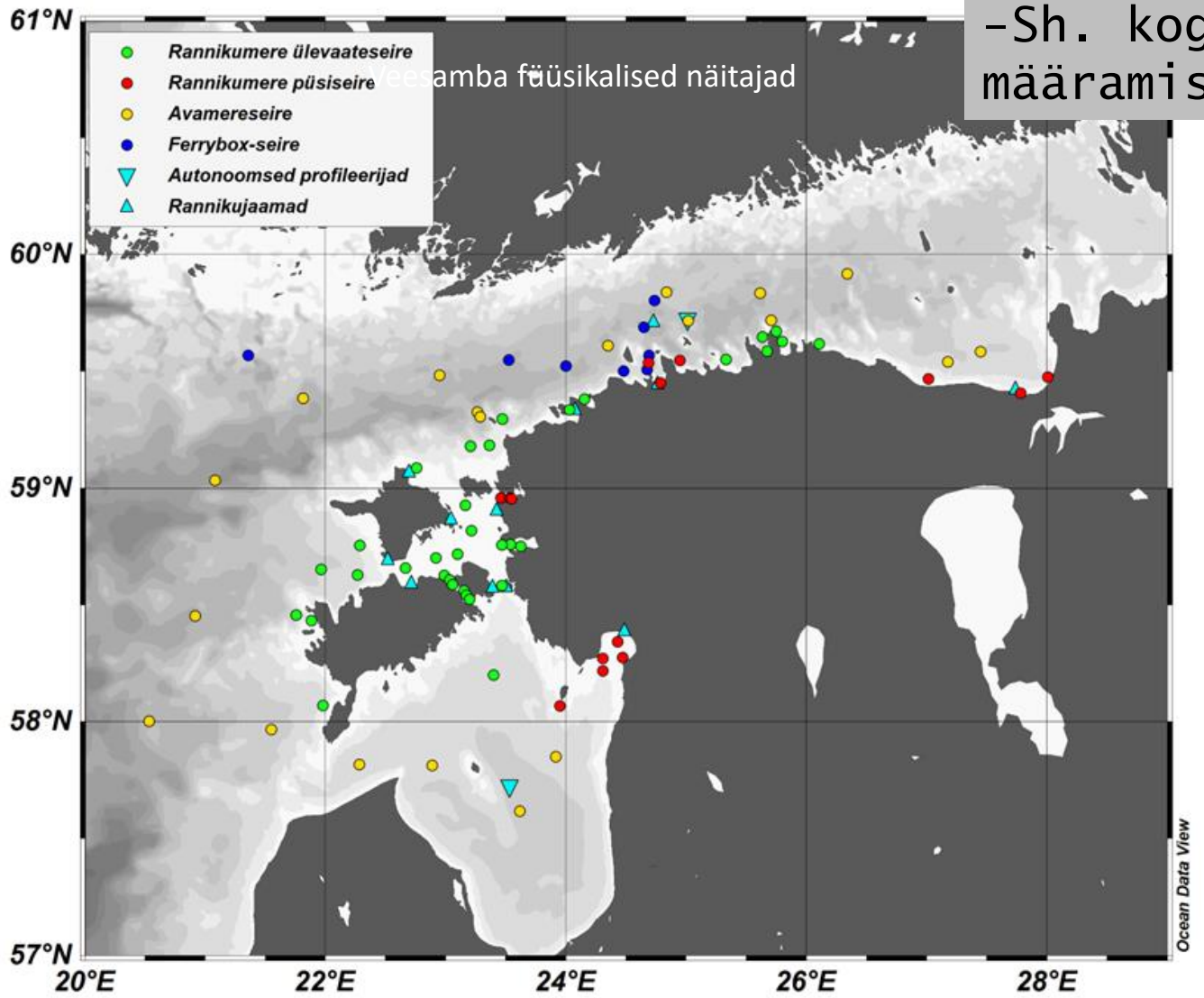
- Läänemerel tehakse läbi HELCOMi konventsionaalset merekeskkonna seiret. Tehakse mitmesuguseid autonoomseid mõõtmisi, kuid terviklik, koordineeritud vaatlussüsteem puudub.

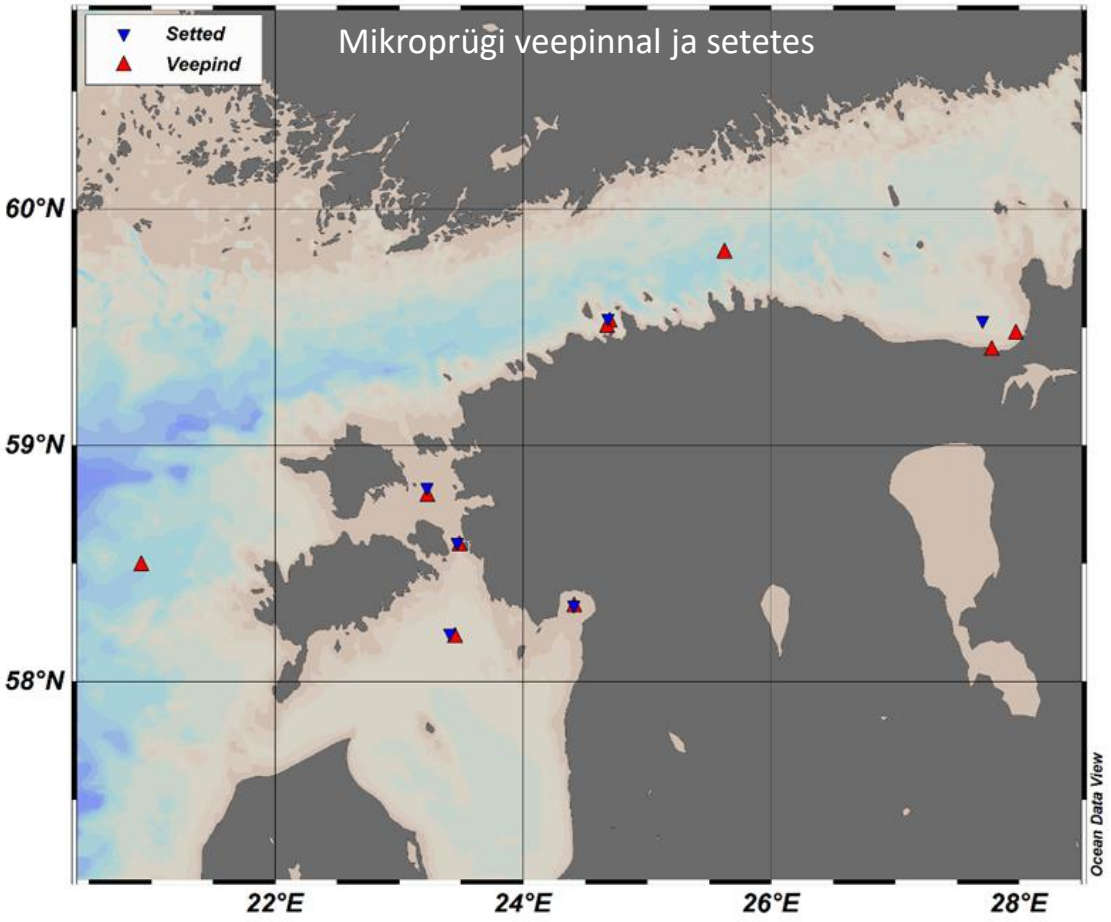
- Eestis on olukord sarnane – eri asutused teevad mõõtmisi, kuid puudub ühine koordineerimine.

- Vaatlussüsteem peaks katma võimalikult paljude kasutajate vajadused.

Riiklik mereseire laevadelt/kaatritelt

-Pikaajaline seire.
-Sh. kogutakse veeproove parameetrite määramiseks, mida otse veest mõõta ei saa.





Mõõtmised muudelt laevadelt



Kommertsalustele paigaldatud mõõteseadmed.

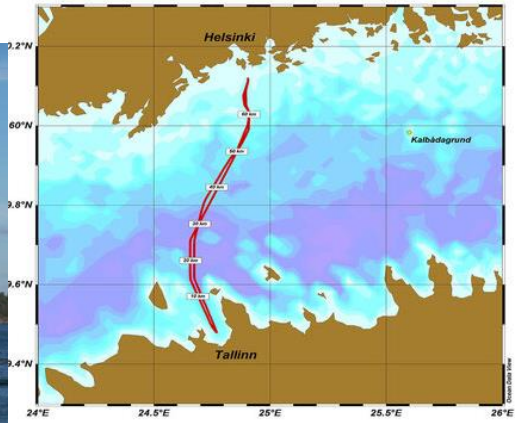
Näide: Ferrybox läbivoolusüsteem Tallinn-Helsingi laeval

Mõõdetavad parameetrid: temperatuur, soolsus, hapnik, klorofüll-a ja hägusus 5 m sügavusel.

Veeproovide võtmise süsteem.

Andmeedastus igapäevaselt.





Robotid

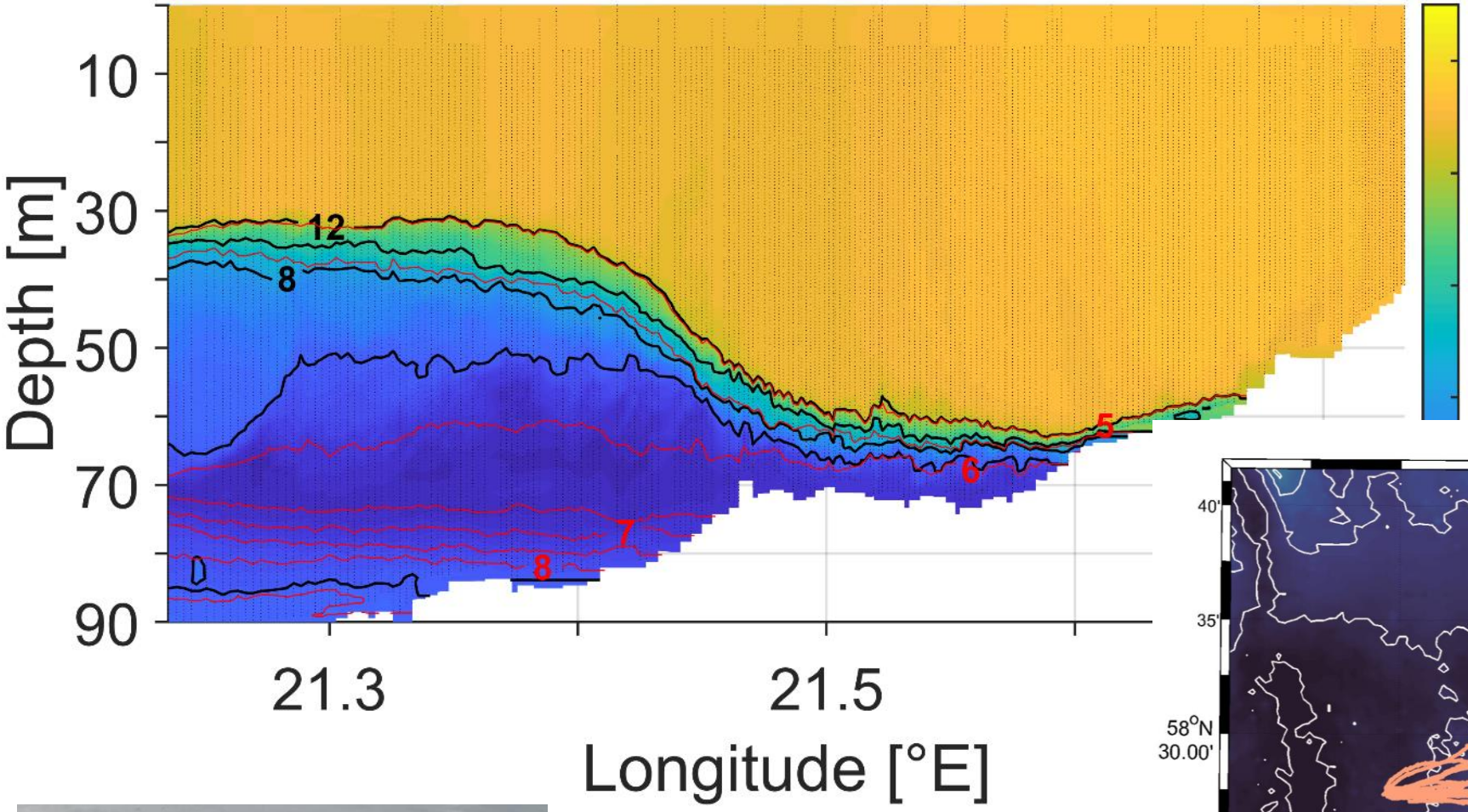
Omadus	Liugurid	AUV-d
Liikumine	Ujuvuse muutmine	Propelleriga
Kiirus	0,2–0,4 m/s	1–3 m/s
Tööaeg	Päevad kuni nädalad	Tunnid kuni päevad
Ulatus	Sajad km	Kümned km
Minimaalne veesügavus	~25 m	~2 m
Mass	50–100 kg	10–25 kg



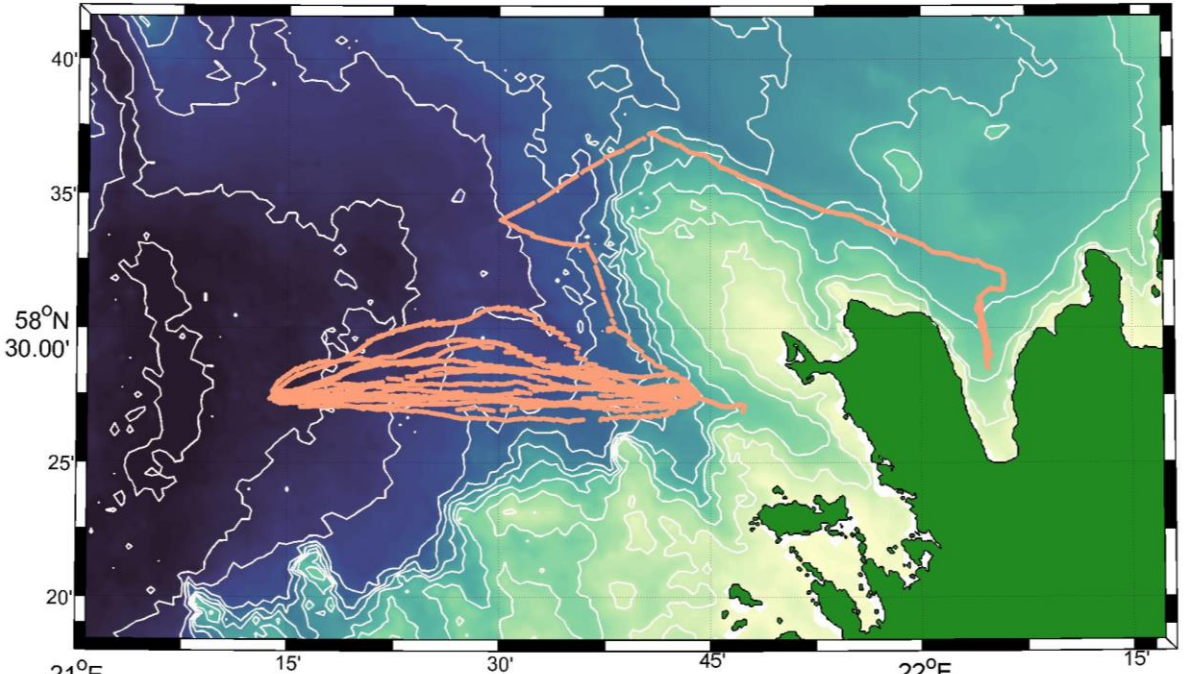




Robotid- liugurid



2019 sept-okt
Vilsandi
lähistel





Robotid- mikro-AUVd

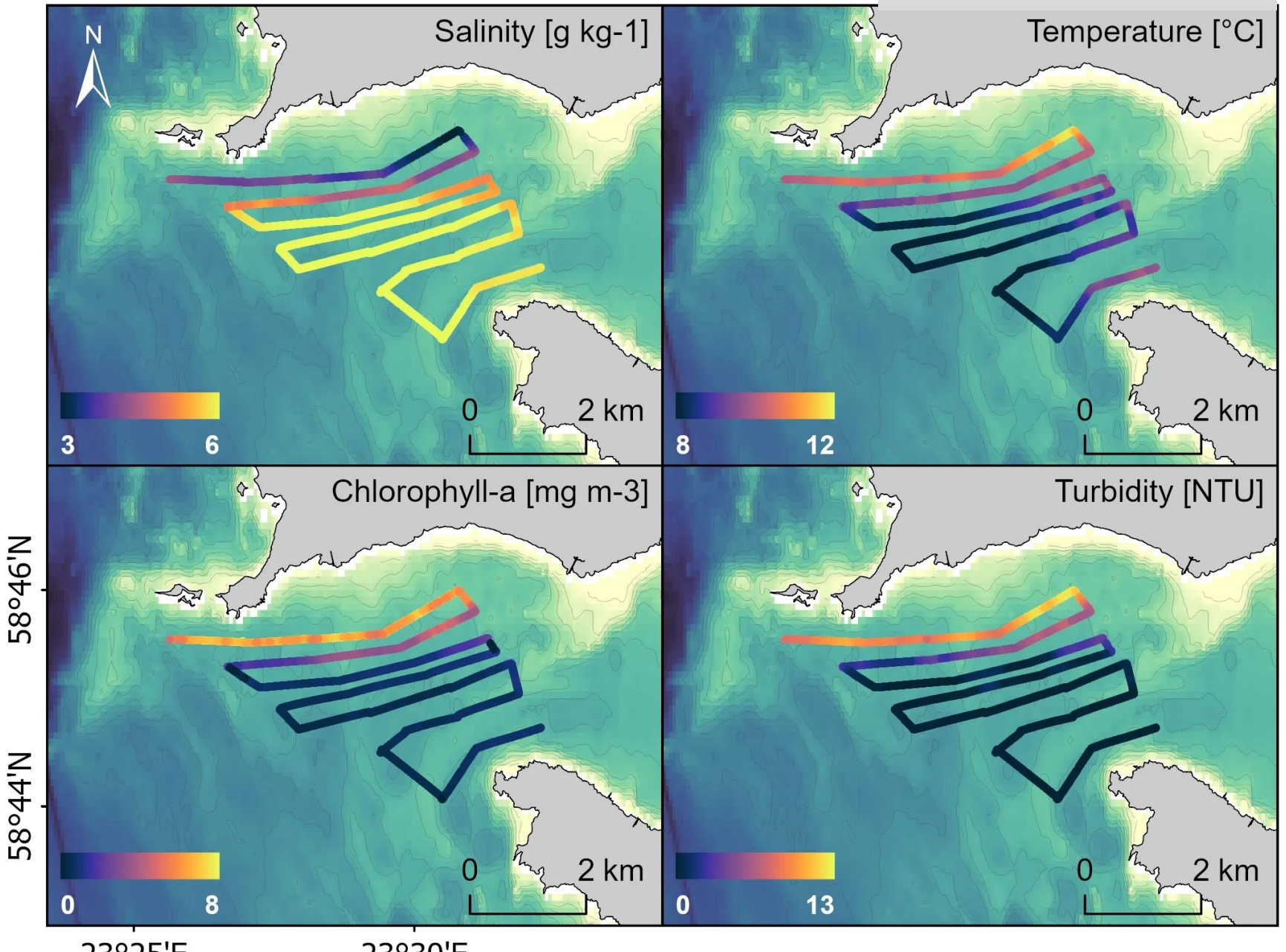
AUV saab hakkama ka väga madalas (2–4 m) vees.

Kaardistati front magedama ja hägusama jõest mõjutatud veemassi ja Väinamere veemassi vahel.

Hea manööverdusvõime võimaldab seadet kasutada arendustööde seires (tuulepargid, süvendustööd jms).



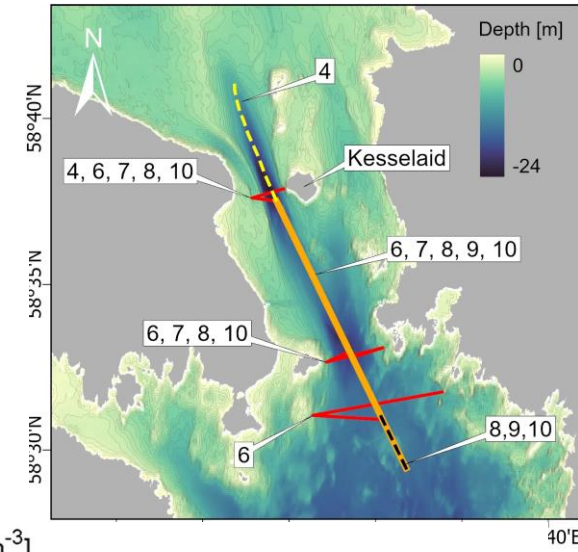
Liblik ja Buschmann 2026

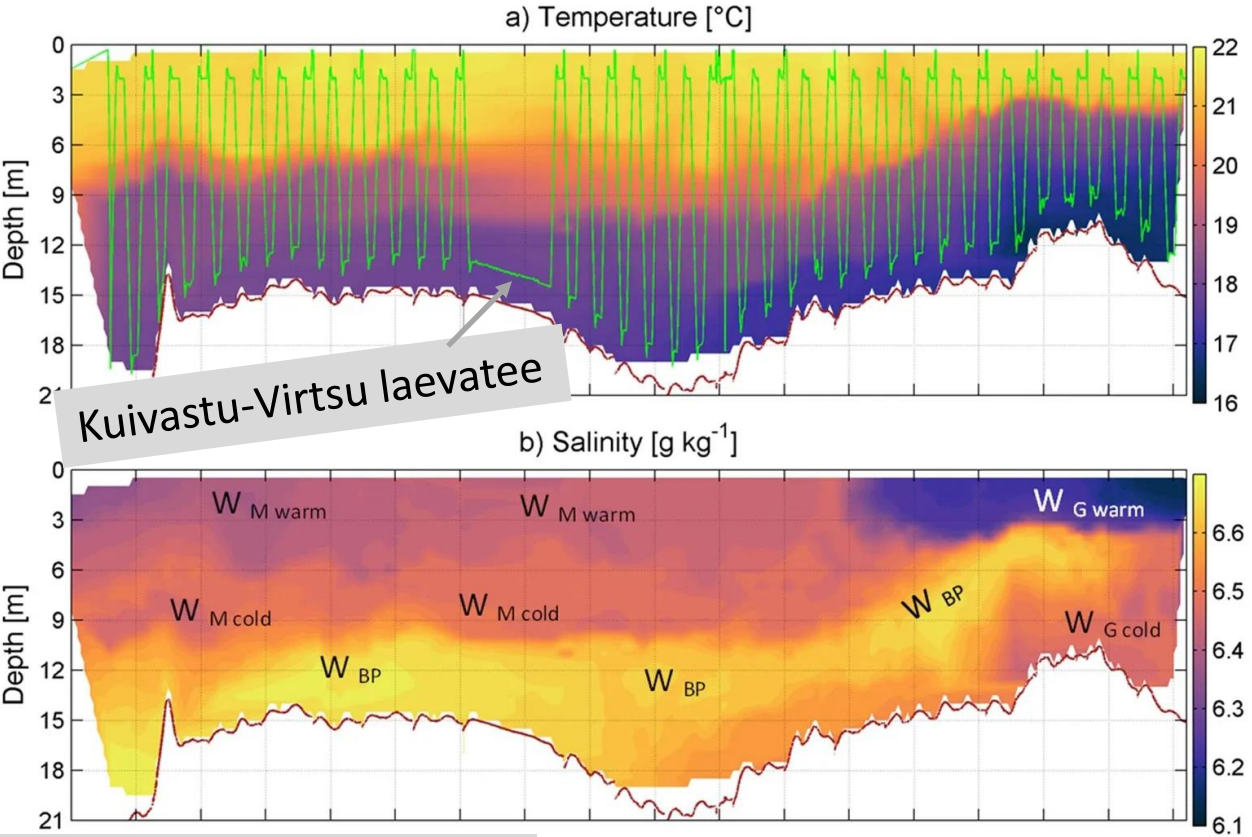


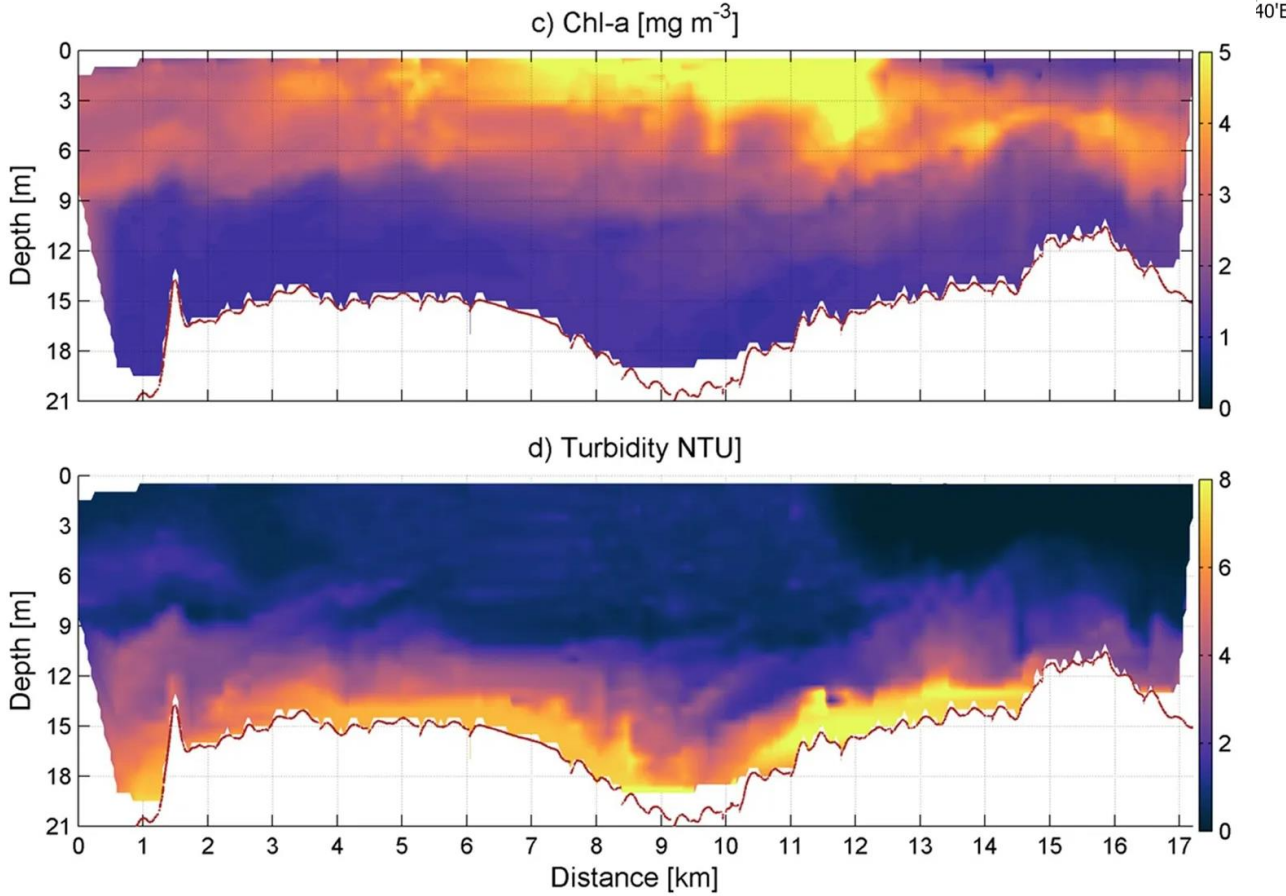
Robotid- mikro-AUVd

Võimaldab koguda kõrglahutusega andmeid keerulistes rannikupiirkondades.

Paindlik tänu eri kasutusrežiimidele (fikseeritud kaugus merepõhjast või –pinnast; profileeriv; triiviv).







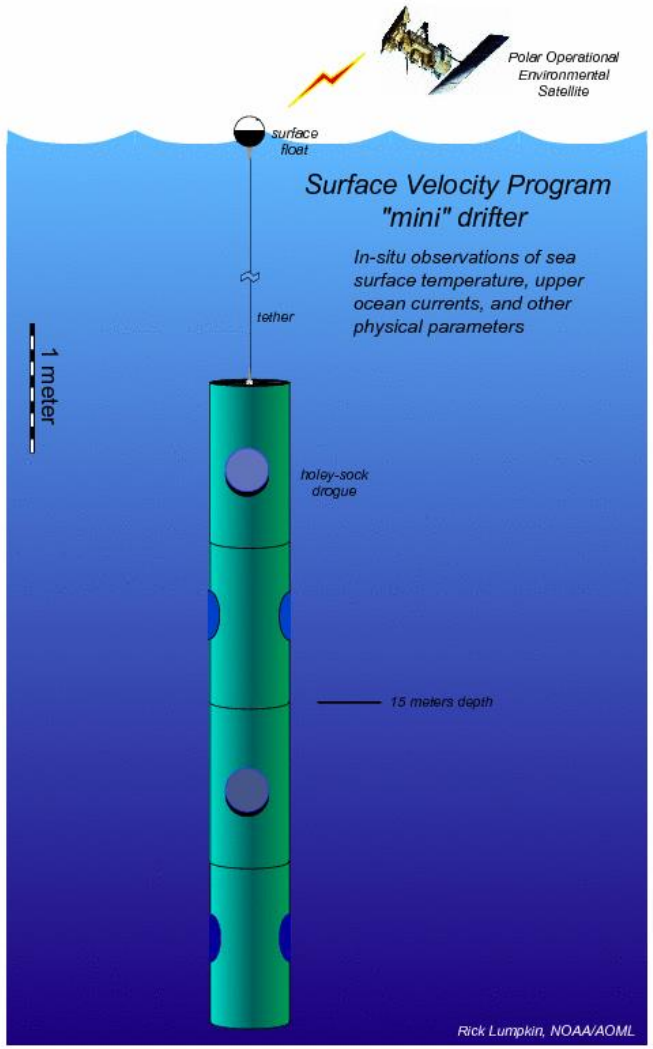
Liblik ja Buschmann 2026

Triivujukid pinnal

Pinnapoid (ilma tormiankruta)

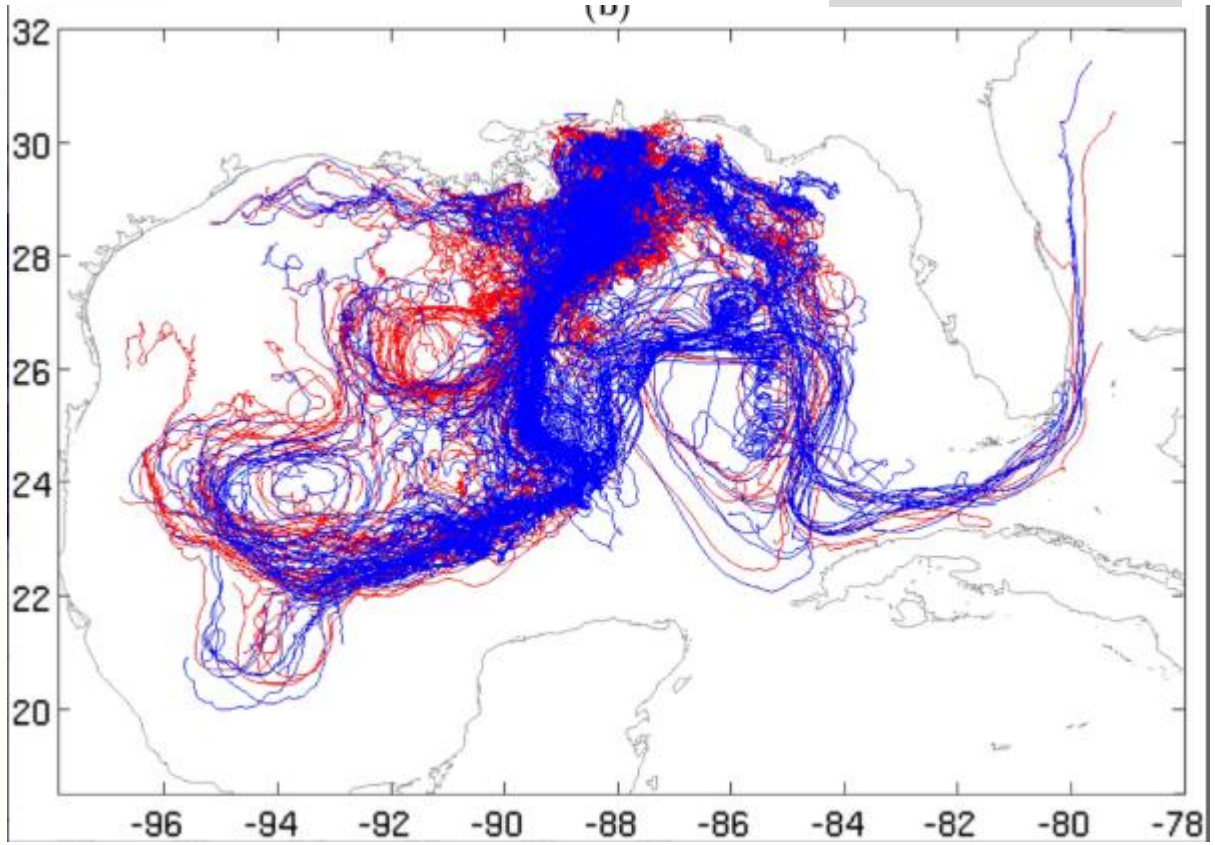


Koos tormiankruga



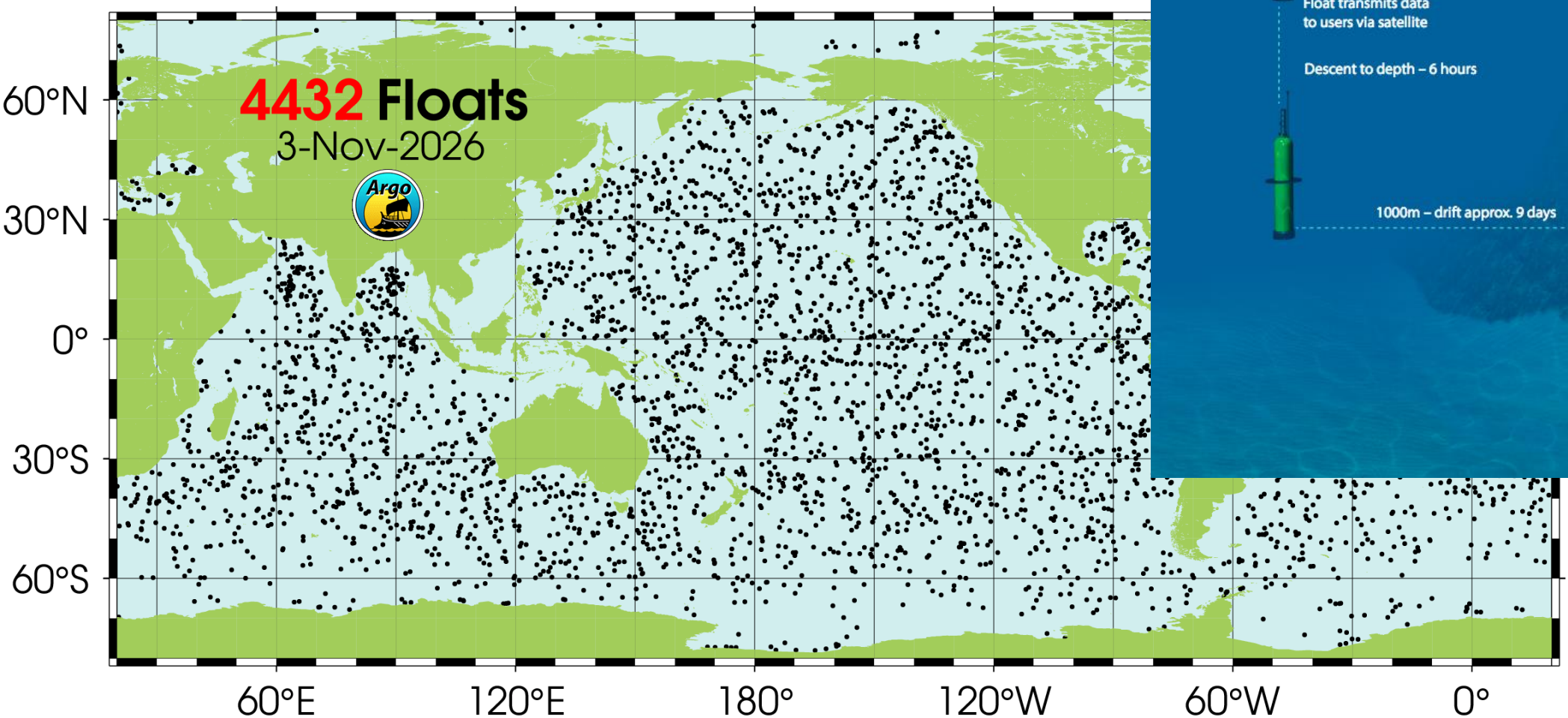
Mehhiko lahes lahti päästetud 1000 pinnapoi trajektoorid

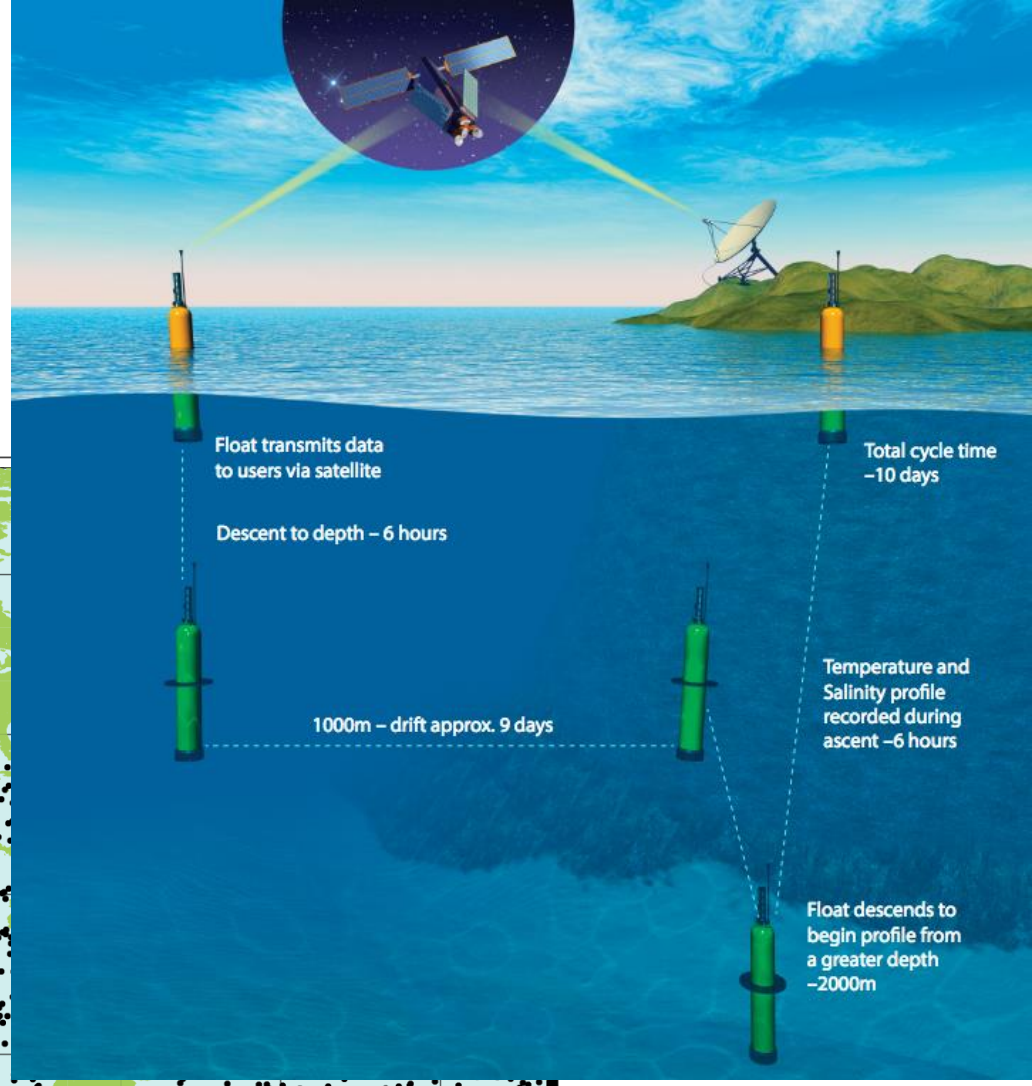
Haza et al. 2019



Profileerivad triivpoid

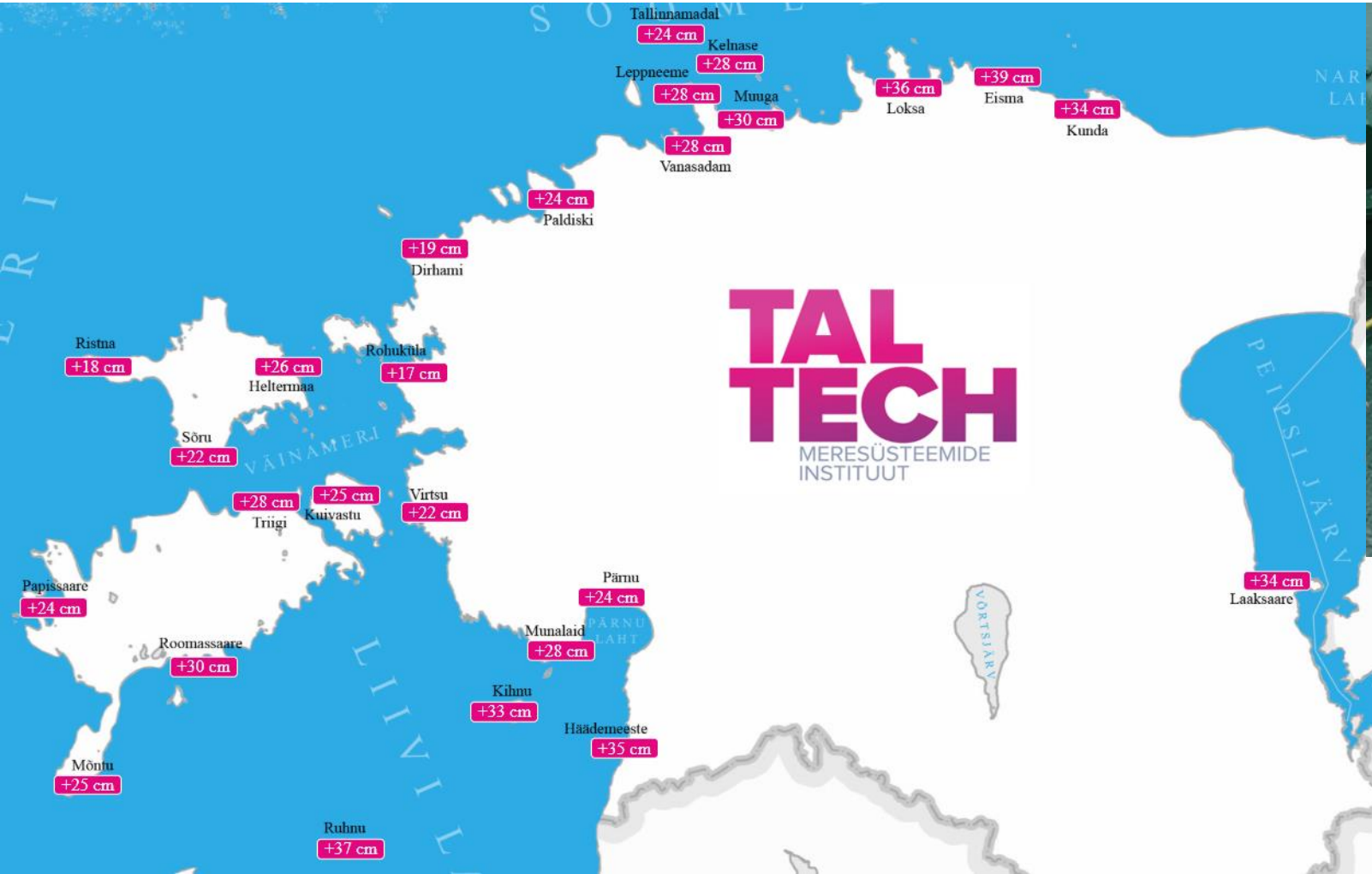
Argo poide peamine eesmärk on koguda vertikaalprofiile



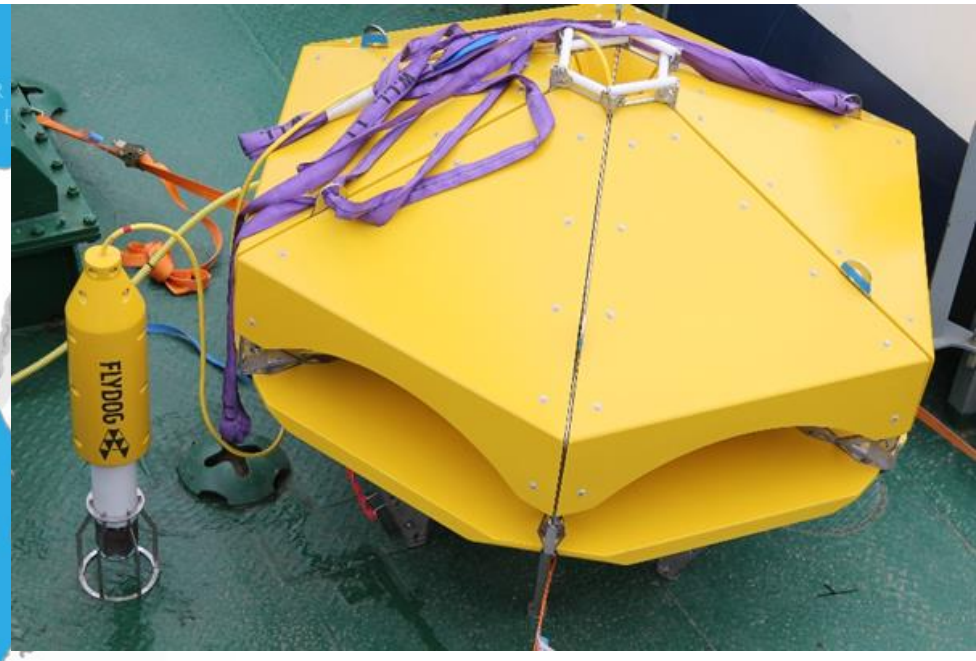


Fikseeritud jaamad

Rannikujaamad (KAUR ja TTÜ)



Keri avamerejaam (Eesti Keskkonnaobservatooriumi osa)

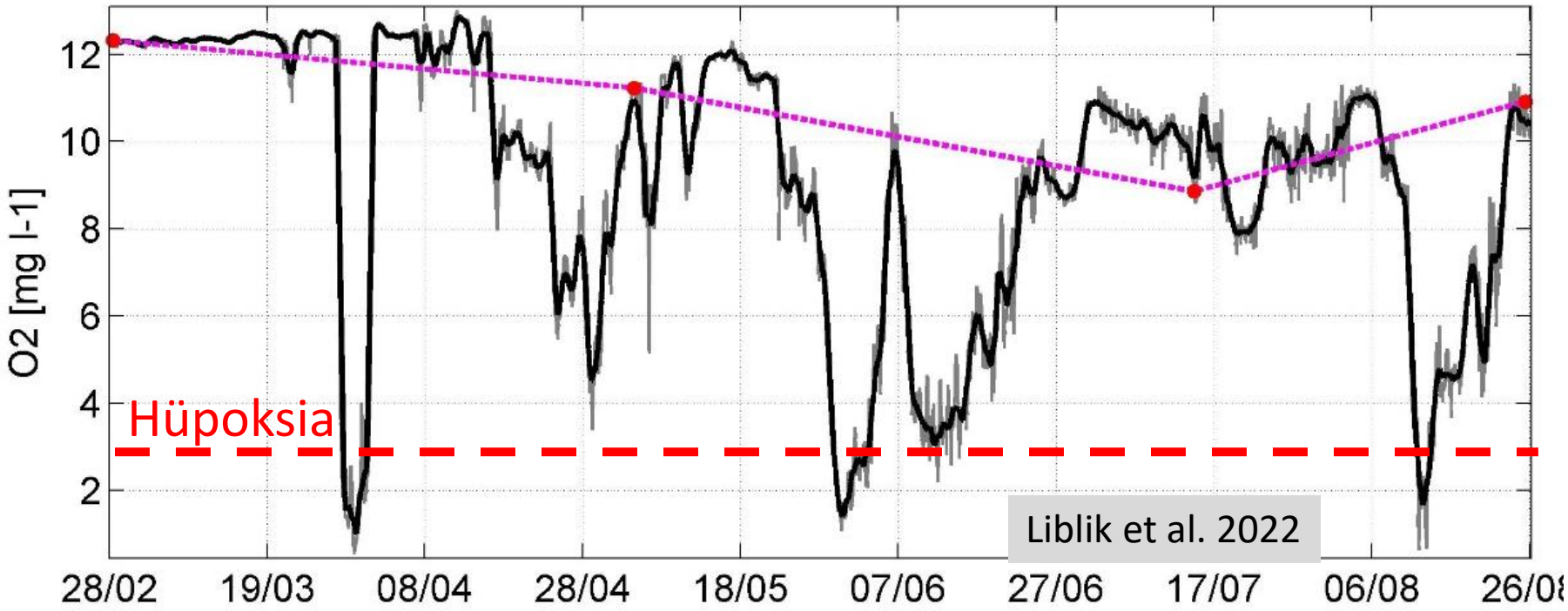


Fikseeritud jaamad

- Olulised kvaliteetsete aegridade kogumisel.

- Võimaldab panna laevalt harva tehtud mõõtmised ajaliste sündmuste konteksti.

Hapniku kontsentratsioon Saaremaast läänes 67 m sügavusel, veeb-aug 2026

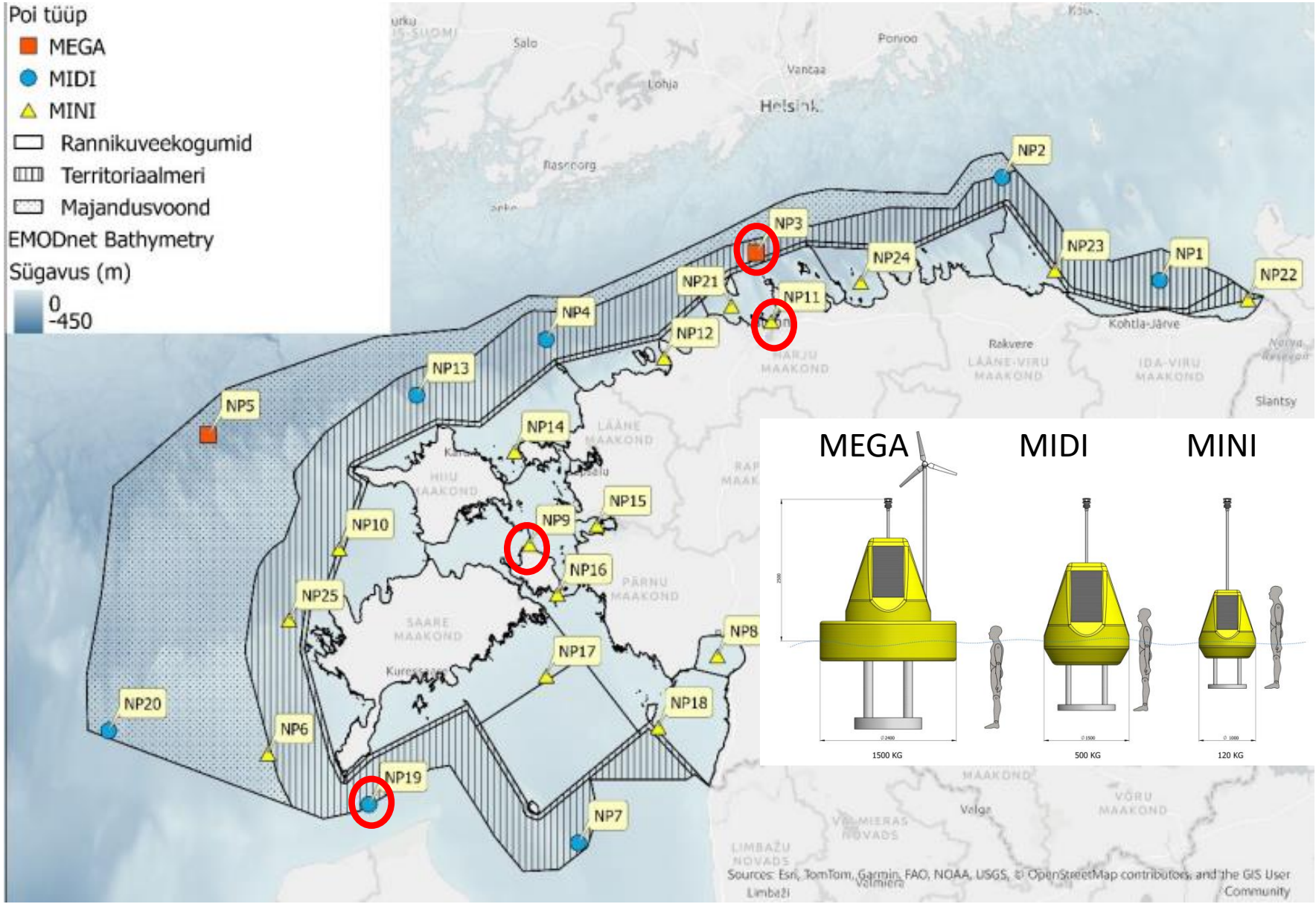


Poijaama mõõtmine

Laevalt tehtud mõõtmised

Merehunt

- Nutipoide võrgustiku “Merehunt” terviklahenduse platvormide asukohtade skeem Eesti merealal.
- Nutipoide võrgustiku piloteerimine (2026-2028)
- Sisaldab MEGA ja MINI tüüpi platvormide (MEREHUNT), MIDI ja MINI tüüpi platvormide (GORSMART) ning baas-andmehaldusplatvormi loomist

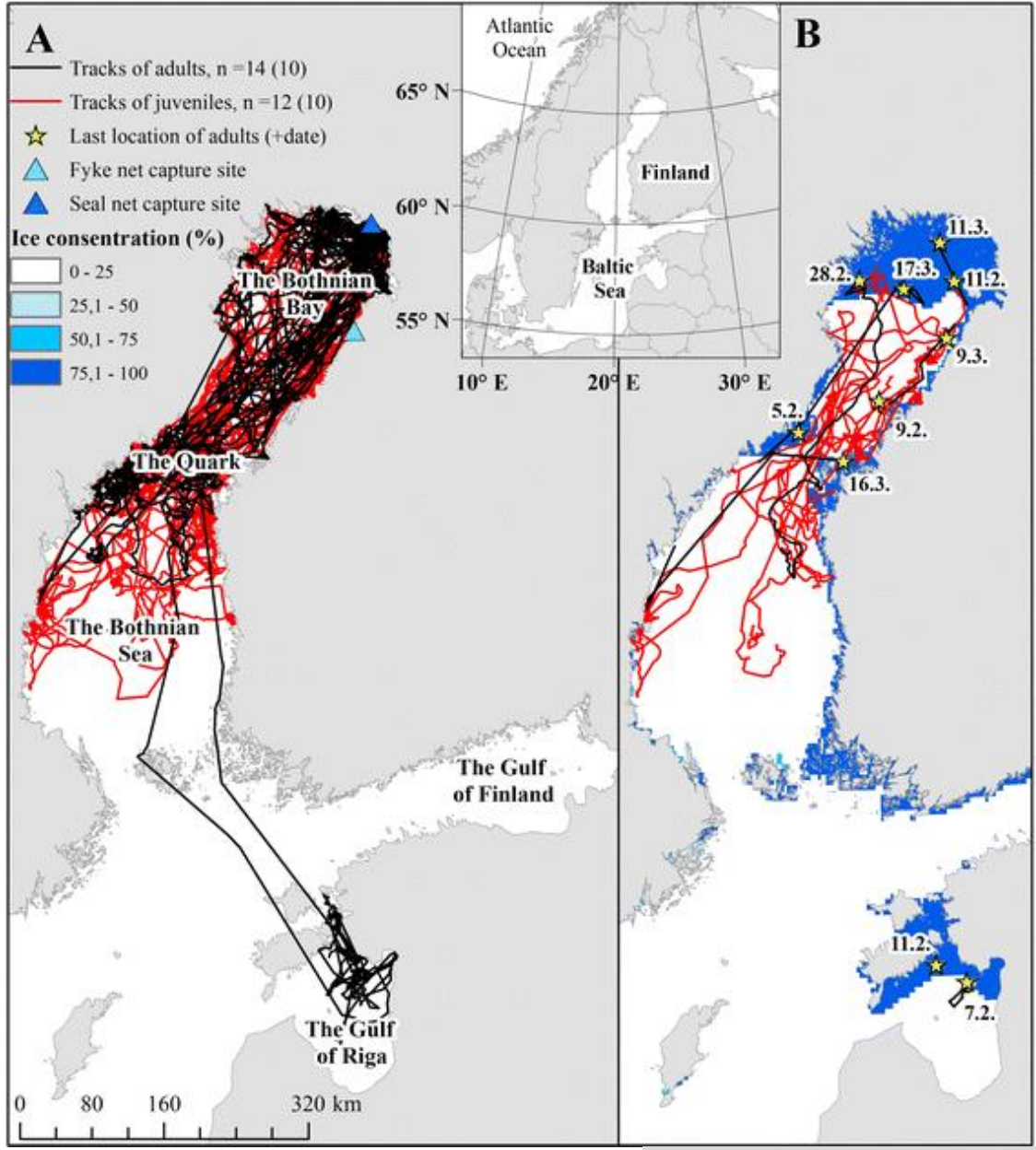


Mereimetajad

• On olulised andmekogujad polaaraladel, kus ülejäänud mõõtesüsteemide esindatus on väiksem.

• Merebioloogid kasutavad vastavaid seadmeid ka Läänemerel, sh. Eestis, kuid vee parameetreid süsteemselt ei ole vaatlussüsteemi kaasatud.





Oksanen et al. 2015

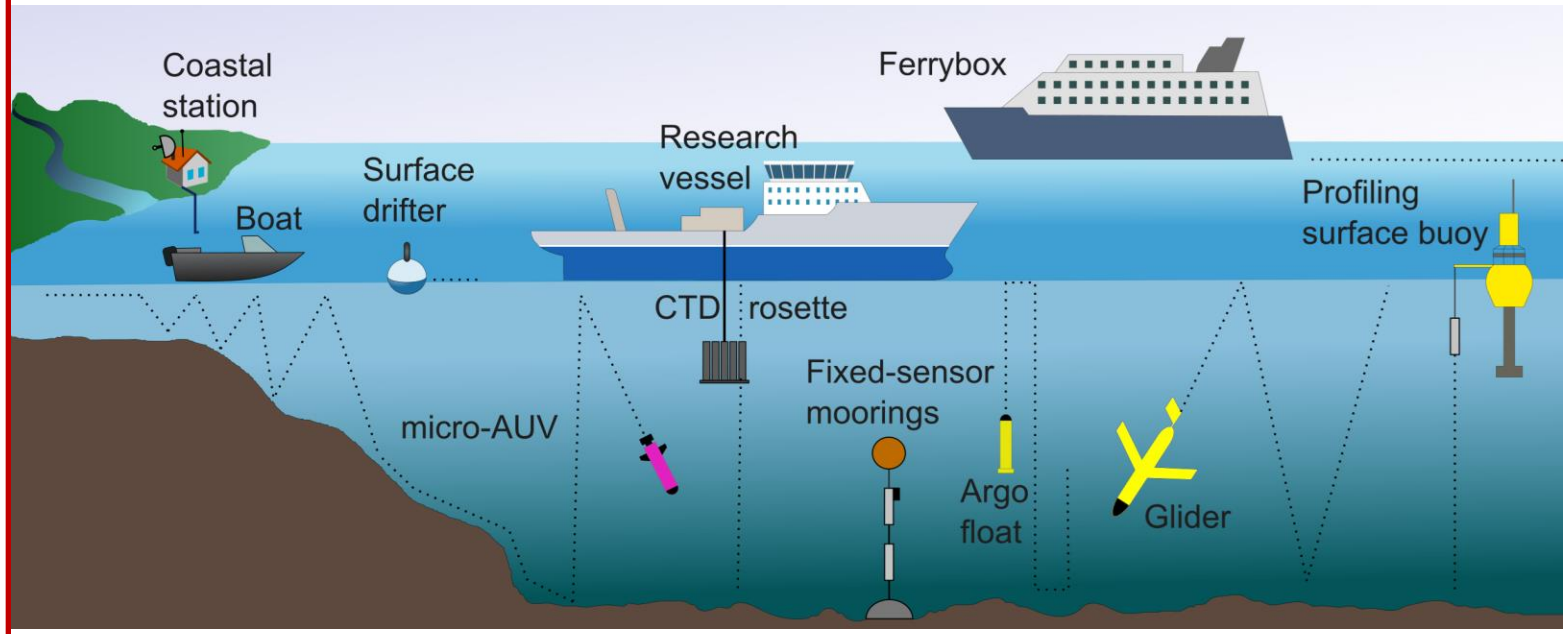
Mõõteplatvormide tugevused ja nõrkused

Platvorm	Tugevused +	Nõrkused −
 **Uurimislaevad**	+ Saab mõõta peaaegu kõiki parameetreid, suur täpsus	− Kõrge maksumus, piiratud ajaline katvus
 **Kommertsalused**	+ Soodne	− Andmed enamasti vaid ülemisest veekihist, sõiduplaanid sõltuvad omanike huvidest
 **Robotid** (AUV, gliderid)	+ Paindlikud, kõrge ruumiline lahutus	− Kokkupõrkerisk laevaliiklusega, kõrgemad riskid seoses suure investeeringuga
 **Triivivad pinnaujukid**	+ Lihtsad ja odavad	− Triivivad suhteliselt kiiresti randa, piiratud parameetrite valik
 **Triivivad profileerivad ujukid**	+ Pikaajalised mõõtmised, veesamba vertikaalne katvus	− Liikumine sõltub hoovustest, piiratud kasutus madalas meres
 **Fikseeritud jaamad** (ranniku- ja poijaamad)	+ Pidevad mõõtmised, hea ajaline lahutus	− Piiratud ruumiline katvus, andurite triiv ja pealekasv
 **Mereimetajad** (nt hülged)	+ Mõõtmised raskesti ligipääsetavates piirkondades	− Väga piiratud parameetrite valik, juhitamatu liikumine

Eesti mereala vaatlussüsteemi kontseptsioon

- **HELCOM seire** pikaajaliste ridade jätkamiseks. Eestil on uus laev KRATT, mis on selleks disainitud.

- Argo ujukid Läänemere avaosas.
- Rannikujaamad ja **Merehunt nutipoide võrk** aegridade kogumiseks ja operatiivse info edastamiseks.
- Liugurid/mikro-robotid võtmetähtsusega avamere/rannikumere kaardistusteks.



- Pinna triivpoid merepinnal levivate ainete jälitamiseks (nt. õlilaik)

Mis sellest kõigest kasu on?

-Arusaam merekeskkonna muutustest, sh. parandusmeetmete tõhususest;

-Reaalaja info merel toimuva kohta (loodusnähtused, inimtekkelised nähtused)

-Olemas on taustaandmed arenduste (tuulepargid, kalafarmid jne) keskkonnamõju hindamiseks;

-Andmed võimaldavad arendada mudeleid ja kaugseireprodukte, mis omakorda võimaldavad teha mere kohta lühi- ja pikaajalise prognoose.

Kokkuvõte

Meremõõtmised on vajalikud merekeskkonna seisundi ja muutuste mõistmiseks, prognoosimiseks ning teaduspõhiste otsuste tegemiseks.

Üks mõõteplatvorm ei suuda kõike mõõta. Eri platvormid ja kaugseire täiendavad üksteist.

Uued mõõtetehnoloogiad võimaldavad järjest detailsemat ja pidevamat seiret, kuid ei asenda traditsioonilisi laevalt mõõtmisi.

Eesti vajab terviklikumat ja paremini koordineeritud mere vaatlussüsteemi, mis ühendaks eri mõõteplatvormid ning arvestaks teaduse, riigi ja ettevõtete vajadustega. **Merehunt täidab olulise lünga,** kuid sellega ei ole veel kõik lahendatud.

Tänan!

taavi.liblik@taltech.ee