



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Sääolot ja arktinen merenkulku

Timo Vihma

Arktisen merenkulun ja merellisen toiminnan
T&K-toiminnan webinaari, 12.2.2026,
Opetus- ja kulttuuriministeriö



Merenkulun kannalta tärkeät sääsuureet

Tuulen nopeus ja suunta -> merijään liike, valliutuminen ja puristavuus; aallokko ja rakenteiden jäätäminen.

Sumu ja sade -> näkyvyys, joskus jäätäminen

Ilman lämpötila -> merijään peittävyys ja paksuus, jääkauden pituus, alusten rakenteelliset ja operatiiviset rajat

Laajemmassa mittakaavassa: matala- ja korkeapaineet -> tuuli, lämpötila, sade, sumu



Photo: Timo Vihma



Photo: Marko Ltd

Merisumu

Lämmintä, kosteaa ilmaa kulkeutuu kylmän meren ylle

➔ ilman jäähty kyllästystilaan -> kosteus tiivistyy sumuksi

Railot talvella

➔ haihtuva vesihöyry tiivistyy kylmään ilmaa.

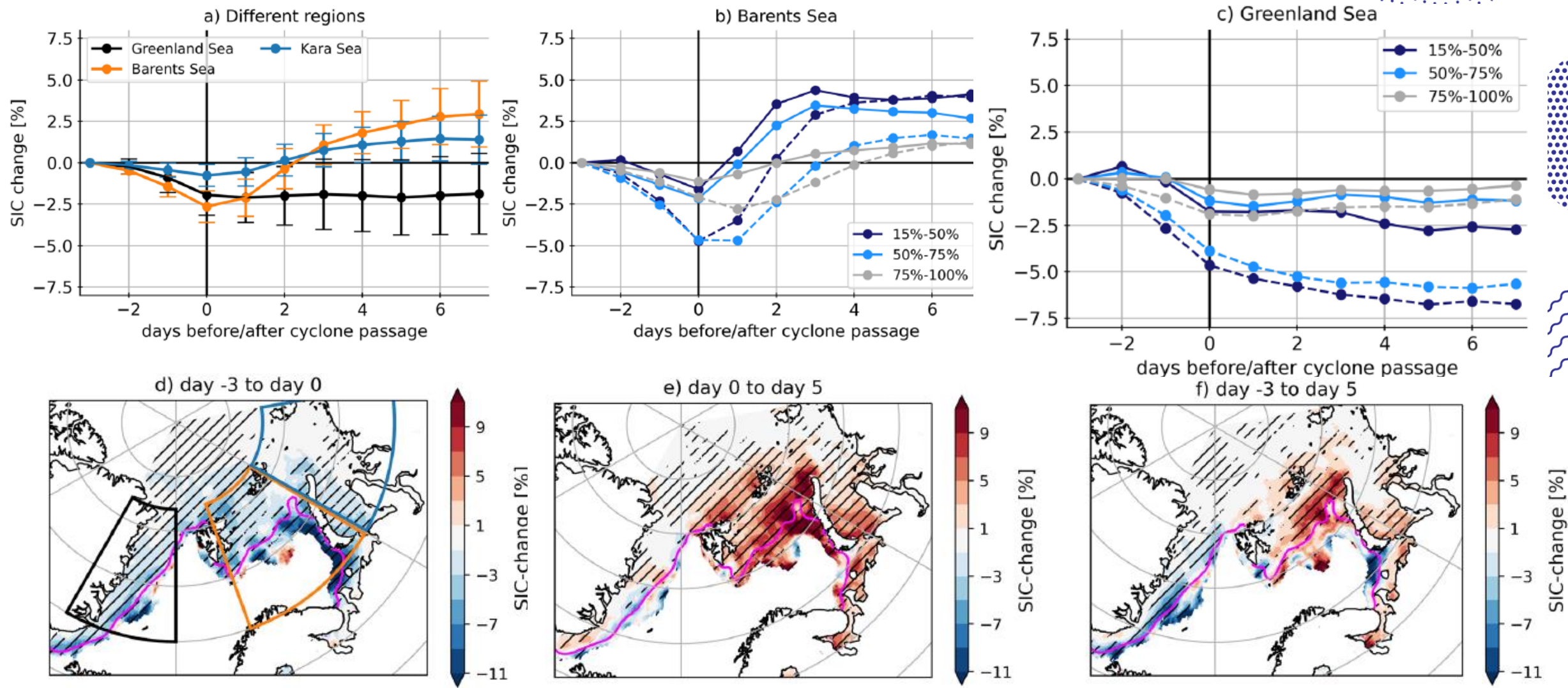
Kesällä sumu ja tihkusade voivat esiintyä samanaikaisesti, mutta voimakkaampi sade hävittää sumun.

Merisumun ennustaminen on usein hyvin haasteellista:

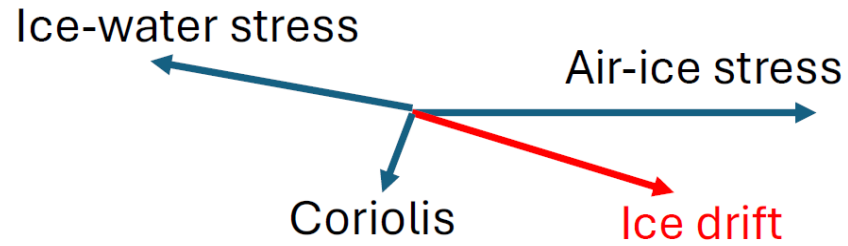
- ennusteen lähtötilan virheet
- prosessin herkkyys lämpötilalle



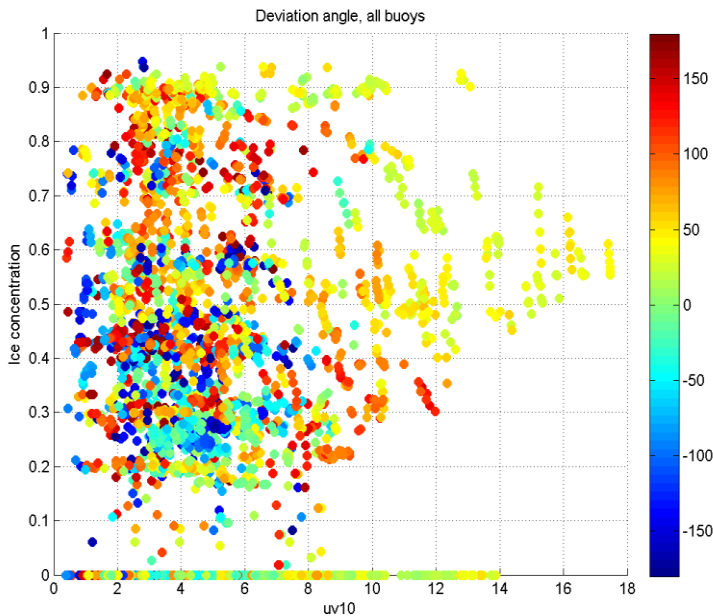
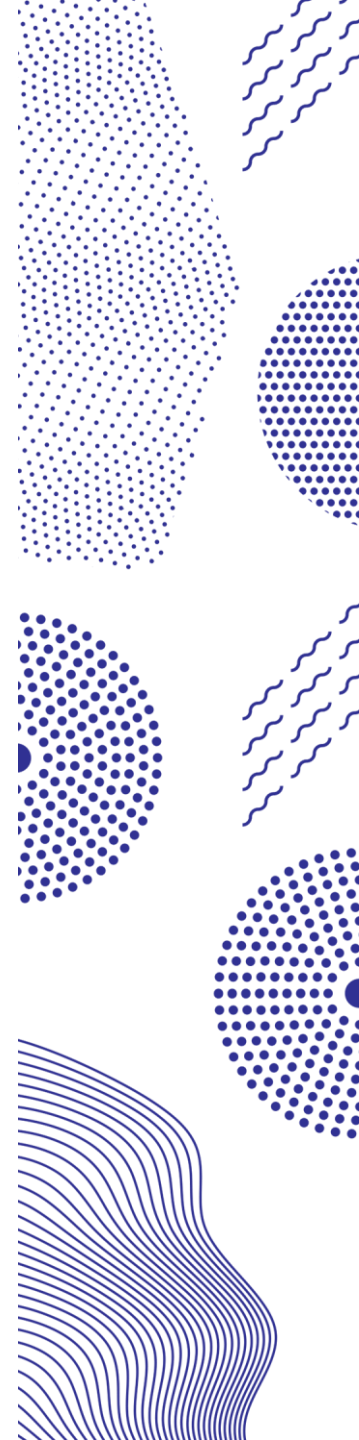
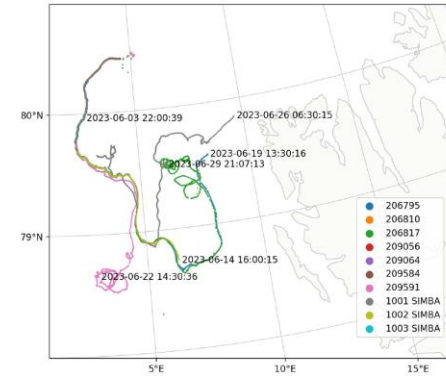
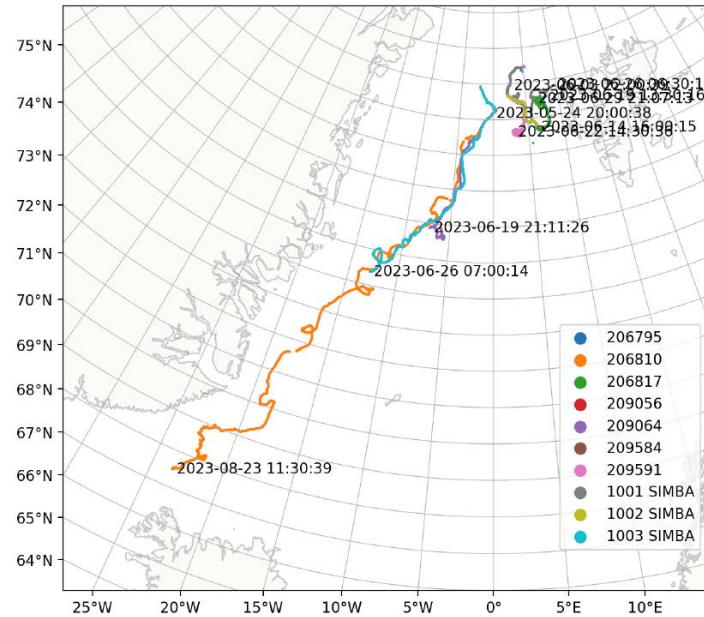
Matalapaineilla on voimakas mutta monimutkainen vaikutus merijäähän



ARTofMELT cruise of Icebreaker Oden, 7 May – 15 June 2023

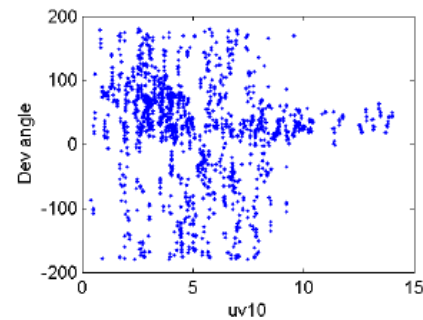


During free wind-driven drift, ice drift speed is 2-3 % of the near-surface wind speed, and the drift deviates some 30° to the right of the wind vector.



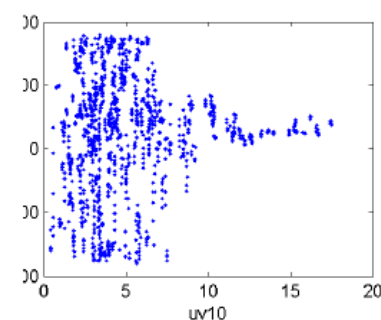
Rather than a threshold ice concentration of 0.8, a threshold wind speed of 10 m/s for free-drift conditions

Buoy 206817



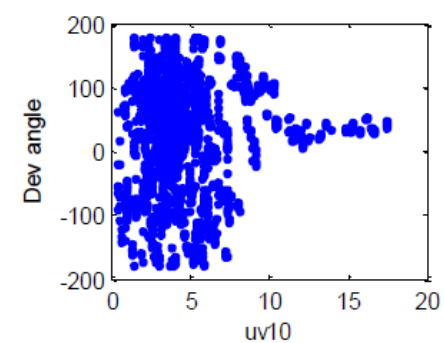
Meandering drift in the West Spitsbergen current

Buoy 209064



Straight drifts along the East-Greenland Current

Buoy 206810



Sään ennustaminen Arktisilla merialueilla

Keskeiset haasteet

a) Ennusteen alkutilan epätarkkuus

- vähän paikallisia havaintoja
- geostationaarisista satelliiteista ei saada dataa
- muuttujia joiden havainnointi epätarkkaa napoja kiertävistä satelliiteista: merijään peittävyys ja paksuus, lumen paksuus jään yllä, ilman kosteus ja pilvien vesi- ja jääsisältö merijään ja lumen peittämällä alueilla

b) Pienen mittakaavan fysikaalisten prosessien mallintamisen haasteita

- pilvet joissa sekä vettä että jäätä
- pilvien, säteilyn ja turbulenttisen sekoittumisen vuorovaikutus
- stabiili kerrostuneisuus alimmissa ilmakerroksissa -> meren ja ilmakehän välisen lämmön ja kosteuden vaihdon mallintaminen virhealtista
- merijään dynamiikan, mekaniikan ja rakenteen mallintaminen virhealtista

c) Säänennustusmallien pystysuuntainen erottelukyky sekä alaimakehässä että lumessa ja jäässä

d) Polaarimatalat

Polaarimatalat

Ominaisuuudet ja esiintyminen

- halkaisija < 1000 km, elinaika < 48 tuntia
- esiintyvät tyypillisesti talvella
- esiintyvät meren yllä, heikkenevät nopeasti maan tai merijään ylle saavuttuaan
- tuulet usein yli 25 m/s
- lämmön luovutus merestä ilmakehään suurta, jopa 1000 W/m^2
- globaalit ilmastomallit eivät yleensä onnistu esittämään Polaarimatalia, mutta sääennustusmallit yleensä onnistuvat. Synnyn ja kehityksen nopeus aiheuttaa haasteita

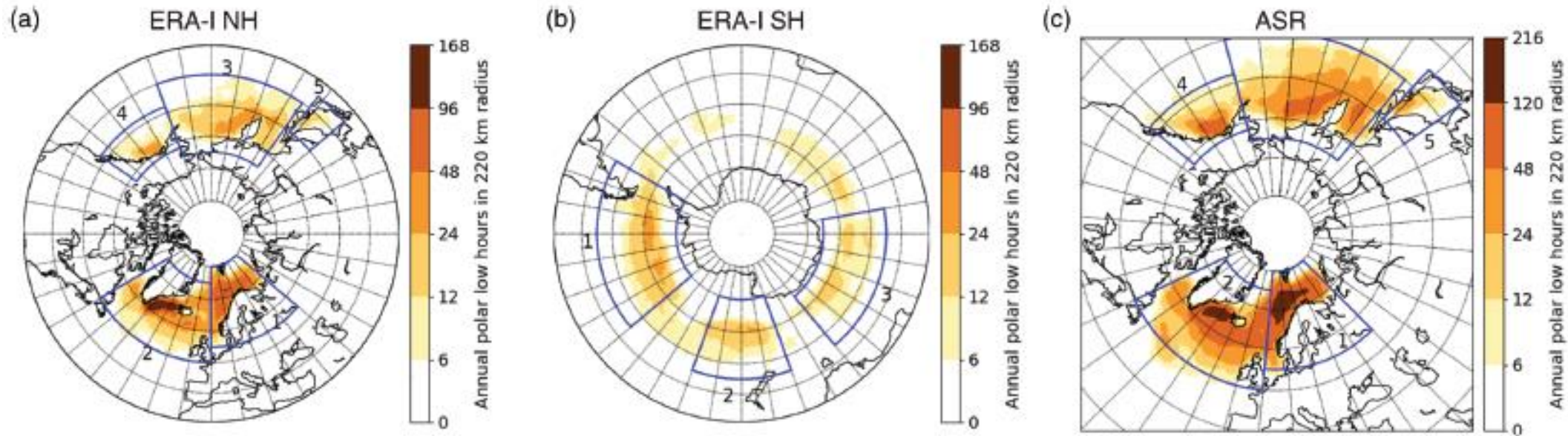
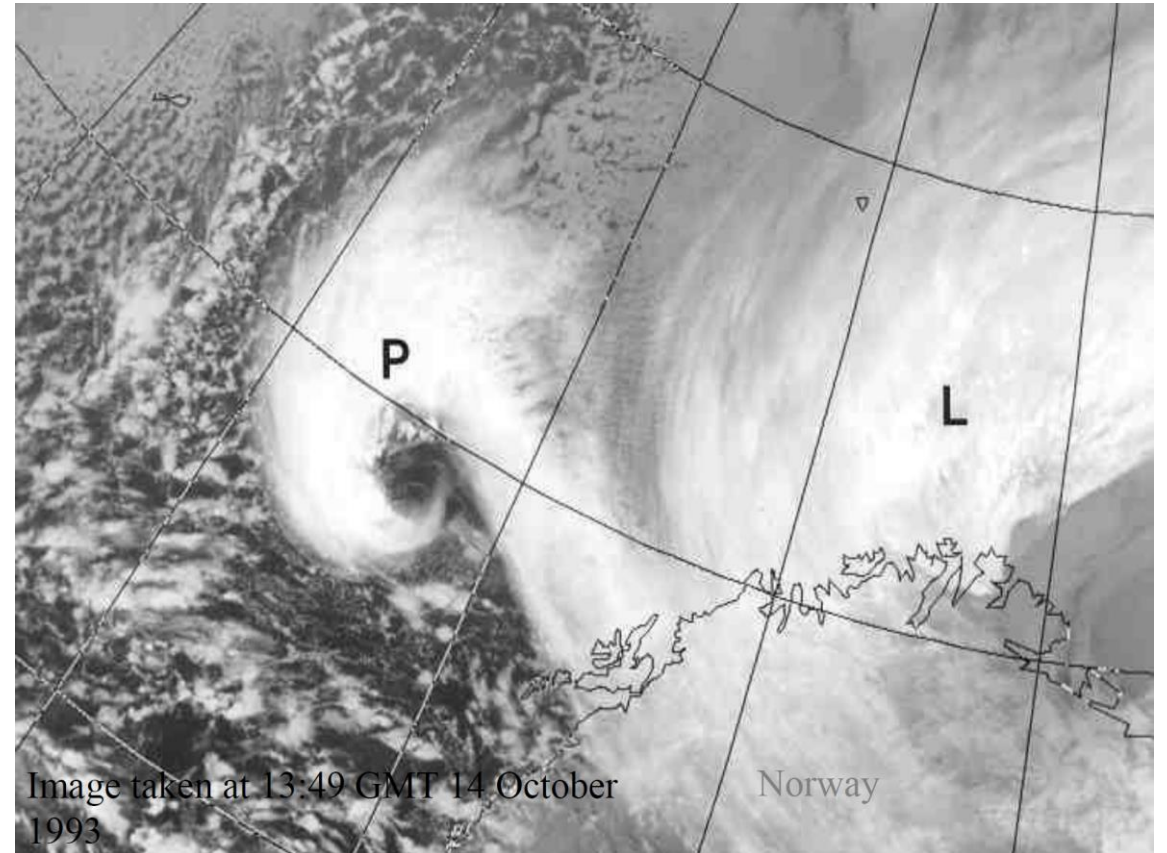
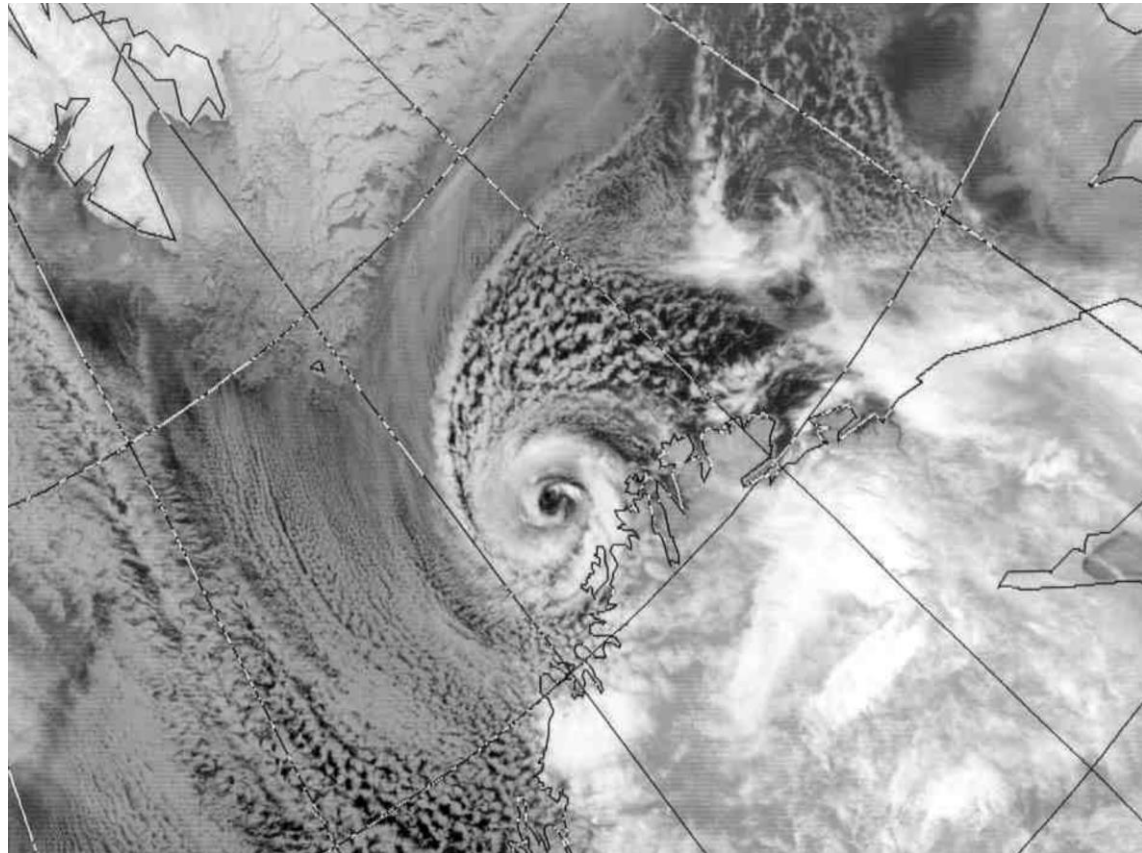


FIGURE 5 Spatial distribution of the average annual time of PL activity (h) within a radius of 220 km for (a) the NH from ERA-I, (b) the SH from ERA-I, and (c) the NH from ASR

Stoll et al.
(2018)

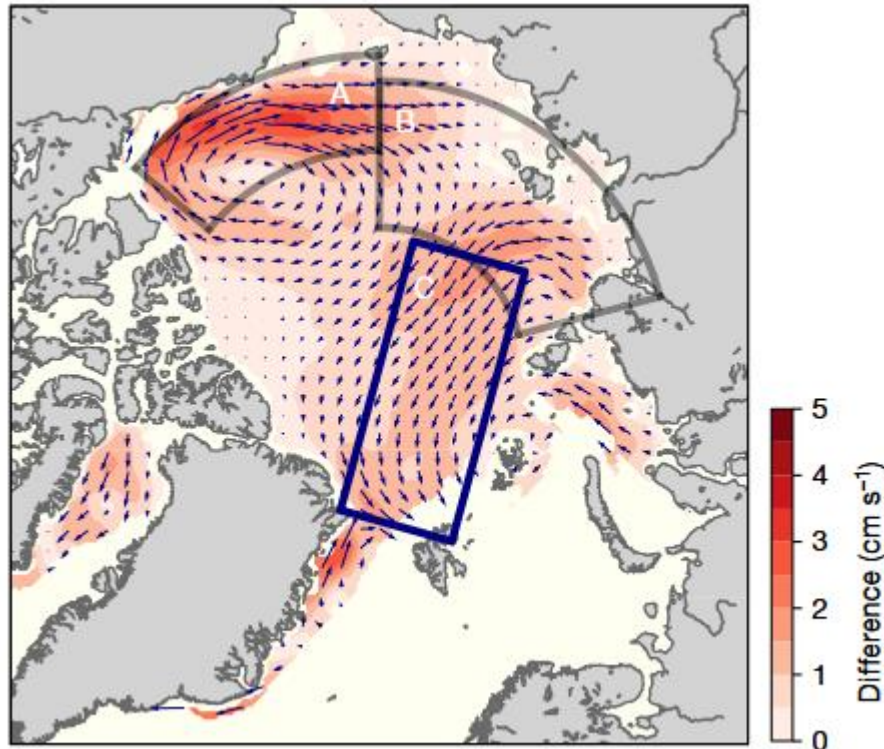
Polaarimatalien synty

- tyypillisesti matala- tai korkeapaineen ajama kylmänpurkaus lämpimän meren ylle -> suuri lämmön ja kosteuden luovutus ilmakehään -> matalapaine syntyy ja edelleen syvenee kun ilmakehän saama kosteus tiivistyy pilviksi
- ylempänä esiintyvät ilmanpaine kentän anomaliat usein voimistavat polaarimatalaa

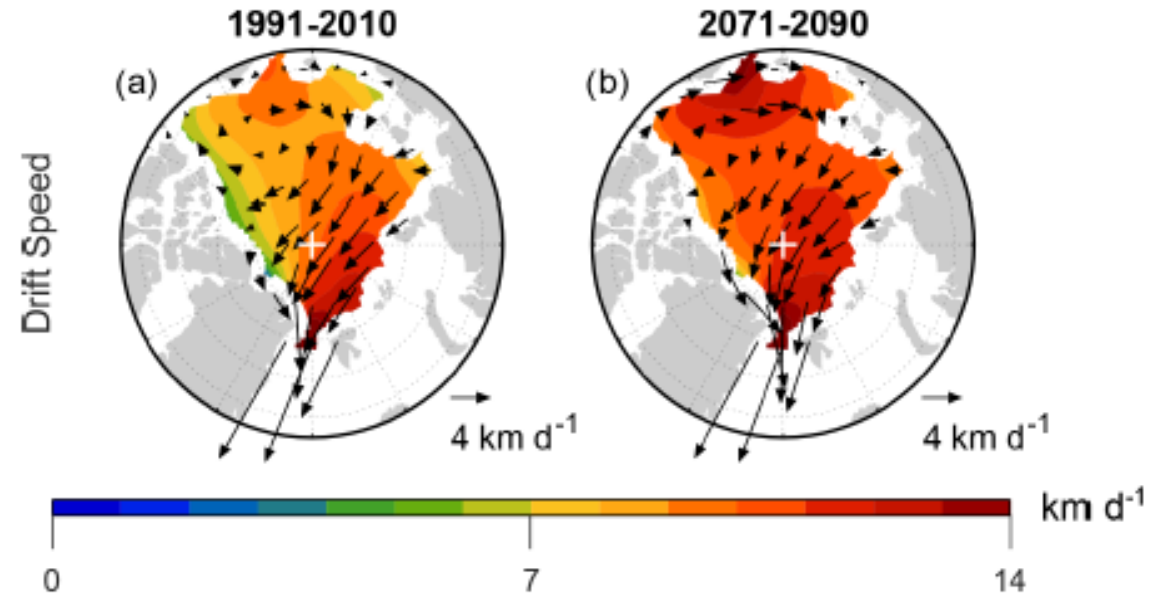


Viimeaikaisia ja odotettavissa olevia muutoksia

Merijään ajelehtimisnopeus on kasvanut ja tulee edelleen kasvamaan

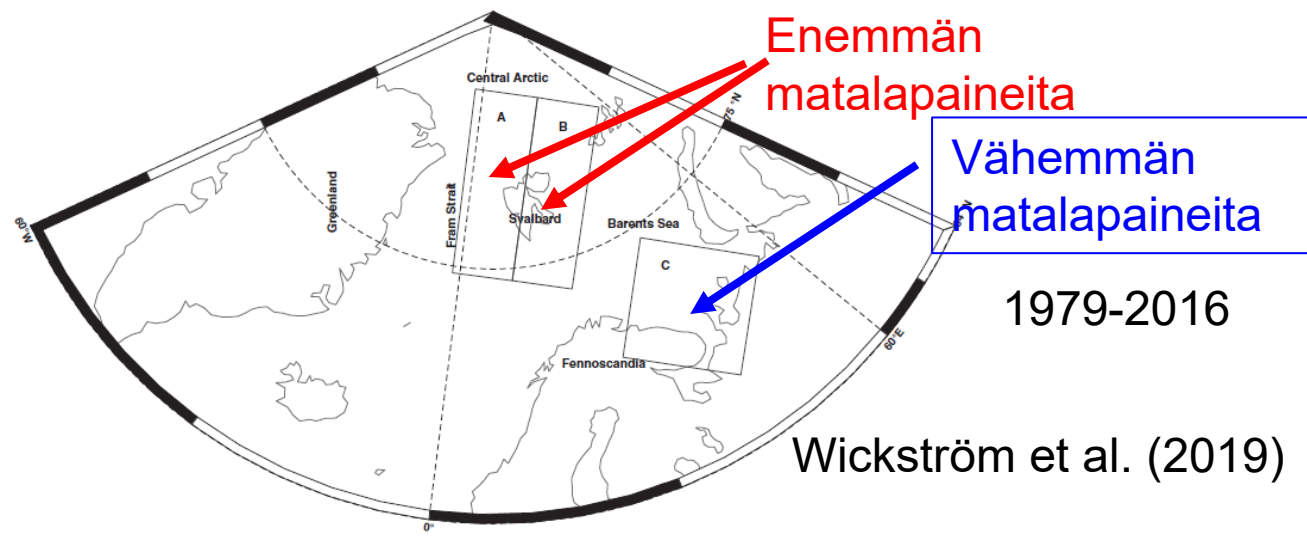


Havaittu ajelehtimisnopeuden kasvu syyskuussa jaksojen 1990–2006 ja 2007–2019 välillä (Sumata et al., 2024)



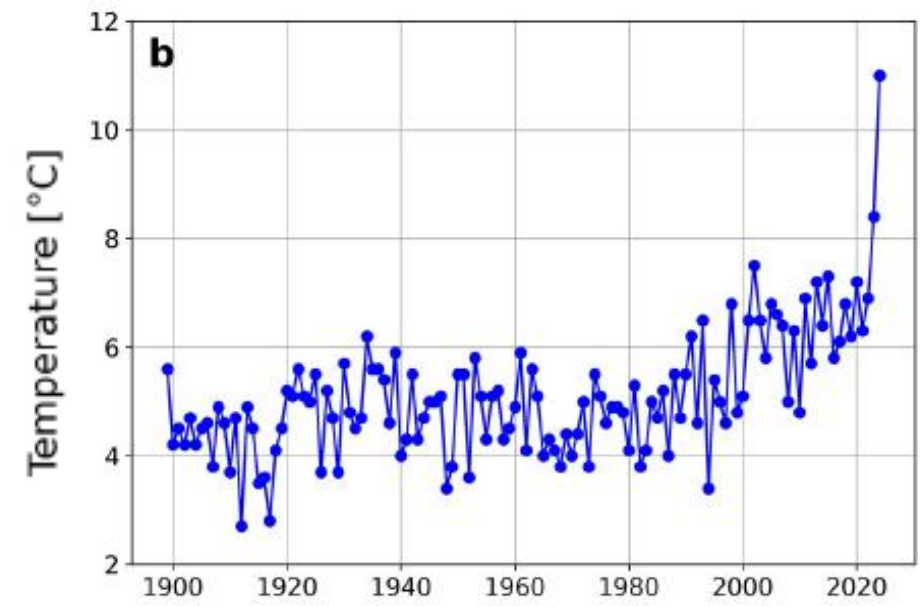
Mallinnettu maaliskuun keskimääräinen ajelehtimisnopeus jaksoilla 1991–2010 ja 2071–2090 (Ward & Tandon, 2024)

Matalapaineiden radat Barentsin merellä muuttuneet enemmän pohjoista ja vähemmän itää kohti



Lämpimämpi ilmasto -> enemmän sään ääri-ilmiöitä

Elokuun keskilämpötila Longyearbyenissä Huippuvuorilla



Van den Broek et al. (2025)

Yhteenveto

Keskeisiä tekijöitä Arktisen merenkulun sujuvuuden ja turvallisuuden takaamiseksi:

- Haasteellisten sääilmiöiden ymmärtäminen ja ennustaminen
- Säätilan vaikutus merijään liikkeisiin ja ominaisuuksiin
- Ilmaston muutoksen vaikutukset sääoloihin ja merijäähän

Suomella on paljon tietotaitoa yllämainituista aiheista ja osaamista on mahdollista edelleen kehittää yhteistyössä Kanadan ja USA:n kollegojen kanssa

Ilmatieteen laitoksen osaamiselle tarvetta esim:

- ilma-jää-meri tilannekuvan määrittämiseen ja lyhytaikaiseen ennustamiseen
- ennustemallien kehittämisessä on erityistä tarvetta esim. jään puristavuuden mallintamisessa
- ilmaston muutoksen vaikutusten arvioimiseen vuosikymmenien aikajänteellä
- itsenäisen ja automaattisen havaintojärjestelmän kehittämiseen merijään ja sääolojen mittaamiseen jäänmurtajilta ja niiltä operoitavilta drooneilta

Keskimääräiset olusuhteet elo-lokakuussa 2000-2022

