METOCC

Arktis i Förändring
–
Förändringar i undervattensstridsmiljön och påverkan på marina operationer

METOCC
Christoffer Walther
2026-09-24

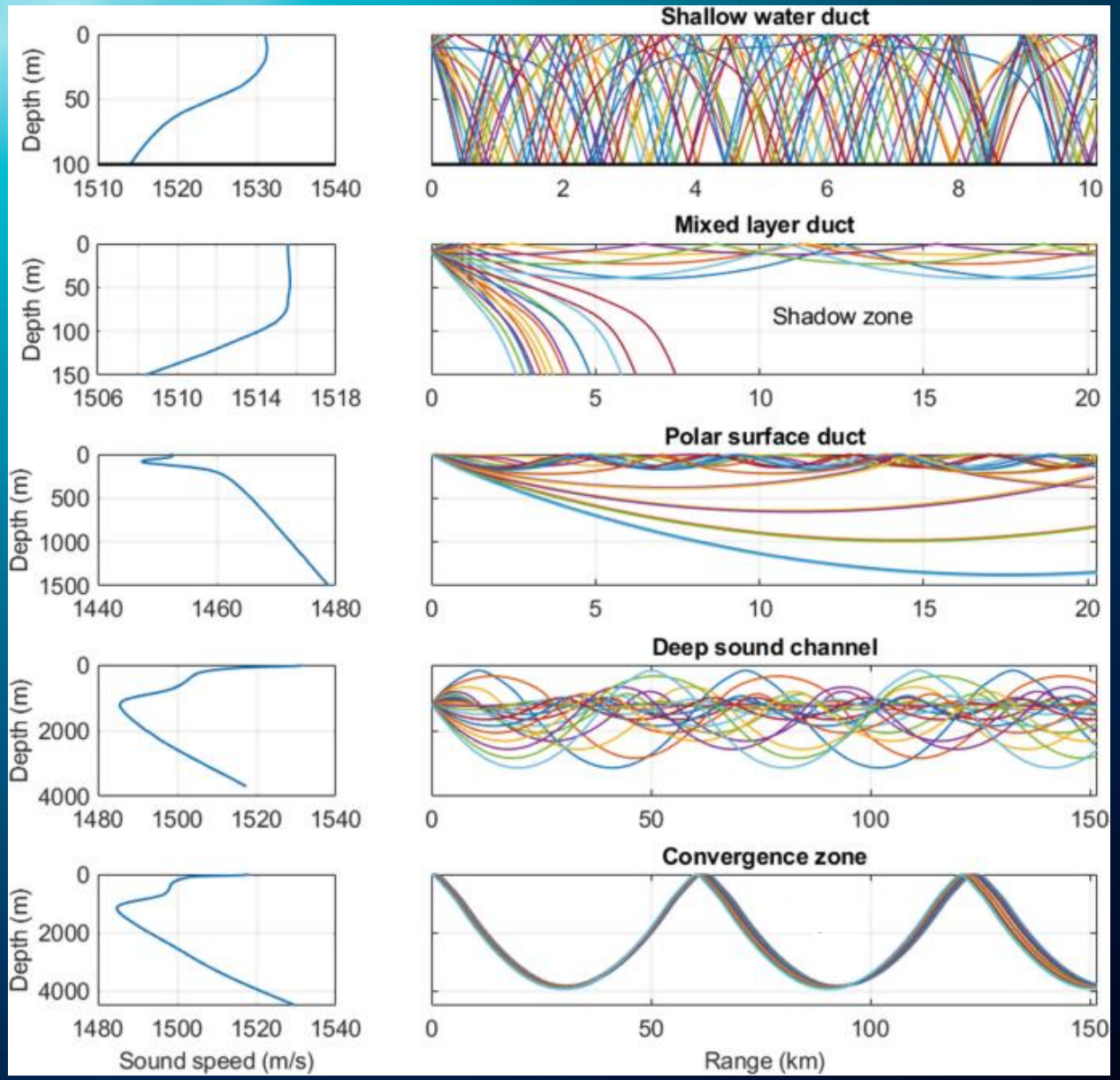
Under större delen av kalla kriget betraktades arktiska undervattensstridsmiljön som relativt stabil

Idag förändras dessa förutsättningar

Förändringar i temperatur och salinitet förändrar ljudhastighetsprofilen, och därmed ljudutbredning under vatten

Ljudhastighetprofilen

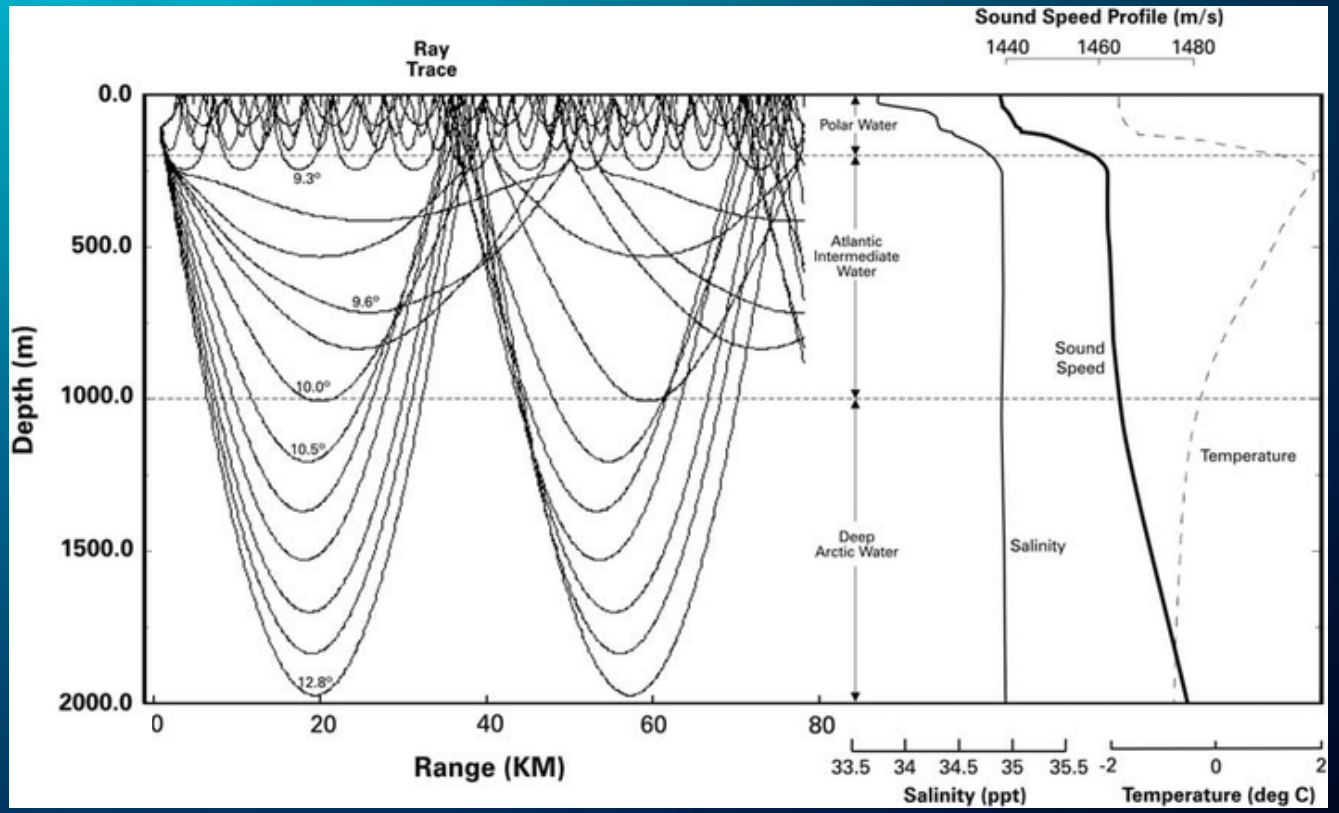
1. Eq.: c = $f(T,S,p)$ [m/s]
   - T = Temperatur [°C]
   - S = Salinitet [S_A]
   - p = Tryck [dBar]
2. Ljudutbredning:
   - Refraktion
   - Ljudkanaler
   - Skuggzoner
   - Upptäcksavstånd



Erbe, C., Duncan, A., & Vigness-Raposa, K.J. (2022).

Klassisk ljudutbredning i Arktis

1. Skiktningar :
   - Kallt och lägre salthalt i ytvattenskiktet
   - Mer accentuerad haloklin
   - Varmare nord atlantvatten på större djup
2. Påverkan på ljudutbredning:
   - Ljudet böjer av mot ytan
   - Begränsad ljudutbredning på längre avstånd
   - Komplicerad reflektion under istäcket

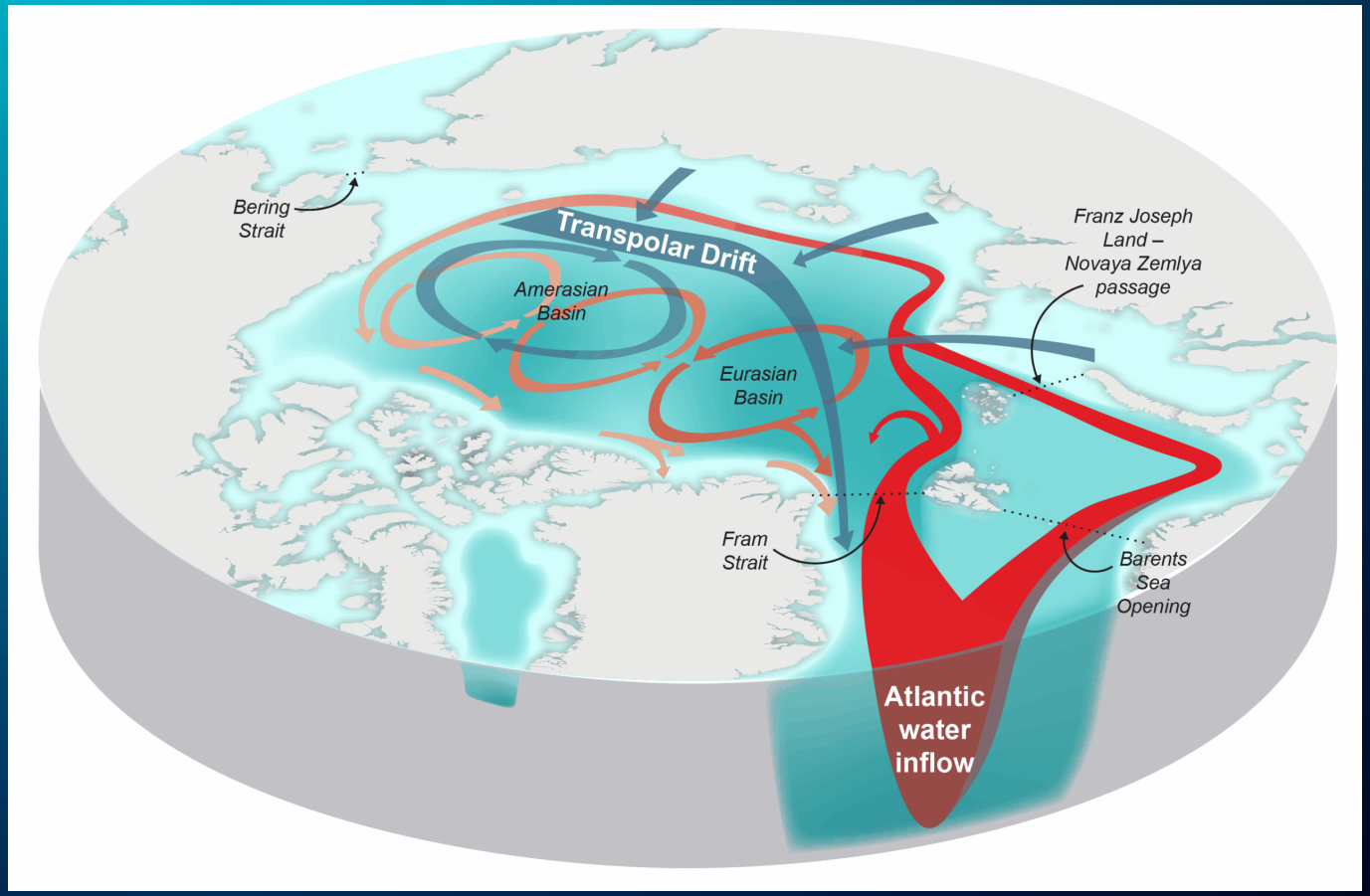


Gavrilov, Alexander & Mikhalevsky, Peter. (2017). Applications of Underwater Acoustics in Polar Environments.

Klimatförändringar i Arktis

Exempelvis:

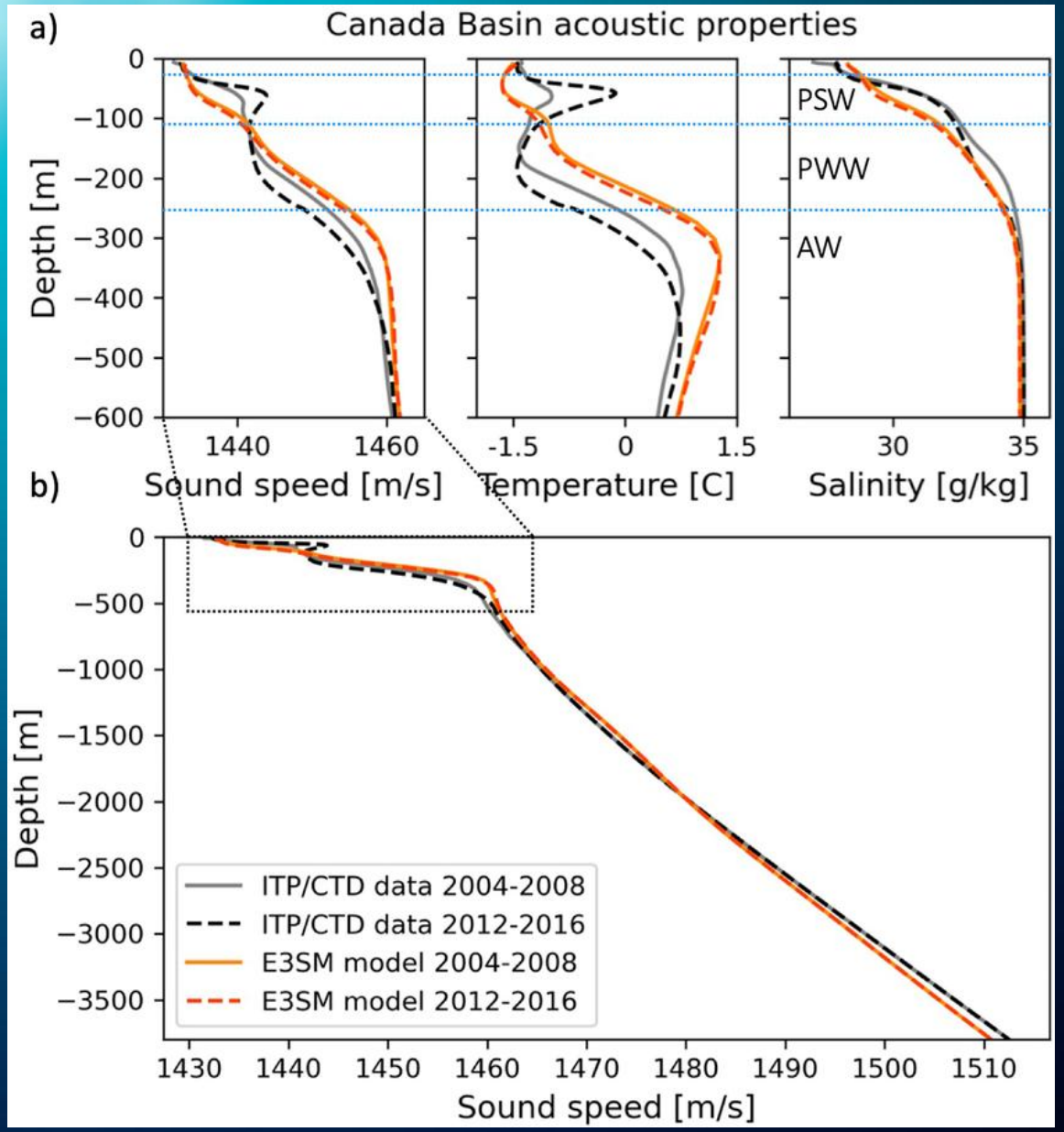
1. Atlantifiering
   - Varmare atlantvatten rör sig längre norrut
   - Förändrad termoklin/haloklin
2. Sötvatten
   - Havsisen smälter
   - Tillrinning från land
3. Mindre mängd havsis
   - Längre säsong med isfritt hav
   - Ökad omblandning



Polyakov et a. (2025). NOAA Arctic Report Card 2025.

Ljudhastighetsförändring

1. Förändrade ytnära förhållanden
   - Varmare ytvattenskikt
   - Säsongsvariationer blir vanligare
2. Förändrade språngskikt
   - Ljudet propagerar nedåt och djupare
3. Undervattensterrängen förändras
   - Förändring i skuggzoner
   - Förändrade detektionsavstånd
4. Ökad variation
   - Prognostisering blir mer utmanande och osäkerheten ökar

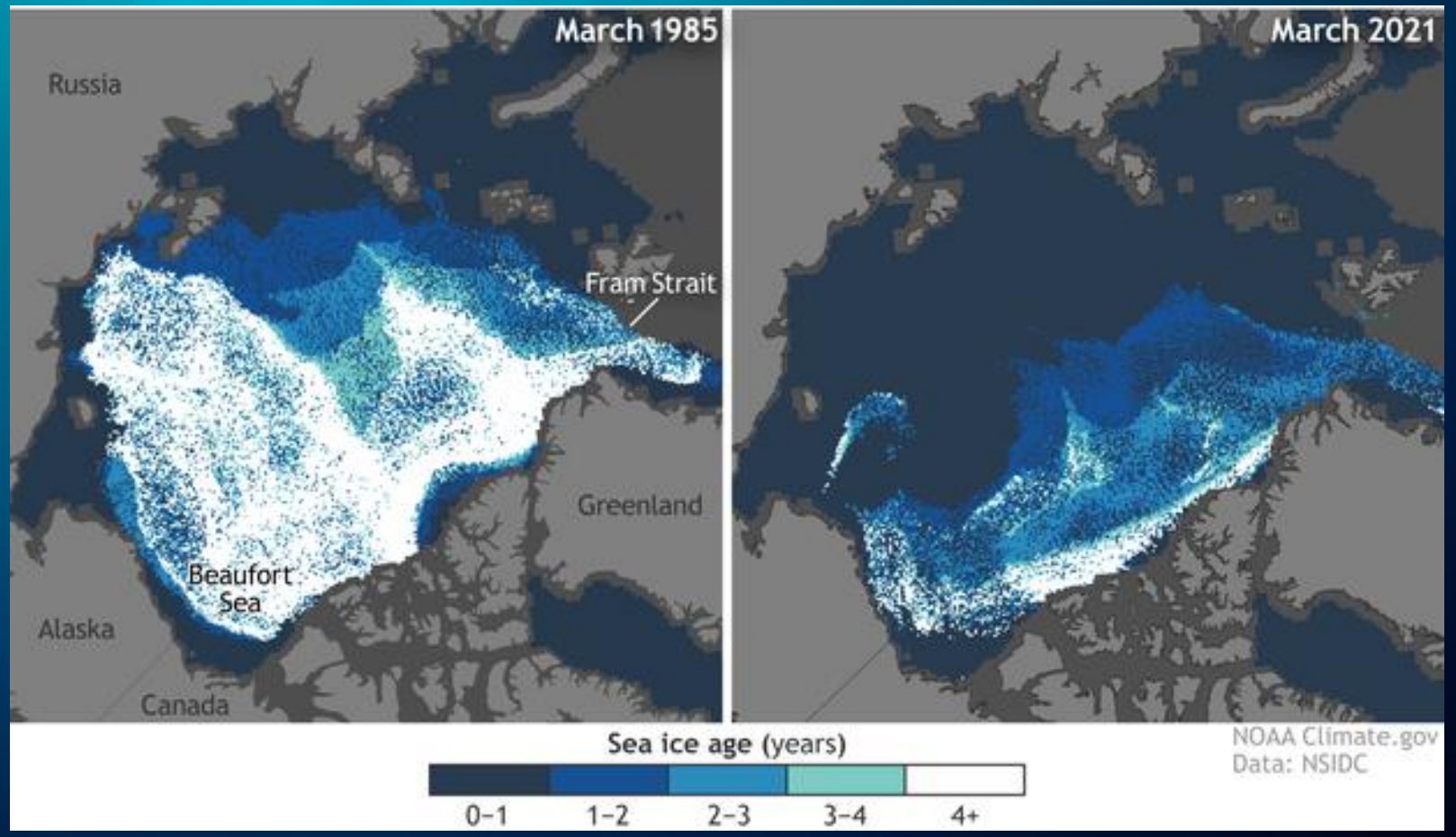


Niklasson et al. (2023).

Minskad isutbredning

Effekter:

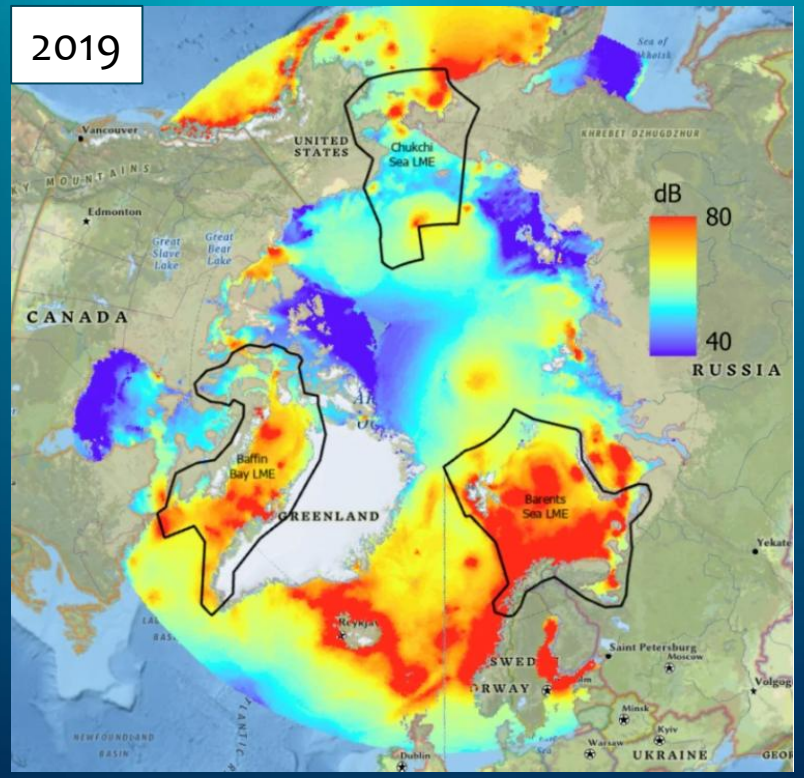
1. Ökade nivåer av vågbrus
2. Minskad dämpning orsakad av havsis
3. Förändrade spridningsförhållanden
4. Mer sjötrafik



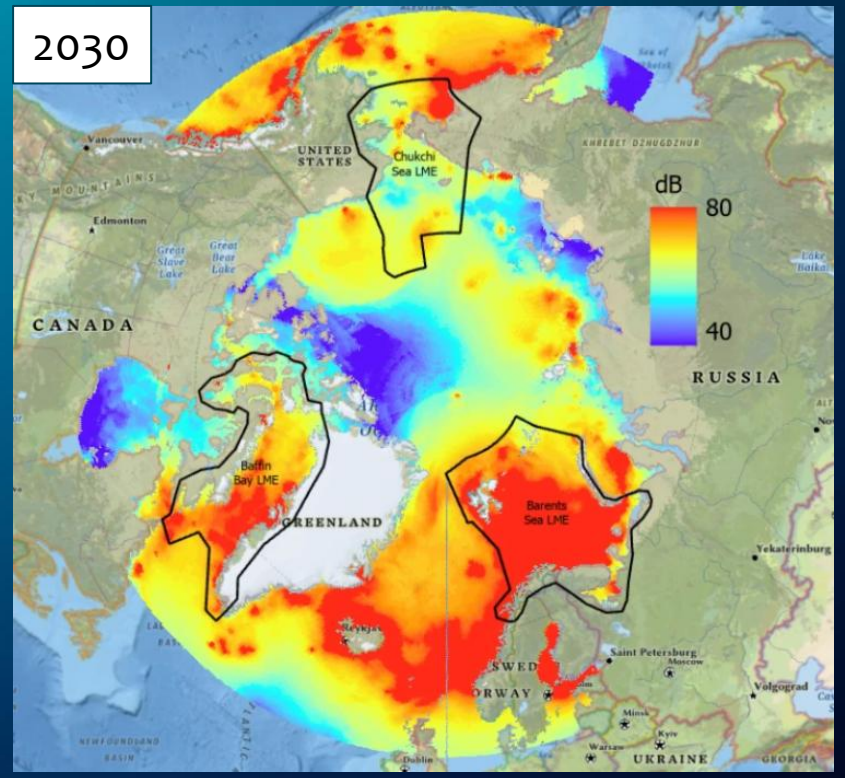
Minskad isutbredning

Effekter:

1. Ökade nivåer av vågbrus
2. Minskad dämpning orsakad av havsis
3. Förändrade spridningsförhållanden
4. Mer sjötrafik



Arctic Council (2025). Median ship noise at 25 Hz over the month of September in 2019.

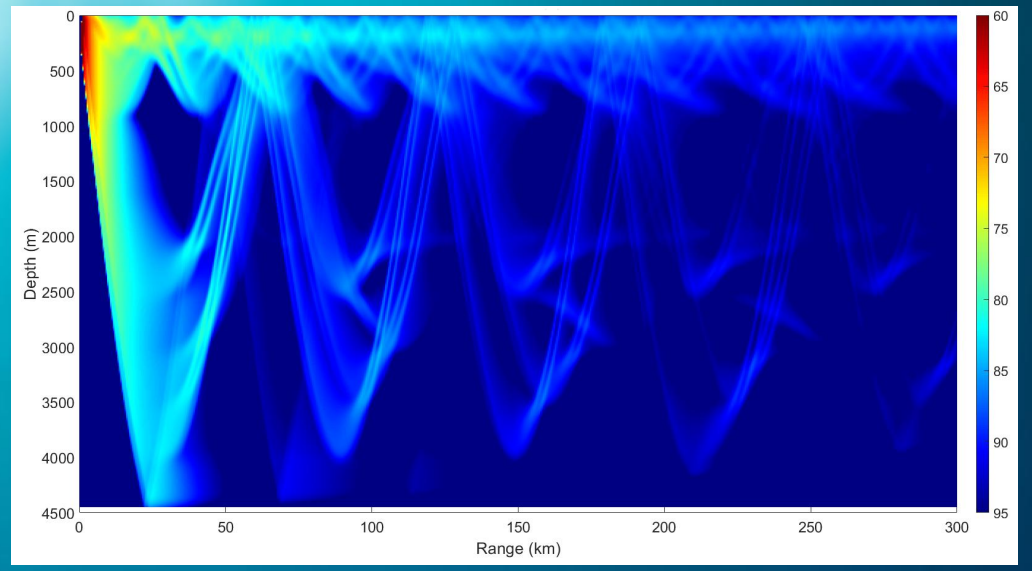


Arctic Council (2025). **Predicted** median ship noise at 25 Hz over the month of September in 2030.

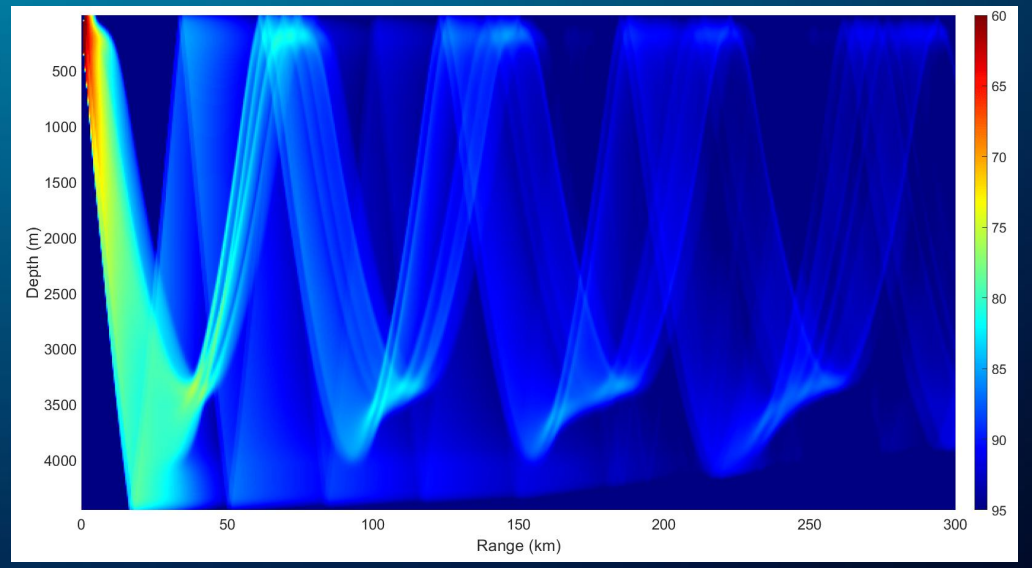
Operativa implikationer

Konsekvenser:

1. Sonarprestanda och ljudutbredning
   - Tidigare antagen om akustiska förhållanden förändras
   - Taktik- och sensoranpassning
2. Förändrade möjligheter för ubåtar att undgå upptäckt
   - Skuggzoner
   - Ljudutbredningsvägar och detektionsavstånd
3. Ökade behov av miljökännedom
   - Oceanografi som operativt beslutsunderlag
   - Ökade behov av realtids observationer
   - Ökat behov av bättrade oceanografiska modeller



Gilli et al. (2024). *North Atlantic/Arctic (100 hertz), 1970-1999*



Gilli et al. (2024). *North Atlantic/Arctic (100 hertz), 2070-2099*

Operativ kontext

1. Mer tillgängligt Arktis
   - Längre isfria perioder
   - Utökad sjötrafik (civil och militär)
   - Utbyggnad av infrastruktur längs den arktiska kusten
   - Utbyggnation av undervattensinfrasturktur
2. Nya Sjövägar
   - Strategiska sjövägar längs den ryska arktiska kusten
   - Kortare transittid mellan Europa och Asien
   - Ökad civil och statlig närvaro
   - Ökat behov av miljökännedom

Mer aktivitet + Förändringar i havet

=

Förändringar i undervattensstridsmiljön

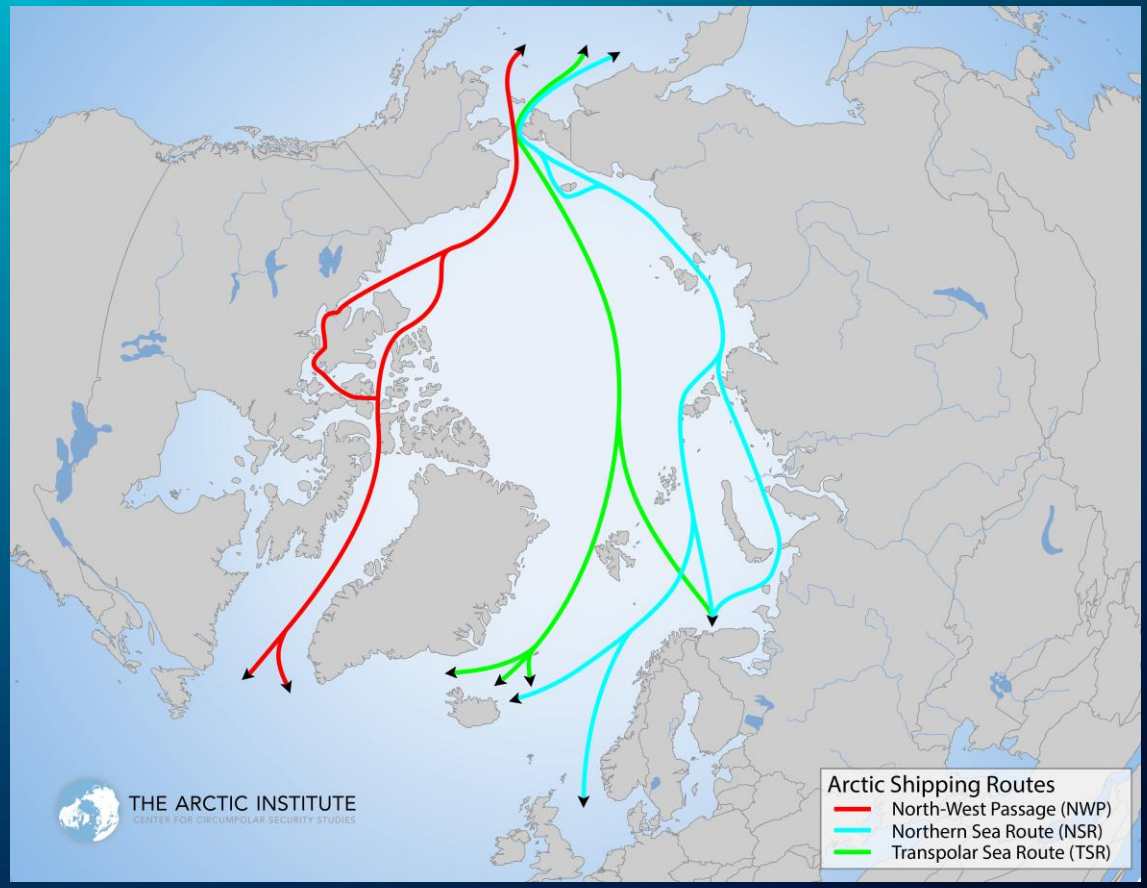


Image source: The Arctic Institute (2025)

Sammanfattning

1. Arktis undervattensmiljö förändras
   - Förändringar i temperatur, salinitet och stratifiering förändrar ljudhastighetsprofilen.
2. Ljudutbredning styrs av oceanografin
   - Förändrad stratifiering påverkar ljudkanaler, refraktion, skuggzoner och detektionsavstånd, vilket förändrar förutsättningarna för såväl sensorer som undervattensplattformar.
   - Bättre miljökännedom genom fler realtidsobservationer och oceanografiska modeller.
3. Ökad operativ betydelse
   - I takt med ökad aktivitet i Arktis, exempelvis längs Nordostpassagen, ökar behovet av att förstå och kunna förutse den oceanografiska miljön som underlag för undervattensverksamhet.

Arktis i Förändring
–
Förändringar i undervattensstridsmiljön och påverkan på marina operationer

Frågor

METOCC