

Rinna Elina Kullaa

Arktisten merireittien pitkän aikavälin merkitys

Millaisena näette arktisen alueen merireittien avautumisen merkityksen pitkällä aikavälillä (+25 v.) ja miten kommentoisitte valtioneuvoston tulevaisuusselonteon muutostekijöitä ja skenaarioita tästä näkökulmasta?

Tiivistelmä

Arktisten merireittien merkitys kasvaa tulevina vuosikymmeninä, mutta kehitys tapahtuu monimutkaisesti ja epätasaisesti. Ne eivät 25 vuoden tarkastelujakson päässä tule korvaa olemassa olevia maailmanlaajuisia meriliikenteen pääreittejä, kuten Suezin tai Panaman kanavia: kausittaiset jääolot, jäänmurtajakapasiteetin rajallisuus ja puutteellinen satamainfrastruktuuri estävät ympärivuotisen kaupallisen meriliikenteen laajassa mittakaavassa edelleen. Pidemmän aikavälin kehityskaari riippuu teknologisesta ja infrastruktuuria koskevasta kehityksestä, geopoliittisesta yhteensovittamisesta ja oikeudellisesta merihallinnosta eikä pelkästään ilmastomuutoksesta. Arktisten merireittien kehitys tapahtuu todennäköisesti ensisijaisesti kolmea toiminnallista linjaa pitkin: luonnonvarojen vientikuljetusreiteinä, arktisen alueellisen kehittämisen logistisina mahdollistajina sekä strategisesti merkittävänä reiteinä, joilla on kasvava sotilaallinen ja turvallisuuspoliittinen merkitys.

Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko hyötyisi siitä, että infrastruktuuria koskeviin rajoitteisiin, oikeudelliseen hallintoon, fyysisen saavutettavuuden ja kaupallisen kannattavuuden välisiin eroihin kiinnitettäisiin enemmän huomiota, samoin kuin käytännön keskeisiin havaintoihin ja toimialalähtöisiin kehitysehdotuksiin. **Analyysini lopussa esitän 5 keskeistä havaintoa ja 5 toimialalähtöistä ratkaisua arktisten merireittien avautumisen dynamiikan ongelmakohtiin.** Sen sijaan, että huomio jaetaan geopoliittiseen kansainvälisten suhteiden analyysiin ja kaupallisen toiminnan kehittämiseen erikseen (kuten on perinteisesti tehty), arktista turvallisuutta voidaan parhaiten vahvistaa yhdistämällä nämä lähestymistavat. Tällöin voimme etsiä yhteisiä ratkaisuja arktisessa kaupallisessa toiminnassa muiden geopoliittisesti relevanttien ja Suomen turvallisuutta takaavien Pohjoismaiden kanssa toimialoilla joilla Suomella on jo huomattavaa osaamista. Itämeri on jäätävä meri ja Suomella siis on kaupallisia ratkaisuja joita voidaan tulevaisuudessa soveltaa huomattavan hyödyllisesti.

Tarkasteltuna VN:n raportin neljän skenaarion kautta arktiset merireitit saavat olennaisesti erilaisen luonteen: ainoastaan Yhteistyön maailma -skenaariossa ne edustavat Suomelle suoraa taloudellista ja logistista mahdollisuutta. Muissa skenaarioissa arktisten reittien kehittyminen on ensisijaisesti turvallisuus- ja resilienssihaaste, sillä merireitit muotoutuvat yhä enemmän geopoliittisen kilpailun, pirstaloituneen hallinnon ja infrastruktuurin strategisen hallinnan mukaan. Suomelle arktisen meriliikenteen kehityksen merkitys liittyy kuitenkin yhtä lailla pohjoismaiseen yhteistyöhön, huoltovarmuuteen ja pohjoiseen puolustuskykyyn kuin oleellisiin taloudellisiin mahdollisuuksiin.

Arktisten merireittien pitkän aikavälin merkitys

Luonnonvara- ja logistiikkamerkitys

Arktisten merireittien pitkän aikavälin taloudellinen logiikka on sidoksissa niiden palvelemaan luonnonvaraperustaan eikä mannertenväliseen kauttakululiikenteeseen. Arktisella alueella arvioidaan sijaitsevan 25–30 % maailman löytämättömistä hiilivetyvarannoista sekä merkittäviä kriittisten mineraalien esiintymiä, mukaan lukien harvinaiset maametallit, nikkeli ja palladium. Arktisten reittien rahtimäärien kasvu – sekä nykyinen että tuleva – heijastaa tätä kaivoslogiikkaa: vuonna 2025 noin 83–86 % kaikesta koillisvyöhykkeen (NSR) rahdista (yhteensä 37 Mt) koostui venäläisistä hiilivedyistä, joita tuottavat ensisijaisesti Kiinan vahvasti rahoittamat hankkeet, mukaan lukien Yamal LNG (kiinalaisyriyksillä on yhteensä 30%:n osuus, jota tukevat yli 12 miljardin dollarin kiinalaiset valtiollisten pankkien lainat) sekä osittain sanktioitu Arctic LNG-2, jossa Kiina on hankkeen ensisijainen ostaja. Vuosina 2024–2025 noin 95 % kaikesta NSR:n kauttakululiikenteestä kulki Venäjän ja Kiinan välillä. Venäjä on vahvistanut tätä kehityssuuntaa laajentamalla NSR-konseptin muodollisesti Trans-arktiseksi liikennekorridoriksi, joka on multimodaalinen järjestelmä, joka yhdistää meri-, rautatie-, joki- ja tieyhteydet Pietarista Vladivostokiin.

Tällä hetkellä toiminnassa olevan NSR:n lisäksi kolme muuta rahtiperustaa voi edistää arktisten reittien kehitystä 25 vuoden aikajaksolla. Nunavutin kriittisten mineraalien louhinta edustaa uskottavinta tulevaa rahtiperustaa luoteisväylälle (NWP), mutta infrastruktuuri-investointien aikataulut tekevät kaupallisesta kannattavuudesta vähintään vuosikymmenen päässä olevan asian. Grönlannin panos on ensisijaisesti mineraalipohjainen – harvinaiset maametallit, rautamalmi ja uraani – ja louhinnan aikataulut mitataan vuosikymmenissä, minkä lisäksi Grönlannin kehittyvät hallintojärjestelyt vaikeuttavat asiaa entisestään. Mannerjalustalla tapahtuva merenpohjan resurssien louhinta on kaupallisesti marginaalista nykyisellä teknologiatasolla ja öljyn hinnoilla, ja merkittävä osa arktisista merenpohjan varannoista koostuu raskaasta ja viskoosista raakaöljystä.

Arktisilla reiteillä on todellisia etäisyyssetuja: NSR lyhentää Pohjois-Euroopan ja Itä-Aasian välisiä matkoja noin 30–40 % Sueziiin verrattuna, ja luoteisväylä lyhentää Itä-Aasian ja Yhdysvaltojen itärannikon reititystä noin 7 000 km Panamaan verrattuna. Kumpikaan reitti ei ole avoinna ympäri vuoden. NSR-navigointi on tällä hetkellä rajoitettu noin 4–5 kuukauteen vuodessa, ja vaikeat jäävuodet edellyttävät ydinvoimin toimivan jäänmurtajan tukea jopa kesällä. Luoteisväylä ei tarjoa vertailukelpoista kausittaista ennakoitavuutta: jääolot vaihtelevat merkittävästi sen seitsemällä vaihtoehtoisella reitillä sekä vuodesta toiseen, mikä tekee luotettavan laivaliikenteen suunnittelun kaupallisille operaattoreille käytännössä mahdottomaksi. Fyysinen saavutettavuus ja kaupallinen kannattavuus ovat siten erillisiä ehtoja, ja niiden välinen kuilu säilyy laajana 25 vuoden tarkastelujaksolla.

Geopoliittinen ja oikeudellinen merkitys

Arktisilla merireiteillä on myös tärkeä geopoliittinen ja oikeudellinen merkitys, eivätkä niiden tarjoamat etäisyysetuudet ole erotettavissa poliittisista ehdoista, joilla niitä voidaan käyttää. Sekä NSR että luoteisväylä ovat Venäjän ja Kanadan riittauttamien lainkäyttövaatimusten alaisia, mikä tekee kauttakulusta riippuvaisen lupajärjestelmistä ja yksipuolisesta sääntelyhallinnasta. Yhtäkään suvereenin lainkäyttövallan ulkopuolella sijaitsevaa itsenäistä arktista toimijaa ei tällä hetkellä ole olemassa: napareitti on kaupallisesti olematon, eikä se todennäköisesti kehity 25 vuoden ajanjaksolla.

Kiina lisää monimutkaisuuteen toisen tason. Peking osallistuu operatiivisesti Venäjän hallinnoimiin arktisiin reitteihin tukien samalla navigointivapauksia UNCLOSin nojalla ja rakentamalla järjestelmällisesti itsenäistä arktista kapasiteettia – toteuttaen tutkimusretkiä kaikilla kolmella arktisella reitillä, ottaen käyttöön satelliittiasemia Huippuvuorilla ja Ruotsissa sekä pyrkimällä rakentamaan vastaavaa infrastruktuuria Grönlantiin ilmeisellä kaksikäyttöpotentiaalilla. Kiina myös edistää napareittivaihtoehtoa pitkän aikavälin mahdollisuutena: toisin kuin NSR tai luoteisväylä, se kulkee kansainvälisten vesien kautta, joihin ei sovelleta minkään valtion sääntelyjärjestelmää tällä hetkellä. Tämä luo rakenteellisen jännitteen: **kiinalaiset ja venäläiset intressit arktisessa hallinnossa eroavat todennäköisesti merkittävästi toisistaan saavutettavuuden parantuessa** (siis 25 vuoden aikavälillä).

Sama maantiede, joka muokkaa kaupallista reititystä, määrittää myös sotilaallisen luvallisen käytön ja sen kieltämisen. GIUK-aukko (Grönlanti–Islanti–Yhdistynyt kuningaskunta) on saanut uudelleen strategista merkitystä: **NATO pyrkii seuraamaan ja rajoittamaan Venäjän laivaston toimintaa ennen kuin ne voivat uhata Atlantin huoltoyhteyksiä GIUKin kautta, kun taas Venäjä pyrkii estämään NATO-joukkoja lähestymästä Kuolan niemimaan linnoituksiaan** (jotka muodostavat Venäjän suurimman ydinsukellusveneiden, pitkän kantaman ballististen ohjusten ja risteilyohjusten sekä strategisten pommikoneiden keskittymän – arktisen alueen eniten militarisoituneen vyöhykkeen). Grönlanti sijaitsee aukon länsipäässä sekä luoteisväylän ja tulevan napaylikulun suistoalueella, mikä tarkoittaa, että sen ilmatilaa, satamia ja rannikkovesiä hallitseva taho hallitsee Arktisen alueen Atlantin porttia.

Huippuvuoret muodostavat rinnakkaisen jännitteen. Vuoden 1920 Huippuvuorten sopimus antaa Norjalle täyden suvereniteetin, mutta kieltää militarisoinnin samalla kun se takaa allekirjoittajavaltioille tasapuolisen kaupallisen pääsyn. **Tämä tarkoittaa, että Norja, NATO-jäsen, ei oikeudellisesti voi linnoittaa aluetta, jossa Venäjällä on pysyvä läsnäolo Barentsburgissa tiedustelutukikohtana ja suvereniteetti-instrumenttina. Strategisesti Huippuvuoret sijaitsee NSR:n läntisessä portissa; arktisen jään sulaessa kulku pohjoispuolella saariston kansainvälisten vesien kautta on tulossa yhä kannattavammaksi, mikä kiertäisi Venäjän lainkäyttövaltaisen hallinnan kokonaan ja poistaisi Venäjän vipuvaikutuksen arktisen kauttakulun suhteen.**

Infrastrukturi- ja ympäristörajoitteet

Fyysisen saavutettavuuden ja kaupallisen kannattavuuden välisen kuilun selittää ensisijaisesti infrastrukturi: arktinen merenkulku edellyttää jäänmurtajalaivastojen, jääluokiteltujen alusten, satamarakenteiden, etsintä- ja pelastuskapasiteetin sekä luotettavien navigointijärjestelmien rakentamista, mikä vaatii vuosikymmeniä ja huomattavia pääomainvestointeja, eikä yksikään arktinen valtio tällä hetkellä omaa riittävää kapasiteettia – eikä omaa sitä myöskään 25 vuoden aikajaksolla. Suomella arktiseen merenkulkuun on tietoa ja valmiuksia pääoman löytyessä ja tietotaitoa kehitettäessä edelleen.

Venäjällä on kehittynein infrastrukturi, mukaan lukien maailman ainoa ydinvoimalla toimiva jäänmurtajalaivasto, mutta sekään ei ole riittävä: 8 ydinvoimaista jäänmurtajaa (4 rakenteilla) toimii ilmoitettua 15–17:n tarvetta vastaavaa tarvetta vastaan, kun taas korkean jääluokan rahtilaivaston kooksi arvioidaan noin 40 yksikköä verrattuna Rosatomin viralliseen tarpeeseen 160 aluksesta vuoteen 2030 mennessä. Tärkeimmät mahdollistavat hankkeet, kuten Siperian tuotantoalueiden NSR:n satamiin yhdistävä trans-arktinen valokuitukaapeli ja rautatiekäytävät, ovat viivästyneet tai rahoituksellisesti ratkaisematta.

Muilla reiteillä rajoitteet ovat vielä suurempia. Luoteisväylällä ei ole syväsatamia eikä toiminnallista SAR-infrastruktuuria, jääolot ovat ennakoimattomat ja pienet syväykset sulkevat pois suuremmat alukset. Kanadan jäänmurtajalaivasto on ikääntynyt, eikä uusia aluksia odoteta ennen 2020-luvun loppua. Yhdysvallat aloitti vasta äskettäin ensimmäisen arktisen syväsatamansa rakentamisen Nomessa ja operoi vastaavasti ikääntynyttä ja olematonta jäänmurtajalaivastoa, jota ollaan laajentamassa. Grönlannin satamainfrastrukturi on alkeellista – se on suunniteltu paikalliseen huoltoon eikä kaupallisiin kauttakulkumääriin. Norja on osittainen poikkeus: Tromsø, Narvik ja Kirkenes toimivat hyvin kehittyneinä arktisina solmukohtina, joissa on syväsatamayhteyksiä. Norja sitoutuu lisäinvestointeihin puolustus- ja infrastruktuuralalla, mukaan lukien uusi NATO:n ilmaoperaatiokeskus lähellä Bodøa, ja Huippuvuorille ja Jan Mayenille johtava uusi valokuitukaapeli on rakenteilla. Norjan infrastrukturi on kuitenkin keskittynyt NSR:n läntisille lähestymistavoille eikä ulotu korkeaan arktiseen alueeseen.

Ympäristöolot asettavat yhtä tärkeitä rajoitteita. Arktisen alueen merijäänpeite kesän 2025 lopussa oli nuorempaa, ohuempaa ja 28 % vähemmän laajaa kuin vuonna 2005, mutta tämä ei tarkoita ennakoitavampia olosuhteita. Kun monivuotinen jää korvautuu ohuemalla ensimmäisen vuoden jäällä, olosuhteet muuttuvat dynaamisemmiksi luoden uusia navigointivaaroja. Ikiroudun sulaminen tuo mukanaan lisäinfrastruktuuriulottuvuuden. Noin 70 % nykyisestä arktisesta infrastruktuurista sijaitsee alueilla, joilla on korkea potentiaali lähipinnan ikiroudun sulamiseen, mukaan lukien 45 % Venäjän arktisista hiilivetyjen louhintakentistä. Joillakin alueilla maanvajouma ylittää jo 5 cm vuodessa, mikä vaurioittaa teitä, putkistoja ja perustuksia.

Ympäristöriskit muodostavat lisärajoitteen. Öljyvutojen torjuntakapasiteetti etäisissä arktisissa vesissä on edelleen minimaalinen, kuten vuoden 2020 Norilsk Nickel -vuoto osoitti. IMO:n kielto raskaaseen polttoöljyyn astui voimaan heinäkuussa 2024, vaikka valvonta etäisillä sektoreilla on edelleen rajallista. Kasvavan arktisen liikenteen musta hiili luo takaisinkytkentäilmukan kiihdyttäen paikallista jäänsulamista. Nämä sääntely- ja ekologiset rajoitteet muovaavat arktisten reittien kehitystä yhtä lailla kuin jääolot itsessään, ja ne tiukentuvat todennäköisesti tulevana vuosikymmeninä.

Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko: Arktiset merireitit skenaarioiden valossa

Raportti tunnistaa oikein lisääntyvän sotilaallisen toiminnan arktisella alueella ja hybridihyökkäykset kriittistä infrastruktuuria vastaan merkittävänä riskitekijänä. **Erotus arktisten vesien fyysisen saavutettavuuden ja arktisten merireittien kaupallisen elinkelpoisuuden välillä tulisi kuitenkin olla selvempi. Vaikka ilmastonmuutos vähentää vähitellen merijäänpeitettä, arktisten reittien kehityksen lähiaikainen kehityssuunta muotoutuu ensisijaisesti resurssien, logistiikan, saatavilla olevan infrastruktuurin ja teknologian sekä geopoliittisen yhteensovittamisen kautta eikä avoimen mannertenvälisenä kauttakulkuna. Koillisväylä on jo pitkälti rakentunut venäläisten hiilivetyjen vientiin ja integroitunut yhä enemmän Venäjän ja Kiinan logistiikkavirtoihin sen sijaan, että se toimisi monenvälisenä kaupallisena käytävänä. Tämän seurauksena arktisten vesien avautuminen vahvistaa todennäköisesti valtioiden hallinnoimia resurssipohjaisia laivausjärjestelmiä eikä luo maailmanlaajuisesti saavutettavia kauppareittejä.** Tällä erottelulla on suora merkitys Suomelle: useimmissa skenaarioissa arktisten merireittien kehittyminen on vähemmän taloudellinen mahdollisuus kuin kysymys infrastruktuurin turvallisuudesta, alueellisesta vakaudesta ja pohjoismaisesta valmiudesta. Nämä molemmat tulisi tuoda esiin prioriteetteina toimivan pitkän ajan strategian ja uudenlaisen toimijuuden kautta.

Skenaariokohdistus

Yhteistyön maailma -skenaariossa arktiset merireitit voisivat edustaa Suomelle rajallista mutta todellista taloudellista ja logistista mahdollisuutta, mahdollisesti yhdistäen Norjan arktisia satamia Pohjois-Suomeen ja Itämerelle osana laajempaa Eurooppa–Aasia-verkostoa. Tällainen kehitys edellyttäisi luotettavaa kausiluonteista navigointia ja huomattavia infrastruktuuri-investointeja, ja geopoliittisen osaamisen yhdistämistä mm. jäämekaniikan osaamiseen

Teknojättien maailma -skenaariossa arktisten reittien kehitys muotoutuisi vähemmän perinteisten geopoliittisten blokkien kautta ja enemmän teknologisten ja infrastruktuurijärjestelmien hallinnon kautta. Satelliittinavigointijärjestelmistä, jäänseurantajärjestelmistä, viestintäverkostoista, satamautomaatiosta ja digitaalisista logistiikka-alustoista tulisi arktisen merenkulun kriittisiä mahdollistajia. Tässä kontekstissa arktisten reittien strateginen merkitys riippuisi paitsi maantieteestä myös siitä, mitkä toimijat hallitsevat teknologista ja tietoinfrastruktuuria, joka on tarpeen

turvalliseen navigointiin ja rahtivirtaan. Suomelle tämä skenaario nostaa esiin kysymykset teknologisesta riippuvuudesta, infrastruktuurin omistuksesta ja arktisia operaatioita tukevien kriittisten digitaalisten järjestelmien hallinnosta. Tämä skenaario myös yhdistäisi vastaavasti Kiinan ja Venäjän teknologian ja vakoilun kapasiteetit vastustajina eikä tämä näkökulma ole toivottava ja turvallisuutta tuottava.

Blokkien maailma heijastaa parhaiten arktisten reittien kehityksen nykyistä kehityssuuntaa. Pirstaleisessa geopoliittisessa ympäristössä arktiset merikulkuväylät eivät todennäköisesti kehity neutraaleiksi maailmanlaajuisiksi kauttakulkureiteiksi. Sen sijaan ne toimivat todennäköisesti alueellisesti hallittuina logistiikkajärjestelminä, jotka ovat osa kilpailevia poliittisia ja taloudellisia blokkeja. Tällaisissa olosuhteissa pääsy reiteille, infrastruktuuri-investoinnit ja laivausvirrat muotoutuvat ensisijaisesti strategisten liittoutumien eikä avoimen monenvälisen kaupan kautta. Tämä dynamiikka vähentää todennäköisyyttä, että arktinen laivaus kehittyisi laajasti saavutettavaksi kaupalliseksi käytäväksi, ja lisää sen sijaan pohjoisen infrastruktuurin ja merenkulun pääsypisteiden strategista merkitystä. Suomelle arktisten vesien avautuminen ilmenisi näin ollen vähemmän suorana taloudellisena mahdollisuutena kuin resilienssin kysymyksenä: tarpeena suojata kriittistä infrastruktuuria, ylläpitää turvallisia pohjoismaisia logistisia yhteyksiä ja toimia alueellisessa ympäristössä, jolle on ominaista lisääntynyt geopoliittinen kilpailu. Tässä skenaariossa Norja on Suomelle suotuisin kumppani.

Murtuva maailma -skenaario toimii arktisen hallinnon stressitestinä. Monenvälistä instituutioiden heikkeneminen näkettäisi arktisen merenkulun sääntelyperustaa – kuten UNCLOSia, IMO:n napakoodeiksi ja ympäristövastuujärjestelmiä – sekä laajempaa kansainvälistä järjestystä. Lisähaavoittuvuus nousee esiin, kun otetaan huomioon raportin oma villikortti, ns. Kesslerin syndrooma, kiertoratainfrastrukturan romahtamisen muodossa, arktisessa kontekstissa. Navigointi 70. leveysasteen pohjoispuolella on voimakkaasti riippuvainen satelliittipohjaisista paikannus-, viestintä- ja valvontajärjestelmistä; laajamittainen häiriö kiertoradalla olevassa infrastruktuurissa rajoittaisi tai jopa estäisi korkeiden leveysasteiden merenkulun. Suomelle tämä skenaario merkitsisi sekä suoraa sotilaallista uhkaa koillisessa sivustassa että pohjoisten huoltovarmuuden pohjana olevien pohjoismaisen infrastruktuuriyhteistyön mahdollista heikkenemistä. Skenaario tulee ottaa vakavasti huomioon ja myös uudelleen harkita Suomen tällä hetkellä harjoittamaa diplomatiaa ja kv-poliittista strategiaa uudelleen myös tämän mahdollisuuden pohjalta. Suomen tulisi uudelleen muovautua turvallisuuden tuottajaksi eikä sen kuluttajaksi.

AVAIINTIETOJA: 5 KESKEISTÄ HAVAINTOA

1. Arktiset alueet lämpenevät odotettua nopeammin. Vaikka on odotettavissa, että jo 2030 luvulla pohjoisessa on jäättömiä kesiä, olosuhteet pohjoisessa ovat edelleen haastavat suurimman osan vuodesta myös tuolloin. Kylmä ja jäätön pohjoinen avomeri tulee aiheuttamaan odottamattomia teknisiä haasteita rakenteiden jäätämisen ja pitkien välimatkojen vuoksi. Merijään käyttäytyminen muuttuu jään lämmetessä ja emme tiedä, kuinka tämä muutos tulee vaikuttamaan operointiin Arktisilla merialueilla.

2. Pohjoinen Itämeri jäätyy kuitenkin ainakin osittain joka vuosi myös 2030-luvulla ja on esimerkki Arktisesta merialueesta. Tämän vuoksi Suomeen on kehittynyt kansainvälisesti johtavaa tutkimusta merijäähän, sen mekaniikkaan, merirakenteisiin ja jäisillä merialueilla operointiin liittyen. Tämä osaaminen on siirrettävissä ja skaalattavissa kaikkia Arktisia merialueita koskeviin haasteisiin. Se tulee tulevaisuudessa myös yhdistää geopolitiikan analyysiin ja osaamiseen paremmin jotta Suomen ja Pohjoismaiden turvallisuus voidaan varmistaa.
3. Talvimerenkulku on tähän asti perustunut kokeneiden operaattoreiden korkeaan osaamistasoon. Tällaisia toimijoita on ollut vain rajattu määrä ja tulevaisuudessa sekä Suomessa että kansainvälisesti heitä tulee olemaan yhä vähemmän. Saman aikaisesti muuttuvat jääolosuhteet ja geopolitiikka ovat johtamassa uusiin talvimerenkulun haasteisiin. Lisäksi operointi olosuhteissa, joissa talvimerenkulun kokemusta tarvittaisiin, tulee lisääntymään.
4. Yhä yleisemmin laivat, joiden ei tulisi liikkua jäisillä merialueilla joko laivojen puutteellisten jäissäkulkuminaisuuksien tai miehistön kokemattomuuden vuoksi, operoivat jääpeitteisillä merialueilla. Tähän vaikuttavat operoinnin näennäinen helpottuminen pohjoisessa ja toisaalta se, että aluksia optimoidaan yhä enemmän avomerikäyttöön. Tästä meillä alkaa olemaan jo kokemusta Itämereltä jota voimme tulevaisuudessa jakaa ja hyödyntää.
5. Meriliikenteen turvallisuuden ja sujuvuuden varmistaminen Arktisilla merialueilla vaatii kv-yhteistyössä kehitettyä sääntelyä. Pohjoisessa haasteita ovat pitkät etäisyydet ja tulevaisuudessakin usein vaativat olosuhteet. **Suomalais-Ruotsalainen talvimerenkulkujärjestelmä on toimivaksi tiedetty ja skaalautuva kehys sääntelylle ja esimerkki toimivasta kv-yhteistyössä kehitetystä järjestelmästä.**
6. Tavoitteet kasvihuonepäästöjen rajoittamiseksi **vaativat uusiutuvan energian tuottamiskylmillä merialueilla.** Näiden hankkeiden kehityksen kiihdyttäminen vaatii tulevaisuus tulee riippumaan paljon niiden kustannustehokkuus. Tarvitsemme lisää sekä perus- että soveltavaa tutkimusta näihin liittyen.

5 TOIMINTALÄHTÖISTÄ RATKAISUA: TEKNOLOGIOITA JOITA TULEE HYÖDYNTÄÄ TULEVAISUUDEN TURVAAMISEKSI JA YHDISTÄÄ GEOPOLIITTISEN YMMÄRRYKSEEN.

1. Digitaaliset **multiskaala merijääennuste- ja mallinnustyökalut.** Kehittyneet **simulaatiotyökalut** ja niiden yhdistelmät, joita voidaan käyttää sekä pidemmän ajan ennusteissa, että operatiivisessa toiminnassa. Yhdessä uusien merirakenneratkaisujen ja matalapäästöisen meriliikenteen kehityksen kanssa nämä teknologiat mahdollistavat kaksoissiirtymän.
2. Vihreää siirtymää kiihdyttävät merirakenneratkaisut. **Merijään ja jääkuormien insinööripohjainen tutkimus** mahdollistaa vihreän vedyn tuotannon merituulivoiman avulla kylmillä merialueilla. Yhdessä uusien digitaalisten mallinnustyökalujen tai jäisten merialueiden digitaalisten kaksosten kanssa, nämä kiihdyttävät kaksoissiirtymää.
3. Koneoppimispohjaiset **päätöksenteon tukityökalut jäisille merialueille.** Erityisesti järjestelmät, jotka tukevat vähemmän kokeneita operaattoreita monimutkaisissa jääolosuhteissa tulevat yhä tärkeämmiksi. Näiden kehittäminen edellyttää entistä tarkempia kaukokartoitus- ja jäämittaustuloksia sekä koneoppimisen ja tekoälyn menetelmiä, jotka pystyvät yhdistämään useita tietolähteitä ja tarjoamaan luotettavaa ohjausta.

4. **Talvimerenkulun data-analyysipohjaiset työkalut.** Viranomaiset tarvitsevat yhä enemmän merellisen datan, kuten laivojen AIS-datan, hallintaa ja analysointia yhdessä geopoliittisen ja kv-suhteiden analyysin kanssa. Merellisen data-analyysin sekä näihin liittyvät koneoppimis- ja tekoälyratkaisujen tutkimus ja koulutus nousevat tulevaisuudessa yhä tärkeämmiksi tekijöiksi.
5. **Avovesialusten tehokas ja turvallinen operointi jääolosuhteissa.** Energiatehokkuusvaatimusten vuoksi laivojen suunnittelu siirtyy tulevaisuudessa yhä enemmän kohti ensisijaisesti avoveteen suunniteltuja aluksia. Tämä vaatii uutta tietoa siitä, miten tämä vaikuttaa operoinnin turvallisuuteen ja tehokkuuteen sekä alusten jääkuormista suhteessa rakenteellisiin mitoituksiin sekä suorituskykyyn jäissä.