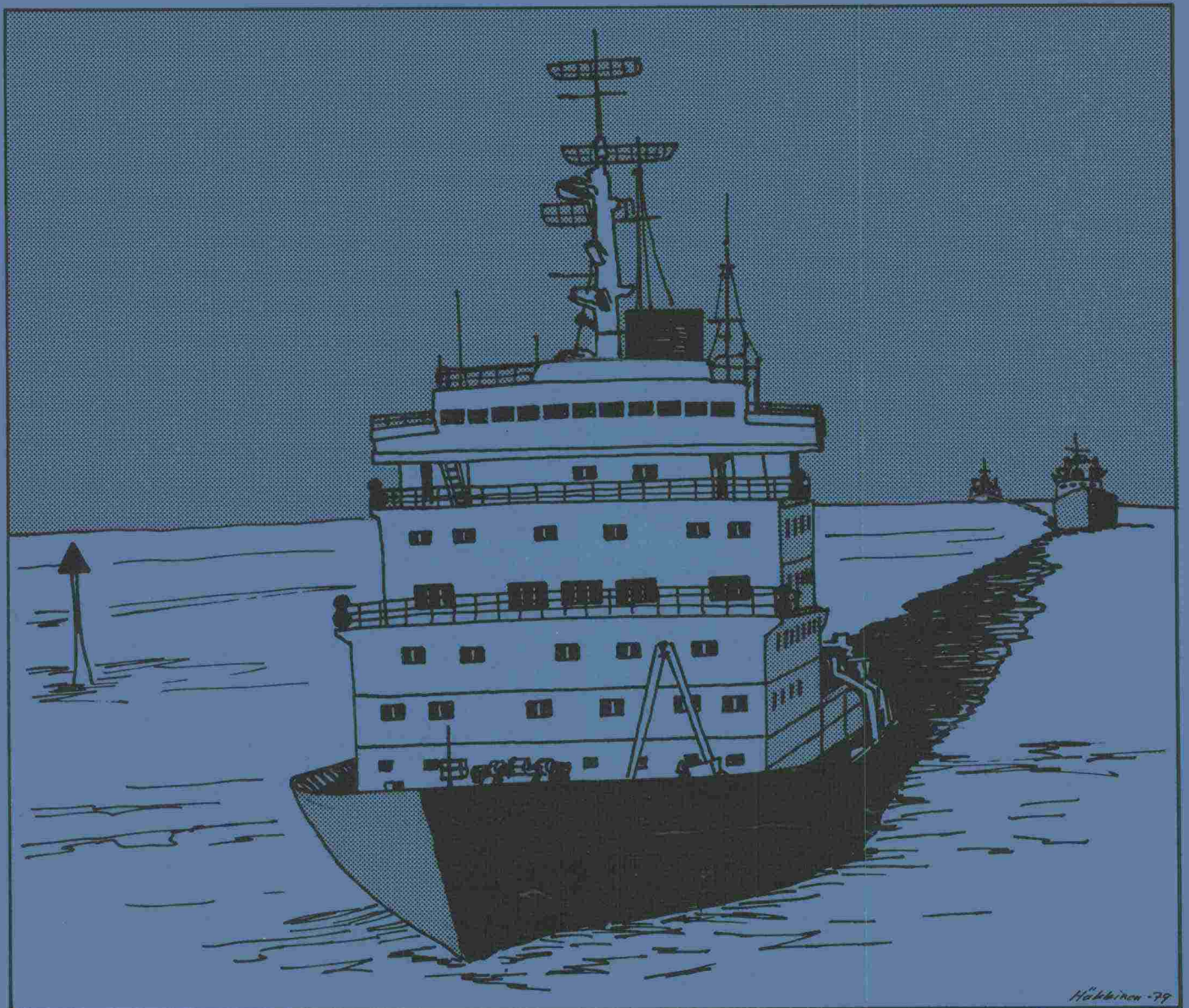


# MERIVÄYLIEN JÄÄOLOSUHTEET

ESISELVITYS



MERENKULKUHALLITUS

VIATEK OY

HELSINKI 31.12.1979

## ALKUSANAT

Jäljempänä on selostettu meriväylien jääolosuhteiden kartoitusta koskevaa esiselvitystä, joka on tehty merenkulkuhallituksen teknillisen toimiston toimeksiannosta aikana 5.4.-31.12.1979. Työtä on valvonut työryhmä, jonka puheenjohtajana on toiminut yli-insinööri Paavo Sarkkinen merenkulkuhallituksesta ja jäsenenä fil. lis. Matti Leppäranta merentutkimuslaitokselta sekä dipl.ins. Timo Rekonen tie- ja vesirakennuslaituksesta. Työryhmän sihteerinä ja selvitystyön tekijänä on toiminut Viatek Oy, josta työhön ovat osallistuneet ins. Tapani Kokko ja dipl.ins. Markku Leppävuori.

## TIIVISTELMÄ

Meriväyliä jäänolosuhteita käsittelevän esiselvityksen tavoitteena oli selvittää valmiina oleva, käyttökelpoinen tieto väylänosien jäänolosuhteista sekä kehittää menetelmä, jota käyttäen olemassa olevan tiedon avulla saadaan viitoituksen kannalta riittävä kuva jäänolosuhteista. Kehitettyä menetelmää sovellettiin esimerkiksi valittuihin Oulun-Kemin ja Turun-Maarianhaminan väyliin. Esimerkkiväylistä saadun kokemuksen perusteella esitettiin työohjelma ja resurssi-arvio muiden väylien olosuhdekartoitusta varten.

Merentutkimuslaitoksen Jäätalvet-tilasto sisältää yhtenäisiä havaintoja vuodesta 1914 lähtien, mm. jääpeitteen paksuudesta viikottain sekä pysyvän jääpeitteen muodostumisesta ja häviämisestä. Tilastojen perusteella voidaan arvioida syksyisin ja keväisin ajelehtivan jään paksuus likimääräisesti vertaamalla keskenään jäänpaksuushavaintoja ja tietoja pysyvän jääpeitteen muodostumisesta ja häviämisestä. Havaintopisteiden sijainnista, pienestä lukumäärästä ja havaintojen ajoittumisesta johtuen tulos on käytännössä jossakin määrin epätarkka.

Merentutkimuslaitoksen jääpalvelu saa viikottain havaintoja jääasemilta. Asemat raportoivat havaintoja mm. jäätyypistä, jään paksuudesta, kiintojään reunasta, ajelehtivasta jäästä, ahtautumista ja avovedestä. Käymällä läpi tietyn väylän alueella olevien jäähavaintoasemien ilmoitukset mikrofilmiarkistosta riittävän pitkältä ajalta saadaan selville, millä väyläosilla on kiintojäänolosuhteet, millä väyläosilla jää liikkuu koko talven ja minne muodostuu ahtautumia. Työmäärän rajoittamiseksi voidaan 25-30 talven joukosta valita 7-10 talven otos siten, että erilaiset talvet tulevat edustetuiksi.

Yhtenäisen jääpeitteen kestävyys ja rikkoutumisen riippuvuus tuulen nopeudesta on selvitetty Merentutkimuslaitoksella. Havaintojen perusteella on laadittu menetelmä, jonka avulla voidaan määrittää ehjänä pysyvän jääkentän paksuus, kun tunnetaan ulapan koko ja tuulen nopeuden vuorokauden keskiarvo.

Jäätilanteen seurantaan käytettävät kaukokartoitusmenetelmät eivät sovellu väylien jäänolosuhteiden kartoitukseen, koska kuvien erotuskyky ei ole riittävä.

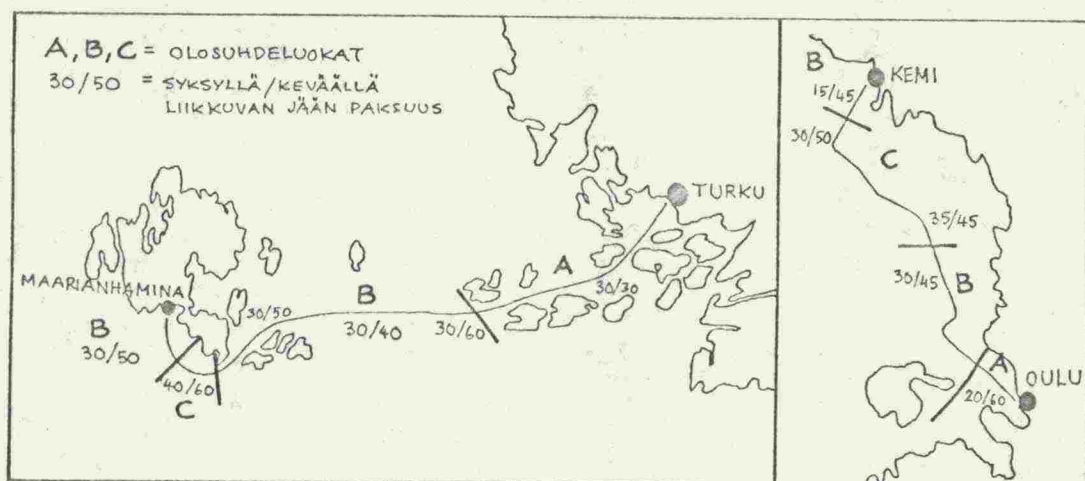
Luotsien ja laivojen päällystön käytännön kokemusta voidaan käyttää hyväksi arvioitaessa jäänolosuhteita väylien eri osilla. Mielipidetiedustelu kirjallisenakin on suhteellisen raskas. Käytännön tietous saadaan helpommin esiin lähettämällä teoreettisin perustein tehty olosuhdekartoitus lausunnolle käytännön miehille.

Esimerkkiväylillä Turku-Maarianhamina ja Oulu-Kemi käytettiin seuraavaa olosuhdeluokitusta:

- A Kiintojääalueet, joilla jää liikkuu syksyllä ennen ankkuroitumista
- B Alueet, joilla jääkenttä voi rikkoutua ja liikkua talven aikana
- C Alueet, joille muodostuu jäävalleja

Tiivistelmä esimerkkiväylien mitoittavista jääolosuhteista on oheisessa kartassa.

Esiselvityksen perusteella tietyllä väylällä vallitsevat jääolosuhteet voidaan selvittää valmiiksi kootun tiedon avulla. Olosuhdeluokitus suositellaan tehtäväksi jäähavaintoasemien ilmoitusten perusteella ja tarkistettavaksi käytännön kokemuksen avulla. Liikkuvan jään paksuus suositellaan määritettäväksi tuulen nopeuteen ja ulapan kokoon perustuvan tilastollisen menetelmän avulla ja vertailuaineistoksi suositellaan tehtäväksi paksuusarvio Jäätalvet-tilaston avulla.



# SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT	
TIIVISTELMÄ	
1	
JOHDANTO	1
2	
KÄYTETTÄVISSÄ OLEVAT TUTKIMUKSET	2
2.1	Jäätyminen ja jään laadut
2.2	Jään lujuus
2.3	Rakenteiden jääkuormat
3	
MERENTUTKIMUSLAITOKSEN HAVAINTOAINEISTO	9
3.1	Jäätalvet-tilasto
3.2	Jääpalvelun havaintolomakkeet
3.3	Ulapan koon, tuulen nopeuden ja jään paksuuden riippuvuus
3.4	Jäärekisteri
3.5	Kaukokartoitus
4	
KÄYTÄNNÖN KOKEMUKSET	23
4.1	Saaristoretki ja haastattelut
4.2	Kirjallinen kysely
5	
JÄÄOLOSUHTEET ESIMERKKIVÄYLILLÄ	26
5.1	Olosuhteiden arviointiperusteet
5.2	Turun-Maarianhaminan väylä
5.3	Oulun-Kemin väylä
6	
EHDOTUKSIA JATKOTOIMIKSI	28
6.1	Ehdotus työohjelmaksi
6.2	Ehdotus havaintoaineiston täydentämiseksi
30	
LIITTEET	
1	Jäähavaintoja
2	Jäätilannekartta 1978
3	Jään rikkoutuminen saaristoalueella
4	Selvitys meriväyliä jääolosuhteista
5	Esimerkki Merentutkimuslaitoksen jäärekisterin tulostuksesta
6	Väyläosat välillä Turku-Maarianhamina

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Meriväylillä käytettävien turvalaitteiden kyky kestää jään aiheuttamia rasituksia vaihtelee tavallisen viitan kestäkyvystä järeän kasuunimajakon lujuuteen. Koska turvalaitteiden rakennuskustannukset vaihtelevat tyypistä riippuen erittäin laajoissa rajoissa, tulisi meriväylillä erilaisissa jääolosuhteissa käytettävän turvalaitteen tyyppi valita huolellisesti olosuhteiden ja väylän viitoitukselle asetettavien vaatimusten mukaan.

Erilaisten jääolosuhteiden rakenteille aiheuttamia kuormituksia on tutkittu monissa pohjoisissa merenkulkua harjoittavissa maissa, Suomen lisäksi ainakin Neuvostoliitossa, Ruotsissa, Yhdysvalloissa ja Kanadassa. Tältä alalta saadaan tulevaisuudessa lisää tietoa mm. Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakenteiden mekaniikan laboratoriossa meneillään olevan tutkimusprojektin "Rakenteiden jääkuormat" sekä Oulun yliopistossa prof. Määttäsen johdolla tehtävän tutkimustyön tuloksina. Sen sijaan tietoa siitä, minkälaiset jääolosuhteet ovat eri väylänosilla tyypillisiä, ei ole kootusti saatavissa.

## 1.2 Työn tavoitteet

Meriväyliä koskevien selvitusten tarkoituksena on selvittää eri väylänosilla vallitsevat mitoittavat jääolosuhteet sekä näistä johtuvat kuormitusten arvioimisperusteet. Tässä raportissa selostetun esitutkimusvaiheen tavoitteena oli:

- selvittää valmiina oleva, käyttökelpoinen tieto väylänosien jääolosuhteista
- kehittää menetelmä, jota käyttäen olemassa olevan tiedon avulla saadaan viitoituksen kannalta riittävä kuva jääolosuhteista
- soveltaa kehitettyä menetelmää esimerkeiksi valittuihin Oulun-Kemin ja Turun-Maarianhaminan väyliin
- esittää työohjelma ja resurssiarvio muiden väyliä koskevan olosuhdekartoitusta varten

## KÄYTETTÄVISSÄ OLEVAT TUTKIMUKSET

## 2.1 Jäätyminen ja jään laadut

Merentutkimuslaitos on tutkinut vuosikymmenien ajan jääpeitteen muodotusmista ja häviämistä. Tietoja on koottu noin 170 havaintopisteestä, jotka kattavat koko rannikon. Jää- ja lumi-peitteen paksuuden kehitystä ja vaihtelua on samoin seurattu pitkän ajan kuluessa. Havaintoja on saatu noin 60 havaintopisteestä viikottain.

Vuosien varrella kertyneitä Merentutkimuslaitoksen havaintoja analysoimalla on tehty johtopäätöksiä mm. erilaisten jään laadujen esiintymisestä (Palosuo 1963). Käytännön tuloksena on saatu mm. yhtenäisen jääpeitteen kestävyuden ja rikkoutumisen riippuvuus lähinnä tuulen nopeudesta eri tiheissä saaristokohdissa. Tulokset on esitetty eri paikoilta piirrettyinä nomogrammeina, jotka osoittavat ko. paikalla eri tuulen nopeuksilla (vuorokautinen tuulen nopeuden keskiarvo) rikkoutuvan jään paksuuden. Saatuja tuloksia voidaan soveltaa väylien jääolosuhteiden kartoitukseen.

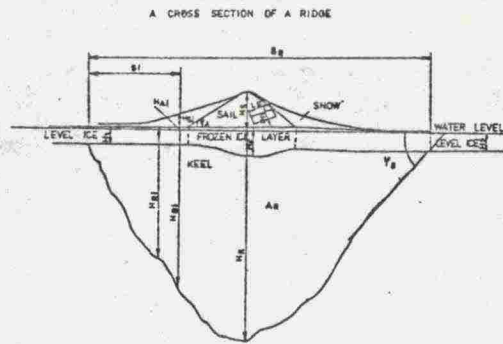
Ahtojään ja jäävallien muodostumisesta ja rakenteesta Itämeren alueella on julkaistu useita tutkimuksia.

Ahtojäätutkimusten käyntiin päästyä voitiin osoittaa, että valtimuodostelmat, varsinkin niiden vedenalaiset osat ovat huomattavan laajoja. Rannikon läheisyydessä ahtautuminen merkitsee lähinnä jään keräytymistä kasoiksi, kun taas ulkomerellä on havaittavissa määrättyä säännönmukaisuutta telien päällekkäin ajautumisessa. Rannikon läheisyydessä karikoille ja matalikoille syntyvät ahtautumat esiintyvät eri talvina säännönmukaisesti samoilla paikoilla. Eriytyinen piirre ahtautuneissa kohdissa näyttää olevan se, ettei niissä eri osien kohdalla vallitse isostaattista tasapainoa, joten näkyvä harja ja vedenalainen osa eivät välttämättä ole samalla kohdalla (Palosuo 1972).

Jäävallit muodostuvat tavallisesti ohuen jään aikana. Vallit sisältävät keskimäärin 30 cm paksuja ja halkaisijaltaan 1 m:n suuruusluokkaa olevia jäälautoja. Karikoille voi syntyä jäävalleja myös paksummasta jäästä.

Jäävallin poikkileikkaus on tyypillisesti kolmeen rakenteellisesti erilaiseen kerrokseen jaettavissa (kuva 1). Tasaisen jäänpinnan yläpuolelle kohoaa harja, joka muodostuu tavallisesti 0.2-0.4 m paksuista ja 3-5 kertaa paksuuden pituisista jäälohkareista. Alimmat lohkarit tässä kerroksessa ovat lähes vaakasuoria, ylemmissä osissa satunnaisessa asennossa. Näkyvän harjan alapuolella oleva yhteenjäätynyt kerros on paksuudeltaan hieman suurempi kuin vallia ympäröivä kiintojää. Paksuusero on 1/2-3/4 harjassa olevien lohkariden paksuudesta. Tämän

yhteenjäätyneen kerroksen murtolujuus on huomattavasti alhaisempi kuin ympäröivän kiintojään murtolujuus. Vallin vedenalainen osa muodostuu samanlaisista lohkarista kuin näkyvä harja. Lohkareiden keskinäisessä asennossa ei näytä olevan mitään säännönmukaisuutta. Oletetaan, että vallin poikkileikkauksessa vallitsee jollain tarkkuudella massatasapaino. Tämän mukaan vedenalaisen jään massa voidaan laskea, kun tunnetaan vedenpinnan yläpuolella olevan jään massa (Keinonen 1978).



#### NONENCLATURE

- $A_R$  =  $\bar{H}_R \times B_R$  = Cross sectional area of ridge
- $B_R$  = Ridge breadth
- $C_B$  =  $L_B/H_B$  = Ice block aspect ratio
- $C_F$  =  $f_i/(f_w - f_i)$  = Ice flotation coefficient
- $C_K$  =  $H_K/H_S$  = Keel to sail ratio
- $C_L$  =  $B_L/(H_K + H_S)$  = Breadth to depth ratio
- $H$  = Thickness in general
- $H_A(i)$  = Ridge height above water surface
- $H_B(i)$  = Ridge depth below water surface
- $H_B$  = Ice block thickness (in sail or keel)
- $H_F(i)$  = Thickness of frozen ice layer (below sail)
- $H_K$  = Maximum depth of keel below water level
- $H_R(i)$  = Total ridge thickness
- $\bar{H}_R$  = Average thickness of a ridge or ridge field  $\bar{H}_R = \sum_{i=1}^N H_R(i)/N$
- $H_S$  = Maximum height of sail above water level
- $H_S(i)$  = Snow thickness
- $H_{1,2}$  = level ice thickness left/right from a ridge or ridge field
- $L_B$  = Maximum dimension of ice blocks in sail or keel
- $N$  = Number of measuring points of a ridge or ridge field
- $S(i)$  = The distance from origin to a ridge measuring point
- $f_w$  = Porosity of ice block structure of sail or keel
- $f_i$  = Ice density ( $f_A$  = above water level,  $f_B$  = below water level)
- $f_w$  = Water density
- $\varphi_A$  = Sail angle
- $\varphi_B$  = Keel angle

Kuva 1

#### Ahtojäävallin rakenne

Ahtojäävallien merenpällisistä koosta voidaan päätellä vallin vedenalainen koko. Näkyvän osan rekisteröimiseksi on kehitetty laserin käyttöön perustuva menetelmä. Talvella 1979 menetelmää kokeiltiin Pohjanlahdella. Tulevaisuudessa menetelmällä saadaan rutiininomaisesti tehtyjä havaintoja joka talvi. Magneettinauhalle tallentuvien havaintojen avulla voidaan seurata jäävallien syntyä ja kehitystä eri väyläosilla (Palosuo ja Leppäranta 1979).



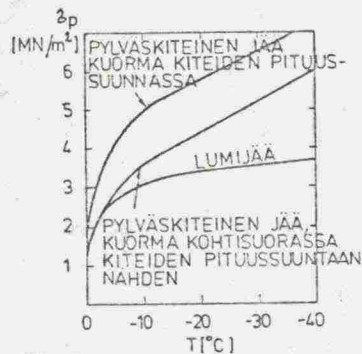


## 2.2

## Jään lujuus

Jään lujuusominaisuuksia on tutkittu melko paljon eri maissa (esimerkiksi Blenkarn 1970, Gow ja Langston 1975). Tutkimustuloksia on sovellettu laivan rakennuksen tarpeisiin (esimerkiksi Riska ja Varsta 1977) ja myös rakennesuunnittelun tarpeisiin. Meriväyliin rakenteisiin suomalaisissa olosuhteissa sovellettua tietoa on koottu TVH:n julkaisuun "Rakenteiden jääkuormat ja jään kantokyky", TVH 753320 (Eranti 1977).

Merenkulun turvalaitteiden mitoittamisen kannalta merkittävin jään fysikaalinen ominaisuus on puristuslujuus. Jään puristuslujuutta mitataan kuormittamalla yksiaksiaalisesti kuutioita tai lieriöitä. Tuloksiin vaikuttavat lähinnä jään lämpötila, suolapitoisuus, rakenne, kuormitussuunta ja kuormitusnopeus. Myös koejärjestelyihin liittyvillä tekijöillä, kuten koekappaleiden koolla, muodolla ja säilytysolosuhteilla on merkitystä. Koska koetusmenetelmiä koskevaa standardia ei ole ollut, eri tutkimustulokset eivät ole keskenään vertailukelpoisia. Suositus jään koetusmenetelmäksi on äskettäin julkaistu (Schwarz 1979). Eräs tulos puristuslujuuden riippuvuudesta jään laadusta ja lämpötilasta on kuvassa 3.



Kuva 3

Eri jäätyyppien puristuslujuuden riippuvuus lämpötilasta (Eranti 1978)

Liikkuvan jääkentän aiheuttamia rasituksia laskettaessa käytetään Suomen rannikon syys- ja talvijään murtolujuutena  $3.0 \text{ MN/m}^2$ . Suomen olosuhteissa jään keskimääräisenä lämpötilana pidetään  $0 - -20^\circ\text{C}$ , sillä huippukuormien esiintymisaikana lumi peittää jääkentän, joten alhaisempia lämpötiloja ei tarvitse olettaa. Koska jää liikkuu usein myös keväällä jään lähdon yhteydessä, on kuormituslaskelmia varten määritettävä puristuslujuus myös keväätjälle. Keväällä puristuslujuus on alhaisempi kuin alkutalvesta korkeammasta lämpötilasta ja suolapitoisuudesta johtuen.

### 2.3 Rakenteiden jääkuormat

Veteen rakennettavien pysyvien turvalaitteiden, kuten majakoiden, reunamerkkien ja jääpoijujen mitoituksessa pääasiallisena ongelmana ovat jäiden aiheuttamat rasitukset, jotka saattavat olla suuria ja vaihtelevia. Mitoituksen kannalta ovat määrääviä jäälautan tai jääkentän nopeat vaakaliikkeet, jotka aiheutuvat tuulista ja veden virtauksista. Lämpötilan muutoksista aiheutuvat hitaammat liikkeet ovat yleensä niiden rinnalla merkityksettömiä. Jään aiheuttamat nostovoimat voivat tulla määrääviksi vain pienissä rakenteissa suojaisilla vesialueilla. Jään vaak- ja pystykuorma eivät voi vaikuttaa samanaikaisesti.

Merialueilla veteen sijoitettaviin turvalaitteisiin kohdistuvien jääkuormien arviointia varten on kehitetty suhteellisen yksinkertaisia laskutapoja.

Liikkuvan jääkentän rakenteeseen aiheuttama kuormitus voidaan laskea kaavasta:

$$F = K \times h \times b \times \delta, \text{ missä}$$

F on vaakakuorma

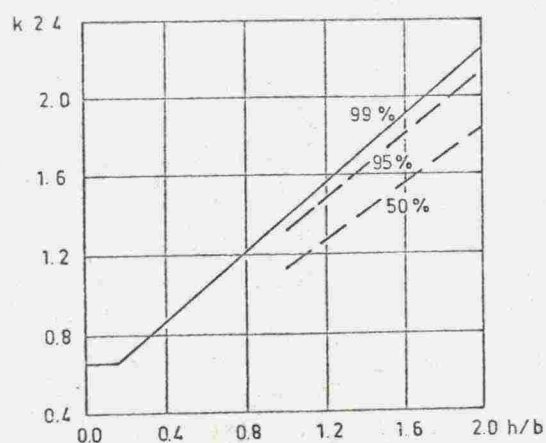
K on muotokerroin, joka riippuu rakenteen muodosta ja suhteesta h/b. Sylinterimäisen kappaleen muotokerroimet on määritelty kenttäkokeilla (kuva 4)

h on jään paksuus

b on rakenteen leveys kuormitus suunnassa

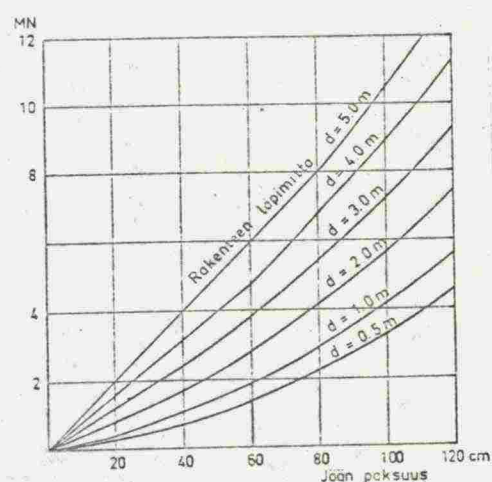
$\delta$  on jään puristumurtolujuus (kuva 1)

Sylinterimäisen rakenteen kokonaiskuormitus on esitetty diagrammina kuvassa 5.



Kuva 4

Sylinterin muotoisen rakenteen kertoimien k riippuvuus suhteesta h/b. Prosenttiluvut kuvaavat varmuusrajoja, esim. 99 % havaituista kertoimista on suoraan alapuolella



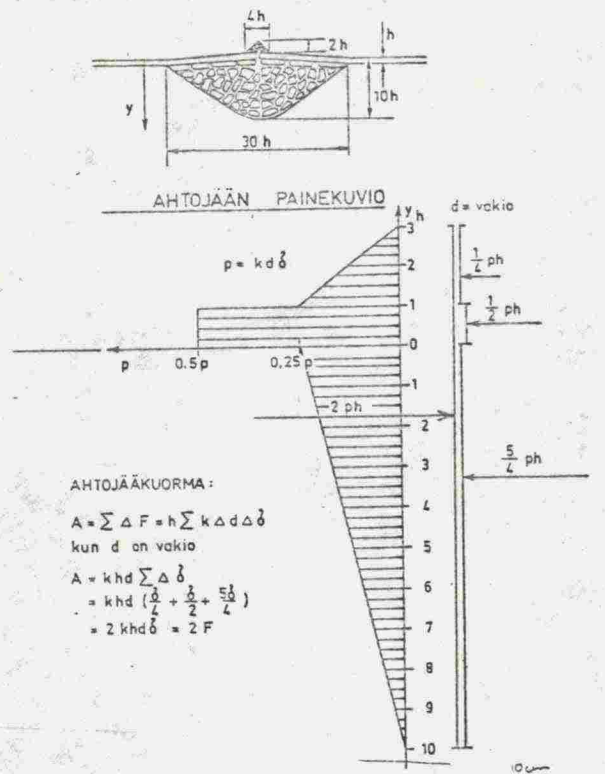
Kuva 5

Jäälautan aiheuttama kokonaiskuormitus poikkileikkaukseltaan ympyränmuotoiselle rakenteelle

Rakennetta vastaan murtuva jäälautta aiheuttaa dynaamisen kuormituksen. Sopivalla nopeudella liikkuva jäälautta synnyttää kuormituksen, joka on resonanssissa rakenteen värähtelyjen kanssa. Torni- ja mastomaisten rakenteiden mitoituksessa on tutkittava rakenteiden ominaisvärähdysmuodot ja niiden yhdistelmät (Määttänen 1978).

Tuulen ja merivirran vaikutuksesta jääkenttä joutuu liikkeeseen ja pusertuessaan massiivista estettä vasten ahtautuu. Ahtojäävallin painejakautumaa vallin pystysuunnassa on vähän tutkittu. Kiintojää vallin yläosassa aiheuttaa luonnollisesti suurimman paineen rakennetta vastaan, sillä sen ylä- ja alapuolella olevat lohkarakasautumat ovat vain osittain toisiinsa kiinnijäätäneitä. Ahtautuman pohjaosissa huokoisuus on suuri, lohkarreet ovat pieniä ja niiden yhteys on vain nosteen aiheuttamaa.

Rakenteiden mitoituksen yhteydessä on merenkulkuhallituksessa käytetty kuvan 6 mukaista yksinkertaista painekuviota. Oletuksen mukaan suurin kuormitusintensiiteetti esiintyy kiintojään kohdalla. Välittömästi kiintojään reunalla kuormitusintensiiteetti on puolet maksimista, josta se pienenee suoraviivaisesti nolnaan siirryttäessä vallin harjalle ja pohjaan. Kokonaiskuormitukseksi tasapaksua pilaria vastaan saadaan kaksi kertaa yhtenäisen jäälautan aiheuttama kuorma.



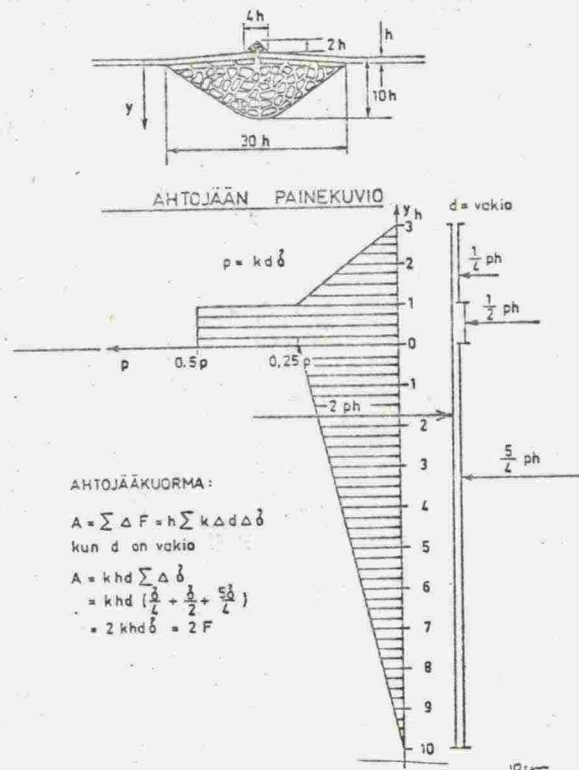
Kuva 6

Ahtojään rakenne ja painekuviota, oletus rakenteiden mitoituksessa.

Rakennetta vastaan murtuva jäälautta aiheuttaa dynaamisen kuormituksen. Sopivalla nopeudella liikkuva jäälautta synnyttää kuormituksen, joka on resonanssissa rakenteen värähtelyjen kanssa. Torni- ja mastomaisten rakenteiden mitoituksessa on tutkittava rakenteiden ominaisvärähdysmuodot ja niiden yhdistelmät (Määttänen 1978).

Tuulen ja merivirran vaikutuksesta jääkenttä joutuu liikkeeseen ja pusertuessaan massiivista estettä vasten ahtautuu. Ahtojäävallin painejakautumaa vallin pystysuunnassa on vähän tutkittu. Kiintojää vallin yläosassa aiheuttaa luonnollisesti suurimman paineen rakennetta vastaan, sillä sen ylä- ja alapuolella olevat lohkarakasautumat ovat vain osittain toisiinsa kiinnijäätäneitä. Ahtautuman pohjaosissa huokoisuus on suuri, lohkaareet ovat pieniä ja niiden yhteys on vain nosteen aiheuttamaa.

Rakenteiden mitoituksen yhteydessä on merenkulkuhallituksessa käytetty kuvan 6 mukaista yksinkertaista painekuvioa. Oletuksen mukaan suurin kuormitusintensiiteetti esiintyy kiintojään kohdalla. Välittömästi kiintojään reunalla kuormitusintensiiteetti on puolet maksimista, josta se pienenee suoraviivaisesti nolnaan siirryttäessä vallin harjalle ja pohjaan. Kokonaiskuormitukseksi tasapaksua pilaria vastaan saadaan kaksi kertaa yhtenäisen jäälautan aiheuttama kuorma.



Kuva 6

Ahtojään rakenne ja painekuvio, oletus rakenteiden mitoituksessa.

Niillä alueilla, missä ahtojäitä muodostuu, rakenne mitoite-  
taan ahtojääkuormalle, jota pidetään tavallisena kuormitukse-  
na. Tämä merkitsee sitä, että rakenteella on oltava 1.5-kertai-  
nen varmuus pysyviä muodonmuutoksia vastaan.

Paksun ahtojäävallin lohkat eivät murru samanaikaisesti  
kaikissa kerroksissa. Eniten rasitetussa lohkatessa tapahtuu  
murtuminen ja tältä osin jäävoiman laukeaminen, joka on vain  
pieni osa rakennetta kuormittavasta kokonaisjäävoimasta. Tästä  
johtuen ahtojään aiheuttamia kuormituksia voidaan pitää staat-  
tisina. Ahtojäihin joutuvan rakenteen dynaaminen kuormitus  
määräytyy liikkuvan jäälautan synnyttämästä kuormituksesta.

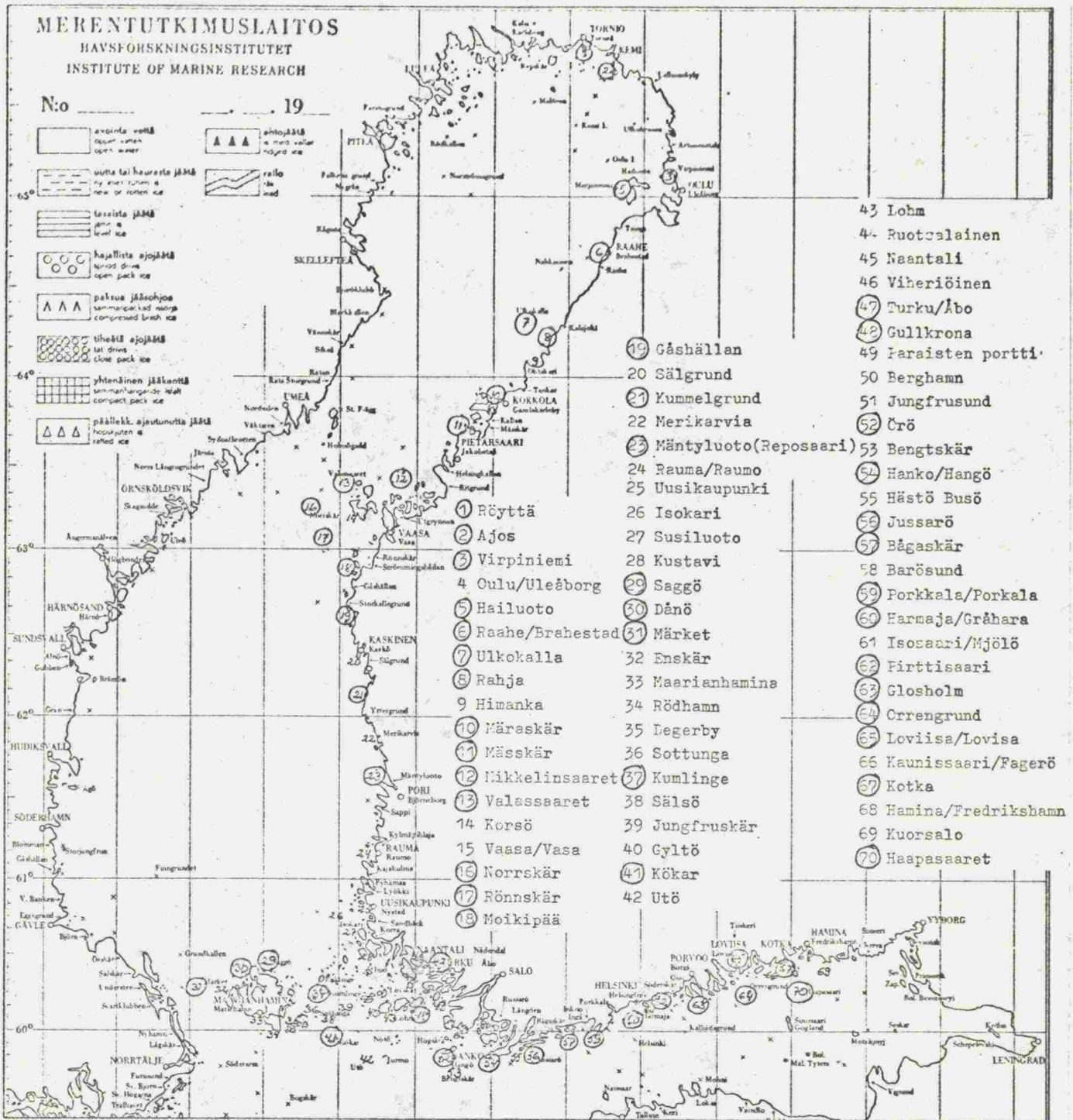
Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakenteiden mekaniikan  
laboratorio on käynnistänyt syksyllä 1978 tutkimusprojektin  
"Rakenteiden jääkuormat". Projektin rahoitukseen osallistuvat  
VTT:n ohella kauppa- ja teollisuusministeriö, tie- ja vesira-  
kennushallitus sekä merenkulkuhallitus. Projektin tarkoitukse-  
na on kehittää mittauslaitteita ja -menetelmiä jään paineiden,  
jääkuormien ja jäässä tapahtuvien siirtymien selvittämiseksi,  
tehdä mittauksia luonnossa sekä analysoida omista mittauksista  
ja muualta saatuja koetuloksia. Aikataulun mukaan projekti  
valmistuu 31.8.1980.

## MERENTUTKIMUSLAITOKSEN HAVAINTOAINEISTO

## 3.1 Jäätalvet-tilasto

Merentutkimuslaitoksen ainoa pitkäaikainen, yhtenäinen tilasto jääolosuhteista on koottu Merentutkimuslaitoksen julkaisuihin "Jäätalvet Suomen merialueilla". Tilastoja on koottu ja julkaistu vuosilta 1914-1975. Julkaisut sisältävät:

- yleisselostuksen jäätalvesta
- pahimman päivän jääkartan
- ensijäätymisen, pysyvän jääpeitteen muodostumisen, pysyvän jääpeitteen päättymisen, jään lopullisen katoamisen sekä todellisten jääpäivien lukumäärän havaintopisteissä, joita uusimmissa julkaisuissa on esitetty noin 170 kpl
- jääpeitteen laajuuden satamien edustalla viiden päivän välein. Uusimmissa julkaisuissa on esitetty tiedot 17:sta satamasta
- tiedot jää- ja lumipeitteen paksuudesta viikottain joukossa havaintopisteitä, joiden määrä ja sijainti on vuosien varrella vaihdellut. Uusimmissa julkaisuissa on tiedot 60:stä havaintopisteestä. Havaintopisteiden sijainti rannikolla näkyy kuvasta 7
- liikenerajoitusten alkamis- ja päättymispäivät kunakin talvena ja keskimäärin. Tiedot on uusimmissa julkaisuissa annettu 21:stä satamasta
- satamiin tullut viimeinen alus syksyllä, ensimmäinen alus keväällä sekä liikenteen keskeytyneenä olopäivät. Uusimmissa julkaisuissa on annettu tiedot 21:stä satamasta
- uusimmissa julkaisuissa lisäksi havaintopisteiden koordinaatit



Kuva 7

Jäähavaintoasemat 1968-1978. Ympyröidyltä asemilta on saatavissa yhtenäisiä pitkäköjä havaintosarjoja



Tilastojen perusteella voidaan arvioida syksyisin ja keväisin ajelehtivan jään paksuus ainakin likimääräisesti. Arvio voidaan tehdä vertaamalla keskenään jään paksuushavaintoja ja tietoja pysyvän jääpeitteen muodostumisesta ja häviämisestä. Syksyllä ajelehtivan jään paksuus on likimäärin pysyvän jääpeitteen muodostumishetkellä ilmoitettu jään paksuus. Vastaavasti keväällä ajelehtivan jään paksuus on pysyvän jääpeitteen häviämishetkellä ilmoitettu jään paksuus. Käytännössä tulos on melko epätarkka, koska:

- jään paksuushavaintoja on huomattavasti harvemmasta paikasta kuin jääpeitteen muodostumis- ja häviämistietoja
- paksuustiedot ovat useimmiten eri paikasta kuin jääpeitteen muodostumis- ja häviämistiedot, mikä johtaa epätarkkaan arvioimiseen jään paksuudesta halutussa havaintopisteessä
- jään paksuustiedot puuttuvat usein eniten kiinnostavilta päiviltä
- pisteet, joissa jään paksuutta on mitattu, ovat vaihdelleet vuosien varrella

Taulukossa 1 on esitetty Turun-Maarianhaminan väylän varrella olevat jäähavaintoasemat ja arvio jään paksuudesta pysyvän jääpeitteen muodostumisen ja häviämisen aikoina. Kuten taulukosta nähdään, paksuuden mittauspaikka on useimmiten toinen kuin varsinainen havaintopaikka. Tämä johtaa tiettyyn epätarkkuuteen, esimerkiksi Turussa ajelehtivan jään paksuus tämän arvion mukaan näyttäisi olevan selvästi suurempi kuin Kihdillä ajelehtivan jään paksuus.

Arviot ajelehtivan jään paksuudesta lienevät kuitenkin suuruusluokaltaan oikeat. Merenkulkuhallituksen syksyllä 1978 luotsipiireille tekemän kyselyn mukaan Turun-Berghamnin välillä noin 50 cm paksu jää ankkuroituu syksyllä liikkumattomaksi jääkentäksi. Tämän arvion mukaan paikasta riippuen 20-45 cm paksu syysjää ankkuroituu pysyväksi kiintojääksi.

SYKSYLLÄ JA KEVÄLLÄ AJELEHTIVAN JÄÄN PAKSUUS MERENTUTKIMUSLAITOKSEN  
JÄÄTALVET-TILASTON MUKAAN TURUN-MAARIANHAMINAN VÄYLÄLLÄ

cm syksyllä/keväällä. 1965 on talvi 1964/65  
- tarkoittaa puuttuvaa havaintoa

Paikka	1965	-66	-67	-68	-69	-70	-71	-72	-73	-74	-75	keskim.	Maks.	Paksuuden mittauspaikka
Maarianhamina	10/30	5/35	10/20	20/30	30/40	15/30	15/25	20/30	-/15	-/-	-/-	15/30	30/40	Dånö, Rödhamn, Maarianhamina
Korsö	25/30	35/45	20/30	20/30	30/40	20/30	20/25	30/35	5/15	-/-	-/-	25/30	35/45	Dånö, Kobbaklintar, Rödhamn
Kobbaklintar	25/30	35/50	20/30	20/30	40/40	20/30	20/20	30/35	5/15	-/-	-/-	25/30	40/50	Dånö, Kobbaklintar, Rödhamn
Degerby	5/10	20/45	5/15	10/25	30/25	10/10	15/15	10/-	5/15	-/-	-/-	10/20	30/45	Degerby, Sottunga, Dånö
Ledsund	25/30	35/50	15/20	20/30	30/40	20/30	15/15	15/35	5/15	-/-	-/-	20/30	35/50	Rödhamn, Dånö
Långören	25/30	35/50	20/25	20/30	30/40	20/30	15/15	15/35	-/-	-/-	-/-	20/30	35/50	- " -
Nyhamn	25/30	35/50	20/20	20/30	40/40	25/30	20/15	30/30	-/-	-/-	-/-	25/30	35/50	- " -
Enskär	20/30	30/40	10/15	20/40	15/20	15/30	20/15	15/35	-/15	25/25	-/-	20/25	30/40	Sottunga, Degerby, Enskär
Turku	15/30	5/20	30/30	15/45	10/35	20/30	10/15	45/50	-/-	5/-	5/5	15/30	45/50	Turku, Naantali
Rajakari	20/30	30/20	25/30	15/35	15/35	15/30	15/15	20/50	-/15	5/-	10/10	15/25	30/50	- " -
Orhisaari	10/25	5/50	5/30	20/35	10/40	15/40	10/15	10/30	15/15	15/-	-/-	10/30	20/50	Ruotsalainen, Gullkrona, Turku
Lövskär	10/25	30/50	5/30	20/35	20/35	15/40	15/20	5/30	-/-	20/-	-/-	15/35	30/50	Ruotsalainen, Gullkrona, Turku
Smörgrund	15/25	10/-	10/30	20/30	15/35	15/30	20/20	20/35	-/20	-/-	-/-	15/30	20/35	Ruotsalainen, Gullkrona, Turku
Rödsjärvi	10/10	20/45	10/10	10/15	10/20	15/10	-/15	15/20	-/10	-/-	-/-	10/15	20/45	Sottunga, Degerby
Kihti	15/10	25/40	20/10	15/25	15/20	20/10	20/15	15/25	10/10	-/-	-/-	15/20	25/40	- " -
Skiftet	15/10	25/40	20/10	20/30	15/25	25/10	20/15	15/25	10/10	-/-	-/-	20/20	25/40	- " -

Taulukossa 2 on Oulun-Kemin väylän varrella olevat jäähavainto-  
asemat sekä arvio näiden luona syksyllä ja keväällä ajelehtivan  
jään paksuudesta. Tämä arvio on epätarkempi kuin Turun-Maarian-  
haminan väylän arvio, koska tietoja jään paksuudesta saatiin  
ainoastaan Ajoksesta ja Virpiniemestä niinä ajankohtina, joina  
jää ajelehti. Tästä aiheutunee tiettyä epätarkkuutta.

Tämä arvio eroaa merenkulkuhallituksen luotsipiireille tekemän  
kyselyn tuloksesta enemmän kuin Turun-Maarianhaminan väylällä.  
Seuraavassa vertailua em. kyselyssä esiintyneillä väyläosilla  
syksyllä liikkumattomaksi ankkuroituneen jään paksuudesta:

- Ajos-Ristilänsi: 15-35 cm, MKH:n kyselyn mukaan 60 cm
- Oulu-Kattilankalla: 15-40 cm, MKH:n kyselyn mukaan 20 cm
- Hietakari-Pohjanletto: 30-35 cm, MKH:n kyselyn mukaan 60 cm

## Taulukko 2

SYKSYLLÄ JA KEVÄLLÄ AJELEHTIVAN JÄÄN PAKSUUS MERENTUTKIMUSLAITOKSEN  
JÄÄTALVET-TILASTON MUKAAN OULUN-KEMIN VÄYLÄLLÄ

cm syksyllä/keväällä. 1962 on talvi 1961/62  
- tarkoittaa puuttuvaa havaintoa

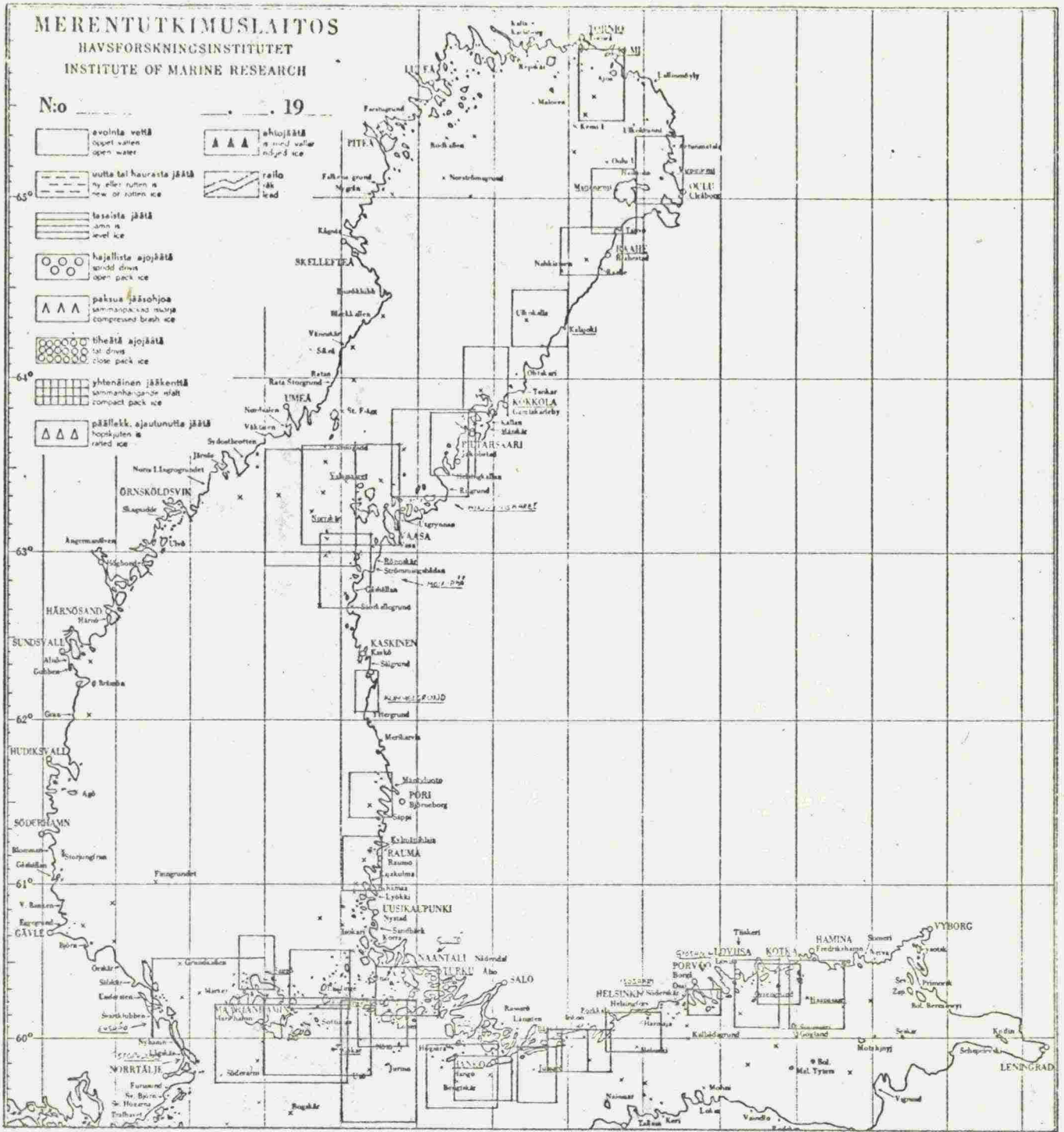
Paikka	1962	-63	-64	-65	-66	-67	-68	-69	-70	-71	-72	-73	-74	-75	kes- kim.	Maks.	Paksuuden mittaus- paikka
Ajos	-/30	5/30	-/30	10/30	10/30	5/30	10/45	10/30	10/30	10/40	15/40	10/35	10/40	-/40	10/35	15/45	Ajos
Kemi	-/30	5/30	-/30	-/30	-/20	-/30	5/55	-/50	10/60	10/40	15/40	10/40	15/40	-/40	10/40	15/60	"-
Inakari	5/30	10/30	-/30	10/30	10/20	20/40	30/-	-/30	10/30	15/40	15/30	10/40	20/-	-/40	15/30	20/40	"-
Kemin- kraaseli	-/-	15/-	5/30	10/30	10/-	35/-	25/-	10/30	15/-	15/-	30/-	30/40	20/-	10/40	15/35	35/40	"-
Kraasukka	-/-	-/-	10/-	5/30	10/20	20/-	5/-	30/-	15/-	-/-	-/-	-/35	5/30	10/-	10/30	30/35	Virpi- niemi
Ulkokrunni	20/-	20/-	5/-	30/-	20/-	10/-	10/-	-/-	15/-	35/-	15/-	35/45	15/-	30/-	20/45	35/45	Ajos
Oulu	5/55	5/60	-/75	-/55	10/-	15/-	-/50	-/55	-/70	10/60	10/80	-/50	-/80	-/55	10/55	15/80	Virpi- niemi
Toppila	5/40	5/30	-/55	-/30	-/-	20/-	-/55	-/55	-/35	-/60	-/70	-/50	-/85	-/55	10/50	20/85	"-
Saapaskari	5/-	10/30	-/-	5/30	5/-	20/-	5/35	-/40	-/30	10/40	15/55	-/30	10/-	-/35	10/35	20/55	"-
Kattilan- kalla	20/-	20/30	10/-	20/30	25/-	40/-	5/35	10/40	10/35	10/-	15/-	15/35	15/90	-/-	15/40	40/90	"-

Perämeren olosuhteissa rakenteiden kannalta mitoittava tilanne lienee talvella tapahtuva jääkentän liike, jolloin jäälautat saattavat olla kasautuneina toistensa päälle useita metrejä paksuiksi kerroksiksi. Tästä syystä esitetty arvio on käyttökelpoinen ainoastaan saariston suojassa kiintojääalueilla, joilla jää liikkuu vain syksyllä ennen ankkuroitumista.

## 3.2

## Jääpalvelun havaintolomakkeet

Merentutkimuslaitoksen jääpalvelu saa viikoittain suhteellisen seikkaperäiset, liitteen I mukaiset havainnot jääasemilta, joita on yhteensä 60. Asemat ovat yleensä merivartio- tai luotsiasemia. Vanhat lomakkeet on arkistoitu asemittain ja vuosittain mikrofilmeille. Pitkien aikasarjojen tarkastelua vaikeuttaa se, että asemat ovat vaihtuneet vuosien varrella.



Kuva 8

Jäähavaintoasemien karttojen peitto 1977-1979

Viikottaiset havainnot sisältävät päiväkirjan, johon on kunkin päivän kohdalle merkitty säätiedot, tiedot jäätyypistä, paksuudesta ja lumen määrästä sekä tiedot kiintojään reunasta, ajeltivasta jäästä, ahtautumista ja avovedestä. Lisäksi asemien tulisi lähettää kerran viikossa piirretty jäätilannetta kuvaava kartta. Kuvasta 8 näkyy jääpalvelun saamien havaintokarttojen kattama alue. Liitteenä 2 on esimerkki havaintoaseman lähettämästä kartasta.

Käymällä läpi mikrofilmiarkisto tietyn väylän alueella olevien jäähavaintoasemien osalta riittävän pitkältä ajalta saadaan selville, millä väylänosilla on kiintojääolosuhteet, millä väylänosilla jää liikkuu koko talven ja minne muodotuu ahtautumia. Esimerkkiväyliä (Oulu-Kemi ja Turku-Maarianhamina) mitoitettujen jääolosuhteiden selvittämiseksi käytiin läpi ao. väyliä alueella olevien havaintoasemien lähettämät raportit vuosilta 1951-1975. Työmäärän kohtuullisena pitämiseksi valittiin Jäätalvet-tilaston avulla rajoitettu määrä talvia siten, että eri tyyppiset talvet tulivat edustetuiksi.

Otoksen valintaa varten jäätalvet jaettiin viiteen vaikeusluokkaan yhtenäisen jääpeitteen etelärajan mukaan (kuva 9) ja väyliä päätteinä olevissa satamissa tilastoitujen todellisten jääpäivien lukumäärän mukaan (taulukko 3). Jäähavaintolomakkeiden läpikäyntiä varten valitut eri tyyppiset talvet kummallakin esimerkkiväylällä on esitetty taulukossa 4.

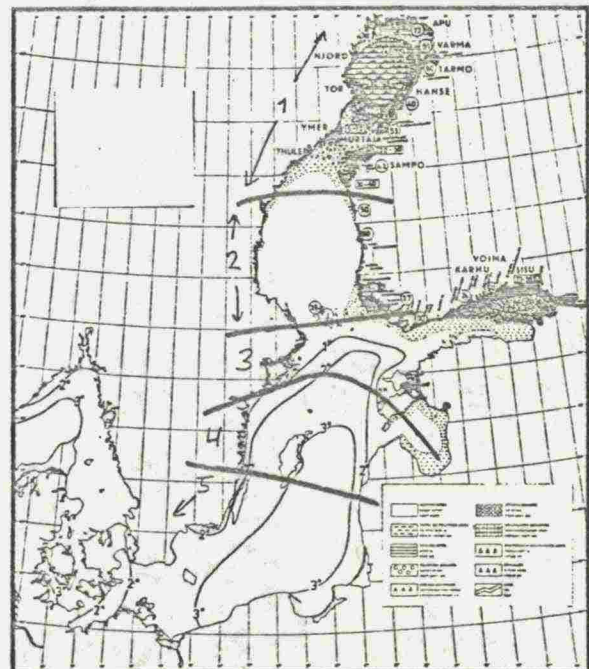
Satama	Jääpäiviä 1951-75		Vaikeusluokitus jääpäivien mukaan				
	keskim.	vaihtelu	1	2	3	4	5
Kemi	188	165-207	< 170	170-179	180-189	190-199	> 200
Oulu	172	150-210	< 160	160-169	170-179	180-189	> 190
Turku	102	30-157	< 70	70-89	90-109	110-129	> 130
Maarianhamina	53	0-113	< 20	20-39	40-59	60-79	> 80

Taulukko 3

Jäätalven vaikeusluokitus todellisten jääpäivien lukumäärän mukaan (tehty tätä selvitystä varten)

Kuva 9

Jäätalvien vaikeusluokitus yhtenäisen jääpeitteen etelärajan mukaan (tehty myös tätä selvitystä varten)



Talvi	Vaikeusluokka jääpeitteen etelärajan mukaan	Vaikeusluokka jääpäivien mukaan	Kuvaus Jäätalvet -julkaisussa
<u>Oulu-Kemin väylä</u>			
1952/53	2	4	
55/56	4	5	Vaikea talvi
58/59	1	1	Vähän jättä
61/62	2	2	Alkutilvi vähäjäinen, jään laajuus keskinkert.
64/65	3	3	Hieman keskinkertaista helpompi
65/66	3	3	Keskinkert. kovempi
69/70	4	2	Ankara talvi
70/71	3	4	Hieman keskinkertaista helpompi
71/72	3	4	Keskinkertainen
72/73	1	3	Huom. keskinkertaista helpompi
<u>Turun-Maarianhaminan väylä</u>			
1950/51	2	3	
55/56	4	5	Vaikea talvi
57/58	3	4	Ankara, myöh. sulam.
60/61	1	1	Poikk. vähäjäinen
64/65	3	3	Hieman keskinkertaista helpompi
67/68	3	3	Keskinkertainen
72/73	1	1	Huom. keskinkert. helpompi

Taulukko 4

Jäähavaintolomakkeiden läpikäyntiä varten valitut eri tyyppiset talvet

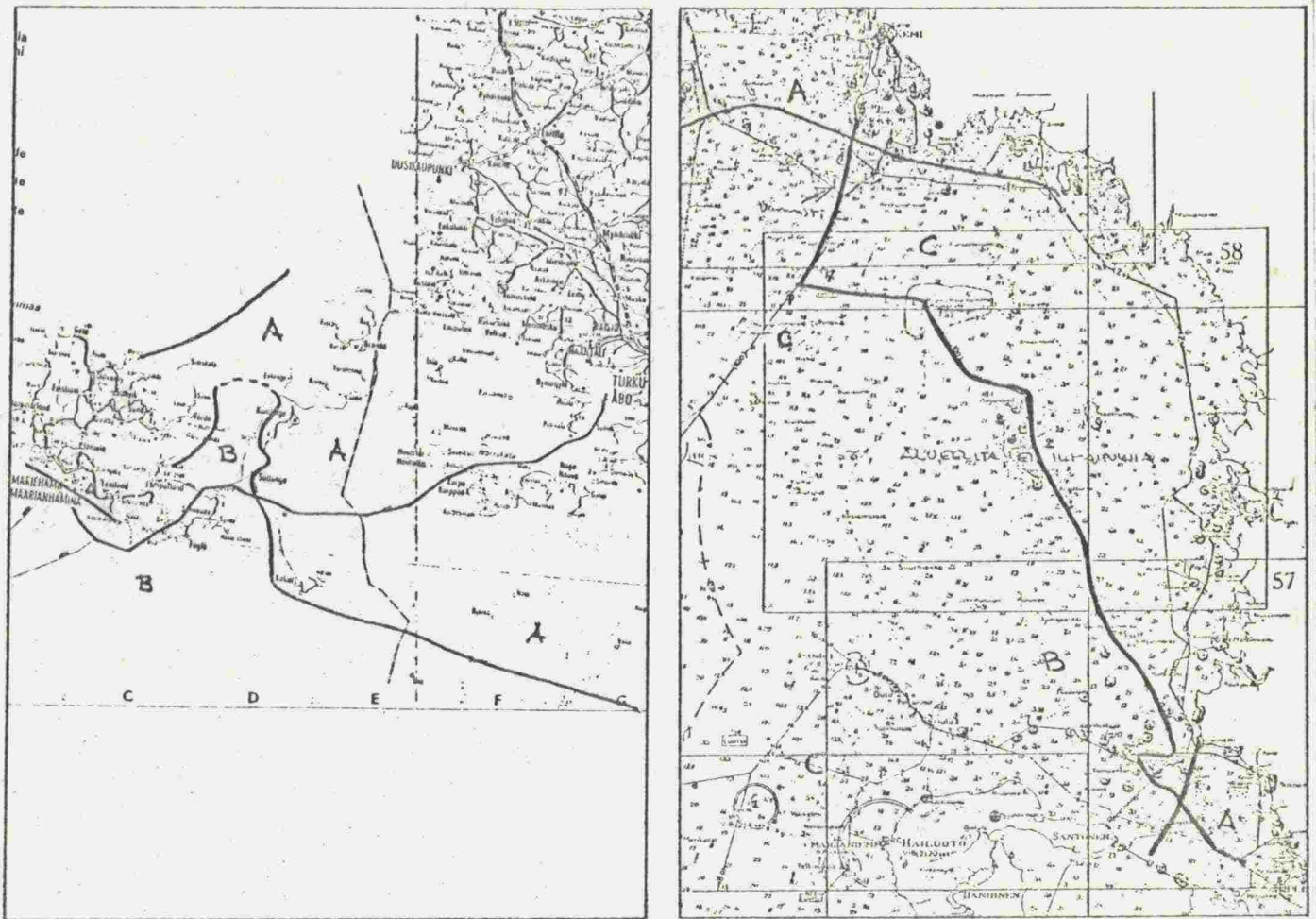
Esimerkkiväylien varrella olevien jäähavaintoasemien lähettämät lomakkeet ja kartat valituilta vuosilta käytiin läpi Merentutkimuslaitoksen kirjastossa säilytettäviltä mikrofilmeiltä. Työssä havaittiin seuraavia käytännön vaikeuksia:

- tietyn havaintoaseman lomakkeet eivät ole filmeillä aikajärjestyksessä
- kaikki havaintoasemat eivät piirrä karttoja joka viikko. Usein syystalven viimeinen kartta on piirretty joulukuussa ja seuraava toukokuussa
- väyläosa Ulkokrunni-Kattilankalla ei esiinny missään havaintokartassa
- karttoja ei ole keskitalven ajalta, jolloin aseman havaintoalueella on kiintojättä. Mahdollisten jäävalliin paikat on siksi haettava syystalvella piirrettyissä kartoissa esiintyvien, syksyllä muodostuneiden vallien avulla

Esimerkkiväylät jaettiin havaintolomakkeiden perusteella osiin, joilla on samantapaiset jääolosuhteet. Käytetty luokittelu on seuraava:

- A kiintojääalueet, joilla jää liikkuu syksyllä ennen ankkuroitumista
- B alueet, joilla jääkenttä voi rikkoutua ja liikkua talven aikana
- C alueet, joille muodostuu jäävalleja

Havaintolomakkeiden avulla saatu olosuhdeyhteenvedo esimerkkiväylillä on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10

Jääolosuhteet esimerkkiväylillä 1951-75 havaintoasemien ilmoitusten mukaan

A, B, C = olosuhdeluokat

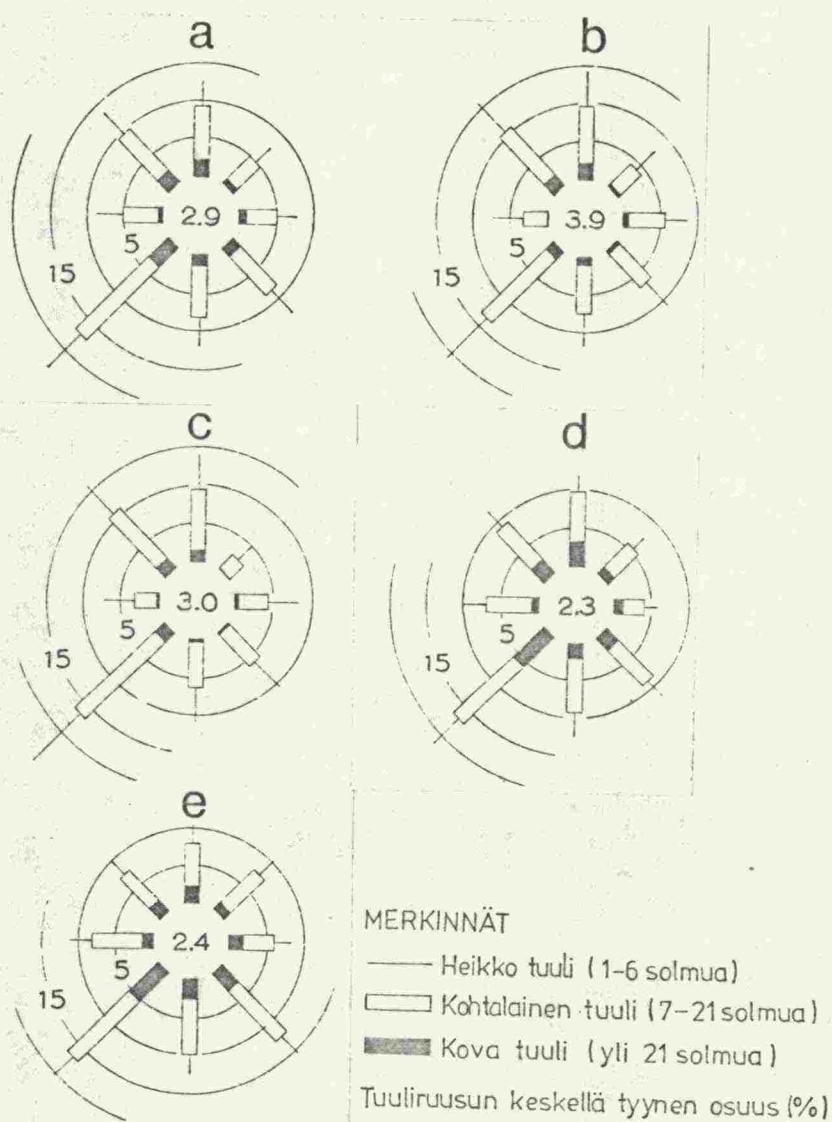
### 3.3

Ulapan koon, tuulen nopeuden ja jään paksuuden riippuvuus

Jään peruslaatuna voitaneen pitää tasaista jääpeitettä, jollainen syntyy tyynenä pakkausyönä. Jos tällainen ohut jää saa rauhassa vahvistua, se saariston alueella saa vankan tuen saarista ja kareista pysyen rikkoutumattomana. Syntynyt ohut tasainen jää rikkoutuu ulapalla lautoiksi tai alkaa liukua päällekkäin, kun tuuli voimistuu riittävästi.

Yhtenäisen jääpeitteen kestävyys ja rikkoutumisen riippuvuutta tuulen nopeudesta on tarkasteltu eri tiheissä saaristokohdissa pitkin Suomen rannikkoa (Palosuo 1963). Havaintoaineisto käsitti 10 talvea. Jään paksuusarviot saatiin havaintoasemilla noin kerran viikossa tehdyistä jään paksuusmittauksista tai jäänmurtajien ilmoittamista arvoista. Tuulen nopeutena pidettiin säähavaintoasemilla mitattuja vuorokautisia keskiarvoja. Todellisuudessa alueella hetkellisesti on saattanut puhalttaa huomattavasti vuorokautista keskiarvoa voimakkaampi tuuli. Kuvassa 11 on esimerkkiväylää Turku-Maarianhamina edustava Utön tuulijakautuma 1931-60 (Venho 1963).

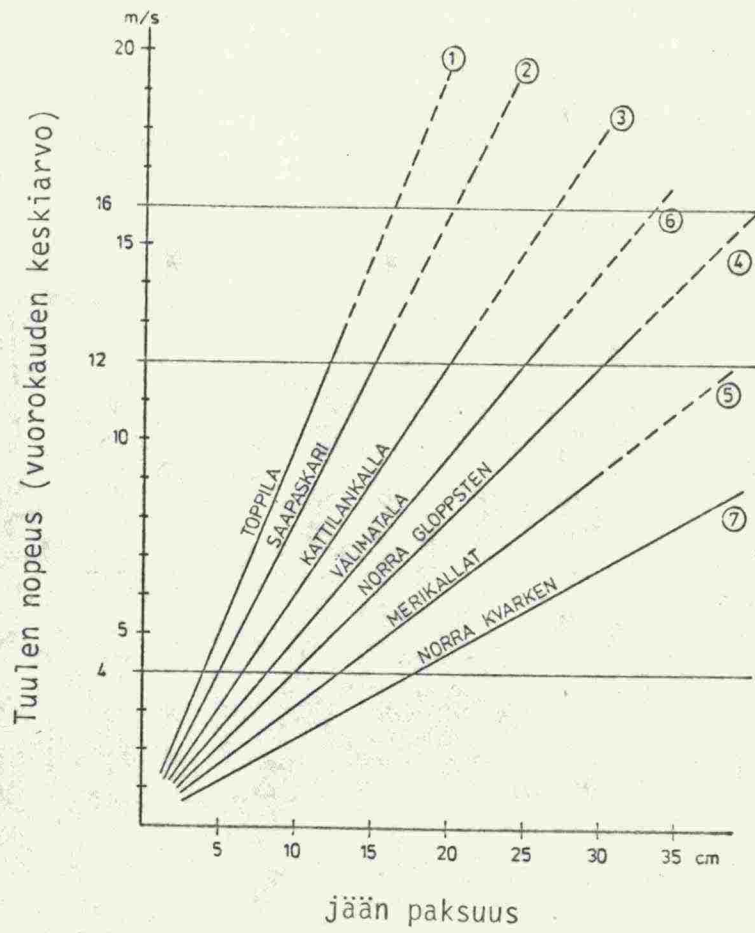
Havaintojen mukaan jääpeitteen kestävydessä näyttää jään paksuuden ja tuulen voimakkuuden välillä vallitsevan lähes lineaarinen riippuvuus. Edellytyksenä kuitenkin on ollut, että jää on kovaa. Kuvassa 12 on graafisesti esitetty jään kestävyden riippuvuus jään paksuudesta, tuulen päivittäisestä keskinopeudesta ja ulapan koosta. Tarkasteluun ei ole otettu mukaan sellaisia tapauksia, jolloin leudon sään sattuessa jää on pehmennyt ja hauraana rikkoutunut. Myös mereltä tulevan mainingin tai suurten vedenkorkeuden vaihteluiden aikaansaamat rikkoutumiset lähes tyynellä säällä on jätetty huomioon ottamatta.



Kuva 11

Utön tuulijakautuma 1931-60 (a) vuosi, (b) kevät, (c) kesä, (d) syksy, (e) talvi





Kuva 12

Ehjänä pysyvän jään paksuuden riippuvuus tuulen nopeudesta rannikon eri kohdilla (Palosuo 1963)

Taulukossa 5 on esitetty syksyllä ajelehtivan jään paksuus arvioituna Merentutkimuslaitoksen Jäätalve-tilaston mukaan ja toisaalta kuvassa 12 esitetyn nomogrammin avulla. Taulukon mukaan tuulen nopeudella 16 m/s tehdyt teoreettiset arviot vastaavat keskimäärin Jäätalve-tilaston avulla saatua arviota ajelehtivan jään maksimipaksuudesta.

Tämän selvityksen ollessa tekeillä edellä kuvattua havaintoaineistoa muokattiin edelleen Merentutkimuslaitoksella. Tuloksena oli tilastollinen menetelmä, jonka avulla voidaan määrittää tuulen rikkoman jään paksuus, kun tunnetaan tuulen nopeus ja ulapan karakteristinen koko. Mitoitettava tuulen suunta ja nopeus jään rikkoutumisen kannalta kriittisenä aikana rannikon eri pisteissä saadaan Ilmatieteen laitoksen säärekisteristä. Kehitetty tilastollinen menetelmä on esitetty liitteessä 3.

Paikka	Kuvan 12 suora	Ajelehtivan jään paksuus (cm)			
		Jäätalvet -tilaston mukaan	16 m/s	12 m/s	Tilastollisen men. mukaan 4 m/s
Maarianhamina	1	30	16	12	4
Korsö	1	35	16	12	4
Kobbaklintar	5	40	52	39	13
Degerby	1	30	16	12	4
Ledsund	3	35	27	20	7
Långören	3	35	27	20	7
Nyhamn	5	35	52	39	13
Enskär	1	30	16	12	4
Turku	1	45	16	12	4
Rajakari	4	30	40	30	10
Orhisaari	4	20	40	30	10
Lövskär	1	30	16	12	4
Smörgrund	3	20	27	20	7
Rödkär	6	20	32	25	8
Kihti	6	25	32	25	8
Skiftet	6	25	32	25	8
Ajos	3	15	27	20	7
Kemi	1	15	16	12	4
Inakari	3	20	27	20	7
Keminkraaseli	7	35	72	54	18
Kraasukka	4	30	40	30	10
Ulkokrumi	3	35	27	20	7
Oulu	3	15	27	20	7
Toppila	1	20	16	12	4
Saapaskari	2	20	20	15	5
Kattilankalla	3	40	27	20	7
Keskiarvo		28.1	30.0	22.5	7.6

Taulukko 5

Syksyllä ajelehtivan jään paksuus arvioituna Merentutkimuslaitoksen Jäätalvet-tilaston ja Palosuon tilastollisen menetelmän mukaan. Tilastollista menetelmää sovellettaessa tuulen päivit-  
täisenä keskinopeutena on pidetty 16 m/s, 12 m/s ja 4 m/s.

## 3.4

## Jäärekisteri

Merentutkimuslaitos on kehittänyt Ruotsin meteorologisen ja hydrologisen laitoksen (SMHI) kanssa yhteistyössä koko Itämeren alueen kattavan jää- ja lämpötilarekisterin (Uusitalo 1979). Rekisteri on tarkoitettu kuvaamaan avomeren sääolosuhteita.

Kutakin rekisterin yksikkönä toimivaa 15 x 15 meripeninkulman ruutua vastaa viisinumeroinen koodi, joka sisältää seuraavat ruutua koskevat tiedot:

- jos ei ole jäätä, koodi ilmoittaa veden pintalämpötilan
- jään paksuus koodina 0-9 luokiteltuna siten, että paksuuden neliöjuuri on tasavälinen
- konsentraatio eli ruudun kymmenesosat, jossa on jäätä
- ahtautumat luokiteltuna 0-9
- jäätyyppi luokiteltuna samalla tavalla kuin Merentutkimuslaitoksen jääkartoissa
- ruudussa olevan railon suunta väli-ilmansuunnan tarkkuudella (0-7)

Rekisteristä käy ilmi myös ns. sekundäärinen jää ruudun alueella. Tieto tulee esiin esim. silloin, kun ruudun alueella olevaan railoon on muodostunut ohutta jäätä.

Rekisteriin on koottu tietoja kultakin talvelta talvesta 1963/64 lähtien keskimäärin marraskuun alusta toukokuun loppuun. Perustietona on käytetty Merentutkimuslaitoksen jääkarttaa, joka laaditaan kaksi kertaa viikossa. Täydentävää tietoa on saatu satelliittikuvista ja jääpalvelun jääasemilta saamista viikottaisista havainnoista. Itämeren eteläosaa koskevia tietoja on täydennetty Itämeren rantavaltioiden kokoamalla jäätiedoilla. Rekisterin kutakin ruutua vastaava tieto on syötetty magneettinauhalle. Syöttövaiheessa olemassa olevaa lähtöaineistoa interpoloidaan "visuaalisesti". Interpolointi on tarpeen erityisesti jäätyypin tarkentamiseksi.

Rekisteristä voidaan tulostaa tietoja tarpeen mukaan. Tulostusohjelma laaditaan siten, että siihen voidaan joustavasti liittää kulloinkin tarvittavia aliohjelmiä. Tiedot tulostetaan pääasiassa rivikirjoitin- tai piirturikarttoina. Tulostusmerkki on liitteenä 5.

Jäärekisterin tietojen pohjalta ei ole mahdollista selvittää jään liikettä talvella. Jäärekisterin tietojen avulla voidaan kuitenkin matemaattisen mallin ja säätietojen avulla laskea jääkentän liikkeitä avomerellä, mutta laskumenetelmät eivät sovi saariston suojaamille alueille. Rekisterin käyttäminen rannikolla ei muutenkaan ole tarkoituksenmukaista sen karkean aluejaon vuoksi.

Vuoden 1979 lopussa Merentutkimuslaitos käynnisti työn, jonka tarkoituksena on konstruoida rekisteri jäähavaintoasemien tiedoista vuodesta 1929 lähtien. Tämä rekisteri tavallaan laajentaa valmistunutta avomerialueita kuvaavaa jäärekisteriä kattamaan myös rannikon. Tämän rekisterin oletetaan olevan käyttökunnossa vuoden 1980 aikana.

### 3.5

#### Kaukokartoitus

VTT:n maankäytön laboratorio on Merentutkimuslaitoksen toimeksiannosta tehnyt esitutkimuksen kaukokartoituksen käytöstä jäätilanteen seurantavälineenä. Esitutkimus päättyi suositteluun Merentutkimuslaitokselle Tiros-satelliitin kuvien vastaanottoaseman rakentamista. Merentutkimuslaitos on saanut määrärahan vastaanottoaseman rakentamista varten. Aseman on tarkoitus olla toimintakunnossa ennen talven 1980/81 alkua.

Tiros-satelliitti lähettää samasta alueesta kuusi kuvaa päivässä. Satelliitin käyttämä aallonpituus on näkyvän valon ja infra-aaltojen välialueella, jolloin säde läpäisee pimeän, mutta ei pilviä. Kuvista voi erottaa selvästi jään ja veden, mutta jään paksuudesta ei voi tehdä arvioita. Tiros-kuvan erotuskyky on noin 1 km, mutta jo noin puolen kilometrin levyinen railo erotuu kuvista kontrastin vuoksi.

Ruotsissa Tukholman lähellä on vastaanottoasema, joka tuottaa satelliittikuvia Ruotsin meteorologisen ja hydrologisen laitoksen (SMHI) käyttöön. VTT:n maankäytön laboratoriosta saadun tiedon mukaan (Jaakkola 1979) ruotsalaisten kokemukset menetelmästä ovat rohkaisevia. Satelliittikuvat soveltunevat hyvin jäätilanteen päivittäiseen seurantaan. Sen sijaan satelliittikuvat eivät liene tarkoituksenmukaisia väylien jääolosuhdeselvityksessä.

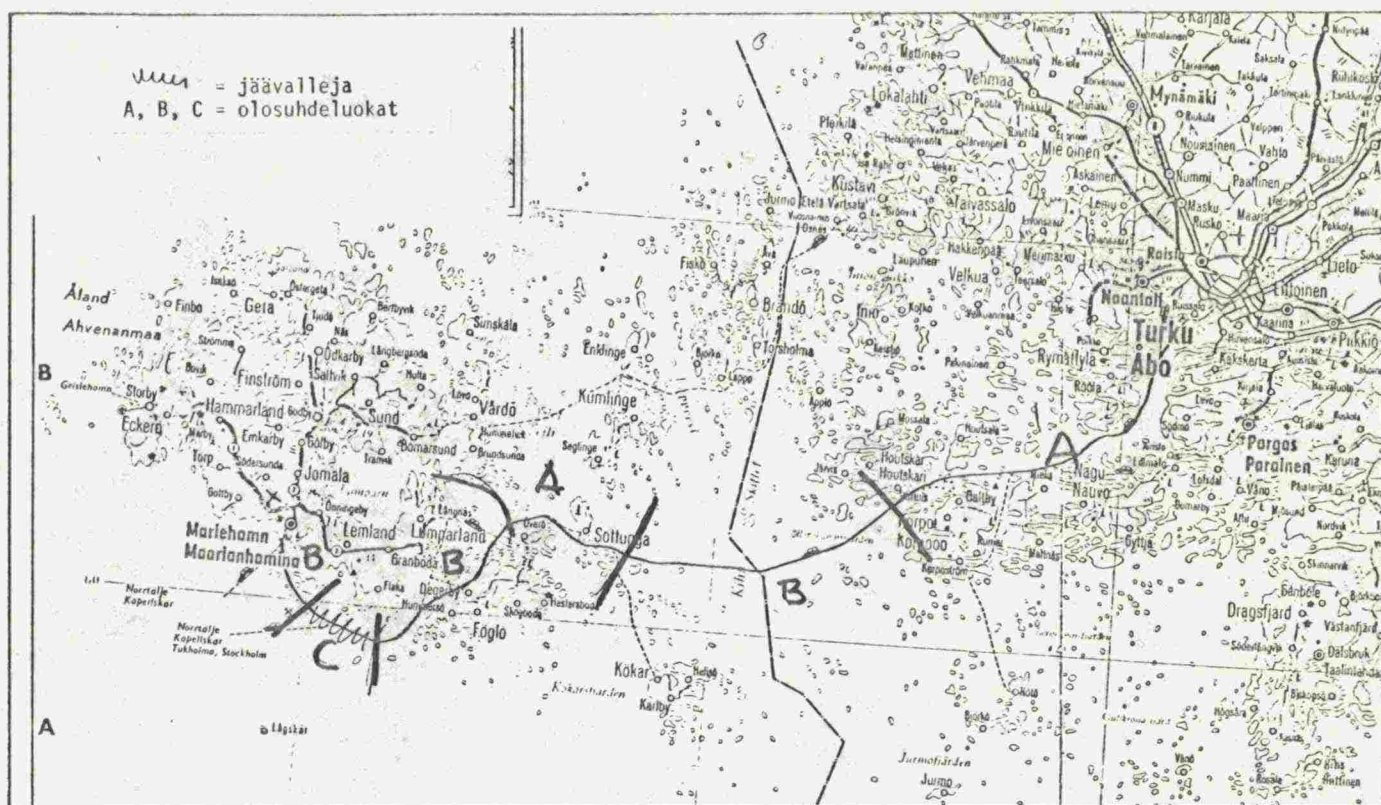
## 4.1

## Saaristoretki ja haastattelut

Turun-Maarianhaminan väylän jääolosuhteista hankittiin alustava kuva ajamalla väylä läpi m/s Viking 1:llä 12.4.1979. Matkan aikana jääolosuhteet olivat pitkälle ehtineet kevään takia jo varsin helpot. Pääasiallinen kuva väylälle tyypillisistä jääolosuhteista saatiin keskustelemalla matkan aikana laivan päällystön sekä Turun ja Maarianhaminan luotsipiirien päälliköiden kanssa. Keskusteluissa tuli esiin mm.:

- ahtojäävyöhyke alkaa Stora Löskärin kohdalta ja jatkuu Ledskäriin saakka
- tuuli puhaltaa usein jäät pois Ledfjärdeniltä ja tämän jälkeen meri jäätyy uudestaan. Laivat rikkovat Ledfjärdenillä jään, joka liikkuu lauttoina
- Stora Godholmin kaarteessa laivan synnyttämät aallot rikkovat jäät kauas väylästä länteen
- Överön pohjoispuolella jäät eivät liiku, vaan sulavat keväällä paikalleen
- Kihdin selällä poijut sukeltavat silloin tällöin jään alle. Kihdissä ränni liikkuu ja poijut saattavat olla jään alla parikin viikkoa. Salmassa saattaa olla kohtalaisen kova virtaus, joka heikentää jäätä. Kihdin selällä jää on huomattavasti paksumpaa
- Kihdistä Turkuun jää ei yleensä liiku
- Airiston jää on tavallisesti ohuempaa kuin muualla

Kuvassa 13 on esitetty Turun-Maarianhaminan väylän tyypilliset jääolosuhteet saaristoretkellä 12.4.1979 saatujen tietojen mukaan.



Kuva 13

Turun-Maarianhaminan väylän tyypilliset jääolosuhteet saaristoretellä 12.4.1979 saatujen tietojen mukaan

## 4.2

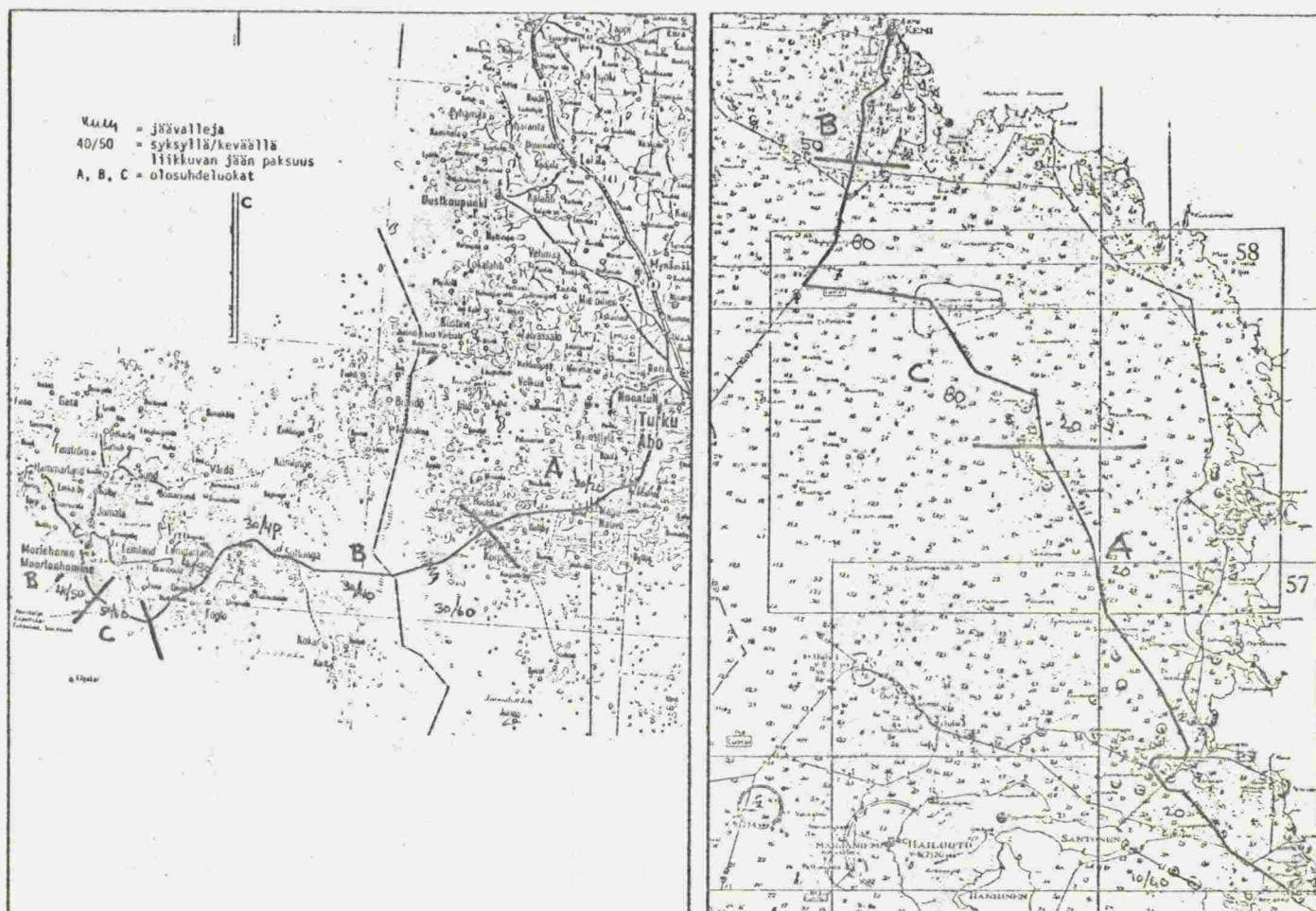
## Kirjallinen kysely

Saaristoretellä kävi selväksi, että laivojen päällystö ja luotsit pystyvät kokemusperäisesti esittämään väylän eri osilla vallitsevat tyypilliset jääolosuhteet. Tämän perusteella katsottiin aiheelliseksi tehdä jääolosuhteita koskeva kirjallinen kysely seuraaville:

- Turun-Maarianhaminan väylän luotsivanhimmat
- Turun-Maarianhaminan väylän alueella liikkuvien yhteysalusten päälliköt
- Oulun-Kemin väylän luotsivanhimmat
- Oulun-Kemin väylällä työskentelevien jäänmurtajien päälliköt
- Raision tiemestari
- Paraisten tiemestari
- Kempeleen tiemestari
- Turun-Maarianhaminan ja Naantalin-Maarianhaminan väyliä liikennöivien autolauttojen päälliköiden joukosta valitut henkilöt

Kyselykirje ja vastauslomakkeet muotoiltiin erikseen kutakin vastaajaa varten. Liitteenä 4 on esimerkkinä Turun-Maarianhaminan väylän luotsivanhimmille lähetetty kysely.

Kyselyyn saatiin vastaukset luotsivanhimmilta, jäänmurtajien päälliköiltä ja tiemestareilta. Vastausten yhteenvedona kuvaan 14 on piirretty esimerkiväylien tyypilliset jääolosuhteet sekä liikkuvan jään paksuus.



Kuva 14

Esimerkkiväylien tyypilliset jääolosuhteet kirjalliseen kyselyyn saatujen vastausten mukaan

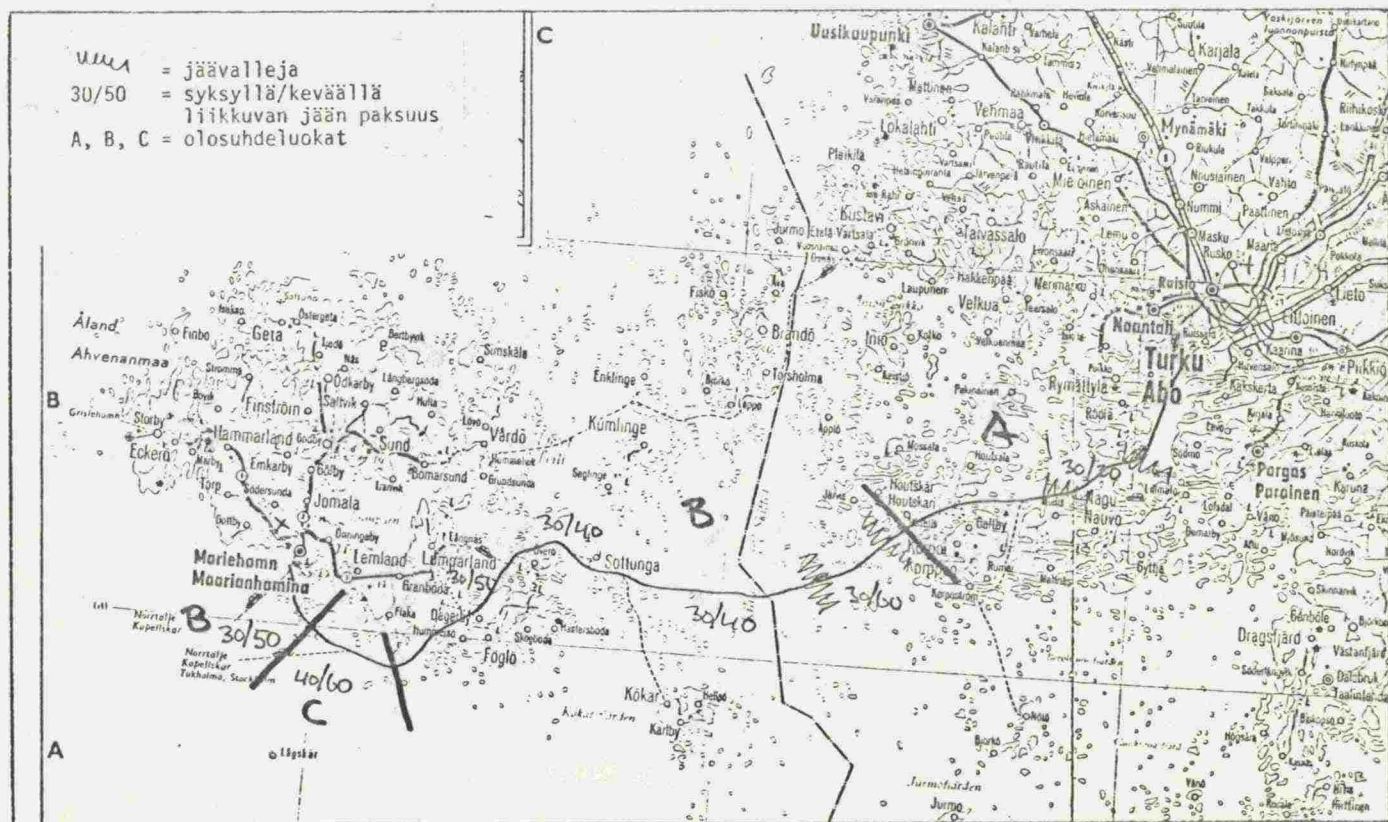
Monet vastaajat korostivat autolauttaliikenteen vaikutusta jään liikkeisiin. Tietyillä paikoilla muodostuu jäävalleja autolauttojen rikkomista jäistä. Tätä yleisempää on jään rikkoutuminen entistä kauempana väylästä, mikä aiheuttaa jääkentän liikkumista myös sellaisilla alueilla, joilla on ennen ollut liikkumatonta kiintojää. Avatun väylän ja kuivaliikenteen vaikutusta jääkentän liikkeisiin ja rakenteisiin kohdistuviin jääkuormiin tulisi tutkia erikseen.

## 5.1 Olosuhteiden arviointiperusteet

Esimerkkiväylien jääolosuhteet on määritelty jääpalvelun havaintolomakkeiden läpikäynnin (kuva 10) ja toisaalta kirjallisen kyselyn ja haastattelujen (kuvat 13 ja 14) perusteella. Liikkuvan jään paksuus on määritetty Merentutkimuslaitoksen Jäätalvet-tilaston perusteella (taulukot 1 ja 2, 10 v:n maksimiarvo). Turvalaitteisiin kohdistuvat kuormitukset muualla kuin ahtojääalueella on arvioitu edellä mainitulla tavalla määriteltyjen olosuhteiden ja kappaleessa 2.3 "Rakenteiden jääkuormat" esitetyn laskutavan avulla.

## 5.2 Turun-Maarianhaminan väylä

Turun-Maarianhaminan väylän mitoittavat jääolosuhteet ja liikkuvan jään paksuus on esitetty kuvassa 15. Sylinterimäiseen, halkaisijaltaan 1 m rakenteeseen kohdistuva jääkuorma on arvioitu 0.7 MN:ksi, kun jää liikkuu syksyllä ennen ankkuroitumista. Talven aikana syntynee huomattavasti tätä suurempia kuormia, kun täyteen vahvuuteen kehittynyt jää liikahtaa avattuun väylään päin. Tässä tilanteessa voidaan odottaa suuruusluokaltaan 3 MN olevia kuormia. Keväällä jäiden lähdön yhteydessä arvioidaan syntyvän luokkaa 1 MN olevia kuormia niillä väylänosilla, joilla keväällä liikkuvan jään paksuus on n. 50 cm. Kevätjään puristuslujuudeksi on oletettu 1.5 MN/m<sup>2</sup>. Ahtojääkuormia ei tässä yhteydessä ole arvioitu.



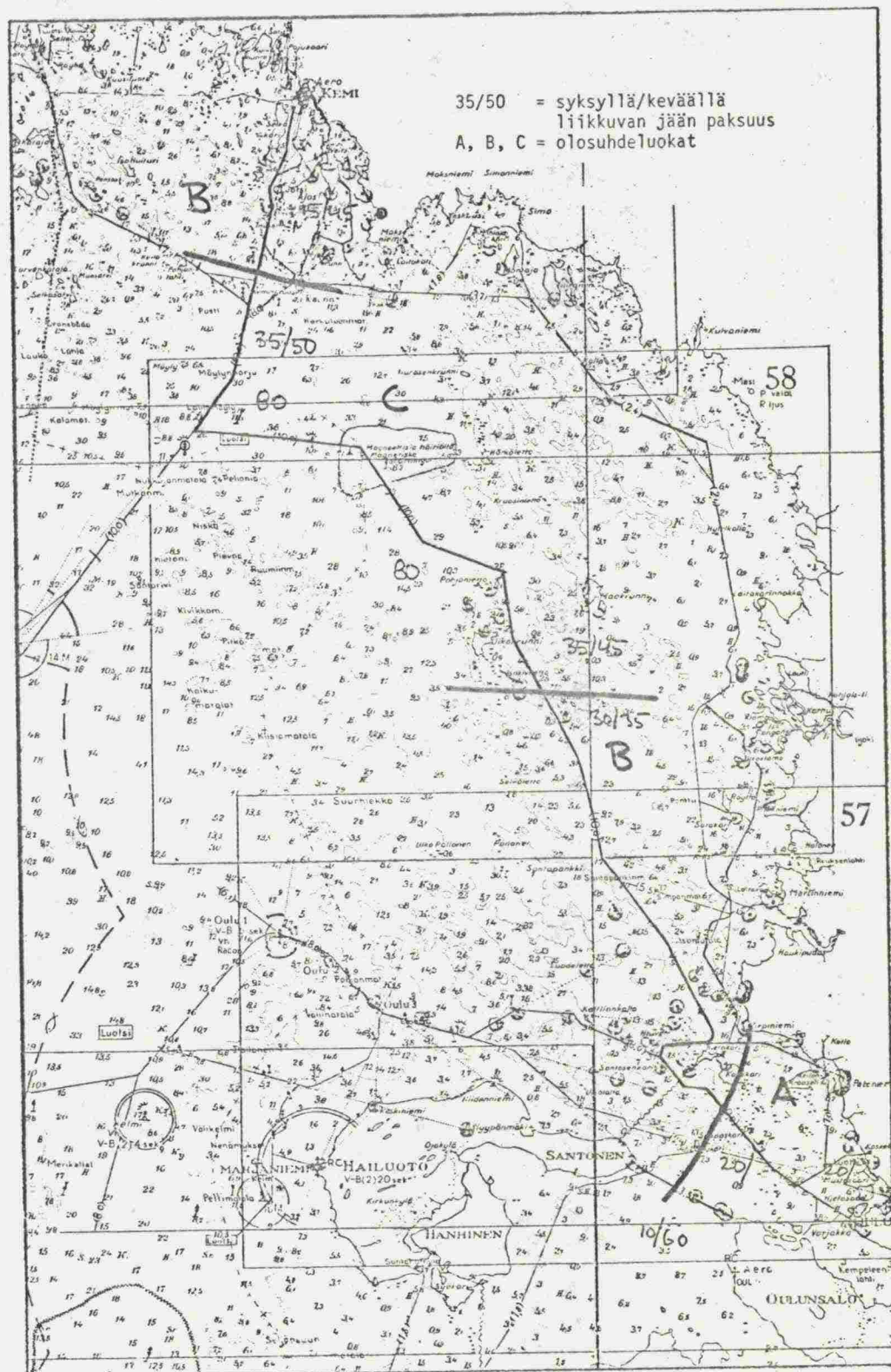
Kuva 15

Mitoittavat jääolosuhteet ja liikkuvan jään paksuus Turun-Maarianhaminan väylällä



## Oulun-Kemin väylä

Oulun-Kemin väylällä vallitsevat mitoittavat jääolosuhteet ja liikkuvan jään paksuus on esitetty kuvassa 16. Sylinterimäiseen, halkaisijaltaan 1 metrin rakenteeseen kohdittava jääkuorma on käytetyn laskutavan mukaan arvioitu 0.5-0.7 MN, kun jää liikkuu syksyllä ennen ankkuroitumista. Talven aikana avattuun väylään päin liikahtava jää aiheuttaa suuruusluokaltaan 4 MN olevia kuormia. Keväällä jäiden lähdön yhteydessä syntyvät kuormat ovat samaa suuruusluokkaa kuin Turun-Maarianhaminan väylällä. Ahtojääkuormia ei tässä yhteydessä ole arvioitu.



Kuva 16

Mitoittavat jääolosuhteet ja liikkuvan jään paksuus  
Oulun-Kemin väylällä

## EHDOTUKSIA JATKOTOIMIKSI

## 6.1 Ehdotus työohjelmaksi

Esiselvityksen perusteella tietyllä väylällä vallitsevat jääolosuhteet voidaan selvittää valmiiksi kootun tiedon avulla. Edellä kuvattuja tietolähteitä käyttäen väylän jääolosuhteet voidaan selvittää esim. seuraavaa työjärjestystä noudattaen:

- 1 Valitaan Merentutkimuslaitoksen Jäätalvet-tilaston avulla 25-30 viimeksi kuluneen talven joukosta 7-10 talvea siten, että jääolosuhteiltaan erilaiset talvet tulevat mukaan. Valintaperusteena kiintojään eteläraja ja ao. väylällä esiintyneiden todellisten jääpäivien lukumäärä.
- 2 Käydään läpi jäähavaintoasemien jääpalvelulle lähettämät raportit (mikrofilmattuina arkistokappaleina) edellä mainitulla tavalla valituilta talvilta ja laaditaan niiden perusteella väyläosien luokittelu seuraaviin kolmeen luokkaan:
  - A kiintojääalueet, joilla jää liikkuu syksyllä ennen ankkuroitumista
  - B alueet, joilla jääkenttä voi rikkoutua ja liikkua talven aikana
  - C alueet, joille muodostuu jäävalleja

Raporteista kirjataan myös tieto väylän viereisen jääkentän liikkeistä, sikäli kun tieto on annettu.
- 3 Tarkistetaan olosuhdetiedot käytännön kokemuksen perusteella siten, että lähetetään väylän luokittelu alueen luotseille, alueella liikkuville jäänmurtajille ja jääteitä ylläpitäville tiemestareille lausuntoa varten.
- 4 Määritetään alueilla A ja B liikkuvan jään paksuus liitteessä 3 esitetyn tilastollisen menetelmän avulla.
- 5 Määritetään alueilla A ja B syksyllä ja keväällä liikkuvan jään paksuus ja väylän viereisen, mahdollisesti liikahtavan jääkentän maksimipaksuus Jäätalvet-tilaston avulla. Jäätalvet-tilaston käyttöä tähän tarkoitukseen on selostettu edellä kappaleessa 3.1.

- 6 Lasketaan alueilla A ja B rakenteisiin kohdistuvat jääkuormat kutakin rakennetta varten erikseen edellä kohdassa 2.3 esitetyllä tavalla.
- 7 Ahtojääalueelle tulevien rakenteiden tarkka paikka määritetään paikalla tehtävien havaintojen perusteella. Havainnoissa kiinnitetään huomiota vallien säännöllisiin kasautumispaikkoihin, vallin muotoon ja vallin tiheyteen. Ahtojääkuormat lasketaan alueen kiintojään maksimipaksuuden perusteella edellä kohdassa 2.3 esitetyllä tavalla.

Edellä esitetyn työohjelman kohtien 1-5 arvioidaan vaativan noin kahden tehollisen työviikon panoksen väylää kohti. Tällöin oletetaan, että väylä vaatii työtä saman verran kuin esimerkkinä ollut Oulun-Kemin väylä. Olosuhdekartoituksen tarkistuttaminen käytännön asiantuntijoilla ja huomautusten huomioon ottaminen vaatii lisäksi noin yhden työviikon. Aikaa vastaimista varten varataan 2-4 viikkoa.

Merentutkimuslaitoksella on vuoden 1979 lopussa ryhdytty konstruoimaan rannikkoalueet kattavaa jäärekisteriä (ks. kohta 3.4). Rekisterin valmistuttua on mahdollista tehdä koko rannikon kattava jääolosuhdeselvitys tehokkaasti ja luotettavasti. Merentutkimuslaitoksen tarkoituksena on tehdä koko rannikon kattava selvitys vuoden 1980 loppuun mennessä seuraavasti:

- 1 Jaetaan väylät em. luokkiin A, B ja C rekisteristä tulostettavien jää liikettä koskevien tietojen avulla. Samalla tulostetaan tiedot jään paksuudesta pysyvän jääpeitteen muodostumisen ja häviämisen ajalta sekä tiedot jään maksimipaksuudesta eri väyläosilla.
- 2 Merenkulkuhallitus lähettää kohdan 1 perusteella tehdyn olosuhdeluokituksen lausunnon luotsipireihin ja jäänmurtajien päällystölle. Kukin tarkistaa oman alueensa osalta, tukeeko käytännön kokemus jäärekisterin perusteella tehtyä luokitusta.
- 3 Määritetään alueilla A ja B liikkuvan jään paksuus liitteessä 3 esitetyn tilastollisen menetelmän avulla.

- 4 Määritetään väylän viereisen, mahdollisesti liikah-  
tavan jääkentän paksuus kokemukseen perustuvilla  
väylänosilla jään maksimipaksuutta koskevan rekiste-  
ritiedon avulla.
- 6 Lasketaan alueilla A ja B rakenteisiin kohdistuvat  
jääkuormat kutakin rakennetta varten erikseen edel-  
lä kohdassa 2.3 esitetyllä tavalla.
- 7 Ahtojääalueelle tulevien rakenteiden tarkka paikka  
määritetään paikalla tehtävien havaintojen perusteel-  
la. Havainnoissa kiinnitetään huomiota vallien sään-  
nöllisiin kasautumispaikkoihin, vallin muotoon ja  
tiheyteen. Ahtojääkuormat lasketaan alueen kiinto-  
jään maksimipaksuuden perusteella edellä kohdassa  
2.3 esitetyllä tavalla.

## 6.2

## Ehdotus havaintoaineiston täydentämiseksi

Jäähavaintoasemilta saatavaa tietoa voidaan tulevaisuudessa hyödyntää nykyistä paremmin, jos havainnoissa otetaan huomioon turvalaitteiden suunnittelun tarpeet. Seuraavassa esitetään kaksi yksinkertaista ehdotusta, joista ensimmäinen sopinee jäähavaintoasemien toteutettavaksi, toinen ehkä paremmin luot-  
siasemilla toteutettavaksi.

- 1 Jäätalvet-tilaston avulla voidaan tulevaisuudessa tehdä arvioita saaristossa syksyisin ja keväisin ajelehtivan jään paksuudesta perustellummin edellyt-  
tään, että havainnointia kehitetään tätä silmällä-  
pitäen. Pysyvän jääpeitteen muodostumisesta ja hä-  
viämisestä tehtävän havainnon yhteydessä tulisi mi-  
tata myös jään paksuus samasta havaintopisteestä.  
Ellei mittaus samalta paikalta ole mahdollista  
esimerkiksi työturvallisuussyistä, tulisi esittää  
jään paksuutta koskeva arvio ja ilmoittaa, että  
mittausta ei ole tehty. Liikkuvan jään paksuuden  
mittaustulos tai arvio tulisi liittää ilmoitukseen  
siitä, millä alueella on havaittu liikkuvaa jäätä.
- 2 Tiettyjen, erityisesti tarkkailukohteiksi valittujen  
reunamerkkien tarkkailun avulla voidaan lisätä tie-  
toutta jääkentän pienistä (n. 1 m) liikkeistä ja  
pienien (n. 1 m) railojen syntymisestä väylien varrel-  
la. Alustavana tarkkailuna voidaan seurata, muodos-  
tuuko reunamerkin viereen railoa, joka on merkki  
jääkentän liikkumisesta. Syntyneiden railojen pe-  
rusteella voidaan tarkempaan seurantaan valita muuta-  
ma kiinteä reunamerkki. Tarkkailua varten asetetaan  
mittakeppejä reunamerkin ympärille. Etäisyydet kus-  
takin mittakepeistä reunamerkkiin mitataan kerran vii-  
kossa ja lisäksi sellaisen myrskyn jälkeen, jonka  
oletetaan siirtäneen jäitä.

## KIRJALLISUUTTA

- BLENKARN, K. A., Measurement and Analysis of Ice Forces on Cook Inlet Structures. Second Annual Offshore Technology Conference. Houston, Texas, April 22-24, 1970.
- ERANTI, E., Rakenteiden jääkuormat ja jään kantokyky. Helsinki 1978. Tie- ja vesirakennushallitus, vesitieosasto, julkaisu TVH 753320.
- GOW, A. J. & LANGSTON, D., Flexural strength of lake ice on relation to its growth structure and thermal history, Hanover, New Hampshire 1975. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Research Report 349.
- JAAKKOLA, S., Kaukokartoitus jäätilanteen seurantavälineenä. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Maankäytön laboratorio. Suullinen tiedonanto 3.5.1979.
- KEINONEN, A., Presentation of sea ice ridges in general and physical characteristics of Baltic ridges for ship resistance calculations. Helsinki 1978. Winter navigation research board. Research report no 24.
- LEPPÄRANTA, M., Pohjanlahden jääennustemalli. Esitelmä Geofysiikan päivillä Helsingissä 10.-11.3.1977.
- LEPPÄRANTA, M., On the drift and deformation of sea ice fields in the Bothnian bay. Lisensiaattityö. Helsingin yliopisto. Geofysiikan laitos. 1979.
- MAATTANEN, M., On conditions for the rise of self-excited ice induced autonomous oscillations in slender marine pile structures. Helsinki 1978. Winter navigation research board. Research report no 25.
- PALOSUO, E., Ahtojään muodostumisesta ja rakenteesta Itämerellä. Esitelmä Perämeri-päivillä Kemissä 12.6.1972.
- PALOSUO, E., Pohjanlahti talvella. Helsinki 1963. Merentutkimuslaitoksen julkaisu no 209.
- PALOSUO, E. & LEPPÄRANTA, M., Laser-observationer av packisvallar. Esitelmä Pohjoismaiden Laivateknillisen Yhdistyksen kokouksessa Espoossa 4.10.1979.
- REKONEN, T., Ehdotus majakoihin, linjamerkkeihin ja kiinteisiin reunamerkkeihin kohdistuvan jääkuorman määrittämisestä Itämeren alueella. Helsinki 16.5.1978. Tie- ja vesirakennushallitus, vesitieosasto. Julkaisematon muistio.

RISKA, K., & VARSTA, P., State-of-art review of basic ice problems for a naval architect. Espoo 1977. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Laivatekniikan laboratorio, tiedonanto 2.

SCHWARZ, J., IAHR-recommendations on testing methods of ice properties. IAHR-symposium on ice problems. Luleå, Sweden, August 7.-9.1978. Division of water resources engineering. University of Luleå, Bulletin Series A no 24. Luleå 1979.

UDIN, I. & ULLERSTIG, A., A numerical model for forecasting ice motion in the Bay and Sea of Bothnia. Norrköping 1976. Winter navigation research board. Research report no 18.

UUSITALO, S., ym., Data bank for sea ice conditions and surface temperature in the Baltic Sea. Helsinki 1979. - To be published in Winter Navigation Research Board Res. Rep. Series.

VENHO, S. N., Tuuliolosuhteet Suomen rannikolla. Helsinki 1963. Ilmatieteellisen keskuslaitoksen tiedonantoja no 3.

Tämä lomake postitetaan tällöin osoitteella:  
Merentutkimuslaitos, 00141 Helsinki 14, PL 166  
Jäkäret postitetaan samalla kertaa

Denna blankett postas tilldagar under adress:  
Havsforkningsinstitutet, 00141 Helsingfors 14 Box 166  
Iskartorna postas samtidigt.

# JÄÄHAVAINTOJA ISOBSERVATIONER

viikolta - utförda under veckan

*Harra* kuun *15* p:stä *Harra* kuun *21* p:ään

från den ..... till den .....

vuonna  
år *1978*

Palkka  
Ort *Virpiniemen m-alue*

Havaintaja  
Observatör *Taivo Ervasti*

Havaintoalue  
Observationsområde *Virp - Ruku - Aulansalo - Santonen - Hidenmies*

*- Kattilankalla - Länslätko - Kriisi - Kuitinkalla*

Havaintoalueen ulkopuolelta saatuja tietoja - Uppgifter som erhållits yttre om observationsområdet:

*Korjantien ja Ulkuruunni suovetta 21.11.*

Päivä Datum	Viikonpäivä Veckodag	Näkyvyys Sikt	Kiltojasta, yhteensijäytyksistä jättä fastis, sammanfusen is		Alajoista, altojista; irrallian olevaa jäätä Drivis, packis; is i skålen, i de hoppruna stycken		Avorettä, vuolinta Öppet vattn		Pakkaus emästä Tjocklek i cm	Mittauspaikka Mätningplats	Huomautuksia Anmärkninagar
			Uliottuvuus, rajat Usträckning, gränser	Uliottuvuus, rajat Usträckning, gränser	Mistä osin liikkeessä i rörelse från	tiheys	Käytös Kärytt	Käytös Kärytt			
15	keskiviikko onsdag		Joet ja matalat lahdet		ei						
16	torstai torsdag		T. lanne sama		ei						
17	perjantai fredag		hörsi, matalat, ranta, vedet	Uutta jäätä muodotusta n. 7 cm levyiseltä rommista							
18	lauantai lördag		T. lanne sama		ei						
19	sunnuntai söndag		Joet lahdet		ei						
20	maanantai måndag		Tilanne sama		Uutta jäätä - Kriisi - Jumoni - Hivett - Sankari						
21	tiistai tisdag		Kuhkalla - Kriisi - Bonian, Vup - Kabanari - Ahunsoh	Koko havainto alueella Kood. 9/10							

Täydentäviä tietoja jääoloista koko havaintoalueelta - Tililäggsuppgifter om isförhållandena från hela observationsområdet:  
 Jäätymisestä ja estinyistä jäänlaadusta *Myöskin jälkeen 15, n 19 pu kintojään rannat vahaan sohjon vahustantat n. - 10-30m*  
 Om isläggen och de olika islagen

Sulamisesta ja aukkopakoista  
 Om isens smältning och öppna ställen

Jäänpakuudesta ja sen rakenteesta *Kintojää alueella n. 10-30m uusi jää aivan ohutta*  
 Om isens tjocklek och struktur

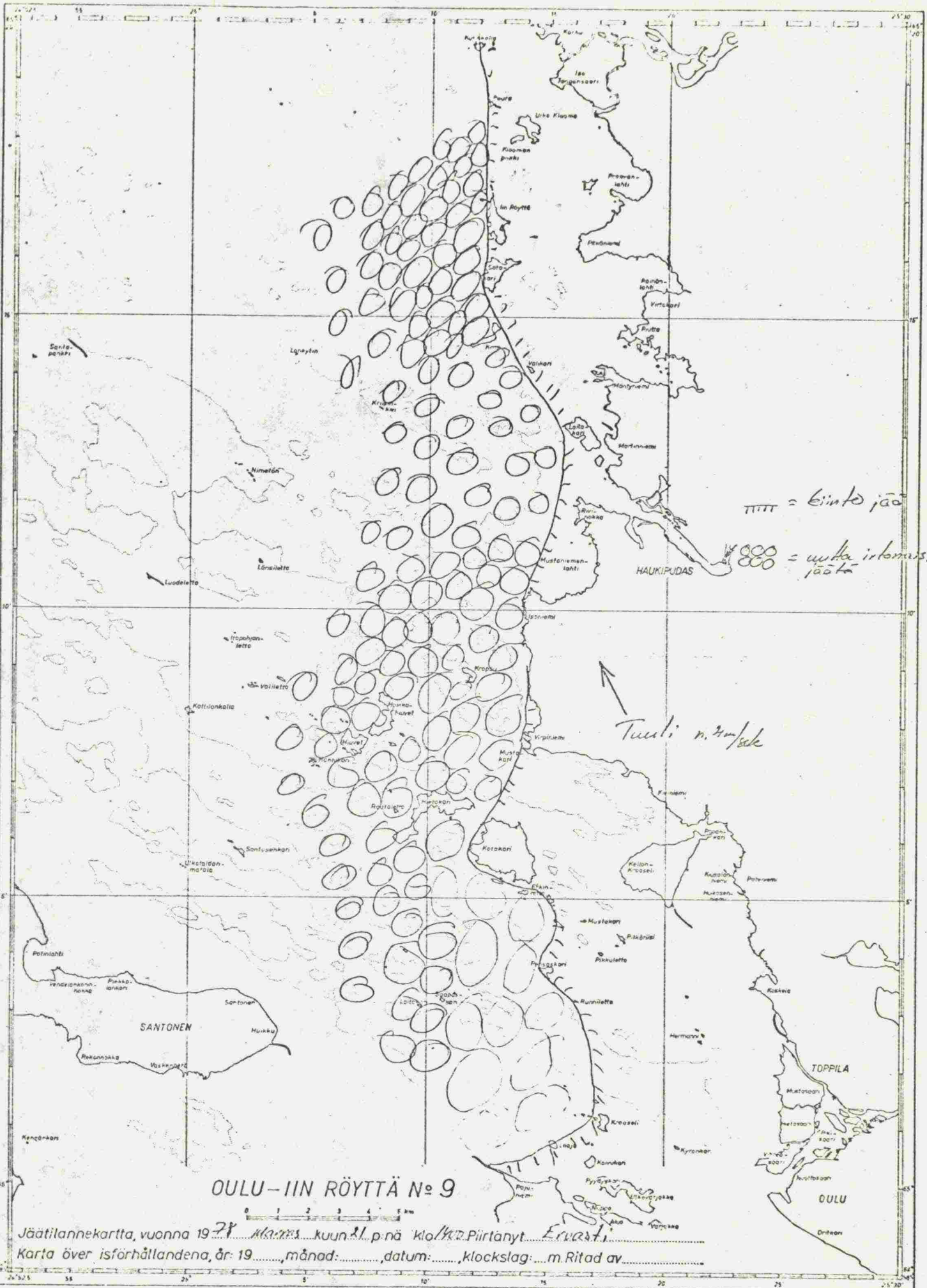
Jäällä olevasta lumipeitteestä  
 Om snötäcket på isen

Liikenteestä jäällä (minne, minvälinen, ajoneuvojen paino)  
 Om trafikken över isen (vart, hurudån, fordonens vikt)

Jää kestävä kulkijan (missä, milloin)  
 Isen håller förgångare (var, sen när)

Jää kestävä ajaa (missä, milloin)  
 Isen körbar (var, sen när)





OULU-IIN RÖYTTÄ N:o 9

Jäätilanekartta, vuonna 1978 *Maalis* kuun *11* p:nä klo *12.00* Piirtänyt *E. Kursti*  
 Karta över isförhållandena, år: 19....., månad:....., datum:....., klockslag:..... m. Ritad av.....

## JÄÄN RIKKOUTUMINEN SAARISTOALUEELLA

Saaristoalueella kiintojää voi tuulen vaikutuksesta rikkoutua ja joutua liikkeeseen. Annetuissa ulkoisissa olosuhteissa jään rikkoutuminen tai säilyminen ehjänä riippuu jään paksuudesta  $h$  ja lujuudesta  $\sigma$ , so.

$$\begin{aligned} \text{jää rikkoutuu} & \quad , \text{ jos } h \leq h_{\sigma}, \\ \text{jää säilyy ehjänä,} & \quad \text{jos } h > h_{\sigma}, \end{aligned}$$

missä  $h_{\sigma}$  on paksuuden kriittinen raja (paksuin jää joka vielä voi rikkoutua). Yleisesti  $h_{\sigma}$ :aan vaikuttavat ulkoiset tekijät ovat tuulen nopeus, selän karakteristinen halkaisija, vedenkorkeuden vaihtelu ja etäisyys avomeren jääkentästä.

Tarkasteltaessa ongelmaa PALOSUON (1963, 1971) havaintojen pohjalta voidaan ulkoisista tekijöistä ottaa huomioon vain tuulen nopeus  $w$  ja selän koko  $l$ . Palosuo on tarkoituksellisesti jättänyt pois tilanteet, joissa vedenkorkeuden vaihtelut ovat olleet suuria. Etäisyys avomeren jääkentästä on jossain määrin  $l$ :stä riippuvainen, joten sen vaikutus on implisiittisesti mukana tarkastelussa.

Lähtökohtana on nyt kaava

$$(1) \quad h_{\sigma} = h_{\sigma}(w, l) .$$

Havaintojen mukaan  $h_{\sigma}$  on suoraan verrannollinen  $w$ :hen, joten (1) on muotoa

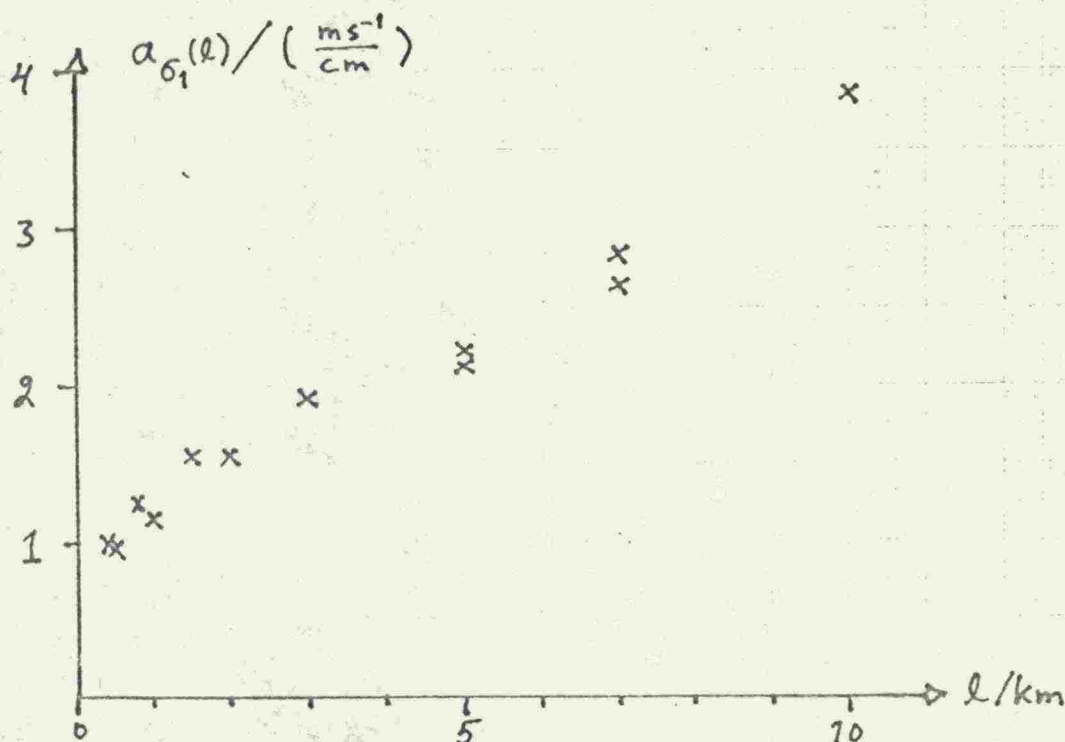
$$(2) \quad h_{\sigma} = a_{\sigma}(l)w .$$

PALOSUO (1971) esittää suoria (2) eri  $l$ :n arvoilla Oulun, Raahen, Vaasan ja Turun väylien eri osille. Suureen  $l$  arviointi on Palosuo mukaan vaikeata saarten epäsäännöllisen alueellisen jakautumisen takia. Lisäksi selälle mahdollisesti muodostuneet pohjautuneet ahtojäävallit toimivat probleeman kannalta "saarina", ja siten samalle selälle  $l$  voi olla suurempi syksyllä kuin talvella ja keväällä.

Palosuon havainnot on tehty syys- ja talvijäistä, joiden lujutta voidaan pitää likimain vakiona,  $\sigma = \sigma_1$ . Aineistosta määrätty funktio  $a_{\sigma_1}(l)$  on esitetty ao. kuviossa. Funktion hajonta on sangen pieni; se peittyy tuulen nopeuden ja jään paksuuden epätarkkuuteen. Näin ollen voidaan olettaa, että  $a_{\sigma_1}(l)$  on sama kaikkialla Suomen rannikoilla.

Hauraille kevätjäille on  $\sigma \sim \sigma_2 < \sigma_1$  ja  $a_{\sigma_2}(l) > a_{\sigma_1}(l)$ . Kevätjäiden rikkoutumista koskevien tarkastelujen (LEPPÄVUORI & KOKKO 1979) perusteella

$$(3) \quad \frac{a_{\sigma_2}(l)}{a_{\sigma_1}(l)} \sim 1.5-3 .$$



Kuvio. Funktion  $a_{\sigma_1}(l)$  arvoja. Määrätty Palosuon (1971) aineistosta.

Kuvion avulla voidaan määrätä riskiraja  $h_r$  rikkoutuvan jään paksuudelle: Merikartasta arvioidaan tarkasteltavan selän koko  $l$  ja saatavilla olevista tuulitilastoista määrätään tuulen nopeudelle riskiä vastaava yläraja  $w_r$  (m/s). Kuvion ja suhteen (3) avulla saadaan syys- ja talvijäille sekä kevätjäille kerroin  $a_{\sigma}(l)$ , joka yhdessä  $w_r$ :n kanssa antaa paksuudelle teoreettisen riskirajan (cm)

$$(4) \quad h'_r = a_6(l)w_r \quad .$$

Todellinen riskiraja saadaan, kun vielä otetaan huomioon kuinka paksuksi jää tarkasteltavalla alueella voi kasvaa. Paksuustilastoista määrätään suurin alueella havaittu jään paksuus  $h_{\max}$ . Riskiraja on

$$(5) \quad h_r = \min(h'_r, h_{\max}) \quad .$$

Jään aiheuttamaa kuormitusta rakenteeseen voidaan arvioida kaavalla  $F = dKh_6$  (REKONEN 1978), missä  $d$  on rakenteen leveys kuormitus-suunnassa ja  $K = K(h/d)$  muotokerroin. Riskikuormitus on

$$(6) \quad F_r = dK(h_r/d)h_r 6 \quad .$$

Verrattaessa syys- ja talvijäiden sekä kevätjäiden aiheuttamia kuormituksia  $d = d_0$  ja  $l = l_0$  ovat vakioita, ja on riittävää tarkastella tuloa  $f = Kh_r 6$ , joka on muotoa

$$(7) \quad f = f(a_6(l), w_r, h_{\max}, 6) \quad .$$

Kevätjäiden ominaisuuksista tiedetään tällä hetkellä vähän, eikä johtopäätöstä voi tehdä siitä, ovatko syys- ja talviolosuhteet vai kevätolosuhteet kuormitusten kannalta ratkaisevia. Mahdollisesti joillakin selillä edelliset olosuhteet ovat ratkaisevia, joillakin toisilla selillä taas jälkimmäiset.

Huomattakoon lopuksi, että tarkasteluissa on avomeren rooli ollut implisiittisesti mukana, eikä saatuja tuloksia voi sellaisenaan soveltaa Suomen järviolueille.

#### Lähteet:

- Leppävuori, M. & Kokko, T. 1979: Meriväylien jääolosuhteet. - Esiselvitys. Merenkulkuhallitus ja Viatek Oy 31.10.1979. Helsinki.
- Palosuo, E. 1963: Pohjanlahti talvella II. Jäätyminen ja jäänlaadut. - Merentutkimuslaitoksen julkaisu N:o 209. Helsinki.

Palosuo, E. 1971: Ice ridges in a coastal area of Finland. -  
Symp. on Port and Ocean Engineering under Arctic conditions,  
Technical University of Norway, Trondheim.

Rekonen, T. 1978: Ehdotus majakoihin, linjamerkkeihin ja kiinteisiin reunamerkkeihin kohdistuvan jääkuorman määrittämisestä Itämeren alueella. Tie- ja vesirakennushallitus, vesitieosasto. Helsinki. Julkaisematon muistio.

ESIMERKKI VÄYLÄN JÄÄOLOSUHTEITA  
KOSKEVASTA KIRJALLISESTA KYSELYSTÄ

SELVITYS MERIVÄYLIEN JÄÄOLOSUHTEISTA

Veteen sijoitettuihin merenkulun turvalaitteisiin kohdistuu jääkentän vaakaliikkeistä vaakasuoria voimia ja vedenpinnan vaihteluista pystysuoria voimia. Kokemuksesta tiedetään, että rakenteiden mitoituksen kannalta ovat yleensä määrääviä jääkentän nopeat vaakaliikkeet. Nopeilla liikkeillä tarkoitetaan tässä jääkentän liikkeitä, jotka ovat nopeampia kuin jään lämpölaajenemisesta aiheutuneet liikkeet. Rakenteen jääkuorman määrittämiseksi tarvitaan seuraavat tiedot:

- jään paksuus, kun jääkenttä liikkuu
- jään murtolujuus
- jään lämpötila
- jääkentän liikkeet

Jään murtolujuus ja jään lämpötila mitoitusstilanteessa on riittävän tarkasti selvillä, sensijaan jääkentän liikkeet ja liikkuvan jään paksuus eri väyläosilla on toistaiseksi selvittämättä. Rakenteiden mitoituksen kannalta ei ole oleellista, mikä on jään maksimipaksuus tietyssä kohdassa, vaan mikä on jään paksuus silloin, kun jääkenttä liikkuu.

Tiedetään, että jääkentän ankkuroituminen kiinteäksi riippuu lähinnä jään paksuudesta, ulapan koosta ja tuulen voimakkuudesta. Tämän mukaan liikkuvan jääkentän paksuus voi vaihdella huomattavastikin saman väylän eri osilla.

Merenkulkuhallitus on tilannut Viatek Oy:ltä esitutkimuksen, jonka tarkoituksena on selvittää meriväylien jääolosuhteita pääasiassa veteen sijoitettavien turvalaitteiden kuormitusten määrittämiseksi. Koska turvalaitteiden rakennuskustannukset vaihtelevat tyypistä ja kuormituksesta riippuen erittäin laajoissa rajoissa, tulisi eri väylillä erilaisissa jääolosuhteissa käytettävän turvalaitteen tyyppi ja mitoitus valita huolellisesti olosuhteiden ja väylän viitoitukselle asetettavien vaatimusten mukaan. Paikallisen kuormituksen vaikutusta mitoitukseen kuvaa käytännön kokemukseen perustuva arvio, jonka mukaan halkasijaltaan yhden metrin suuruiseen pylväeseen kohdistuva vaakasuora jääkuorma voi vaihdella rajoissa 10-500 tonnia.

Meriväylien jääolosuhteita koskevan esitutkimuksen tavoitteena on selvittää, mitä tietoja eri väyläosien jääolosuhteista on eri lähteistä saatavissa sekä tarkentaa valmiiksi koottua tilastotietoa käytännön kokemukseen perustuvalla tiedolla esimerkkiväyliksi valituilla väylillä Turku-Maarianhamina ja Oulu-Kemi.

Tämä edellä selostettuja tavoitteita palveleva kysely lähetetään edellä mainittujen esimerkkiväylien alueella toimiville luotsivanhimmille. Kirjeen liitteenä 1 on vastauslomake, johon on valmiiksi merkitty selvityksen kannalta kiinnostavat väyläosat. Kartassa (liite 2) on esitetty väylän jaottelu osiin samalla tavalla kuin liitteenä 1 olevalla lomakkeella. Väyläosat on jaettu kartan perusteella siten, että niiden voidaan olettaa poikkeavan toisistaan jääolosuhteidensa puolesta. Väyläosat on ryhmitelty kolmeen eri luokkaan seuraavasti:

- A) Kiintojäälueet, joilla jää liikkuu ainoastaan syksyllä jäätymisvaiheessa ja keväällä jäiden lähdön yhteydessä.
- B) Kiintojäälueet, joilla jään liikkuminen talven kuluessa on tavallista.
- C) Alueet, joilla muodostuu jäävalleja.

Lomakkeen alareunassa on tilaa merkinnöille, joita vastaaja haluaa tehdä valmiista jaottelusta poikkeavalla tavalla. Tähän tilaan pyydetään merkitsemään, jos kartalla esitetty jaottelu jääolosuhteiden puolesta erilaisiin väyläosiin ei vastaajan kokemuksen mukaan ole oikea. Lomakkeen viimeiseen sarakkeeseen pyydetään merkitsemään numerolla se poiju tai muu veteen sijoitettu turvalaite, jonka on havaittu vaurioituneen tai siirtyneen jäiden takia. Sama numero pyydetään merkitsemään myös liitteenä 2 olevalla kartalla esitetyn turvalaitteen yhteyteen, jotta tulisi yksikäsitteisesti määritellyksi, mistä turvalaitteesta on kysymys.

Esitutkimusta koskevia tarkempia tietoja saa tarvittaessa yli-ins. Sarkkiselta (puhelin 90-650 411) tai konsulttina toimivalta Viatek Oy:ltä (puhelin 90-460 511/Leppävuori).

Vastaukset pyydetään lähettämään 30.06.1979 mennessä merenkulkuhallituksen luotsi- ja majakkaosaston teknilliseen toimistoon osoitteella:

Yli-ins. P O Sarkkinen  
 Merenkulkuhallitus  
 Teknillinen toimisto  
 PL 158  
 00141 HELSINKI 14

Luotsi- ja majakkaosaston päällikkö  
 Merenkulkuneuvos Jaakko Manninen

Yli-ins. P O Sarkkinen

Liitteitä: 1. Vastauslomake  
 2. Kartta

Tiedoksi liitteineen: Turun luotsipiiri

Markku Leppävuori/MSi

1.6.1979

Vastaaja.....

Osoite .....  
Puhelin.....

## TURKU-MAARIANHAMINA -VÄYLÄN JÄÄOLOSUHTEITA KOSKEVA KYSELY

Väyläosa	Väyläosan tyyppilliset jääolosuht. (x)		Liikkuvan jään paksuus (cm) Kuormi- tuksen kannalta pahin aika (x)		Jäiden vaurioittamat tai siirtämät turva- laitteet (numero myös liitekarttaan)
	Kiintojäättä, jää ei liiku merkittävästi talven ku- luessa	Kiintojäättä, jään liikku- minen talvel- la tavallista	Alueet, joilla muo- dostuu jää- valleja	Syksyllä jäätymis- vaiheessa	
1. Turku-Kramppi					
2. Kramppi-Innamo					
3. Innamo-Harluoto					
4. Harluoto-Rödsjär					
5. Rödsjär-Gustaf Dalén					
<u>Erityiskohteet</u>					



VÄLKUOSAT VÄLILLÄ  
TURKU - HAARJÄRVI



4/B



