



Tutkintaselostus

C 1/2002 M

M/S FJORD PEARL, lastin siirtyminen ja vaaratilanne 2.1.2002

Tämä tutkintaselostus on tehty turvallisuuden parantamiseksi ja uusien onnettomuuksien ennalta ehkäisemiseksi. Tässä ei käsitellä onnettomuudesta mahdollisesti johtuvaa vastuuta tai vahingonkorvausvelvollisuutta. Tutkintaselostuksen käyttämistä muuhun tarkoitukseen kuin turvallisuuden parantamiseen on vältettävä.

TIIVISTELMÄ

M/S FORD PEARL lastasi puutavaraa Pietarsaassa 27-31.12.2001 yhteensä 8446 m³. Puutavara oli pituuspaketoitua sahatavaraa suojattuina muovipäälysteisillä paperihupuilla. Ahvenanmaan eteläpuolella tuuli nousi 1.1.2002 illalla ja yöllä 17-18 m/s ja vuorokauden vaihtuessa vielä 20 m/s ollen puuskissa 27 m/s. Alus kulki suuntaa 143°. Se keinui ja jyski voimakkaasti. Päällikkö havaitsi tuulen aiheuttamaksi kallistumaksi noin 5° ja keinunnan olevan 5-10° kummallekin puolelle. Kello 01.47 paikallista aikaa oli kurssia muutettava suunnalle 208°. Käännöksen aikana alus kallistui ensin noin 15° vasemmalle ja heti perään 30° oikealle, jolloin havaittiin kansilastin siirtyminen noin 1-1,5 metriä oikealle. Alus jäi 22° kallistumaan oikealle. Nopeus vähennettiin pienimpään ohjailunopeuteen ja aluksen keula käännettiin tuuleen. Muutaman tunnin kuluessa kallistuma kasvoi vuotojen johdosta noin 26°. Koko tyhjennyspumppukapasiteetin ollessa käytössä kallistuma vakiintui tähän. Syntynyttä tilannetta arvioitaessa havaittiin jäänmuodostusta ja veden vuotamista polttoaine- ja painolastitankkeihin sekä lastiruumiin. Päällikkö päätti henkilöstön ja aluksen turvallisuuden takia hakeutua hätäsatamaan tilanteen korjaamiseksi ja lähetti Turku Radioon viestin vaaratilanteesta.

Meripelastusorganisaation saattamana alus saapui Airistolle, josta pelastusyhtiön kevennettyä kansilastia alus siirrettiin Turun satamaan korjaustoimenpiteitä ja uudelleenlastausta varten. Kun lastin kiinnityksessä ja muussa toiminnassa ei voitu havaita turvallisuutta vaarantavia puutteita, päätti Onnettomuustutkintakeskus tutkia tapauksen.

Tutkinnassa saatiin näyttöä kitkakertoimien vaarallisesta kehittymisestä talvisissa olosuhteissa. Havaituista turvallisuusriskeistä tulee tiedottaa aluksen päällikölle lastauksen yhteydessä.



SUMMARY

M/S FJORD PEARL, SHIFTING OF CARGO AND DANGER SITUATION, JANUARY 2, 2002

M/S FJORD PEARL loaded a total of 8446 m³ of timber at Pietarsaari on December 27-31, 2001. The timber was sawn length packages and covered by plastic-coated paper hoods. South of the Aland Islands, the wind increased to 17-18 m/s in the evening and at night on January 1, 2002. At midnight, the wind force was already 20 m/s with gusts up to 27 m/s. The vessel was travelling at heading 143° and was rolling and pitching violently. The Master detected a wind list of about 5° and the rolling was 5-10° to both sides. At 01:47 a.m. local time the heading had to be changed to 208°. During the turn, the vessel first listed about 15° to port and immediately after 30° to starboard at which point the shifting of the deck cargo about 1-1.5 m to starboard was noticed. The vessel remained listed about 22° to starboard. The speed was reduced to the slowest possible steering speed and the bow was turned into the wind. In a few hours the list increased to 26° due to leaks. By using all off pump capacity the list was stabilised to this reading. Upon assessing the situation, it was noted that ice was forming and that water was leaking into the fuel and ballast tanks and to the holds. The Master decided to seek to an emergency harbour to ensure the safety of the crew and of the vessel and he sent a radio message to Turku Radio concerning the emergency situation.

Escorted by the maritime rescue organisation the vessel arrived at Airisto where the rescue company lightened the deck cargo. The vessel was then transferred to Turku port for repairs and reloading. Since no deficiencies compromising safety were detected in the securing of the deck cargo or in other activities, the Accident Investigation Board decided to investigate the incident.

The investigation produced evidence of dangerous development of the friction coefficients in winter conditions. The Master of the vessel should be informed of the detected safety risks when the vessel is loading.



SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	I
SUMMARY	II
ALKULAUSE	1
1 ONNETTOMUUDEN YLEISKUVAUS JA TUTKINTA	3
1.1 Alus	3
1.1.1 Yleistiedot	3
1.1.2 Miehistys	4
1.1.3 Komentosilta ja sen laitteet	4
1.1.4 Lastinkäsittelylaitteet	5
1.2 Lasti ja lastaustapahtumat	5
1.2.1 Aluksen lasti	5
1.2.2 Aluksen lastausohjeet	6
1.2.3 Aluksen lastaus Pietarsaareissa	7
1.3 Onnettomuustapahtumat	11
1.3.1 Matkan valmistelu	11
1.3.2 Sääolosuhteet onnettomuusmatkalla	12
1.3.3 Haveritapahtuma	14
1.3.4 Siirtynyt kansilasti	15
1.3.5 Välittömät toimenpiteet haverin jälkeen aluksella	17
1.3.6 Pelastustoimenpiteet	17
1.3.7 Aluksen vauriot	19
1.3.8 Lastin vähentäminen ja vaurioiden korjaaminen	20
1.4 Kansilastin siirtymistapahtuma	20
1.4.1 Sahatavarakansilastin kiinnitys	20
1.4.2 Sahatavarakansilastiin vaikuttavat voimat	21
1.4.3 Aluksen vakavuus	22
1.4.4 Aluksen keinahdus	23
1.4.5 Keinahduksen jälkeiset tasapainotilanteet	24
1.4.6 Kriittisten kitkakerroin-kallistuskulma -yhdistelmien määrittäminen	26
1.4.7 Muita sahatavarakansilastin kiinnitystapoja	27
1.5 Muita onnettomuuksia	27
1.6 Tutkinnan kuluessa tehdyt erityistarkastelut	28
2 ANALYYSI	29

2.1	Yleistä Suomesta vietävistä puutavaralasteista	29
2.2	Lastinkiinnityskäsikirja ja lastaus	30
2.3	Aluksen lastaus ja talviset olosuhteet.....	33
2.4	Kallistuma-kitkakerroin vuorovaikutuksen arviointi.....	34
2.4.1	Lastinkiinnityskäsikirjaan perustuva laskelma	34
2.4.2	Vallinneet kitkakertoimet	34
2.4.3	Lastin paikan vaikutus.....	36
2.4.4	Lastinkiinnitysvaijerien kuormituksen arviointi	36
2.5	Aluksen haveritilanteen arviointia	37
2.5.1	Aluksen tilanteen vaarallisuus	37
2.5.2	Aluksen vakavuus kallistuskulmalla 26°	37
2.5.3	Vedentulon vaikutus alukseen	38
2.6	Pelastustoimien arviointia	39
3	JOHTOPÄÄTÖKSET	41
3.1	FJORD PEARLin lastin siirtyminen	41
3.2	Onnettomuuteen vaikuttaneita taustatekijöitä	42
3.3	Tutkinnassa esiin tulleita muita tekijöitä	43
3.4	Turvallisuutta parantavat toimenpiteet.....	43
4	SUOSITUKSET.....	45
	LÄHDELUETTELO	47
	Liite 1. Alukselta saadut vakavuuslaskelmat.....	49
	Liite 2. Aluksen kansilastin kiinnityksen tarkastelu.....	53
	Liite 3. Aluksen vakavuuden tarkastelu	61
	Liite 4. Kitkatarkastelu.....	71
	Liite 5. Kansilastiin vaikuttavat voimat.....	81
	Liite 6. Merenkululaitoksen keskushallinnon lausunto.....	91
	Liite 7. Central Marine Research & Design Institute (CNIIMF) lausunto.....	93
	Liite 8. Malta Maritime Authority, Merchant Shipping Directorate lausunto	97



ALKULAUSE

Turun Meripelastuskeskus ilmoitti haverista 2.1.2002 kello 13.20 Onnettomuustutkintakeskukselle, joka päätti tehdä asiasta virkamiestutkinnan. Tutkintaryhmän puheenjohtajaksi määrättiin majuri evp. Pertti Siivonen ja jäseniksi työsuojelupäällikkö Kalervo Mattila ja piiritarkastaja Kai Mäcklin. Työryhmä on kutsunut asiantuntijaksi tekniikan lisensiaatti Olavi Huuskan.

Tutkinnassa on kiinnitetty erityistä huomiota aluksen kansilastin kitkakertoimien selvittämiseen vallinneissa olosuhteissa. Talviolosuhteiden vaikutusta kitkakertoimeen on tutkittu kokeellisesti. Kansilastiin vaikuttaneet voimat ja kriittiset kitkakerroin/kallistuskulmayhdistelmät on arvioitu ja lastausohjeita on verrattu haverialuksesta kerättyihin tietoihin. Lopuksi on annettu suosituksia vastaavien onnettomuuksien estämiseksi.

Aluksen ollessa Turussa, Onnettomuustutkintakeskuksen edustaja haastatteli päällystöstä ja valokuvasi alusta. Toukokuussa aluksen käydessä Pietarsaaressa, kaksi ryhmän jäsentä kävi aluksella ja teki lisäkysymyksiä. Alukselta pyydettiin myöhemmin lisäaineistoa. Eri lähteistä on kerätty aiheeseen liittyvää tietoa.

Esitetyt tiedot perustuvat päällystön antamiin kirjallisiin lausuntoihin, päällystöstä haastatteleiden henkilöiden muistioihin, valokuviiin sekä alukselta saatuihin teknisiin asiapapereihin. Onnettomuustutkintakeskuksen asiantuntija on tehnyt vakavuuslaskelmia, lastin liikkeellelähätölaskelmia ja kiinnityksen lujuuslaskelmia.

Tutkintaryhmän arvion mukaan haverista ja aluksesta saadut tiedot olivat riittäviä onnettomuuden tutkintaan. Uusi vesiviiva on arvioitu valokuvista ja aluksessa haverin jälkeen tehdyistä laskelmista. Uusia hydrostaattisia laskelmia ei ole tehty, eikä aluksen hydrostaattisia tietoja ole ollut käytettävissä.

Aluksen lippuvaltion, Maltan valtuuttama tutkija antoi erikseen lippuvaltiolle oman raporttinsa tapahtumasta.

Raporttiluonnos on lähetetty lausuntoa ja kommentteja varten Suomen merenkulkuviranomaisille, lippuvaltion merenkulkuviranomaisille, alukselle, ahtajalle (Finnsteve Turku ja Botnia Shipping Pietarsaari), Työterveyslaitokselle (Helsinki) sekä Venäjän Federaation merenkulun tutkimuslaitokselle Pietariin (Central Marine Research & Design Institute, CNIIMF). Saatujen vastausten perusteella on raportin joitakin kohtia täsmennetty ja saadut kirjalliset lausunnot on alkuperäiskielisinä liitetty raporttiin.

Pietarista saadussa lausunnossa ehdotetaan tässä raportissa käsitellyn vaaratekijän laajempaa tutkimista kansainvälisesti.



Kuva 1. M/S FJORD PEARL matkalla Turkuun



Kuva 2. M/S FJORD PEARL matkalla Turkuun



Kuva 3. M/S FJORD PEARL matkalla kohti Utötä

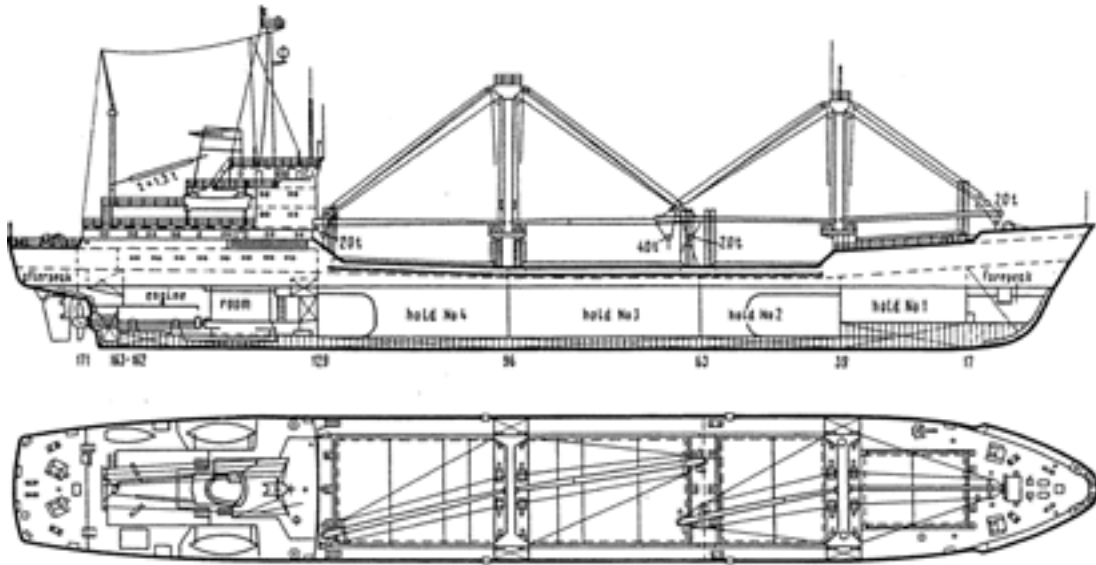
1 ONNETTOMUUDEN YLEISKUVAUS JA TUTKINTA

1.1 Alus

Aluksen suunnittelussa oli otettu huomioon puutavaralastin kuljettaminen kannella. Alus oli rakennettu kansainvälisten ja silloisen Neuvostoliiton tällaiselle alukselle asettamien sääntöjen ja määräysten mukaan. Aluksen kelluvuus on taattu yhden osaston täyttyessä.

1.1.1 Yleistiedot

Laivan nimi	M/S FJORD PEARL, entinen PIONER ONEGI
Rakennustiedot	1975, Viipuri
Kotipaikka	Valletta, Malta
IMO numero	7524354
Radiotunnus	9HXG4
Laji	Kuivalastialus, mm. puutavaran kuljetukseen
Miehitys	16 henkilöä
Omistaja	Fjord Pearl Shipping Company Ltd
Luokitus	Alunperin Morskoi Registr KM ⚓ УЛ 1 A2, puutavara-alus Nykyisin Registro Italiano Navale
Suurin pituus	130,32 m
Mittapituus, pp	119,03 m
Leveys	17,33 m
Puutavarasyväys	7,33 m
Korkeus pääkansi	8,49 m
Uppouma, max	10720 t
DWT, max	6780 t
Koneteho	4478 kW
Nopeus	15,6 kn



Kuva 4. M/S FJORD PEARL

Taulukko 1. Aluksen lastitilojen tiedot

Lastitila	Pinta-ala m ²	Tilavuus m ³	Mitat		Sallittu neliöpaino t/m ²
			pituus m	leveys m	
Ruuma 1	236,80	1370	14,8	16,0	10,0
Ruuma 2	206,64	1750	16,4	12,6	12,0
Ruuma 3	283,50	2530	22,5	12,6	12,0
Ruuma 4	283,50	2600	22,5	12,6	12,0
Yhteensä, ruumat	1010,44	8250			
Lastiluukut					
№1	104,16		12,4	8,4	1,75
№2	156,24		12,4	12,6	2,2
№1	233,31		18,5	12,6	2,2
№1	235,62		18,7	12,6	2,2
Yhteensä, luukut	729,33				

1.1.2 Miehistys

Aluksella oli 16 hengen miehistö. Miehistö oli kansallisuudeltaan venäläinen.

1.1.3 Komentosilta ja sen laitteet

Aluksen komentosillalla oli tarvittavat merenkulkulaitteet.



Kuva 5. Yleiskuva aluksen ohjaamosta

1.1.4 Lastinkäsittelylaitteet

Aluksessa on vintturikäyttöiset puomit. Erilaisten lastien kiinnittämistä varten on riittävä määrä lastinkiinnitysvälineitä.

1.2 Lasti ja lastaustapahtumat

1.2.1 Aluksen lasti

Aluksen lasti oli kokonaisuudessaan pituuspaketoitua puutavaraa. Pakettien mitat olivat standardien mukaiset: leveys ja korkeus 1,00-1,15 m. Pakettien pituus vaihteli välillä 3,60-6,00 m. Kansilastin tiivistämiseksi käytettiin vajaita paketteja.

Paketit oli suojattu muovihupulla tai muovilla päällystetyllä voimapaperihupulla. Huppu suojasi paketin viideltä suunnalta, alapuolen ollessa ilman suojaa. Hupun päällyskerroksessa oli liukuestepinta. Liukuestepäällysteitä oli useita erilaisia.

Koko lastin määrä oli 8446 m³, josta kannella 2690 m³. Männyn osuus lastista oli 8190 m³, muu osa oli kuusta. Laivauspainoina on käytetty männyllä 0,55 t/m³ ja kuusella 0,50 t/m³.

Määräsatamat olivat Oran ja Skidka Algeriassa. Oraniin menevä lasti, 1409 m³, oli kokonaan kannella. Skidkaan menevästä lastista oli 1281 m³ kannella.

Lasti oli ulko-varastoitu, koska se oli rahdattu kansioptiolla, joka sallii tämän. Lasti purettiin varastokentälle joulukuussa 2001. Sääolosuhteet vaihtelivat pakkas- ja suojakelin sekä vesi- ja lumisateen vuorottellessa.

Aluksen lasti ja lastin sijoitus on esitetty asiakirjoissa Manifest of Cargo, Loading Order ja Stowage Plan.



Kuva 6. Talvisia puutavarapaketteja odottamassa siirtoa laivaan (Työterveyslaitokselta saatu kuva)



Kuva 7. Talvella paketit ovat lumisia ja jäisiä (Työterveyslaitokselta saadut kuvat)

1.2.2 Aluksen lastausohjeet

IMO:n meriturvallisuuskomitea julkaisi 13.7.1996 kiertokirjeen 745 (MSC / Circ.745), jonka mukaan vuoden 1998 alusta alkaen on aluksilta, joiden lippuvaltio kuuluu kansainväliseen Merenkulkujärjestöön IMO:oon (International Maritime Organisation), edellytetty

ko. valtion merenkulkuviranomaisten hyväksymää lastinkiinnityskäsikirjaa. Kiertokirjeessä on ohjeet lastinkiinnityskäsikirjan laatimiseksi.

Aluksella on käytössä perusteellinen, lippuvaltion hyväksymä lastinkiinnityskäsikirja. Se on venäjänkielinen. (Наставление по креплению грузов, Cargo Securing Manual, 1950П/513-CSM/1-19, 1997, 105 sivua). Lastinkiinnityskäsikirjan on alun perin hyväksynyt Venäjän Federaation Liikenneministeriö. Myös nykyisen lippuvaltion (Malta) merenkulkuviranomainen (Malta Maritime Authority) on hyväksynyt sen. Sahatavaralastia käsittelevä osuus käännettiin tutkintaa varten suomeksi. Ryhmän yksi jäsen on venäjänkielen taitoisena tutustunut myös alkuperäiseen tekstiin.

Lastinkiinnityskäsikirja pohjautuu venäläisiin ja edelleen IMO:n lastinkuljetusohjeisiin. Puutavaralastin osalta pohjana on IMO:n ohjeisto vuodelta 1992 "Code of Safe Practise for Ships Carrying Timber Deck Cargoes". Ohjeisto on julkaistu ensimmäisen kerran vuonna 1972 ja se on muodollisesti suositus. Se perustuu käytännön kokemukseen ja hyvään merimiestapaan.

1.2.3 Aluksen lastaus Pietarsaassa

Lastaussää

Sää tiedot perustuvat päälylystön raportteihin sekä Ilmatieteen laitoksen mittaustietoihin. Sää tietoja tutkittaessa on otettu huomioon, että UTC on Suomen aika -2 h.

Lastauksen aikana joulukuun 21. päivänä 2001 Pietarsaassa oli pakkasta 8-14°C ja joulukuun 28-30. päivänä 2001 noin 20°C pakkasta sekä joulukuun 31. päivänä 2001 noin 10°C pakkasta. Lastauksen aikana satoi ajoittain lunta ja tuulen voimakkuus oli yleensä alle 5 m/s; nopeus oli joulukuun 27. päivänä ja joulukuun 31. päivänä jonkin aikaa 6-11 m/s. Tuulen suunta vaihteli.

Lastaus

Aluksen lastaus Pietarsaassa aloitettiin torstaina joulukuun 27. päivänä 2001. Paketit siirrettiin laivan sivulle haarukkatrukilla. Lastauksessa käytettiin maanosturia. Torstaina työskenneltiin kello 7-24 (1-2 ryhmää), perjantaina joulukuun 28. päivänä kello 7-16 (2-3 ryhmää). Lauantaina joulukuun 29. päivänä ei lastattu. Sunnuntaina joulukuun 30. päivänä yksi ryhmä työskenteli klo 10-17. Maanantaina joulukuun 31. päivänä 2001 lastaus saatiin valmiiksi kahden ryhmän työskennellessä klo 7-15.30.

Nostoissa käytettiin silmukallisia, mustia polypropeeniköysiä. Sahatavarapaketit nostettiin yleensä pareittain kahden nostoköyden varassa. Köydet jäivät lastin mukaan. Köyden löysä osuus jäi pakettien päälle mutkalle.

Ruumat 1, 2 ja 3 täyttyivät 28.12, ruuma 4 30.12. Kannelle lastattiin 31.12.

Sahatavarapaketit olivat osittain lumisia ja jäisiä. Ahtaaja poisti lunta ja jäätä ilmapuhalluksella ja nuijimalla. Lunta ja jäätä ei saatu täysin poistettua. Lasti pyrittiin sijoittamaan mahdollisimman tiiviisti laivan päällystön valvonnassa. Kansilastin toinen kerros sijoitettiin poikittain. Vaihtelevista pituuksista johtuen jäi paikoin puolen metrin välejä.



Kuva 8. Sahatavarapakettien sijoittelua kannelle (Työterveyslaitokselta saatu kuva, kuvassa ei ole FJORD PEARL)

Aluspuita asetettiin vain laitimaisen, partaan ja luukun karvelin välissä olleen, pitkittäisen sahatavarapakettipinon alle kanta vasten. Muualla kerrosten väliin jäivät nostoköydet. Lastiluukulla köydet olivat pakettien ja luukun välissä. Muissa kerrosväleissä syntyi vaihtelevia köysien kohtaamisia, kun sahatavarapaketin alapuolen kireä köysi tuli alla olevan sahatavarapaketin ylätasolla mutkailevan köyden päälle. Nostoköysien halkaisija oli noin 3 cm. Painon alla ne puristuvat päällä olevasta painosta riippuen poikkipinnaltaan 1-3 cm paksuksi ja 6-4 cm leveäksi.

Tukitolpat

Ennen sääkannelle lastausta aluksen miehistö nosti aluksen puomeilla yhdeksän puista tukitolppaa aluksen kummallekin laidalle. Tukitolpat olivat laivan omia, 5-6 m pituisia ja halkaisijaltaan 150-280 mm. Tukitolpat pujotettiin partaassa olevan taivutetun terästangon muodostaman aukon läpi ja alapää asetettiin kannella olevaan kehikkoon. Tukitolppien ja laitimaisen pakettien väliin jäi 5 cm rako pressua varten. Tukitolpat eivät olleet kansilastin tukemista varten, vaan ne estivät pinoja sortumasta lastauksen aikana, kun kansilastia ei vielä ollut kiinnitetty.



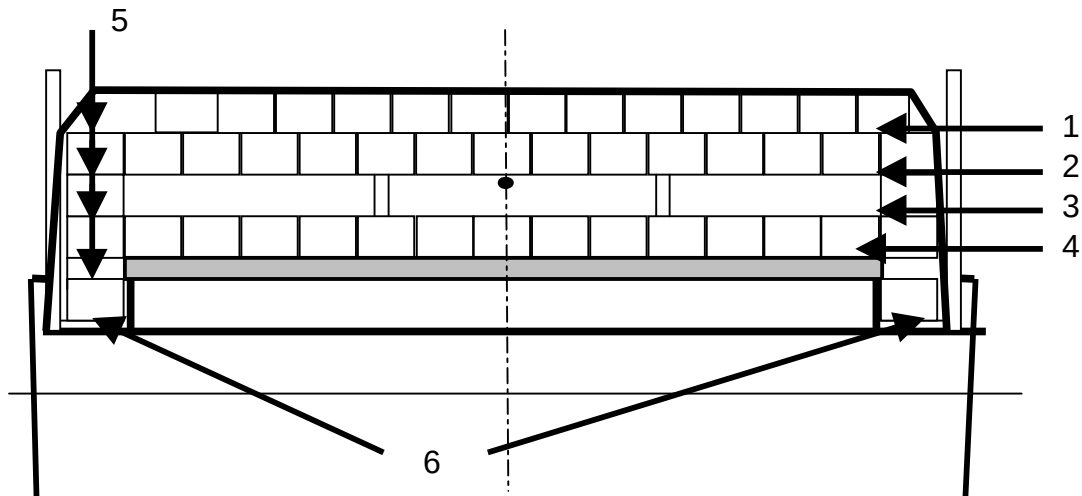
Kuva 9. Tukitolppien asennus ja sijainti FJORD PEARLilla toukokuussa 2002

Kansilastin kiinnitys

Lastauksen valmistuttua aluksen miehistö peitti kansilastin suojapressuilla. Miehistö asetti pressujen päälle pitkittäiset lankut ja laittoi paikoilleen lastinkiinnitysvaijerit sekä ki-risti ne. Vaijerien kireys arvioitiin kokemuksen pohjalta. Mitään mittalaitetta ei käytetty.

Lastin nostoköydet, 2 kpl/paketti tai 2 kpl/pakettipari, jäivät löysinä sahatavarapakettien päälle. Tällöin syntyi seuraavanlaisia kahden vaakasuoran pinnan välisiä tapauksia (numerot viittaavat kuvaan 10):

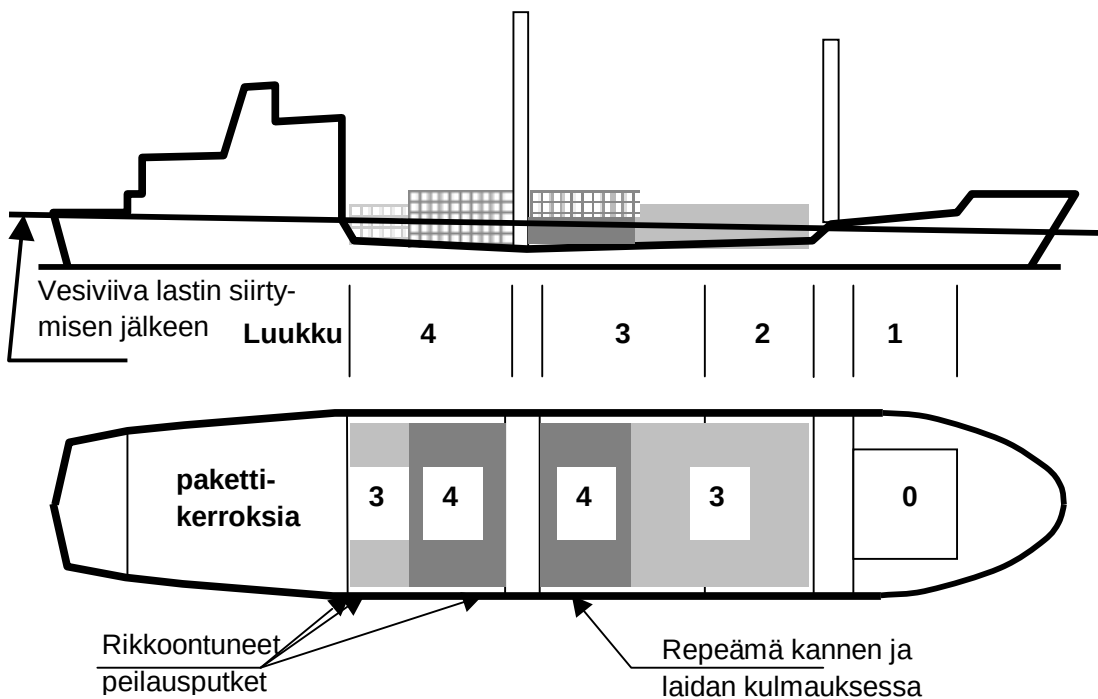
1. kaksi pitkittäistä pakettia limittäin päällekkäin
2. pitkittäiset paketit poikittaisten pakettien päällä
3. poikittaiset paketit pitkittäisten pakettien päällä
4. pitkittäiset paketit lastiluukun päällä
5. reunoilla pitkittäiset paketit tasan toistensa päällä
6. reunoilla alimmat pitkittäiset paketit aluspuiden päällä



Kuva 10. Kiinnitetyn kansilastin poikkileikkaus ruuman 4 keulapäästä sekä erilaisten kitkapintojen sijainti, piste osoittaa kansilastin painopisteen

Kansilasti oli koottu eri sahoilta tulleista sahatavarapaketeista, joissa oli erilaiset suojahuput. Kuvaan 11 on merkitty oletetut eri huppujen alueet, jotka perustuvat aluksen lastisijoituskaavioon. Sijainnilla on merkitystä, koska eri huppujen kitkakertoimissa on suuria eroja.

 Hupun A käyttöalue, muualla kannella pääasiassa huput B ja C.



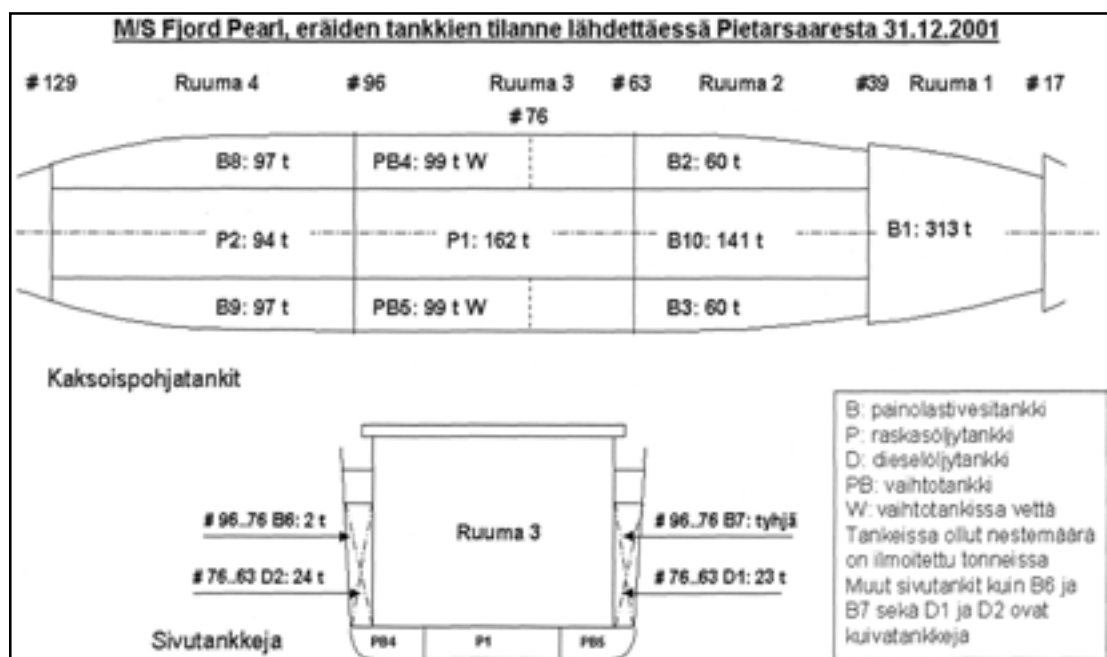
Kuva 11. Eri hupuilla suojattujen puutavarapakettien sijainti kannella, kuvaan on merkitty myös vaurioituneet kohdat

Kansilastin sijoitus:

- Luukun 4 keulimmainen osa, noin 70% luukun pituudesta oli lastattu neljään kerrokseen ja loput eli perimmäinen osa, noin 30% oli lastattu kolmeen kerrokseen.
- Luukun 3 perimmäinen osa, noin 70% luukun pituudesta oli lastattu neljään kerrokseen ja loput eli keulimmainen osa, noin 30% oli lastattu kolmeen kerrokseen.
- Luukulle 2 oli lastattu kolme kerrosta.
- Luukulla 1 ei ollut lastia.

Kansilasti oli sidottu kiinnitysvaijerein reunasta reunaan 1,4 m välein. Kiinnitysvaijereita oli 44. Lisäksi jokaisella luukulla oli kaksi ristisidosparia kansilastin yli laidasta laitaan. Puiset tukitolpat oli sijoitettu 4,5 m välein lukuun ottamatta kolmannen ja neljännen luukun välisen laipion kohtaa.

Lastin sijoittelu ja kiinnitys oli tehty aluksella olevan lastinkiinnityskäsikirjan mukaan.



Kuva 12. FJORD PEARLin tankkitilanne lähdettäessä Pietarsaaresta

1.3 Onnettomuustapahtumat

1.3.1 Matkan valmistelu

Aluksen lastaus päättyi 31.12.2001 kello 17. Aluksen tankit täytettiin matkakuntoon, nestemäärät tarkistettiin ja peilausputket suljettiin. Päällikkö laati aluksen lähtötilannetta vastaavat vakavuuslaskut, ja tarkisti, että kaikki vakavuuskriteerit täytyivät:

- alkuvaihtokeskuskorkeus, jossa vapaiden nestepintojen vaikutus on huomioitu = 0,34 m > 0,20 m
- vakavuusvarren maksimiarvo = 0,47 m > 0,25 m
- vakavuusvarren maksimiarvoa vastaava kulma = 40° > 30°
- sääkriteeri = 2,305 > 1,0
- kaatumiskulma = 72° > 55°
- vakavuusvarren pinta-ala välillä 0-40° = 0,149 m rad > 0,080 m rad
- maksimikeinumiskulma 24°
- keinumisperiodi 23 s
- lastin kiinnityksen rajakulma 34°
- sahatavarapakettipinon dynaaminen stabiliteettikulma = 16,5° (tutkijoiden arvio)

Vakavuuslaskelmissa oli varauduttu 130 t jäänmuodostukseen. Kuvassa 12 on esitetty aluksen lähtötilanne Pietarsaareissa 31.12.2001 kello 22.00 eräiden tankkien osalta. Avomerelle päästyään päällikkö varmisti käsityksensä aluksen vakavuudesta saattamalla aluksen keinuntaliikkeeseen peräsimen avulla.

1.3.2 Sääolosuhteet onnettomuusmatkalla

Päällystön raporttien ja Ilmatieteen laitokselta tilattujen sääennusteiden ja -tietojen lisäksi sää tiedot perustuvat Merentutkimuslaitokselta tilattuun selvitykseen haverialueen sää- ja aallokkotilanteesta. Aaltotiedot perustuvat Pohjoisen Itämeren aallonmittauspoijun tietoihin. Sen sijainti on 59°15' N ja 21° E. Poiju on riittävän lähellä haveripaikkaa aallokkotietojen arvioimiseksi.

Sää tiedotukset

Tutkinnassa ei ole selvitetty, mitä sääpalvelua alus käytti, mutta voidaan olettaa tietojen olevan samat kuin Ilmatieteen laitoksen merisääennusteet. Alkumatkalle ennustettiin 31.12 klo 18.50 yöksi pohjoisenpuoleista tuulta 3-6 m/s ja iltapäivästä 1.1.2002 alkaen Merenkurkkuun ja Saaristomerelle voimistuvaa etelän ja idän välistä tuulta 12-16 m/s. Annettiin kovan tuulen varoitus sekä jäätämism varoitus.

1.1.2002 ennustettiin tuulen kääntyvän yöllä etelästä koilliseen ja voimistuvan myrskyksi 21 m/s. Aamulla tuulen ennustettiin heikkenevän.

Vallinnut sää

Matkan aikana pakkasen vaihteli -4°C ja -15°C välillä niin, että öisin oli kylmempää. Haverialueella pakkasta oli noin -4°C , päällystön raporttien mukaan -10°C . Havaintoasemien mittaukset ovat kahden metrin korkeudelta maanpinnasta. Aluksen ilmoittama lämpötila on mitattu komentosillalla. Veden lämpötila oli $+1^{\circ}\text{C}$.

Haverialueella tuuli oli puhaltanut kovaa useita tunteja etelästä, 17-18 m/s synnyttäen 3,5 m merkitsevän aallonkorkeuden. Illansuussa 1.1.2002 tuuli kiertyi itään ja kehitti yöksi pahan ristiaallokon. Tuulen nopeus oli edelleen 18 m/s, ollen puuskissa jopa 27 m/s. Illalla merkitsevä aallonkorkeus oli laskenut tuulen kääntymisen johdosta 2,4 m, mutta nousi yöllä ollen haverihetkellä 3,2 m. Yön kuluessa ristiaallokko väheni, mutta merkitsevä aallonkorkeus saattoi nousta 4 metriin. Aallokon vallitseva periodi oli 8 s.

Aluksen raporttien mukaan tuulen voima oli "force 9", joka tarkoittaa asteikolla 21-24 m/s, suunta 70° , aaltojen korkeus "force 7", joka tarkoittaa asteikolla merkitsevää aallonkorkeutta 4 m ja aallon maksimikorkeutta 5,5. Nämä tiedot ovat lähes yhtäpitävät suomalaisten säälähteiden kanssa.

Merenpohjan muodoilla ei ollut suurta vaikutusta, koska aallokon periodi oli alle 9 s ja aallokko oli leveää ristiaallokkoa. Merikortin syvyystietojen mukaan aluksen kääntymisen tapahtui paikassa, jossa tuulen suunnasta tulevat aallot ylittävät ensin matalan vesialueen. Merkitsevä aallonpituus syvässä vedessä oli 126 m, joka vastaa matalassa vedessä aallonpituutta 104-114 m. Merkitsevä aallonpituus oli noin aluksen pituus.

Haverin jälkeen tuuli- ja aallokko-olosuhteet pysyivät samoina 6 tuntia, minkä jälkeen tuuli kääntyi koilliseen heiketen tasaisesti 10 tunnin aikana 8 m/s. Illalla 2.1.2002 tuuli kääntyi luoteeseen. Lämpötila pysyi koko päivän -8°C .

Jäljempänä olevaan taulukkoon on koottu loppureitin ja haverialueen säätietoja. Bogskärin automaattiasema ei ollut toiminnassa haveriyönä. WS = tuulen nopeus, WD = tuulen suunta ja T = lämpötila. Arvot ovat keskimääriä, puuskissa tuulen nopeus on ollut suurempi.

Valoisan ajan pituus oli 6 tuntia, kello 9-15.

Voidaan todeta, että sääennusteet pitivät hyvin paikkansa.

Bogskärin automaattiasema ei toiminut haveriyönä. Tummennetut luvut ovat klo 14. Haveriyönä puuskanopeus oli 27 m/s. Tuulen nopeus on 10 minuutin keskituulen nopeus mittaushetkellä. Suurin vastaava nopeus edeltäneiden tuntien aikana on noin 10-20 % enemmän.

Taulukko 2. Sääasemien havaintotietoja haveriajankohtana

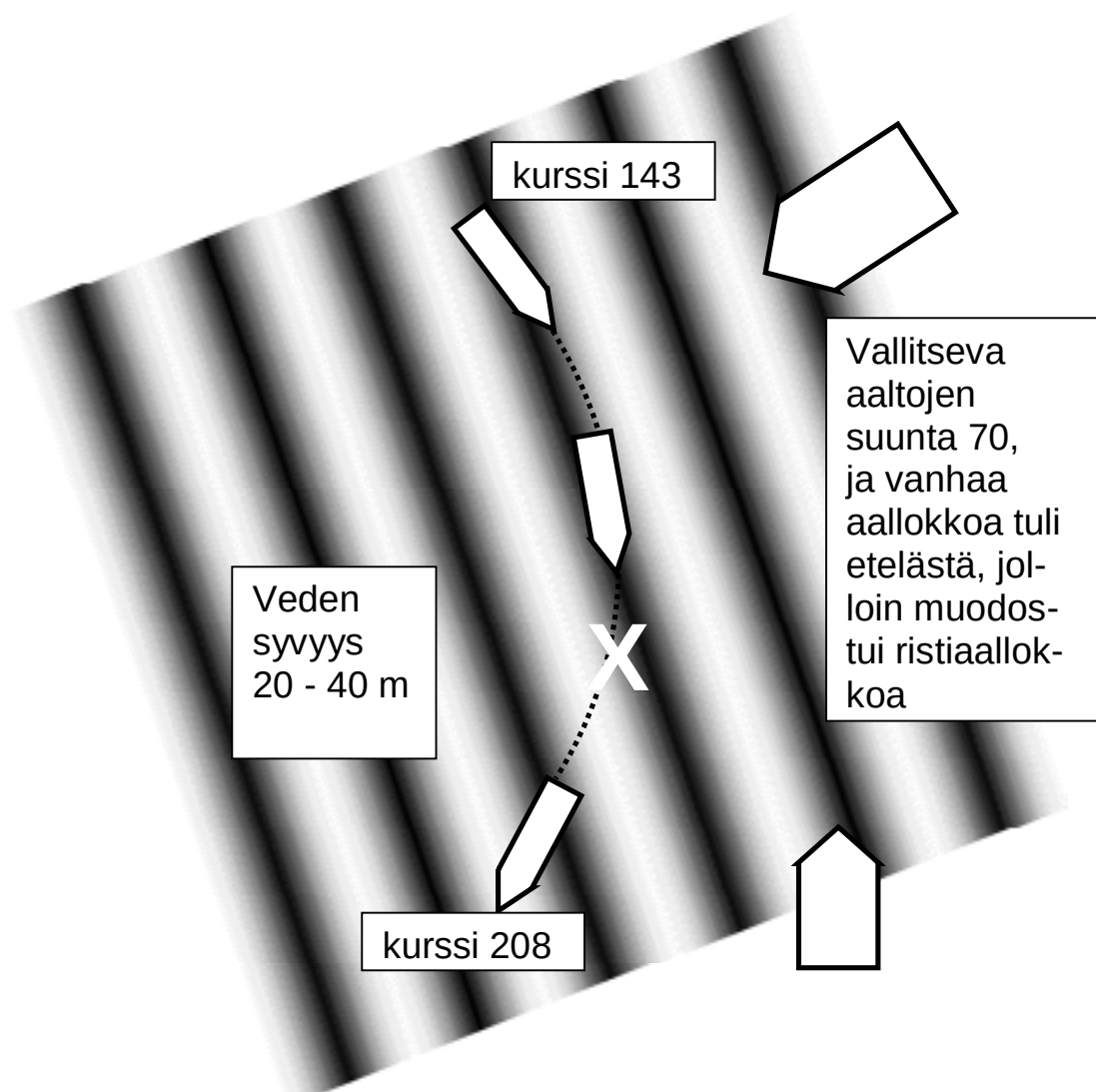
Pvm /klo	Nyhamn			Bogskär			Utö		
	WS	WD	T	WS	WD	T	WS	WD	T
1.1/05	0	0	-7,6				9	40	-9,9
1.1/11	14	210	-4,1	11	210	-4,1	11	190	-5,7
1.1/17	9	300	-2,1	19	190	-3,7	17	170	-2,5
1.1/20	9	360	-4,0				18	140	-3,3
1.1/23	10	350	-2,9				14	120	-4,0
1.1/24		90					15	100	-4,5
2.1/01		70					17	90	-4,8
2.1/02	15	70	-4,9				18	80	-5,8
2.1/03		60					18	80	-6,1
2.1/05	12	50	-7,9				17	60	-7,5
2.1/08	11	40	-8,5				15	50	-8,2
2.1/11	9	50	-8,6	13	40	-6,5	14	60	-8,8

1.3.3 Haveritapahtuma

Päällystön raporttien mukaan tammikuun 1. päivänä 2002 heti kello 22 jälkeen tuuli nousi 17-18 m/s, jolloin päällikkö kutsuttiin komentosillalle. Alus kulki suuntaan 143°. Päällikkö hiljensi vauhdin ohjailunopeuteen, koska alus jyski voimakkaasti ja keinui 5-10°. Yöllä tuuli voimistui 20 m/s. Alus kulki tuolloin ahtaissa kulkuvesissä eikä voinut tehdä oleellisia kurssin muutoksia. Aluksen ollessa Bogskäristä 10 km luoteeseen se lähestyi 18,2 m väylän itäreunaa. Tuulen nopeus kasvoi edelleen ja tuuli kääntyi itään. Tämä merkitsi sivulta tulevaa tuulta ja aallokkoa. Kello 01.47 päällikkö päätti muuttaa kurssia oikealle, suunnalle 208°. Kääntymisen aikana alus oli jonkin aikaa sivutuulella ja -aallokossa. Kääntymisen aikaansaamiseksi aluksen nopeutta oli nostettava noin 6 solmusta 8 solmuun. Kääntymisen aikana alus keinahti ensin 15° vasempaan ja sitten 30° oikeaan, jolloin kansilasti siirtyi 1-1,5 m oikealle. Alus jäi lopulta kallelleen oikealle 22°.

Aluksen kääntyminen tehtiin vaikeissa olosuhteissa. Säätiöjen mukaan tuulen nopeus puuskissa oli ajoittain 27 m/s. Aallokkotietojen mukaan aaltojen vallitseva periodi oli 8-9 s. Vastaava aallonpituus oli 120 m, jolloin aallon vaihenopeus oli 13 m/s. Merkitsevä aallonkorkeus oli 3-4 m. Aluksen nopeus oli käännöstilanteessa 8 solmua eli 4,1 m/s. Alla olevassa kuvassa 13 on esitetty arvioitu aluksen kääntyminen. Kääntymissäde ei ole tiedossa, mutta jos oletetaan sen olleen 1200 m, saadaan kääntymisen vaatimaksi ajaksi 5 minuuttia. Lastin siirtymishetki ei ole tiedossa.

Alus joutui jonkin aikaa kulkemaan sivuttain aaltoihin nähden, mikä voimisti keinuntaa. Kääntymisen aikana alus oli monta kertaa aallon harjalla vinossa asennossa aaltorintamaan nähden. Todellisuudessa aaltorintama ei ollut niin selvä kuin kuvassa, vaikka vallitseva aaltojen suunta oli jo ehtinyt muodostua. Ristiaallokkoa oli jonkin verran. Keinahduksen oletettu hetki on merkitty X.



Kuva 13. Aluksen kääntyminen

1.3.4 Siirtynyt kansilasti

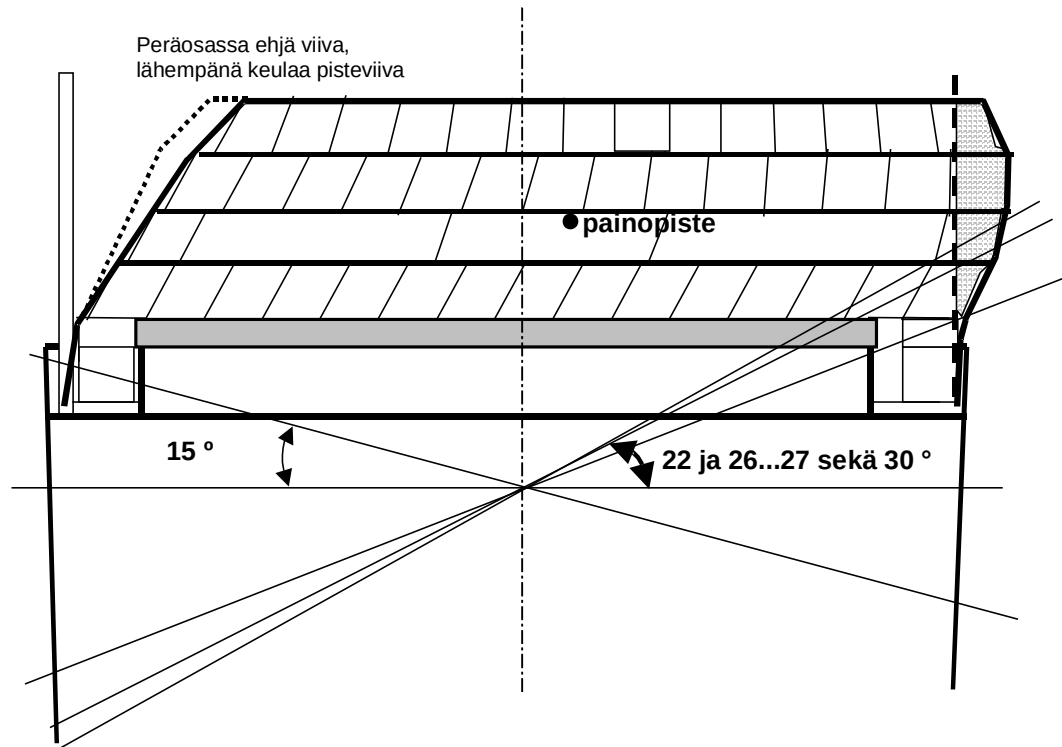


Kuva 14. Siirtynyt kansilasti, suurennos kuvasta 2

Siirtynyttä kansilastia esittävä piirros perustuu päällystön raportteihin, haastatteluihin, il-mavalokuviin aluksen ollessa matkalla hätäsatamaan Turkuun sekä Turussa otettuihin valokuviin.

Aluksen päällystön selostuksen mukaan alus kallistui ensin vasemmalle puolelle 15° , sitten oikealle puolelle 30° , palautui 22° ja muutaman tunnin kuluttua stabiloitui $26-27^\circ$.

Kaikki oikean puolen tukitolpat katkesivat, mutta vaijerit pitivät kansilastin aluksessa.



Kuva 15. Siirtynyt kansilasti neljän pakettikerroksen alueella, viivoitettu alue on vaka-vuuslaskuihin verrattuna ylimääräinen, oikeasevaa tilavuutta antava osa



Kuva 16. Alus Turun satamassa, lastia on osittain purettu

1.3.5 Välittömät toimenpiteet haverin jälkeen aluksella

Kello 01.55 aluksen päällikkö alensi nopeutta ja alus käännettiin vastatuuleen (ja vasta-aallockkoon). Kallistuman pienentämiseksi vasemman puoleinen painolastitankki 6 täytettiin. Tuulen ja aallokon vaikutuksesta aluksen rakenteisiin ja kansilastiin alkoi kerääntyä voimakkaammin jäätä. Kello 02.28 painolastitankki 6 oli täynnä. Kello 04.15 ruuman 3 pilssivesihälytin hälytti, ja tyhjennyspumppu käynnistettiin. Vaurioista johtuen kallistuma kasvoi 26-27°. Yritys pumpata oikeanpuoleinen painolastitankki 9 tyhjäksi osoittautui turhaksi, koska tämän tankin ilma- ja peilausputket olivat vaurioituneet ja olivat veden alla. Kello 09.55 otettiin koko tyhjennyskapasiteetti, 2 x 100 t/h, käyttöön ja kallistuman lisääntyminen pysähtyi.

Kello 08.40 päällikkö arvioi miehistön ja aluksen olevan vaarassa. Päällikkö ilmoitti Turku Radiolle aluksen olevan kallistuman vuoksi vaikeuksissa. Hän pyysi luotsin Utöhön 14.30 ja ilmoitti pyrkivänsä Turkuun hätäsatamaan oikaisemaan kansilastia. Alus oli 5 km Bogskäristä luoteeseen.

Päällikkö ei lähettänyt hätäsanomaa, vaan IAMSAR-sopimuksen¹ mukaisesti antoi ennakoilmoituksen Turku Radiolle vaaratilanteesta.

1.3.6 Pelastustoimenpiteet

Turku Radio vastaanotti 2.1. kello 09.15 VHF-radion kanavalla 25 FJORD PEARLilta sanoman, jossa alus ilmoitti sijainnikseen 59°33' N ja 20°19' E. Aluksella oli suuri kallistuma ja tämän vuoksi FJORD PEARLin täytyi tulla Turkuun kansilastin uudelleenlastausta varten. Käydyn keskustelun aikana päällikkö arvioi saapuvansa Utön luotsipaikalle noin viiden tunnin kuluttua ja ilmoitti syväyksensä olevan 7,4 metriä. Luotsin tilaamista varten Turku Radio kehotti alusta ottamaan yhteyttä Archipelago VTS:ään (AVTS) kanavalla 71.

Yllämainitun radiokeskustelun jälkeen Turku Radio ilmoitti puhelimitse FJORD PEARLin tilanteen AVTS:lle ja Saaristomeren merenkulkupiirin päällikölle. Viimemainitun soiton jälkeen Turku Radio tiedusteli kanavalla 24 alukselta kallistuman suuruutta ja lastin laatua sekä mahdollista avun tarvetta. FJORD PEARL ilmoitti kallistuman olevan 30° oikealle ja lastin olevan puutavaraa. Avustusta koskevaan kysymykseen alus vastasi: "Emme tarvitse apua, ajamme Utötä kohti".

Edellä kerrotun liikenteen jälkeen noin kello 09.40 Turku Radio ilmoitti puhelimitse FJORD PEARLin tilanteen Turun Meripelastuskeskukselle. Ilmoituksen tehtyään Turku Radio tiedusteli vielä FJORD PEARLin henkilömäärää ja lähtö- sekä määräsatamia.

¹ International Aeronautical and Maritime Search and Rescue -sopimus

Meripelastuskeskus lähetti vaikeuksissa olevaa alusta tarkkailemaan kello 9.43 Dornier -tyypin lentokoneen, joka saapui kohteen luo kello 10.13. Kello 10.14 ulkovartiolaiva UISKOLle annettiin tehtävä lähteä FJORD PEARLin luo. Meripelastuskeskus oli kello 11.00 yhteydessä alukseen ja sai tietää, että kallistuma ei enää kasvanut. Alukselle ilmoitettiin, että hälytetyt kaksi helikopteria ovat paikalla arviolta kello 12.30 ja vartiolaiva UISKO tunnin kuluttua Utössä.

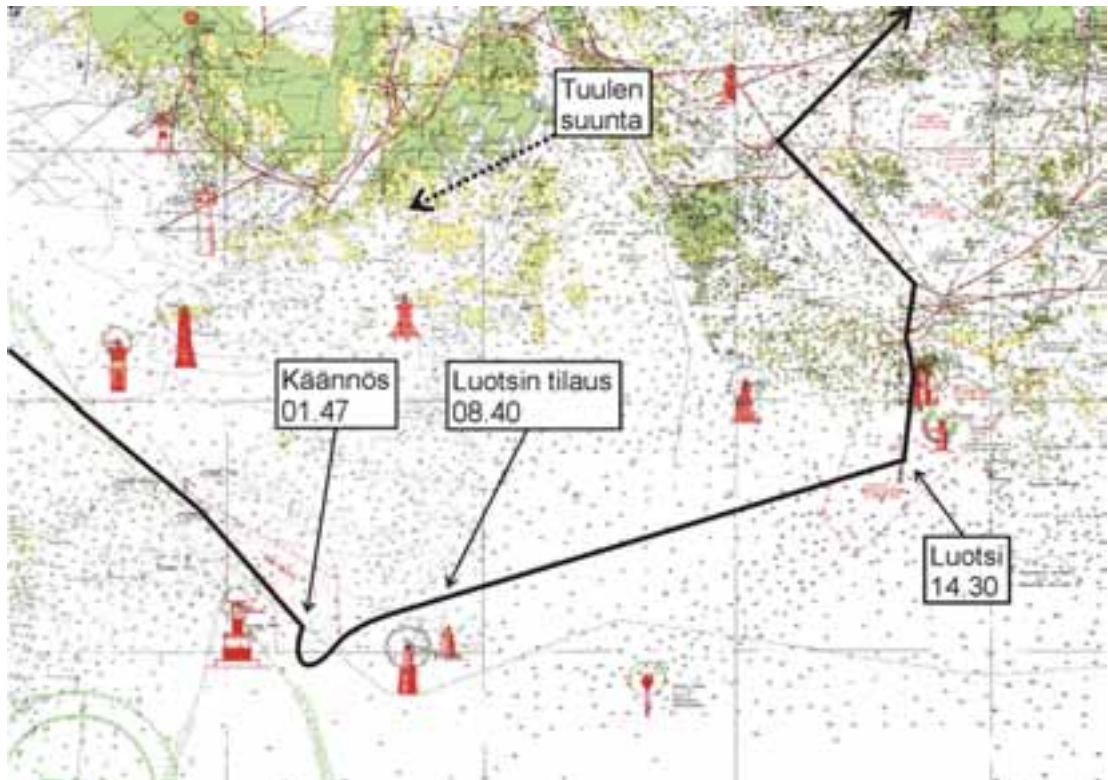
Kello 12.08 FJORD PEARLin luona oli Super Puma helikopteri, jolle annettiin 12.21 ohjeet lentää evakuointivalmiudessa aluksen luona Utöhön asti. Toinen helikopteri jäi valmiuteen Utöhön. Kello 12.15 oli uusi yhteys alukseen. Silloin selvisi, että aluksen 11,5 m syväys on liian suuri Turkuun. Alus sai luvan jatkaa kohti Turkua ja jäädä ankkuriin Turun edustalle.

Kello 12.19 Meripelastuskeskus Turku pyysi AVTS:ää opastamaan aluksen Utöstä sisään. Tähän AVTS oli varautunut jo viran puolesta, koska kyseessä oli ainoastaan vaikeuksissa oleva alus, joka ei ollut lähettänyt minkäänlaista hätäviestiä ja joka oli tilannut normaalikäytännön mukaisesti luotsin. Saamiensa tietojen perusteella Turun Meripelastuskeskus käsitteli tilannetta hätätilanteena ja katsoi perustelluksi varautua ihmishenkien turvaamiseen. Kello 12.54 pyydettiin läheisyydessä kulkevaa M/S HESPERIAA pysymään alueella siihen asti kunnes FJORD PEARL on päässyt Utöhön.

Kello 13.16 vartiolaiva UISKOn päällikkö ilmoitti käsityksensä, että haveristi ei voi tulla turvallisesti saaristoon ilman hinaajavarmistusta. FJORD PEARLin päällikkö hyväksyi hinaaja-avun neuvoteltuaan omistajan kanssa. Hinaaja ISO-PUKKI ilmoitti 15.33 olevansa lähdössä Turusta alusta vastaan ja kohtasi aluksen 18.42. UISKO jatkoi edelleen mukana. Hinaajan avustusta tarvittiin kuitenkin vasta Airistolla ankkuroitaessa alusta lastin keventämispaikkaan avatun väylän ulkopuolelle.

Kello 13.49 M/S HESPERIA sai luvan jatkaa matkaansa ilman rajoituksia. Kello 14.32 kaksi luotsia nousi FJORD PEARLiin ja UISKO saattoi sitä. Aluksen kallistumasta johtuen luotsaus oli hankalaa ja erittäin vaativa suoritus. Tutkan keilan avauskulmasta johtuen kuvaputkelta sai informaatiota ainoastaan kulkusuunnassa edestä ja takaa. Sivuilta saatiin ainoastaan häiriöitä ja virhetietoa. Kapeikoissa tilanne oli erittäin hankala. Aluksen kallistuman vuoksi jo yksin seisominen ilman tukea oli käytännössä mahdotonta. Yhdeksän tunnin luotsauksen jälkeen alus saatiin Airistolle. Hinaaja ISO-PUKKI otti kello 22.30 FJORD PEARLin hinaukseen kohti ankkuripaikkaa, jonne saavuttiin 23.00. Ankkuripelin jäätyminen ja aluksen 26° kallistuman johdosta ankkureita ei voitu laskea ja hinaaja jäi pitämään alusta paikallaan. Hälytystilanne oli Turun Meripelastuskeskuksen tulkinnan mukaan päättynyt kello 23.46.

Kuvan 17 merikorttikopiossa on merkitty aluksen reitti Ahvenanmerellä, haveripaikka, ilmoituspaikka ja aluksen reitti Turkuun kellonaikoineen ja tuuli/aaltotietoineen.



Kuva 17. FJORD PEARLin oletettu reitti

1.3.7 Aluksen vauriot



Kuva 18. Partaan vauriot

Siirtyvä kansilasti vaurioitti oikeaa parrasta aiheuttaen pienen repeämän kannen ja laidoituksen kulmasaumaan. Lisäksi tällä alueella rikkoutui ilmaputkia ja peilausputkia. Vaurioiden seurauksena oikean puolen lastiruuman 3 alueella olevaan kuivatankkiin, polttoainetankkiin TT N 2 ja dieselöljytankkiin N 2 pääsi vettä. Lisäksi lastiruumaan 3 pääsi vettä joko rikkoontuneista putkista ja/tai luukun tiivisteiden kautta. Painolastitankkia 9, joka oli täynnä, ei kyetty tyhjentämään kallistuman vähentämiseksi.

Kaikki oikean puolen tukitolpat katkesivat. Kansilastin kiinnitysvaijerit kestivät. Kansilastin suojapressut repeytyivät osittain. Aluksen sisälle syntyneistä vaurioista ei ole tietoa. Kuvassa 11 on näytetty vaurioiden sijainti.

1.3.8 Lastin vähentäminen ja vaurioiden korjaaminen

Kallistuman ja syväyksen pienentämiseksi päällikkö sopi omistajan ja Suomen Merenkulkuviranomaisten kanssa kansilastin osittaisesta purkamisesta mereen edellyttäen, että mereen poistettu sahattu puutavara lastataan proomuun.

Kello 14.15 seuraavana päivänä 3.1.2002 alkoi kansilastin poistaminen. Se tehtiin uivalla nosturilla. Aamuun mennessä oli purettu 320 pakettia. Aluksen kallistuma oli nyt 16° ja syväys 8,5 m. Alus sai luvan tulla Turun satamaan. Kello 10.30 ankkuripeli oli puhdistettu jäästä ja alus saattoi laskea ankkurin. Kello 11.20 hinaaja poistui. Luotsi saapui 14.00, ankkuri nostettiin ja alus lähti kohti satamaa. Kello 16.30 alus oli Länsisataman laiturissa.

Vaurioiden tarkastamista ja korjaamista varten jatkettiin kansilastin purkamista klo 17.30 satamanosturilla.

Purkamisen yhteydessä miehistö joutui katkaisemaan kansilastin kiinnitysvaijereita. Kaikkien kansilastin kiinnitysvaijereiden havaittiin olevan kunnossa.

Aluksen vauriot tarkastettiin ja korjattiin. Mereen purettu sahattu puutavara vietiin Turkuun ja lastattiin pääosin takaisin alukseen. Kansilasti kiinnitettiin uudelleen ja ruumien ahtaus tarkistettiin. Matkavalmistelujen jälkeen alus jatkoi matkaansa Algeriaan.

1.4 Kansilastin siirtymistapahtuma

Seuraavassa on esitetty kansilastin siirtymiseen liittyvät tekijät.

1.4.1 Sahatavarakansilastin kiinnitys

Sahatavarakansilastin kiinnitys perustuu lastin ja alustan väliseen kitkaan. Lisäksi voidaan käyttää tukia. Kitkan vaikutusta lisätään lastin yli vedettyjen kiinnitysvaijerien avulla. Niiden kiristysvoima lisää kansilastin puristumista alustaa vasten ja siten kitkavoimaa.

Paketoidun sahatavaran ominaisuuksista johtuen kiinnityksen laskenta on vaativa tehtävä. Käytännössä paketoidun sahatavaran sijoittaminen ja kiinnittäminen tehdään lastin kiinnityskäsikirjan yksinkertaistettujen ohjeiden mukaan.

Sahatavarapaketit lastataan kerroksittain. Lastin stabiilisuuden lisäämiseksi voidaan kerrokset pinota ristikkäin. Joka tapauksessa sahatavarapaketit on sijoitettava mahdollisimman tiiviisti. Tästä huolimatta sahatavarapaketit muodostavat paikoin löysän rakenteen, joka kasaan mennessään löysentää kiinnityksiä. Tämän vuoksi kiinnityksiä on säännöllisesti kiristettävä. Syntyy erilaisia kitkapintoja, joista suurin tasainen pinta on lastiluukuilla. Lisäksi kitkapintoja on pakettien sisällä.

Liitteessä 2 on tarkasteltu paketoitujen sahatavaran kiinnittämistä kannelle.

1.4.2 Sahatavarakansilastiin vaikuttavat voimat

Liitteissä 2-5 on tarkasteltu merenkäynnissä lastiin ja sen kiinnityksiin eri syistä syntyviä voimia. Tärkeimmät tekijät ovat aluksen kallistuskulma, pintojen väliset kitkakertoimet ja kiinnitysvoimat.

Lastia siirtämään pyrkivät tekijät johtuvat pääasiassa merenkäynnistä ja tuulesta. Ne ovat tilastollisia muuttujia. Tässä tapauksessa oli kysymyksessä hetkellinen tapahtuma, jonka kulku on melko hyvin selvillä. Sen vuoksi ei ole tehty tilastollisia, merenkäynnin spektriin ja aluksen vasteoperaattoreihin perustuvia laskelmia.

Aluksen turvallisuuden vuoksi lastinkiinnityskäsikirja edellyttää, että kansilastin tulee irrota, jos alus kallistuu yli 40°. Kansilastin tulee olla riittävästi, mutta ei liian lujasti kiinnitetty.

Kitkavoimat

Tutkinnassa asetettiin tavoitteeksi määrittää sahatavarakansilastin lastikerrosten välisille pinnoille keskimääräiset kitkakertoimet. Todellisuudessa kaikki kitkapinnat koostuivat monenlaisista alueista, johtuen seuraavista tekijöistä.

1. Köysien kohdalla ylöspäin oli materiaalipari köysi/puu ja alaspäin köysi/huppu tai köysi/teräs.
2. Köysien vieressä ei ollut lainkaan kosketusta tai syntynyt jää oli pintojen välissä.
3. Suurehkoilla alueilla paketin taipumasta johtuen syntyi materiaalipareja puu/huppu tai puu/teräs, kosketuspaineen vaihdellessa.
4. Puutavarapakettien mitoista johtuen saattoi pakettien välisissä kosketuspinoissa olla kohoumia, kulmia, uria ja kuoppia.
5. Lisäksi syntyivät materiaaliparit köysi/köysi ja hupun alapuoli/puu ja hupun yläpuoli/puu. Hupun rakenteen ollessa kerrosmainen syntyi sen sisäisiä kitkapintoja.
6. Jo lastauksessa oli syntynyt lumisia, jäisiä ja huurteisia alueita. Lisäksi jääpalasten murskaantuessa matkalla kertyi jäämursketta. Matkan aikana vesi ja kosteus lisäisivät jään muodostusta.
7. Lämpötilan nousun johdosta (-20°C ja -14°C $\Rightarrow$ -4°C) syntyi pintoihin huurretta.
8. Pakettien sisäiset kitkapinnat muodostuivat pareista puu-puu.

Kitkakertoimen suuruus

Lastinkiinnityskäsikirjan mukaan aluksen tulisi saada lastinluovuttajalta tiedot lastin kitkakertoimista. Tutkinnan saamien tietojen mukaan näitä arvoja ei ollut saatavissa. Näin ollen päällikkö joutui tukeutumaan lastinkiinnityskäsikirjan ohjeisiin.

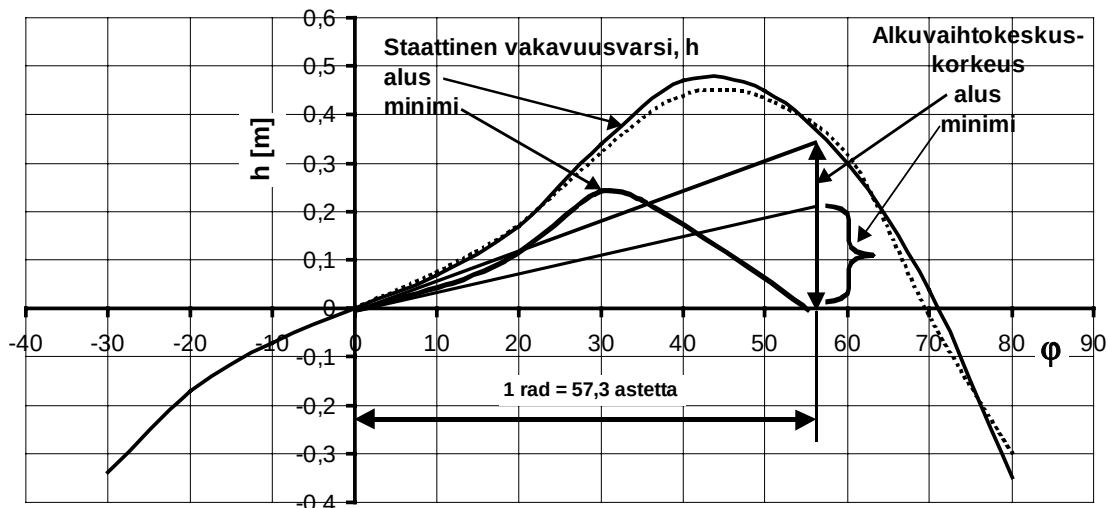
Aluksen lastinkiinnityskäsikirjassa on ilmoitettu kolmikerroksisen ristiin pinotun sahatavarakettipinon staattiseksi stabiliteettikulmaksi 17° , mikä likimäärin vastaa kitkakerrointa $\mu = 0,306$. Näin lastatun sahatavaran oletetaan pysyvän paikallaan 17° kaltevuuteen asti kiinnittämättä. Stabiliteettikulmaa pienennetään lastinkiinnityskäsikirjan mukaisesti laivan liikkeen huomioon ottamiseksi. Kulmaksi muodostuu $16,5^\circ$, joka vastaa kitkakerrointa $\mu = 0,296$. Tutkinnassa ei ole selvinnyt kuinka ohjetta sovellettiin FJORD PEARLissa.

Kitkakertoimien arvioimiseksi kerättiin tietoja eri lähteistä. Tutkinnassa ei löytynyt tietoja kitkakertoimista talviolosuhteissa, eikä tilanteissa, joissa pintojen välissä on köysiä. Sen vuoksi teetettiin koesarja Valtion teknisellä tutkimuskeskuksella (VTT). Kitkakertoimien arvot ovat liitteessä 4.

1.4.3 Aluksen vakavuus

Staattiset vakavuuskäyrät ovat kuvassa 19. Ne on laskettu ohjeiden mukaan ja täyttävät vakavuusvaatimukset. Kuvassa on myös aluksella vaurion jälkeen laskettu staattinen vakavuuskäyrä. Näiden käyrien pohjalla on tutkintaryhmä tehnyt eri tilanteiden vaatimia vakavuustarkasteluja. Tarkemmin vakavuutta on käsitelty liitteessä 3.

Vakavuuskäyrät, alukselta saadut laskelmat ja staattisen varren minimiesimerkki
Lähtötilanne Pietarsaaresta 31.12.2001 — Laivan arvio vauriotilanteesta



Kuva 19. Aluksella lasketut vakavuuskäyrät

Sääkriteeri eli suhde kaatava momentti/maksimi odotettavissa oleva kallistava momentti oli 2,305, mikä on hyvä. Laskelmissa oletetaan, että aluksen painopiste sijaitsee keskiviivalla.

Kun painopiste ei ole keskiviivalla, aluksella on pysyvä kallistuma, jonka lisäksi vaikuttavat vakiotuuli, keinunta ja tuulenpuuska. Pysyvän kallistavan momentin vaikutus esitetään yleensä korjaamalla staattista vakavuusvartta kallistavaa momenttia vastaavalla varrella kerrottuna tekijällä $\cos(\text{kallistuskulma})$. Näin korjatut 22° ja 26° kallistumia vastaavat tilanteet on esitetty kuvissa 20 ja 21. Koska alus keinuu uuden tasapainoaseman molemmin puolin, antaa käyrä mahdollisuuden tarkastella kallistuneen aluksen vakavuutta.

Nämä vakavuuskäyrät vastaavat tilannetta tyynessä vedessä. Kun alus on aallokossa, on vakavuus välillä parempi välillä huonompi. Kun alus on kohtisuoraan aaltoja vasten siten, että keskiossa on aallon harjalla, tilanne on pahin. Normaalisti alus kohtaa aaltoja vaihtelevasti, eikä vakavuus huonone pitkäaikaisesti.

FJORD PEARL kulki ennen haveria ristiaallokossa, jossa aaltojen pääsuunta oli vasemmalta. Alus alkoi kääntyä sivumyötäiseen. Tällöin alus joutui epäedulliseen asentoon molemmilta suunnilta tuleviin aaltoihin nähden. Saattaa olla, että vakavuus heikkeni hetkellisesti myötävaikuttaen aluksen keinahdukseen.

Kun puutavarakansilasti siirtyy, syntyy laidalle ylimääräistä oikeasevaa tilavuutta eli oikeasevaa momenttia. Tämän varaan ei voi vakavuuslaskelmia perustaa, mutta haverin tilanneanalyysissä se on syytä ottaa huomioon. Lisätilavuuden läpäisevyys on 25% kuten muunkin kannella olevan sahatun puutavaran. Se vettyy ajan mittaan, joten sen oikeaseva vaikutus pienenee. Kuvan 16 mukaan lisätilavuus alkaa vaikuttaa yli 22° kallistumilla, ja on vielä 26° kallistumalla vähäinen noin 75 tm.

1.4.4 Aluksen keinahdus

Haveritapahtumaa tarkastellaan staattisen vakavuuskäyrän avulla. Päälystön raportista tiedetään, että alus oli tuulen vuoksi kallellaan oikealle noin 5° . Aallokossa alus kallistui 15° vasemmalle ja kertyneellä potentiaalienergialla takaisin oikealle. Samanlaisesti vaikutti todennäköisesti tuulenpuuska.

Tässä tilanteessa alus kallistuisi ilman lastin siirtymistä noin 20° , jos puuska ei vaikuttaisi. Puuskan vaikutuksesta kallistuma olisi noin 26° . Voidaan todeta, että lasti lähti liikkeelle kallistuskulman ollessa $16-25^\circ$, todennäköisimmin $19-22^\circ$. Tutkinnassa ei ole kuulemisten yhteydessä voitu selvittää lastin liikkeellelähthetkeä, eikä kallistumaa.

Staattisen oikeasevan momentin johdosta alukselle syntyi keinahtelun tasaannuttua 22° kallistuma.

Tarkemmin tilanne on esitetty liitteessä 3.

1.4.5 Keinahduksen jälkeiset tasapainotilanteet

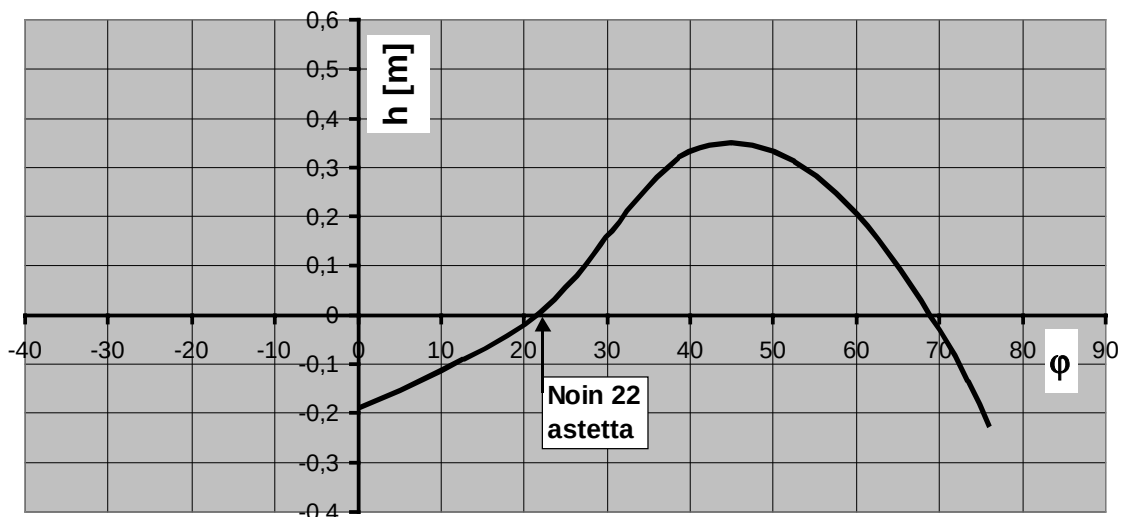
Kallistuma 22°

Kansilastin painopiste siirtyi sivulle geometrisen tarkastelun pohjalta noin 0,8 m. Pakettien ja köysien puristumisen ja tiivistymisen oikealle puolelle arvioidaan aiheuttavan noin 5 cm painopisteen siirtymän. Lisäksi alimpien pakettien kastumisesta ja niiden pintaan ja aukkoihin kertyneestä jäädä ja vedestä johtuvasta lisäpainon momentista (noin $8m \cdot 50t$) arvioidaan aiheutuvan 0,2-0,3 m siirtymän. Yhteensä syntyi 1,05-1,15 m siirtymä. Siirtymästä aiheutuva kallistava momentti, kun kansilastin paino plus lisäpaino on 1483 tonnia, on noin $1,1 \cdot 1483 \cdot \cos 22^\circ = 1512$ tm.

Staattiseen kallistumaan 22° tarvitaan kuvan 19 vakavuuskäyrän mukaan 2070 tm. Kansilastin siirtymisen lisäksi on mm. seuraavia kallistumaa kasvattavia tekijöitä:

- Ruuman lastin tiivistyminen oikealle laidalle, arviolta 35 cm $\Rightarrow 3166 \cdot 0,175 \cdot \cos 22^\circ =$ noin 510 tm.
- Syväyksen pienestä kasvusta johtuu pieni heikennys muotovakavuuskäyrässä.
- Kansilastin kastuminen ja jään kertyminen nostavat aluksen painopistettä 1-2 cm.

Kallistavia momentteja on yhteensä $1512 + 510 = 2022$ tm. Erotuksen, 2070-2022 tm, voi olettaa johtuvan arvion ja lähtötietojen epätarkkuuksista. Kallistumaa 22° vastaava staattinen vakavuuskäyrä on kuvassa 20.



Kuva 20. Staattinen vakavuuskäyrä, kun kallistuma on 22°

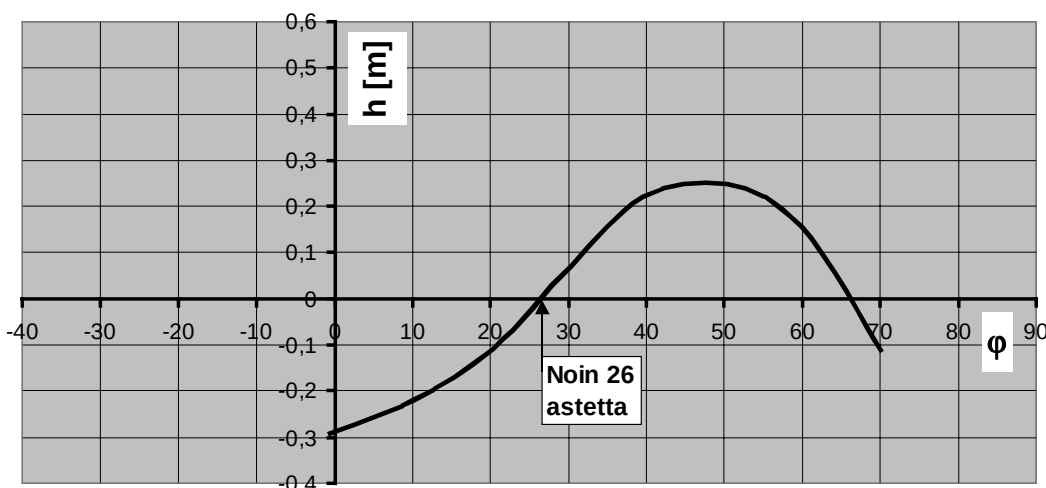
Kallistuma 26-27°

Muutaman tunnin kuluttua alus jäi uuteen tasapainoasemaan, jossa kallistuma oli 26-27°. Kallistuma oli kasvanut pääasiassa vuotojen johdosta ja se saatiin vakiinnutettua pumpuilla.

26-27° kallistuma vaatii kuvan 20 vakavuuskäyrän mukaan 930 tm lisää kallistavaa momenttia. Lisätekiöitä verrattuna 22° kallistumaan ovat mm:

- veden pääsy ruumiin 2, 3 ja 4, $6m \cdot 100t = 600 \text{ tm}$
- veden pääsy oikealla puolella olevaan kuivatankkiin, $8m \cdot 30t = 240 \text{ tm}$
- veden pääsy polttoainetankkiin TT N 2, $6m \cdot 30t = 180 \text{ tm}$
- veden pääsy dieselöljytankkiin N 2, $8m \cdot 25t = 200 \text{ tm}$
- vasemman puolen painolastitankkiin pumpattiin vettä, jolloin kompensoiva momentti on $7,3m \cdot 55t = -400 \text{ tm}$
- lasti tiivistyi hieman lisää oikealle, arviolta kannella 10 cm ja ruumassa 5 cm, vaikutus noin $70 \text{ tm} + 80 \text{ tm} = 150 \text{ tm}$
- jäänmuodostus ei ollut voimakasta, mutta sitä muodostui hieman enemmän kallistuneelle puolelle, arvio 100 tm (painon lisäys noin 20 t)
- kansilasti kastui ja jäättyi hieman lisää, arvio $7m \cdot 10t = 70 \text{ tm}$
- kansilastin siirtyminen laidan ulkopuolelle synnytti lisää oikaisevaa tilavuutta, arviolta 75 tm (lisäuppoumaa 10 t)
- vakavuuskäyrän oikaiseva varsi heikkeni hieman
- aluksen korkeussuuntainen painopiste nousi näissä muutoksissa 2-3 cm.

Yhteensä kallistavien momenttien lisäys = $(600 + 240 - 400 + 180 + 200 + 150 + 100 + 70 - 75)\cos 26^\circ = 958 \text{ tm}$. Erotus, 958-930 selittyyneen kuten edellä. Tätä tilannetta vastaava vakavuuskäyrä on kuvassa 21.



Kuva 21. Staatinen vakavuuskäyrä, kun kallistuma on 26°

Aluksen uppouma kasvoi arviolta: 50 t (ensi vaiheen jää + kastuminen) + 100 t (ruumat) + 30 t (kuivatankki) + 55 t (BB - laidan painolastitankki) + 25 t (dieselöljytankki) + 20 t (lisäjäättyminen) + 10 t (lastin lisäkastuminen ja -jäättyminen) -10 t (lisätilavuus sahatava-

rapaketeista) = 280 t, jolloin uppoumaksi saadaan 10640 tonnia. Se on lähellä aluksella suoritettujen laskelmien tulosta 10592 tonnia.

Aluksessa tehtyjen laskelmien mukaan keskimääräinen syväys aluksen keskilinjalla väheni ja vakavuuskäyrä hieman heikkeni. Alla on taulukko eräistä muuttujista.

Uppouma	Peräsyväys	Keskim. Syväys	Keulasyväys	Kallistuma	Painopiste	
10360 t	7,52 m	7,29 m	7,04 m	0°	6,76 m	Lähtö
10592 t	7,50 m	7,21 m	6,91 m	25,7°	6,81 m	Haveri

Voidaan todeta, että aluksen kallistuma on selitettävissä näillä likimääräistarkastelulla. Alus keinui tämän tasapainoaseman molemmille puolille, ilmeisesti vain muutaman asteen, koska keula oli käännetty vasten tuulta.

1.4.6 Kriittisten kitkakerroin-kallistuskulma -yhdistelmien määrittäminen

Kriittisten kitkakerroin-kallistuskulma -yhdistelmien laskenta on esitetty liitteessä 4.

Kansilastin paino oli 1433 tonnia. Osa lastista oli luukkujen päissä syvennyksissä, osa partaan ja luukkujen välissä. Näiden lastien siirtymismahdollisuus voidaan jättää huomiotta. Kiinnitysvaijerien varaan jäi siten arviolta 1250 t.

Lastinkiinnityskäsikirjassa on esitetty seuraavat kiinnitysten lujuustiedot. Kiinnitysvaijerin halkaisijan tulee olla vähintään 16 mm (suluissa IMO:n puutavaralastiohjeistossa olevat vaatimukset).

Nimike	kpl	SWL, kN	BL, kN (kg)
Kiinnitysvaijeri 14 m	88	77,5	yli 133 (13600)
Kiinnitysvaijeri 8 m	8	77,5	yli 133 (13600)
Ketju 3 m	48	54	yli 133 (13600)
Vanttiruuvi	59	34,3	yli 133 (13600)
Korvake kannella	44	50	yli 138,3 (14100)

Yllä olevassa taulukossa BL on murtokuorma, SWL on turvallinen työkuorma nostossa. Tässä tapauksessa tulisi käyttää termiä MSL = maksimi kiinnitysvaivoima. Maksimikiinnitysvaivoima määräytyy kiinnityksen heikoimman osan mukaan.

Lastinkiinnitysvaijerit kiristettiin lastin päällä. Kiristysvoimaa ei mitattu, joten todellinen kiristävä voima jää epäselväksi. Lastin kulmissa syntyvän köysikitkan johdosta kiinnitysvaijereihin syntyvä pystysuora voima jää pienemmäksi kuin kiristysvoima. Matkan aikana voimat vaijereissa tasaantuvat ja lastin tiivistyessä pienenevät. Tämän vuoksi kiinnitysvaijereita kiristettiin lastinkiinnityskäsikirjan ohjeita noudattaen kaksi kertaa vuorokaudessa. Viimeinen kiristys tehtiin 6 tuntia ennen haveria. Todennäköisesti eri kiinnitysvaijereilla on ollut eri kiristysarvot.

Sen vuoksi on laskettu tilanteet, joissa kiristysvoima on 40 kN, 60 kN ja 80 kN, sekä rajatilanne 0 kN. Laskelmien tulokset on esitetty kuvassa 24 kohdassa 2.4.2.

Kiinnitysvaijerien lukumääräksi on otettu 44 + 8 kaikkiaan 12 diagonaalisesta kiinnitysvaijerista.

1.4.7 Muita sahatavarakansilastin kiinnitystapoja

IMO:n ohjeistosta on poimittu seuraavia kiinnitysvaihtoehtoja:

- Laidalla olevat tukitolpat ovat todella lastia tukemassa.
- Laidalla olevat tukitolpat on pareittain yhdistetty toisiinsa välisidoksin.
- Kiinnitysvaijeri kiertää ylimmän kerroksen ympäri. Vaijerin köysiktkavaikutus on suuri.
- Poikittain lastataan joka toinen kerros, aloittaen luukulta. Poikittain asennetaan vain molemmista päistään tasaiset paketit. Laitimmainen pakettipino tulee olla pitkittäin.
- Laidoille rakennetaan pitkittäisistä paketeista vino alusta poikittaisille paketeille.
- käytetään monimutkaista vaijerijärjestelyä.
- Paketit voidaan tiukata kiiloin.

Käytetään myös muita kiinnittimiä kuin vaijereita kuten kettinkejä, köysiä, vöitä ja erilaisia kiristysosia (sakkeleita, lenkkejä).

Sahatavarapakettikerrosten välillä voidaan käyttää aluspuita, levyjä tai verkkoja. IMO:n kiertokirje lastinkiinnityskäsikirjan laatimiseksi suosittelee kitkaa lisäävien materiaalien käyttöä, kun kitkakerroin on pieni.

1.5 Muita onnettomuuksia

M/S KODIMA

Lauantaina 2.2.2002 Cornwallin rannikon edustalla pelastettiin 45° kallistuman saaneen, puutavaralastissa olleen, Maltan lipun alla purjehtivan M/S KODIMAn 6-henkinen venäläismiehistö. Aluksen pelättiin uppoavan suuren kallistumansa vuoksi. Miehistön pelasti Englannin kuninkaallisen laivaston helikopteri. Alus upposi myöhemmin matalikolle.

SUN BREEZE

Australiassa Panamalainen lastialus SUN BREEZE lähti Bunburyn satamasta 21.8.1999 lastattuaan sahatavarapaketteja osittain kansilastiksi. Puoli tuntia satamasta lähdön jälkeen alus sai käännöksen yhteydessä kallistuman, aluksi vasemmalle, sitten oikealle 15° ja 20° ja lopuksi 25°. Osa lastin ylimmästä kerroksesta liukui mereen. Aluksen asento saatiin korjattua painolasteilla ja se pääsi takaisin satamaan uudelleenlastaukseen, jossa kansilastin määrää vähennettiin. Tutkintaraportti valmistui 7.1.2001. Tulos-

ten mukaan oli puutteita aluksen tiedoissa, aluksen vakavuusarviossa, lastitiedoissa, lastin kiinnityksessä, ohjeissa. Raportti on saatavana internetosoitteesta: www.atsb.au/marine/pdf/150.

1.6 Tutkinnan kuluessa tehdyt erityistarkastelut

Tutkinnan kuluessa on tehty seuraavat erityistarkastelut:

- VTT:llä teetettiin koesarja sahatavarapakettien kitkakertoimien selvittämiseksi vaihtelevissa talviolosuhteissa.
- Merentutkimuslaitokselta tilattiin selvitys aallokko-olosuhteista haverin aikana.
- Tutkintaryhmä on itse arvioinut laskelmin lastin siirtymiseen vaikuttavia tekijöitä.
- Tutkintaryhmä on arvioinut tolppien kestävyyttä.
- Tutkintaryhmä on tutustunut alkuperäiseen lastinkiinnityskäsikirjaan ja venäläisiin lastinkiinnityssääntöihin.