HORVÁTH GÁBOR

Jégtörés az Északi-sarkvidéken

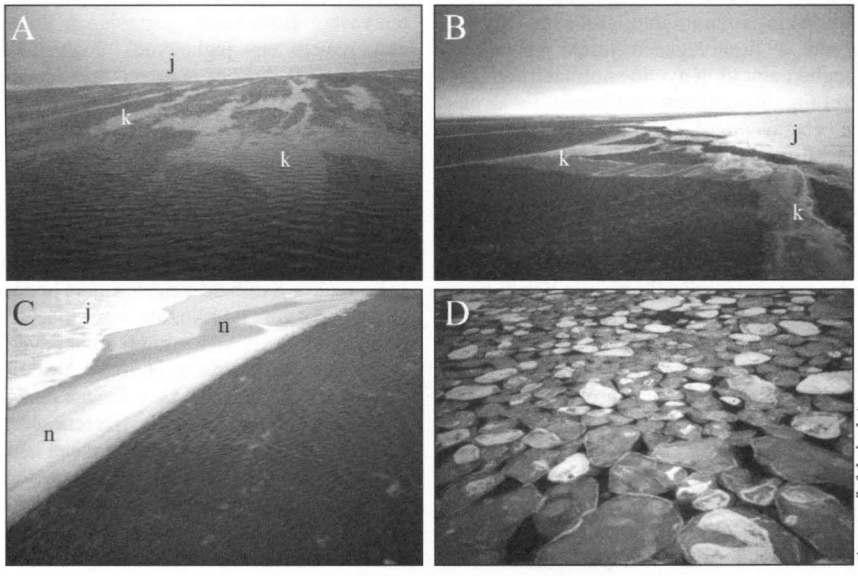
Miért „puha" a Jeges-tenger jege?

A filmek jóvoltából szinte mindenki „látta" már, hogyan ütközött jéghegynek és süllyedt el a híres-hírhedt Titanic luxushajó. Ezért el sem tudtam képzelni, hogy a Titanicnál jóval kisebb jégtörő hajók miként képesek átküzdeni magukat a sarkvidékek összefüggő, vastag és kemény jégpáncélján. Aztán tavaly nyáron, egy északi-sarki expedíción végre megértettem e rejtélyt. Ott, az Arktiszon figyeltem meg, hogy a Jeges-tenger jégtakarója nem is teljesen összefüggő, nem olyan vastag és korán sem annyira kemény, mint ahogyan itthon, a magyar rónákon korábban elképzeltem. Kihasználva a soha vissza nem térő alkalmat, az Oden svéd jégtörő hajó fedélzeti mérnökeivel, meteorológusával, kapitányával és a jégtörőn tartózkodó sarkkutatókkal beszélgetve minél többet igyekeztem megtudni a sarki jégről és a jégtörők működéséről, aminek számos elemét az Arktisz jegén magam is megtapasztaltam.

A többistenhitű vikingek legfontosabb istenéről, Odenről elnevezett hajó nem egy átlagos jégtörő, hiszen arról híres, hogy ez az első olyan, nem atomenergia-meghajtású hajó, amivel elérték a földrajzi Északi-sarkot. A továbbiakban Északi-sarkon a földrajzit értem (vagyis a Föld felszínének az északi féltekén elhelyezkedő azon állandó helyű pontját, amit a Föld forgástengelye döf át), s nem a földmágnesest (ami 2005-ben a 82,7° északi szélesség és 114,4° nyugati hosszúság földrajzi koordinátájú pont közelében helyezkedett el s évente átlag 40 km-t mozog közel É–NY irányban a Föld folyékony fémmagjában lezajló magnetodinamikai folyamatok miatt). Az Északi-sarkot először állítólag Robert Peary (1856–1920), Matthew Henson (1866–1955) és négy eszkimó (inuit) kísérőjük érte el 1909. április 6-án kutyák által vontatott szánokkal, s azóta számos arktiszi expedíció több résztvevőjének is sikerült ugyanez különféle módokon, például léghajókkal, léggömbökkel, repülőgépekkel, jégtörő hajókkal, jégen mozgó motorizált járművekkel, sőt még gyalogosan is, nem beszélve a katonai tengeralattjárókról (az Északi-sarkon a Jeges-tenger közel 4,5 km mély).

Azt sejtettem, hogy az atomjégtörők korában manapság már nem számít rendkívüli teljesítménynek, ha az Északi-sarkon hajóval haladunk át. Úgy hittem, hogy a jégtörőkkel már vagy 25–30 éve rendszeresen szeldesik át mindenféle irányokból Földünk északi pólusát. Nos, tévedtem, mert az Oden csak 1991. szeptember 7-én érte el az Északi-sarkot (ugyanebben az évben, de valamivel később az ugyancsak nem atommeghajtású Polarstern, azaz Sarkcsillag nevű német jégtörő érte el másodiknak Földünk északi pólusát), s azóta is az Oden számít az egyik legjobb, a sarki jeget leghatékonyabban törni képes hajónak, amit minden évben több arktiszi expedíción is igénybe vesznek a sarkkutatók. (A Beringia 2005 expedícióról részletes beszámoló olvasható lapunk 2006. évi júniusi és júliusi számaiban.) Az Oden kiváló jégtörő képességének titka részben a sarki jég fizikai tulajdonságaiban rejlik, részben pedig a hajó egyedi fölépítésében. Kezdjük a sarki jég keletkezésével és mechanikai jellemzőivel, majd folytassuk az Oden jégtörés közbeni bemutatásával!

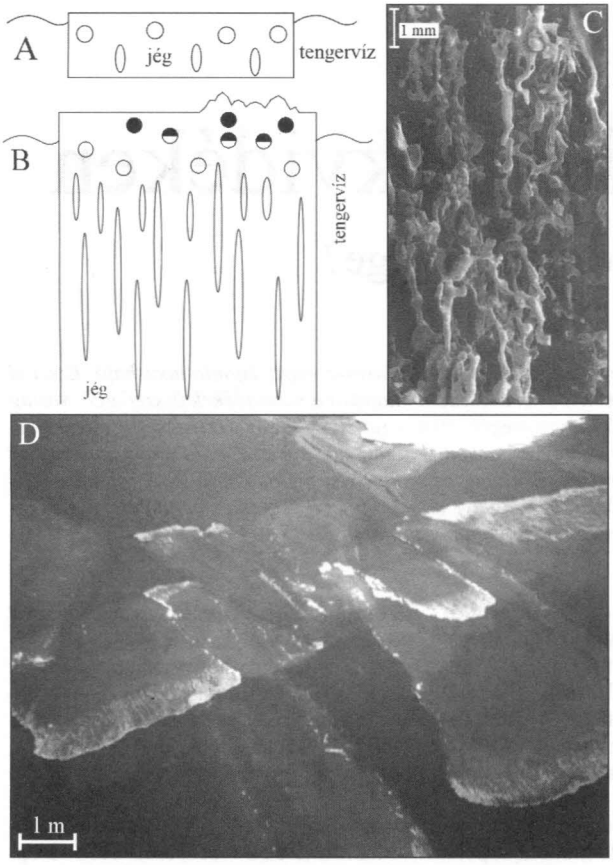
1. ábra. (A) A Jeges-tenger enyhén fodrozódó, sötétszürke vizén úszó, szél által hajtott jégkása (k) világosszürke foltjai a távoli fehér jégtáblák (j) előtt. (B) A szél által a jégtáblák (j) felé terelt jégkása (k) egyre vastagodó, növekvő felületű, szürkésfehér réteget képez a tengervízen. (C) A jégtáblák (j) szélénél összefüggő, vékony „új jéggé", „nilassá" (n) fagy a szél által összeterelt jégkása. (D) Ha a nilas összetöredezik a tenger hullámzása miatt, akkor keletkezik a kisebb-nagyobb, lapos, kerekded jégdarabokból álló „palacsintajég"



A szerző felvételei

A sarki jég keletkezése és porozitása

A fokozatosan hűlő, a szél által méteres nagyságrendű vastagságban átkevert, hullámzó tengervízben a –2 °C körüli fagypont elérésekor milliméter nagyságrendű jégtűk és jéglapok (összefoglaló nevükön jégcsírák) keletkeznek, melyek a víznél kisebb sűrűségük miatt a felszínre emelkednek, s ott laza, habszerű jégkását alkotva úsznak **(1/A és 1/B ábra).** Ha a víz nem áramlik és nem is hullámzik, akkor ez az egyre vastagodó jéggríz szilárd, sima ré-



2. ábra. A tengeri jég szerkezete. (A) „Új jég" („nilas"). (B) „Öreg jég". A fehér körök és az elnyúlt ellipszisek nagy koncentrációjú sóoldattal teli üregeket jeleznek, a fekete körök légbuborékokat, a fekete-fehér körök pedig levegővel és kicsapódott sóval teli üregeket. (C) A tengeri jégben sóoldattal teli csatornahálózat alakul ki. E függőleges csatornácskák átmérője néhány ezred mm-től néhány cm-ig változhat. A kép e csatornahálózat műanyag lenyomatának pásztázó elektronmikroszkópos felvételét mutatja. (D) Két egymásra torlódott, új jégből álló arktiszi jégréteg (a szerző fényképe)

teggé fagy, kialakítva az orosz eredetű szóval „nilas"-nak nevezett vékony, áttetsző, enyhén kékes, szürke „új jeget" **(1/C ábra),** ami a tengeri jégtakaró kiindulásának alapja. Hullámzó tengerben a mm-es jégcsírák egymáshoz ütődve összefagynak, s lassan növekedve palacsintaszerű, fölfelé hajló szélű, kerekded jéglapokat képeznek **(1/D ábra).** Ilyen „jégpalacsinták" a nyugodt vízben keletkező nilas jég hullámzás hatására bekövetkező földarabolódásával is kialakulhatnak.

Mivel a jégréteg vastagodásával a tengervíz hullámait egyre jobban csillapítják a jégpalacsinták, azok egymáshoz fagynak, és meta-jégpalacsintákat képeznek. Miután ezek is összetapadnak a hullámzás elmúltával, összefüggő palacsinta-jégmező keletkezik, mely alulról vastagszik, a színe pedig kékes szürkésfehér. A nilas jég enyhén meghajolhat, ezért követheti a tengervíz enyhébb hullámzásait.

A **2. ábra** a tengeri jég időbeli fejlődésének kezdeti és kifejlett fázisait mutatja. Az új jégbe **(2/A és 2/D ábra)** tengervízzel teli zárványok sokasága reked. E zárványok kezdetben (fölül) gömbölydedek, s az említett jégkásából származnak, amiben az összetapadó jégkristályok közét tengervíz tölti ki. Később a nilas jég alulról vastagodik, miközben újabb és újabb jégkristályok nőnek, illetve tapadnak az aljára, s a kristályok közé szintén tengervíz szorul. E függőlegesen elnyúlt vízzárványoknak nagy a sókoncentrációjuk, mivel a megfagyó tengervízből kiválik a só, hiszen a tengervízbeli sóionok méretüknél fogva nem épülnek be közvetlenül a jég kristályrácsába, hanem a só egy része jégképződéskor a vízbe távozik, a többi pedig a jégbeli zárványokban marad. A vízzárványok tömény sóoldata nem fagy meg, mert az olvadáspontot az oldott só csökkenti (normál légnyomáson a tengervíz fagypontja –2 °C körüli, míg az édesvízé 0 °C). Ha kialakul egy ilyen nagy sókoncentrációjú vízzárvány, akkor az a jég vastagodásakor továbbra is fennmarad, alul sem fagy be, ezért a függőlegesen lefelé vastagodó jégben egy töményedő sóoldattal teli, közel függőleges csatornát képez. Ez az oka a vízzárványok függőlegesen elnyúlt, csatornaszerű alakjának **(2/A, 2/B, 2/C ábra).**

Az öregedő jég **(2/B, 2/C ábra)** nemcsak alulról vastagodik, hanem fölülről is, mivel hó rakódik rá, ami később az olvadás és a gravitációs tömörödés következtében részben jéggé alakul. A hókristályok közti levegő gömbölyded légzárványok formájában a jégben reked. E légbuborékokba a tengervízből származó só kristályok formájában válhat ki, ami vagy felülről kerül a jégre a vízhullámzás miatt, vagy oldalról, a jégtömbre ráfagyó tengervízből.

A tengeri jég tehát csatornaszerű vízzárványok sokaságát tartalmazza. A csatornák össztérfogata a jégtérfogat 30 százalékára is rúghat. E vízzárványok miatt porózus tengeri jég viszonylag kis keménységű az édesvízi tavakon kialakuló, vízzárványoktól mentes jéghez képest. Az édesvízi jégben azért nem keletkeznek vízzárványok, mert a vízben nincs oldott só, így a víz 0 °C alá hűlő része maradéktalanul keményre fagy.

A Jeges-tenger porózus, „puha" jegét tehát sokkal könnyebben képes áttörni egy jégtörő hajó, mint egy ugyanakkora vastagságú, vízzárványmentes édesvízi jeget. Ezzel magyarázható, hogy az Oden jégtörő akár több méter vastagságú sarki jégtáblákat is simán kettéroppantott. Akkor volt csak bajban, mikor olyan jégtáblákkal került szembe, melyek felületén olvadékvízből álló újrafagyott tavak voltak. Nyáron ugyanis a le nem nyugvó Nap heve megolvasztja a jégtáblák felületét, és a gyakorlatilag édesvízből álló olvadékvíz (hiszen a jég fölső részében csak kevés só van) kisebb-nagyobb tavakban gyűlik össze. E sótlan vizű tavak a változékony sarki időjárásban gyakran bekövetkező gyors lehűlések alkalmával fenékig befagyhatnak, és a rájuk rakódó nagy fényvisszaverő képességű hó megakadályozza az újraolvadásukat. A vastagabb jégtáblákban több, korábban keletkezett, zárványmentes édesvízből álló fagyott olvadéktó is egymásra rétegződhet, ami jelentősen növeli a jégtábla keménységét. Az ilyen kemény jegű, vastagabb jégtáblákat az Oden sem tudta áttörni, pedig ezek sem voltak néhány méternél vastagabbak.

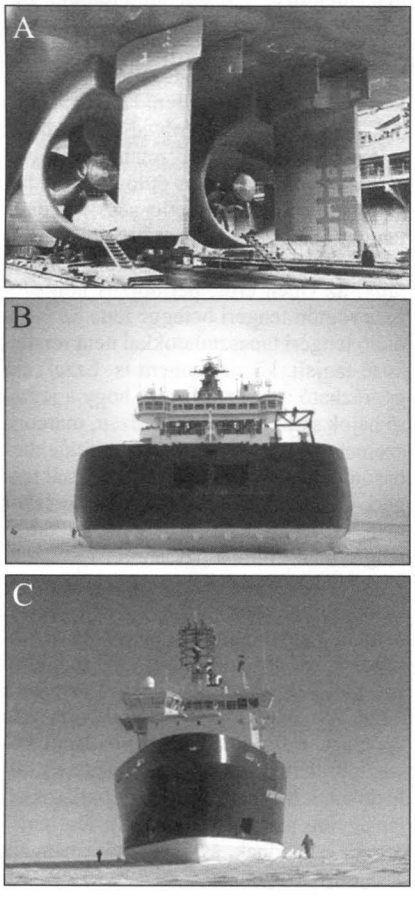
Az Arktisz jégtakarója átlagosan csak 3–4 méter vastag az egész évben jéggel fedett területeken. Ahol a jégtáblák a tengeráramlatok és a szél miatt egymásra torlódnak, ott a jégvastagság az átlag többszöröse, akár 20 méter is lehet. Az Oden az ilyen vastag jéggel már képtelen volt megbirkózni, ezért kikerülte a jégtorlaszokat. A Titanic nem porózus, puha, néhány méter vastag északi-sarki jégtáblának ütközött, hanem egy jéghegynek. Jéghegyek nincsenek az Arktisz jégmezőin. A Jeges-tengerben előforduló jéghegyek óriási jégtömbök, amelyek a több száz vagy több ezer méter vastag szárazföldi (például a Svalbard-szigetcsoportról, Grönlandról vagy a Ferenc József-földről származó) jégmezőkből induló gleccserekről szakadtak a tengerbe. Az Oden arktiszi útjának vége felé, a Svalbard-szigetcsoport közelében egyszer találkozott egy kisebb, mintegy 200 m vastagságú jégheggyel, aminek víz fölötti része 16 m körüli volt **(3. ábra**, *a 3., 4. és 7. ábra lapunk hátsó színes borítóján látható).* Szerencsére, nem ütköztünk bele, de jégmintavétel céljából megálltunk mellette. A gleccserjég hóból ered, ezért nincsenek benne sós tengervizet tartalmazó zárványok, miáltal sokkal keményebb, mint a tengeri sarki

jég. A gleccserekből borjadzó, kemény jéghegyekkel igen veszélyes ütköznie még a jégtörő hajóknak is.

Jégtörés közben

Az Oden egyik specialitása, hogy jégtörés közben az orra alatti nyílásokból tengervizet folyat az eléje kerülő, feltörendő jégre. E vízkenés szerepe a hajó fémteste és a jég közti súrlódás csökkentése. A **4. ábrán** a hajóorr fehér alsó részén jól látszanak e vízsugarak, melyeket szivattyúk juttatnak a tengerből a jégre. A vízkenéssel jelentősen csökken a hajó négy dízelmotorjának üzemanyag-fölhasználása. A hajónak nagy tartályokban kell magával cipelnie a Jeges-tenger több ezer kilométerének átszeléséhez szükséges üzemanyagot, mivel sem légi, sem pedig vízi úton nem lehet utánpótlást szállítani a zord sarki körülmények között. Mikor a négy dízelmotor maximális teljesítménynyel működik, naponta együttvéve 80 köbméter dízelolajat éget el. Ezért számít sokat a hajó és a jég közti súrlódási együttható akár néhány százalékos, vízkenés általi csökkentése is.

5. ábra. (A) A szárazdokkbeli Oden jégtörő két hatalmas propellere a mögöttük lévő kormánylapátokkal. A jobb propellert szerelő ember mérete tükrözi a méretarányokat. (B) Az Oden tompa és széles orra elölről nézve. A hajóorr közepén látható téglalap alakú nyílásokon bocsátják le a fémhorgonyokat („vasmacskákat"). A hajóorr alatti vízszintes egyenes mentén sorakozó dudorok a súrlódást csökkentő vízsugarak kifolyónyílásai. A hajó mellett balra két ember tartózkodik a jégen. (C) A svéd hajóflotta Vidar Viking nevű jégtörőjének ék alakú orra van. A hajó mellett kétoldalt egy-egy ember áll a jégen



Az Odenétól eltérően a legtöbb jégtörő hajó orra vízszintes metszetben ék alakú, oldalnézetben pedig a kések hegyes csúcsához hasonlóan elkeskenyedik **(5/C ábra).** Az ilyen hagyományosan hegyes hajóorr úgy töri a jeget, hogy rácsúszva először késszerűen kettévágja, megrepeszti, majd e repedést fokozatosan tágítja. A hajóorr optimális alakját elméleti számításokkal és laboratóriumi modellkísérletekkel határozzák meg. (Szabályozhatóan hűthető, hatalmas hidegkamrában egy tengervízzel teli medence vizének fölső rétegét megfagyasztják, majd különféle alakú, kicsinyített hajómodelleket mozgatnak benne, miközben mérik a jégtöréskor föllépő erőket. A cél a hajóorr azon alakjának meghatározása, melynél a jégtöréshez szükséges eredő tolóerő minimális.) E jégtörési mód hátránya, hogy ha a jégmező teljesen összefüggő, akkor az éles orr által megrepesztett jeget a hajó nem tudja oldalra tolni. Márpedig az Északi-sark közelében még nyáron is gyakran összefüggő, több méter vastagságú jégpáncél fedi a Jeges-tengert. Ilyen körülmények között másik jégtörési mód szükséges.

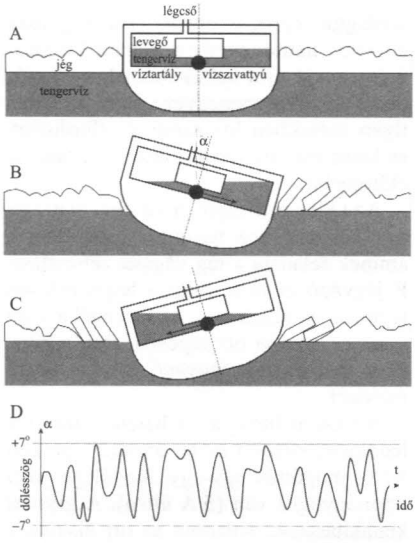
Az Oden széles, tompa orra **(5/B ábra)** nem késszerűen vágja a jeget, hanem rácsúszva ránehezedik, és meghajlítva több helyen berepeszti, széttöri. Az így földarabolt jeget vagy oldalra nyomja, vagy pedig, ha ez lehetetlen az összefüggő jégmező miatt, akkor a víz alá kényszeríti és a víz alatt nyomja oldalra, a jégpáncél alá. A jégtömbök oldalra terelésében szerepet játszik, hogy a hajóorr pereme hátrafelé kiszélesedik és a hajó mindkét oldalán a vízszint alatt egy-egy jégterelő szárny helyezkedik el. A jégtömböket az nyomja a víz alá, hogy a hajóorr fokozatosan süllyed hátrafelé. Mivel a hajóorr szélesebb, mint a hajótest többi része, az Odent mindig fölaprított jégtörmelékkel borított tengervíz övezi. Ez jelentősen növeli a hajó manőverezési képességét, hiszen a hajó – ha kis szögben is – bármikor ide-oda tud fordulni a jégmezőn a függőleges tengelye körül, és ezáltal keresheti a legkönnyebb előrehaladási irányt. Az ék alakú orral bíró jégtörők gyakran beszorulnak a vastag, összefüggő jégbe, ahonnan kizárólag csak egyenes hátramenetben tudnak kiszabadulni, majd újra nekimehetnek a jégnek, de az előzővel megegyező úton. Az Oden ilyen esetekben kis szöggel elfordulhat, és kissé más irányban kísérelheti meg az előrejutást.

Az Oden orra alján, a vízszint alatt van egy késpengéhez hasonló vastag fémél, aminek feladata a jég vágása, repesztése. E jégvágó él más, mint a hagyományos jégtörők ék alakú orra: az Odennél a jeget a széles, tompa orr repeszti, töri, aprítja, és a másodlagos jégvágó él csak segíti mindezt.

Az Oden hátulján, a hajótest alatt két hatalmas, közel 5 méter átmérőjű propeller és mögöttük egy-egy, függőleges síkú kormánylapát van **(5/A ábra).** A hajótest kialakításának, valamint az orr alakjának és jégtörési módjának köszönhetően a propellerek és kormánylapátok közvetlen közelébe nem kerülhet jégtörmelék. Ez fontos a propellerek és kormánylapátok védelme céljából, meg azért is, mert így a hajó nem akadhat el a jégmezőn; a legrosszabb esetben hárafelé visszatolathat, ha előre végképp nem képes mozogni. Számos jégtörőnek nemcsak hátul, hanem elöl is van egy pár propellere, aminek az az előnye, hogy e hajók hátramenetben is ugyanolyan könnyen mozognak, mint előre. E konstrukció azonban csak vékony jég törésére alkalmas, hiszen az előrehaladáskor az elülső propellerek közelébe nem kerülhet jég. Így az ilyen jégtörő hajók képtelenek átszelni az Arktisz több méter vastag jégmezejét.

Az Odennek gyakran kell visszatolatnia, mikor egy vastagabb és/vagy keményebb jégtáblán szükséges átverekednie magát. Ekkor mindig föltorlódik az összetördelt jég az oldalsó jégterelő szárnyakon (mint szántáskor az ekén a földhalmok), ami megnehezíti a hátrafelé haladást. A terelőszárnyakon összegyűlő jeget ezért tolatáskor erős, vízszintes irányú vízsugarakkal lesodorják; a vizet a tengerből szivattyúzzák.

Az Oden is alkalmazza jégtöréskor az oldalra döntő/billentő (*heeling*) rendszert **(6. ábra),** ami a hajótestben elöl és hátul kétoldalt lévő egyforma, hatalmas víztartályokra épül. Mikor e tartályokban a tengerből származó víz szintje azonos, akkor a hajó szimmetriatengelye függőleges **(6/A ábra).** Mikor a bal, illetve jobb tartályból a tengervizet egy szivattyú a jobb, illetve bal tartályba mozgatja, a hajótest szimmetriatengelye maximum 7°-kal jobbra, illetve balra billen a súlyponteltolódás miatt **(6/B, 6/C ábra).** Ezzel az ideoda billegéssel a hajóorr által megtört jeget a hajótest továbbaprítja, az előrehaladáshoz szükséges, nagyobb jégtömböktől mentes utat továbbszélesíti. Az összefüggő, vastag jégmezőkön az oldalra döntő



6. ábra. Az Oden jégtörőt oldalra döntő rendszer vázlata. (A) Mikor a hajótestben elöl és hátul kétoldalt elhelyezkedő, egyforma víztartályokban azonos a vízszint, a hajó szimmetriatengelye (szaggatott vonal) függőleges. (B, C) Mikor a bal, illetve jobb tartályból a tengervizet egy nagy szivattyú 15 másodperc alatt a jobb, illetve bal tartályba mozgatja, a hajótest szimmetriatengelye maximum $\alpha = 7^{\circ}$-kal jobbra, illetve balra billen a súlyponteltolódás miatt. (D) A hajó α dőlésszögének időbeli változása jégtörés közben

rendszer folyamatosan működik, többnyire számítógép vezérli. Ekkor az ide-oda billegés kváziszinuszos, ami jól látszik a jégtörőt irányító számítógép képernyőjén kirajzolt grafikonon **(6/D ábra).** Csak néha veszi át a kapitány e rendszer kézi irányítását, mikor a jég nagyon egyenetlen.

Az oldalra döntő rendszer elöl 425 m^3, hátul pedig 380 m^3 térfogatú, közel félig telt víztartályaiból 15 másodperc alatt mozgatja a tengervizet egy-egy nagy szivattyú az átellenes tartályokba egy-egy 2 m átmérőjű csövön át. A víztartályokban gyorsan ide-oda áramló tengervíz miatt a tartályokbeli levegő is ide-oda áramlik, mivel a tartályok fölül két légcsövön át össze vannak kötve, továbbá egy függőleges légcsövön keresztül a hajófedélzeten át a külső levegővel is érintkeznek **(6. ábra)**. E külvilágra nyíló légcső mellett állva és hallgatózva megfigyelhető az ide-oda billegő Oden „vastüdejében" a vízáramlás keltette légáramlás. Az Oden hajótestében számos más tartály van még, melyekben üzemanyagot tárolnak. E tartályok mindegyike a külvilággal egy-egy szellőztetőcsővel van összekötve, aminek nyílása a hajófedélzeten helyezkedik el.

Az Oden oldalra döntő rendszere tehát két, egymástól független víztartálypárosból áll; az egyik elöl, a másik hátul helyezkedik el. Ezek közül vékonyabb jégnél csak az egyik működik, vastagabb jégmezőn viszont mindkettő, egymással szinkrónban. Vannak olyan jégtörő hajók is, melyekben az elülső és hátulsó víztartálypáros össze van kötve, így az is megvalósítható, hogy a vizet az első tartályokból a hátsókba szivattyúzzák, és fordítva. Ezáltal a hajó nemcsak oldalra dönthető, hanem előre-hátra is. Mikor az ilyen jégtörő orra rácsúszik a jégre, hátraszivattyúzzák a vizet, hogy a hajó orra kissé fölemelkedjen, s jobban ráhatolhasson a jégre. Ezután a vizet előreszivattyúzzák, hogy a hajó súlypontja előre tolódjon, ami megkönnyíti az elöl lévő jég megrepesztését, összeroppantását. Ezt a rendszert nemcsak menet közben lehet használni jégtörésre, hanem akkor is, mikor a hajó elakad a jégen. Ekkor az ide-oda billegés segít kiszabadítani a hajótestet a jég fogságából.

Nem minden jégtörő hajó rendelkezik oldalra billentő rendszerrel, s az ilyen hajók nem is képesek megbirkózni több méter vastag jéggel. A normál tengeri hajóknak csak ritkán van ehhez hasonló billentő rendszerük. Ezt a parti ki- és berakodáskor használják a hajósúlypont rakodás közbeni eltolódásának ellensúlyozására. Háborgó tengeren, menet közben soha sem használják az oldalra billentő rendszert a hullámzás kompenzálására, mert a hullámzás eléggé kiszámíthatatlan és az interferencia a billentő rendszer előidézte billegéssel sokszor inkább erősítené, mintsem gyengítené a hajó imbolygását, sőt föl is boríthatná a hajót.

Az expedíció alatt nagy élvezettel figyeltem, miként töri a jeget az Oden. Jól látszott, amint a hajóorr rásiklott a jégpáncélra, s ránehezdve több helyen megrepesztette. Sokszor több száz méter hosszú rianás keletkezett, aminek végét már nem is láttam. Ha a jégmező nem volt összefüggő, akkor a kettéhasadt jégtábla egyik felét a hajó mindaddig maga előtt tolta, amíg a jégtábla oldalt le nem maradt a hajótól. Ekkor a kezdetben vékony repedések fokozatosan szélesedtek, szabaddá téve a sötét tengervizet. A hajó mellett oldalt is hatalmas hasadékok keletkeztek a vastag jégtáblákon, melyekből a jég kéken világított. A hajót oldalt az orr által összetördelt, egymásra torlódott, hatalmas jégtömbök vették körül, melyek szintén kék színben játszottak **(7/A ábra)**. A hajó jellegzetes nyomot hagyott maga után a tengeren: a farokvízben kezdetben jégmentes, sötét vízfelület látszott, amit kékesen világító jégtörmelék szegélyezett **(7/B ábra)**, később a farokvízbe a feltört jég törmeléke úszott be. Az Arktiszra jellemző módon a fehér jégmezőn világoskék színben tündöklő olvadékvíztavak keletkeztek **(7/C és 7/D ábra)**.

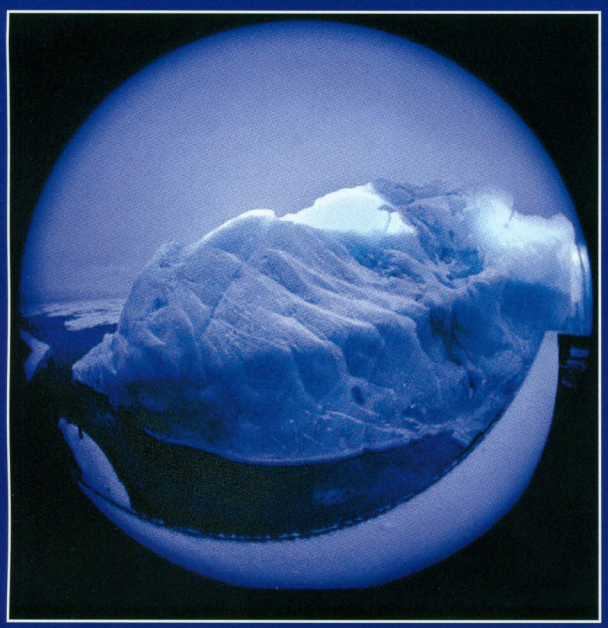
Az Oden hosszú, sokáig szabad szemmel is jól látható nyomának nagy jelentősége volt például akkor, mikor egy másik jégtörő követett bennünket, vagy mikor különféle kísérletek és mérések elvégzése céljából helikopterrel a jégmezőre szálltunk az Odentől több kilométer távolságban, s a hirtelen leereszkedő ködben alig találtunk vissza a hajóhoz. Ekkor a helikopter pilótája előbb megkereste az Oden 5–6 órával korábban hagyott nyomát a jégmezőn, majd azt követve bukkant a több tíz kilométerre eltávolodott hajóra. Ebben persze segítségére volt a fedélzeti globális helymeghatározó rendszer és a hajóval állandóan fönntartott rádió-összeköttetés is.

A hullámzó tengeren

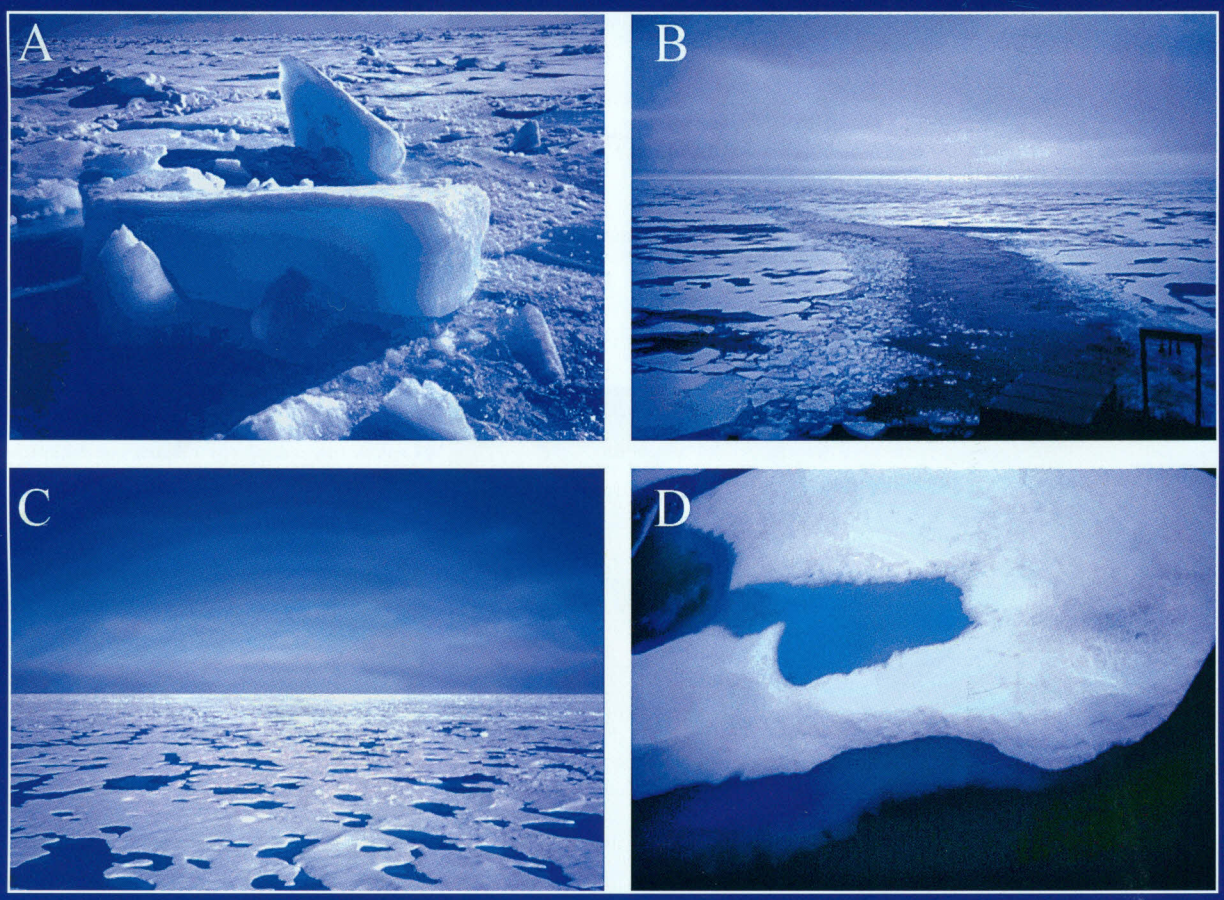
Amilyen hatékony az Oden az arktiszi jégmezőn, olyan esetlen a nyílt, hullámzó tengeren. Olyan az Oden, mint a túlspecializált gleccserbolha, amely kiválóan megél a jégen fagypont közeli hőmérsékleten, amit a többi bolhafaj nem vagy csak nehezen képes átvészelni, de mihelyt melegebb környezetbe kerül, hőgutát kap és esetlenné válik. A jégtörő hajók mindegyike eleve nagyon dülöngél a hullámzó tengeren, mert alakjuk nem a hullámzásra, hanem a jégtörésre optimalizált. Az Oden széles és lapos orra miatt már enyhén hullámzó, 1 méter amplitudójú vízhullámoknál is erősen himbálózik. Ez volt a helyzet utunk végén, Svalbard közelében. Mielőtt elértünk oda, áttörve a Jegestengert, soha sem voltunk tengeri betegek, holott szinte egyfolytában működött a jégtörő oldalra döntő rendszere. Mivel ez csak kváziperiodikus dülöngéléssel jár, amiben nagyfokú a véletlenség, nem okoz tengeri betegséget. Mikor viszont a gyengén hullámzó nyílt tengervízen haladtunk, az Oden erős, periodikus himbálózása rögtön tengeri beteggé tette az expedíció tengeri tapasztalatokkal nem rendelkező tagjait, köztük engem is. Ezzel magyarázható az a paradoxon, hogy a jégtörő hajók sarki jégtöréshez edzett, marcona személyzete tapasztalatlan zöldfülűekhez hasonlóan tengeri beteg lesz a normál tengeri hajókon, mert a sarki jégtöréskor nem szokhattak hozzá a hajó hullámzó tenger miatti himbálózásához.

Az Oden himbálózása akkor a legroszszabb, mikor szemből kapja a hullámokat. A többi, hagyományos tengeri hajó ék alakú orra átvágja a szemből jövő hullámokat, amelyek ezért nem dobálják annyira a hajót. Az Oden széles és lapos orra erre képtelen, ezért szinte csillapítatlanul követi a hullámzást, ami a hajót hevesen fölle dobálja. Mindez hatalmas robajlásokkal jár együtt, amint a hullámok a fém hajóorrnak csapódnak, és a hang visszhangzik a hajótest üregeiben. ⚓

Északi-sarki expedíció



3. ábra. 180° látószögű halszemoptikával fényképezett, gleccserből származó jéghegy a Jeges-tengeren, a Svalbard-szigetcsoport közelében *(A szerző felvétele)*

4. ábra.
A svéd Oden hajó jégtörés közben a Jeges-tengeren. Jól látszanak a jégre lövellt tengervízsugarak *(Knut Revne felvétele)*

7. ábra.
Az Oden „farokvize" (A) és a feltört jég egy jellegzetesen kék tömbje (B). Az Arktisz fehér jégmezőjén nyáron számos kék olvadékvíz tó keletkezik (C, D) *(A szerző felvételei)*