

➔ Soomlased on jäämurdmistehnoloogiat arendanud viimase 80 aasta jooksul. Jäämurdja Kontio, mis valmis 1987. aastal Helsingi laevatehases, oli uudne toode, millel oli roosteabast terasest jäävöö. See võimaldab jääl laevakerest sujuvamalt mööda libiseda.



PUHEENAIHE

<- mingi alateema tuleks mõelda äkki?

Jää murtakse Soome tehnoloogiaga

MAAILMA PARIMAD

On üks tehnoloogia valdkond, milles Soome on kindlalt teistest maadest üle: see on jäämurdjate ehitamine. Kuidas soomlastest said maailma parimad?

PETJA PARTANEN

FOTOD: JOUNI KLINGA, PETJA PARTANEN,
DAVIE DEFENCE, AKER ARCTIC

➔ Maailma juhtiv jäämurdjate projekteerimisfirma Aker Arctic Technology mõõdab oma projekteeritud laevade jõudlust reaalsetes jääoludes. Aker Arcticu laevaehitusinsener Esko Huttunen oli jäämurdja Polarise reisirajal Botnia lahes 2021. aasta märtsis.



KAASAEGNE JÄÄMURDJA

1 Optimeeritud kerekuju:

abijäämurdjaja vajab kiirust, polaaraladele mõeldud jäämurdjaja aga maksimaalset jäämurdmise võimet.

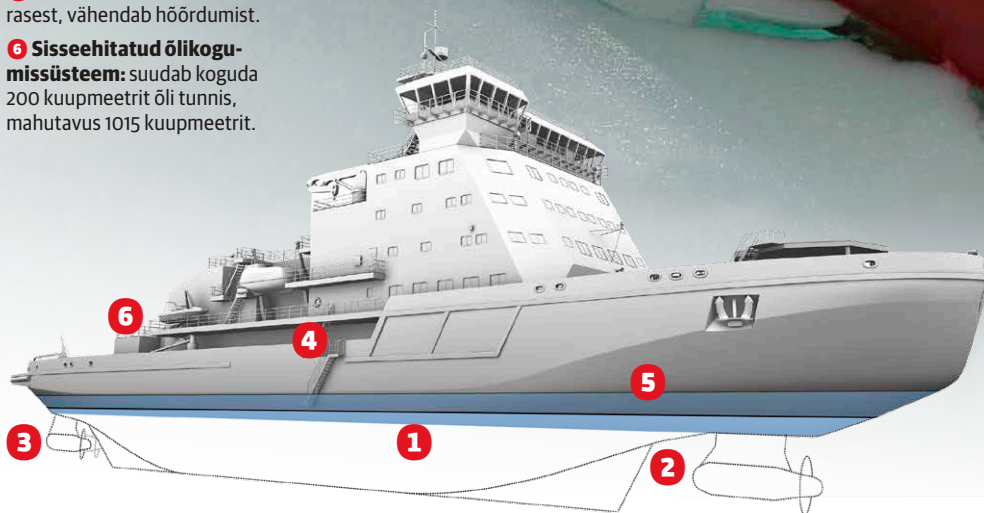
2 Lisa-pöörلابakäitur võõris

3 Elektrilised pöörلابakäitured: kaks 360-kraadiselt pöörlevat sõukruvi ahtris, üks võõris.

4 Diisel-elektriline jõujaam: elektrimootorid panevad sõukruvid pöörlema, seda toidavad diiselmootoriga töötavad generaatorid.

5 Jäävöö: roostevabast terasest, vähendab hõõrdumist.

6 Sisseehitatud õlikogumissüsteem: suudab koguda 200 kuupmeetrit õli tunnis, mahutavus 1015 kuupmeetrit.



JÄÄMURDJA POLARIS

Mootorid: diisel-elektrilised, kaks ahtris (2 x 6,5 MW), üks võõris (6 MW).

Neli peamootorit, koguvõimsus 21 MW

Kütus: veeldatud maagaas (LNG) või madala väävlisisaldusega diislikütus

Mõõtmed: pikkus 110 m, laius 24 m, meeskond 18

Jäämurdmisvõime: 1,2 meetrine jää kiirusel 6 sõlme

Mullu sügisel sõlmitud raamlepe Soome ja Ameerika Ühendriikide vahel, mille kohaselt ehitatakse koostöös 11 jäämurdjat (neli Soomes, ülejäänud USAs, kasutades Soome tehnoloogiat ja oskusteavet), pakkus palju kõneainet nii Soomes kui väljaspool seda. Vähesed teavad aga, et maailma parimad jäämurdjate konstruktorid töötavad Helsingis, Vuosaari sadama lähedal.

Aker Arcticu katsebasseinis all asub koridor, mille katuseakendest avaneb haruldane vaade: 75 meetri pikkuse basseini pind on jäätunud ja meie peade kohal oleva jääkesta all loksuvad 1200 kuupmeetrit merevett. Basseini jääpinda murdev miniatuurne mudel näitab, kuidas konstruktorite poolt lihvitud kerekuju jääs toimib.

„59 jäämurdjat viimase kahekümne aasta jooksul,“ loetleb Aker Arcticu tegevjuht Mika Hovilainen.

Jäämurdjaid on Soomes ehitatud alates 1939. aastast. Siis sai Wärtsiläle

kuulunud Helsingi laevatehases valmis jäämurdjaja Sisu, mis oli varustatud omas ajas tippasemel diisel-elektrilise jõuallikaga.

Jäämurdjaja jõudluse määrab see, mis jääb veepiirist allapoole ja on silma eest varjatud. Seepärast valmiski 1969. aastal Helsingis Wärtsilä jääkatsebassein, kus alustati jäämurdjaja kerekujude süstemaatilist väljatöötamist makettide abil.

Aastate jooksul sai Helsingi laevatehases maailma juhtiv jäämurdjate ehitaja ning selle Arktika uurimiskeskusest oma jääkatsebasseiniga juhtiv jäämurdjate projekteerija.

2005. aastal viidi jäämurdjate projekteerimisalane oskusteave Helsingi laevatehases üle uude ettevõttesse nimega Aker Arctic Technology. Ettevõtte müüb nüüd oma oskusteavet nii Helsingi laevatehasele kui teistele laevaehitajatele üle maailma.

See on ainus ettevõtte maailmas, mis suudab luua nullist jäämurdjaja kontseptsiooni, testida seda katsetankis maketi abil, projekteerida laev teha-

↑ Soome jäämurdjaja Polarix, mis valmis 2016. aastal, on osutunud nii edukaks konstruktsiooniks, et sellest on saanud eeskujuga uutele jäämurdjatele Läänemerel. Jäämurdjaja tähtsaimad elemendid - spetsiifiline kerekuju ja sõukruvid - on veelgi all peidus.

ses tootmisvalmiks ja seejärel testida valmis laeva jõudlust juba merel reaalses jääoludes.

Üks Aker Arcticu parimaid insenerioskusi on kere kuju optimeerimine. Laeva võimalikult väikese takistusega läbi merevee, jää ja lume segu liikuma panemine on asi, mida arvutis modelleerida ei saa.

„Jääkatsetank on meile ülioluline töövahend,“ ütleb Mika Hovilainen.

Aker Arctic ja tema eelkäijad on oma katsebasseinides läbi viinud üle 700 mudelkatsete seeria, mis määravad disainerite loodud kerekuju jääkindluse, selle, kas jää blokeerib sõukruvi või kas laev suudab ka jääs pöörata. Neid täiendavad 150 valmis ehitatud laeva täiemõdulised katsetused. Nende käigus koguvad insenerid andmeid laeva toimivuse kohta selle reaalses töökohas, olgu see siis jäämurdjajana Läänemerel või kauba-veol Arktikas.

„Kusagil mujal sellist teavet pole,“ ütleb Hovilainen.



"SOOME LAEVATEHASED TEAVAD, KUIDAS KAOST HALLATA."

↑ Vaade katsetanki alumisest aknast näitab, kuidas jäämurdjale projekteeritud kere kuju reaalselt toimib. Mudelkatsetega saab kulukaid ebaõnnestumisi juba eos vältida.

Painuta, ära purusta

■ Jää murdmine kõlab nagu lihtne materjalifüüsika. Merejää paindetugevus võib olla vaid umbes kümnendik selle survetugevusest. Jäämurdja kaldus vöör mitte ei purusta jääd, vaid libiseb üle jäävälja, põhjustades selle paindumist ja lõpuks purunemist kauniteks jääblokkideks.

Praktikas on parima võimaliku kerekuju kujundamine keeruline inseneriprobleem. Jääblokkid tuleb suunata sõukruvidest eemale, jäämurdja peaks endast maha jätma võimalikult puhta ja laia kanali. Arvesse tuleb võtta ka jääblokkide ja kere vahelist hõõrdumist. See moodustab kuni kolmandiku jäätakistusest.

Ideaalset ühtlane jääväli on projekteerijale lihtne juhtum, kuid tegelikus elus tuleb seda harva ette. Enamasti liigub jäämurdja mitu korda uuesti külmunud jääkanalis. Jää on koos tuultega pidevas liikumises, kuhjades üksteise otsa või moodustades kuni kümne meetri paksuseid jääseinu.

Polaaraladel on vaja maksimaalset jäämurdmisvõimet, samas kui Läänemeres laevu abistavatelt jäämurdjatelt nõutakse ka kiirust. Kui laev peab liikuma avamerel tormises meres, käitub ainult jäämurdmiseks optimeeritud kerekujuga alus nagu pesumasina vibreeriv trummel.

„Laev on hea, kui see täidab ökonoomselt ülesandeid, milleks see on projekteeritud. Jäätakistuse minimeerimine on aga vaid üks projekteerimise eesmärkidest,“ ütleb Aker Arcticu jääkindluse meeskonna juht Riikka Matala.

Jäämurdjad Helsingist

Praegu töötab maailmas kokku umbes 180 jäämurdjat. Umbes 80 protsenti neist on projekteerinud Soome ettevõtte ja ligikaudu 60 protsenti on ehitatud Soome laevatehastes. Seejuures on Helsingi laevatehas ehitanud umbes pooled maailma jäämurdjatest.

2025. aasta augustis kõlistati laevatehases klaase, kui lõigati esimesed terasetükid Kanada uue polaaraladele mõeldud jäämurdja tarbeks.

Kanadas ehitatava 139 meetri pikuse jäämurdja Polar Max kere projekteeris Aker Arctic, ülejäänud laeva Helsingi laevatehase projekteerijad. Laev valmib 2030. aastal.

Kanada valitsus on tellinud konkureerivalt Kanada ettevõttelt Seaspan veel ühe polaaraladele mõeldud jäämurdja, kuid Aker Arctic osales ka selle laeva projekteerimisel. See 158-meetrine alus valmib 2031. aastal.

Mõlemad Kanada uued jäämurdjad kasutavad Aker Arcticu patenteeritud hübriid-DAS-propulsioonisüsteemi: ahtris on kaks asimuutkäiturit

Ⓜ Aker Arcticu andmebaas sisaldab andmeid enam 700 jäämudeli katseseeria kohta. Uue jäämurdja projekteerimisel ei ole vaja uuesti nullist alustada.

ja nende vahel kolmas võllil sõukruvi jääs liikumiseks. Polaarklassi 2 laevad peavad suutma navigeerida kuni kolme meetri paksuses mitme aasta vanuses jääs.

Ainus PC2 reitinguga ehitatud jäämurdja on seni Aker Arcticu projekteeritud Le Commandant Charcot.

„Täna on see NATO kõige efektiivsem jäämurdja, see läheb kuhu iganes!“ kiidab Mika Hovilainen.

2025. aasta oktoobris allkirjastati jäämurdjaleping Valges Majas. USA rannavalve ostab 11 Soomes projekteeritud keskmise koormusega jäämurdjat, millest neli ehitatakse Soomes. Jäämurdjaid ehitavad kaks tarnijat: Davie Helsingi, Pori ja Põhja-Ameerika laevatehased ning Seaspani kokku pandud konsortsium, kuhu kuuluvad Aker Arctic, Rauma laevatehas ja USA Bollingeri laevatehas.

Aaltol on oskusteave

Üks maailma viiest kommertskasutuses jääkatsebasseinist asub Soomes. Aker Arctic kasutab aeg-ajalt Aalto ülikooli 40 x 40 meetri suurust basseini,

et testida, kuidas arendusjärgus laevad jääs pööravad.

„Meil Soomes on kindlasti maailma parim jääkoormuste alane kogemus,“ ütleb Mikko Suominen, Arktika meretehnik dotsent. Suur hulk Aker Arcticu magistrikraadiga insenere on õpinud just Aaltos.

Aastaid andis Soome jäämurdjate ekspertidele tööd Venemaa, kelle tarbeks projekteeriti ja ehitati Venemaa Arktikasse jäämurdjaid, vedeldatud maagaasi tankereid ja mitmeotstarbelisi laevu. Nüüd tahavad selliseid laevu Kanada ja USA.

Olulised müügiargumendid on ajakava ja raha. Soome laevatehased on spetsialiseerunud kallitele kõrgtehnoloogilistele laevadele, jäämurdjatele ja kruisilaevadele ja neid ehitatakse siin kiiresti ja odavalt. Jäämurdjad on Helsingi laevatehases valminud keskmiselt 30 kuuga, mis on umbes kaks korda lühem kui teiste maailma laevatehaste keskmine ehitusaeg – 58 kuud.

Nii otsustasid Ameerika Ühendriigid juba 2012. aastal, et vaja on uusi jäämurdjaid. 2019. aastal leppis rannaval-



ve kokku kolme suure jäämurdja hankimiseks kohalikult laevaehitajalt ning need pidanuks valmima 2024. aastaks.

Nüüdseks on projekti eelarve mitmekordistunud – 1,9 miljardilt dollarilt 5,1 miljardi dollarini – ja esimese laeva ehitus pole isegi alanud.

„Selle raha eest oleksime saanud ehitada jäämurdjate laevastiku,“ ütleb Mikko Suominen. Seega pole ime, et Ameerika Ühendriigid otsustasid järgmised jäämurdjad hankida just Soomelt.

Kaos kontrolli all

Mikko Suomineni sõnul on Soome laevatehaste tugevuseks paindlikkus. Kaubalaevadega võrreldes on jäämurdjad tehniliselt keerulised ja alati mingis ulatuses nagu prototüübid – alati on midagi uut.

„Soome laevatehased oskavad ka osega toime tulla,“ märgib Aker Arcticu inseneride meeskonna juht Esa Hakanen.

Soomes algab laevaehitus juba detailplaneerimise faasis. Ainuprojektina ehitatavate laevade ehitamisel tekib sageli olukordi, kui plaane muuta tuleb.

🇸🇫 Kaks maailma viiest komerts-jääkatsetankist asuvad Soomes. Neid on vaja, sest jäämurdmist vaid arvutuslikult modelleerida ei saa, ütleb Aalto ülikooli dotsent Mikko Suominen Aalto ülikooli jääkatsetanki serval.

🇸🇫 Soome uusim jäämurdja Polaris suudab oma kolme mootori abil jääs kohapeal ringi pöörata.

„Soomes tehakse muudatusi pidevalt, samas kui mujal võivad isegi väikesed muudatused käivitada nädalate pikkuse lubade taotlemise protsessi,“ ütleb Mikko Suominen.

„Samaaegne planeerimine, tootmine ja muudatuste haldamine nõuab laevatehaselt asjatundlikkust ja seda ei ole lihtne ühest riigist teise üle kanda.“

Iga laevatehase esimene jäämurdjate projekt on olnud suuremal või vähemal määral kaootiline. Nii juhtus näiteks Venemaal, kus Amuri laevatehases 15 aastat ehitatud päästelaev-jäämurdja just katsesõidu lõpetas. „See ujub, nina meetri võrra liiga all,“ ütleb Aker Arcticu vanemkonstruktsioonide insener Ville Valtonen pärast fotode nägemist.

See kallis viga näitab laevade projekteerimise olulisust. Isegi pealtnäha väikesed muudatused võivad laeva raskuskeset nihutada ja selle kasutuskõlbmatuks muuta.

Suurimad vead juhtuvad juba projekteerimise faasis. Vaid kogemused aitavad neid vältida.

„Kui märkad alles pärast kahte projekteerimisvooru, et midagi on paigast ära ja tuleb algusse tagasi minna, hak-

kab projekt venima ja see maksab – ja mitte vähe,“ ütleb Valtonen.

1200 ettevõtet abistamiseks

Soomel on veel üks eelis: riigis tegutseb 1200 laevaehitusega tegelevat ettevõtet. Laevatehas paneb küll laeva kokku, aga ilma pädevate koostööpartniriteta ei valmi ükski laev.

Ükskõik kus maailmas jäämurdjat ehitatakse, on nende jääkindlad tõukurid Soome omad: kas ABB Azipodi või Raupal tegutsevate Kongsbergi ja Steerpropi tooted.

Elektrilised tõukurid töötati välja 1990. aastatel spetsiaalselt jäämurdjate jaoks. Kui Aker Arctic 2010. aastatel projekteeris Siberi gaasi transportimiseks jääd murdvaid 300-meetriseid LNG-laevu, oli nende laevade jaoks vaja tõhusamaid tõukureid. Tarnija leiti sealtamast Vuosaarist, Aker Arcticu kontorihoone vastast: ABB elektrilised tõukurid toodetakse seal.

Teine kallis komponent, mida leiud paljudes jäämurdjates, on Wärtsilä mootorid.

„Oleme nendega koostöös palju uusi asju välja töötanud. Näiteks on

KESKMISE VÕIMSUSEGA JÄÄMURDJA MPPS-100

MPPS-100

Keskmise võimsusega jäämurdja Helsinki laevatehaselt USA rannavalve tarbeks

Mootorid: diisiel-elektrilised, kaks ahtris (2 x 6,5 MW), kaks vööris (2 x 1,3 MW), mootorite koguvõimsus 22 MW

Möötm: pikkus 99,9 m, laius 21,0 m

Mahutavus: 124 inimest

Jäämurdmisvõime: 1,5 m paksune jää kiirusega 3 sõlme



Kaldtee sõidukite peale- ja mahalaadimiseks.

Kopteritekk ja angaar mitmeotstarbelise kopteri Sikorsky MH-60T Jayhawk ja dronide jaoks.

Relvasüsteemide paigaldusvalmidus, nt 25 mm tekikahur ja neli kuulipildujat.

Dünaamiline positsioneerimine ehk DP 2-klassi statsionaarne süsteem.

Moonpool on laeva peatekilt läbi laeva ulatuv kaev veealuste mootorite ja dronidega opereerimiseks.

Kaks kummipaati kerekontrollideks ja merepäästeoperatsioonideks.

Kaks sõltumatut masinaruumi.

Kahekordse kerega konstruktsioon.

50-kraadine pakane laeva masinatele tõsine väljakutse," ütleb Esa Hakanen.

Siber õpetab

Pole juhus, et enamik jäämurdmise alaseid leiutati pärineb Soomest, kus kõik sadamad võivad talvel jääga kaetud olla. Samas toimub 96% Soome kaubaveost meritsi.

„Ilma talvise laevanduseta sööksime talvel naerist,“ ütleb Aker Arcticu jäävõimekuse meeskonna juht Riikka Matala.

Teine eelis on see, et soomlased on lume ja jääga tuttavad lapsepõlvest saati. Parimad teadmised saadakse välitingimustes. Kui esimesi asimuutkäturitega tankereid 1990. aastatel katsetati, siis üllataval kombel liikusid need jääs paremini tagurdades kui vöör ees sõites.

„Kui laev on hea jääs, siis avamerel on see halb. Siis saadi aru, et kui laeval on kaks otsa, siis ühe saab optimeerida lahtise ve ja teise jää jaoks,“ ütleb Matala.

See teadmine on osutunud oluliseks. Aker Arcticu DAS-kontseptsiooni tulemusena on ehitatud 50 kau-

balaeva, mis jääs iseseisvalt hakama saavad.

„Kõige keerulisemates jääoludes liiguvad nad ahter ees, kulutades poole vähem energiat, kui oleks vaja vööriga ees liikumiseks,“ ütleb Mika Hovilainen.

Laeva kere peab vastu pidama jää kokkusurumisest tekkivatele tohutute koormustele. Vaja on, et jäämurdja kapten saaks laeva jõudlust täielikult ära kasutada, ilma kerele püsivaid deformatsioone tekitamata. Nii võib võimsa sõjalaeva kere sellistes oludes sõites puruneda. „Jäämurdja kaptenile antakse rohkem vabadust. Jäämurdmine on üsna agressiivne tegevus,“ ütleb Valtonen.

Näiteks muutis Valtoneni uus arvutusmeetod Kanada jaoks projekteeritud polaarjäämurdja kergemaks kuid tugevamaks.

„Eemaldasime laevalt 400 tonni terast ja samal ajal paranes ohutus,“ ütleb Hovilainen.

Kere kaalu kokkuhoid omakorda vähendab mootori võimsust ja kütusekulu. Parimal juhul laeva suurus väheneb, kuid jõudlus säilib.

Keskond ennekõike

Keskonnaküsimused on iga aastaga olulisemaks muutunud. Suured jäämurdjad võivad tarbida päevas kuni 150 tonni kütust.

Rootsi tulevase jäämurdja projekteerimise lähtekohaks on olnud süsinikdioksiidi heitkoguste vähendamine 70 protsenti võrreldes Rootsi 1970. aastate jäämurdjatega, Soome Urho ja Sisu sõsarlaevadega.

„Meie oskusteabe, moodsa kerekuju, õigete mootorilahenduste ja soojataastussüsteemidega saavutasime 60-protsendilise vähendamise. Ülejäänud saab teha madala heitkogusega kütuse kasutuselevõtvuga,“ ütleb Hovilainen.

Ka akud jõuavad jäämurdjatesse.

Le Commandant Charcot, mis sõidab põhjapoolusel ja Antarktikas, on varustatud suure mahutavusega akude plokiga - nagu ka Rootsi tulevane jäämurdja. See toimib varutoiteallikana ja annab vajadusel lisavõimsust.

„Seega on võimsusreserv suurem, kui peaks juhtuma halvim,“ ütleb Ville Valtonen. **TM**