Business from technology



Jään rakenne, kasvu ja sen mekaanisiin ominaisuuksiin vaikuttavat tekijät osa 1

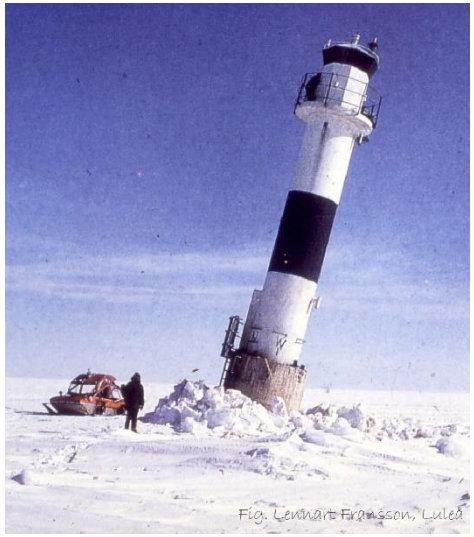
27.1.2021 - Skrinnari

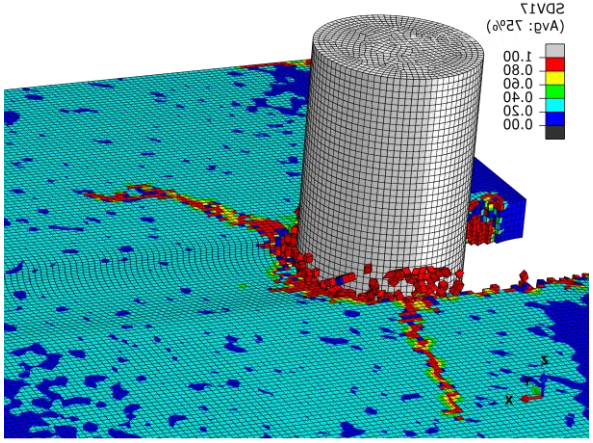
Kari Kolari



Kuka

- Tutkija VTT:ltä
- Jääkuormat, jään lujuus ja lujuuden mallinnus
- Väitöskirja jään lujuuden mallintamisesta
- Retkiluistelua takana 30 vuotta









Sisältö

Jään synty ja kasvu

- Perusrakenne: Ensijää, alusjää, päällysjää
  - Ensijää: Kasvu tyynessä vedessä
    - Kiderakennetutkimusta
  - Ensijää: Kasvu turbulenttisessa vedessä
  - Alusjää: Pylväskiteinen, suolataskut
  - Päällysjää: Kohva
- Jäätutkimuksen tulokset luistelijan näkökulmasta

Ekstra: Ajojääilmiöitä

- Jääkuormat, Ahtojää, sormijää,….



Sisältö



Jään synty ja kasvu

- Perusrakenne: Ensijää, alusjää, päällysjää
  - Ensijää: Kasvu tyynessä vedessä
  - Kiderakennetutkimusta
  - Ensijää: Kasvu turbulenttisessa vedessä
  - Alusjää: Pylväskiteinen, suolataskut
  - Päällysjää: Kohva
- Jäätutkimuksen tulokset luistelijan näkökulmasta

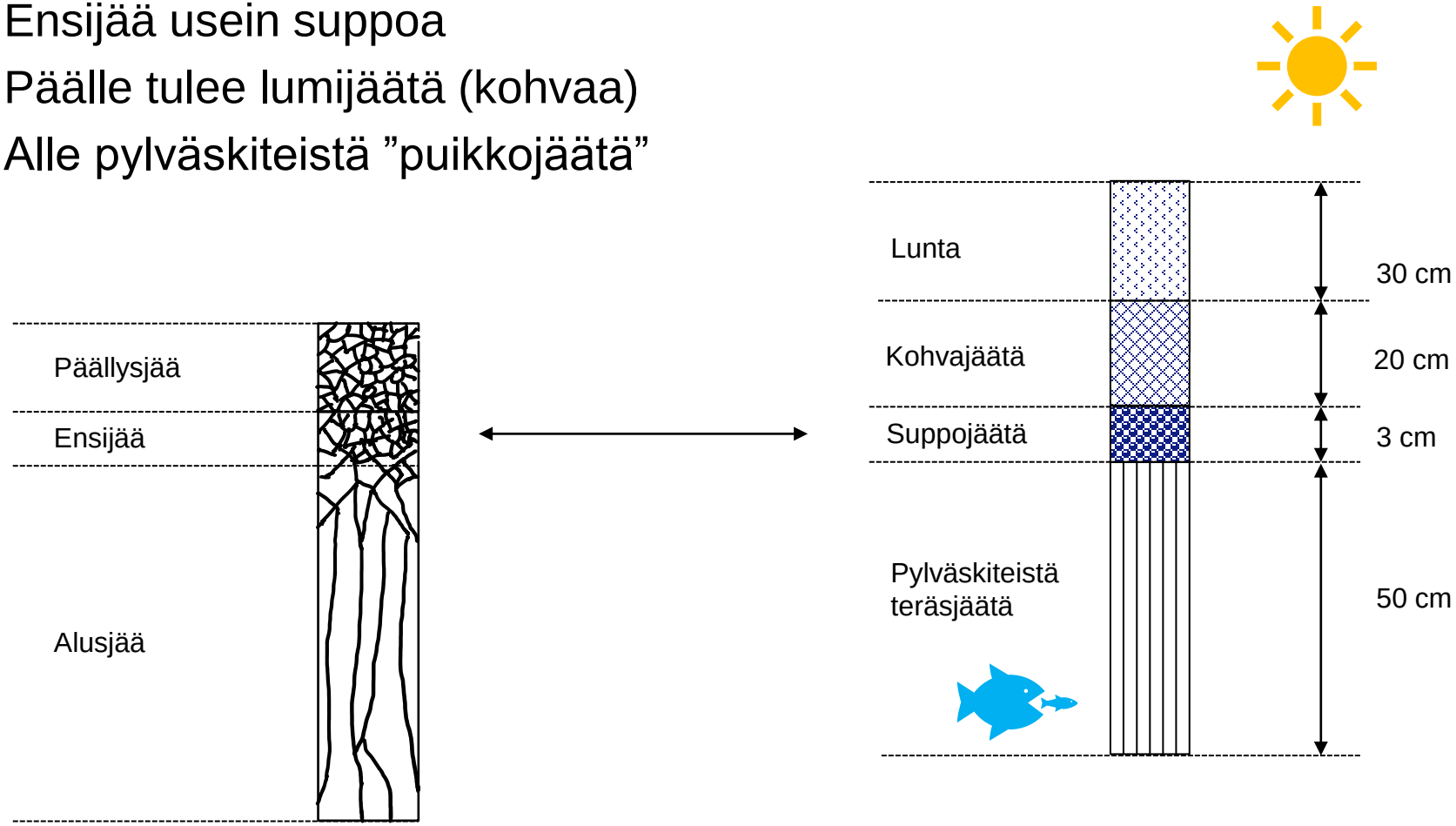
Ekstra: Ajojääilmiöitä

- Jääkuormat, Ahtojää, sormijää,….



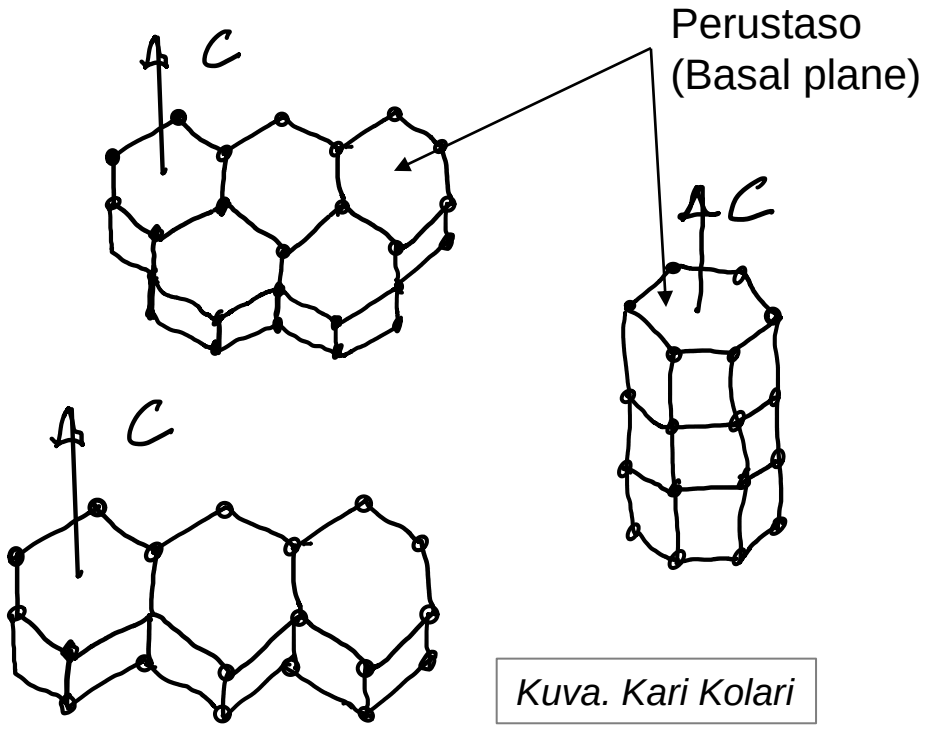
Jään tyypillinen rakenne

- Ensijää usein suppoa
- Päälle tulee lumijäätä (kohvaa)
- Alle pylväskiteistä ”puikkojäätä”

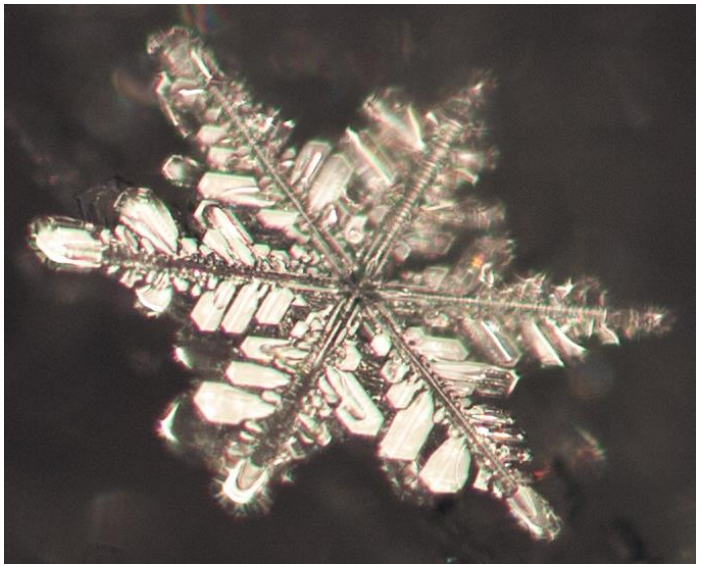


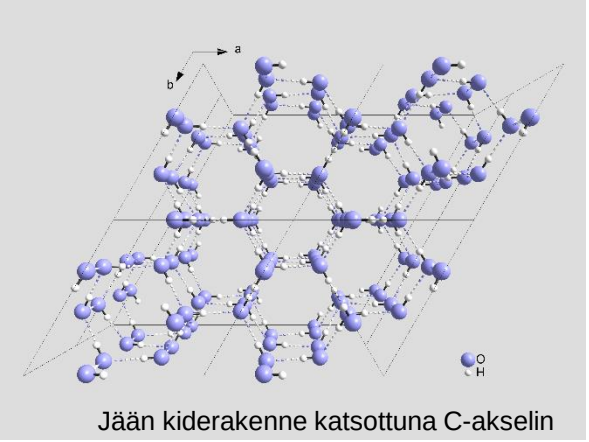
Jään kasvu - kidekenne

- Happi ja kaksi vetyatomia (H_20)
- Hexagonaalinen rakenne
- Symmetria-akseli (optinen C-akseli)



Kuva. Kari Kolari



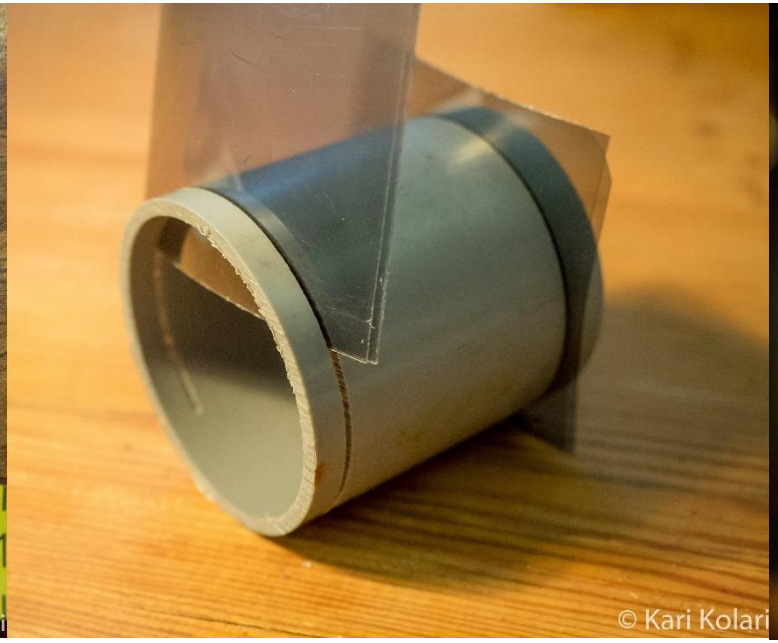


Jään kiderakenne katsottuna C-akselin suunnasta (Kuva, Wikipedia)

Jään kasvu - kidekenne

- Esimerkki. Kokeile tätä kotona
- Jääpala kahden polarisaatiolevyn välissä

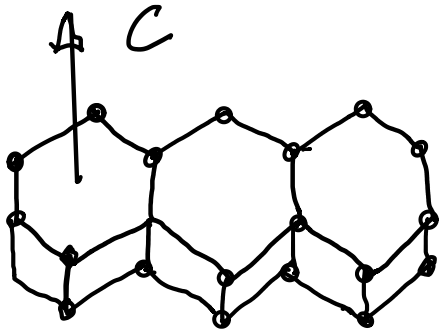


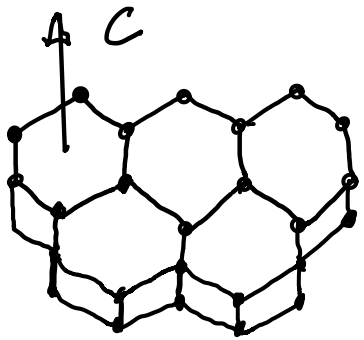




Jään kasvu – tyynessä vedessä

- Vesi kylmenee – mutta ei välttämättä jäädy
- Nukleaatio
  - Jäätymisen alkupiste (esim. Lumihiutale, epäpuhtaus, jääpala)
- Neulasmainen kasvu
- Nopea jäätyminen
  - keskikokoiset kiteet, C-aks. Pystys. /satunnainen
- Hidas jäätyminen,
  Isot kiteet, C-aks. pystysuuntaan

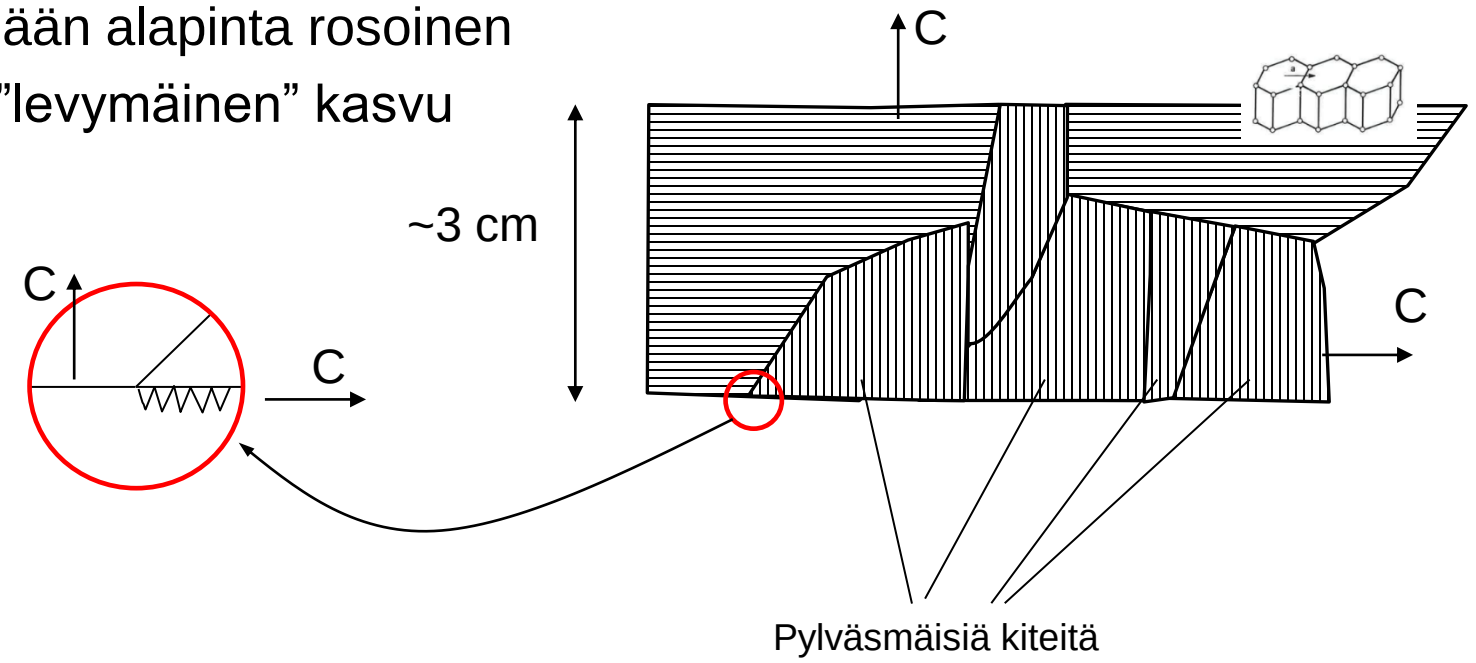






Jään paksuuden kasvu

- Tyyni vesi – teräsjää
- Optinen C-akseli alkaa ”kääntyä” nopeasti vaakasuuntaan
  - Vain vesi jäätyy, jäätyminen erottelee veden siihen liuenneista aineista
  - Merijään alapinta rosoinen
    - ”levymäinen” kasvu



Tyyni vesi – C-akseli

- Tyynessä vedessä syntyneen ensijään kiteistä yli 50%:lla C-akseli on pystysuorassa (Weeks & Ackley, 1982 p.18)

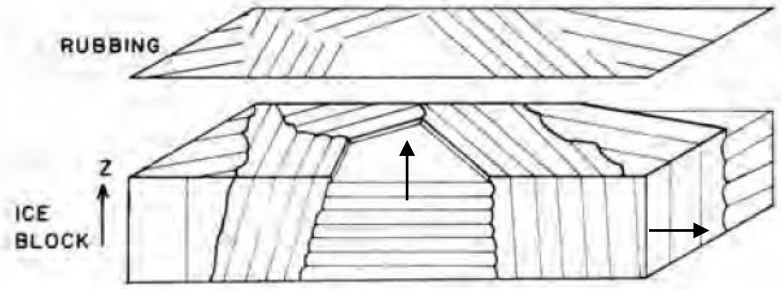
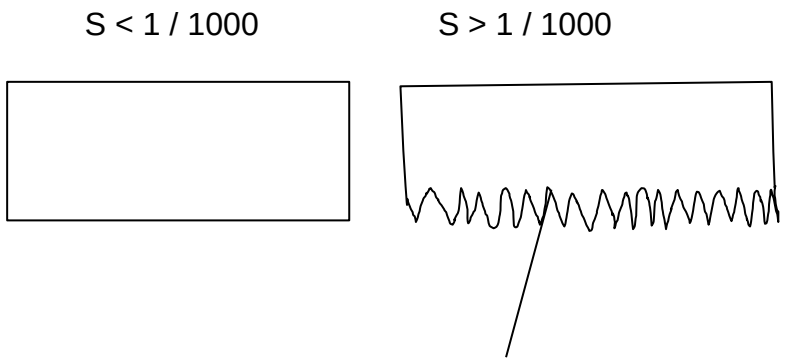


Figure 15. The relation between the ice surface topography produced by etching and the lines on a rubbing.

Kuva, Weeks & Ackley, 1982 p.18

Makea versus suolainen

- Erilainen alapinta
  Riippuu veden suolapitoisuudesta S




© Kari Kolari

Sisältö

Jään synty ja kasvu

- Perusrakenne: Ensijää, alusjää, päällysjää
  - Ensijää: Kasvu tyynessä vedessä
    - Kiderakennetutkimusta luistelun ohessa
  - Ensijää: Kasvu turbulenttisessa vedessä
  - Alusjää: Pylväskiteinen, suolataskut
  - Päällysjää: Kohva
- Jäätutkimuksen tulokset luistelijan näkökulmasta

Ekstra: Ajojääilmiöitä

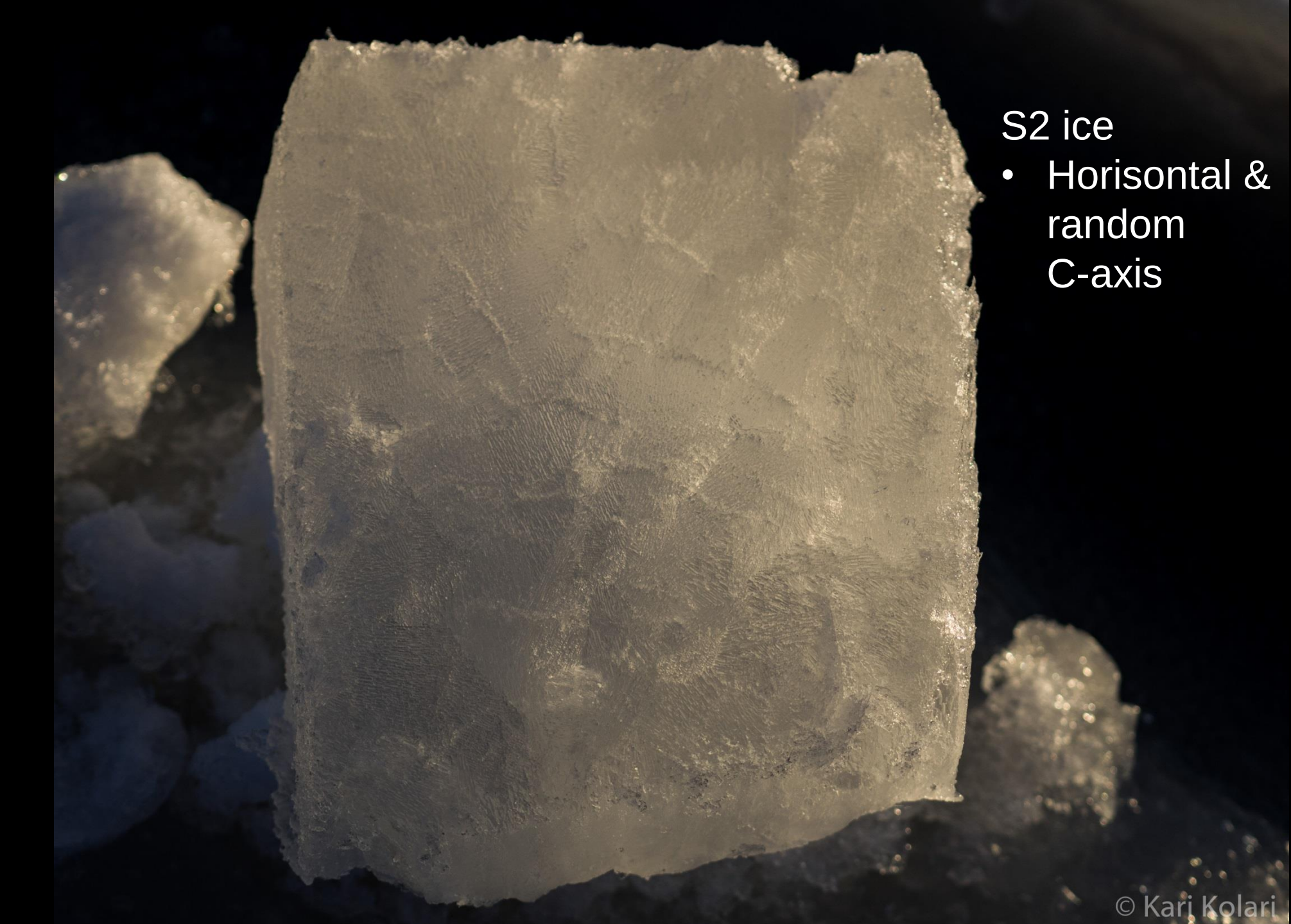
- Jääkuormat, Ahtojää, sormijää,….




© Kari Kolari


© Kari Kolari

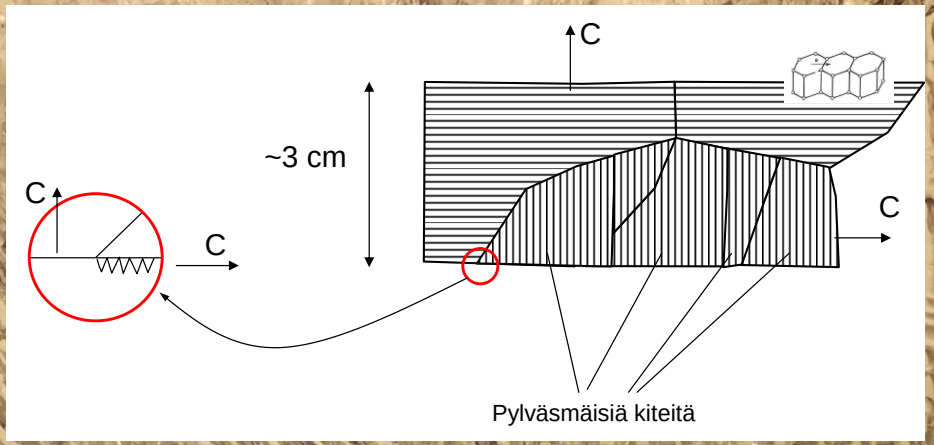

© Kari Kolari


S2 ice
• Horisontal & random C-axis
© Kari Kolari

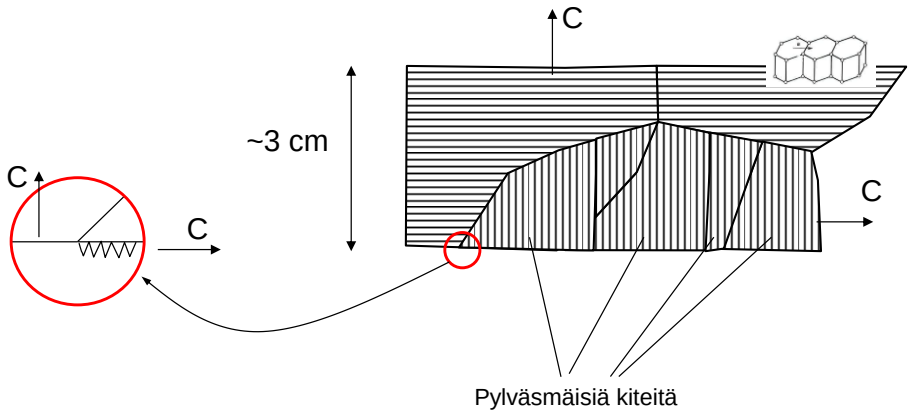
Jään alapinta

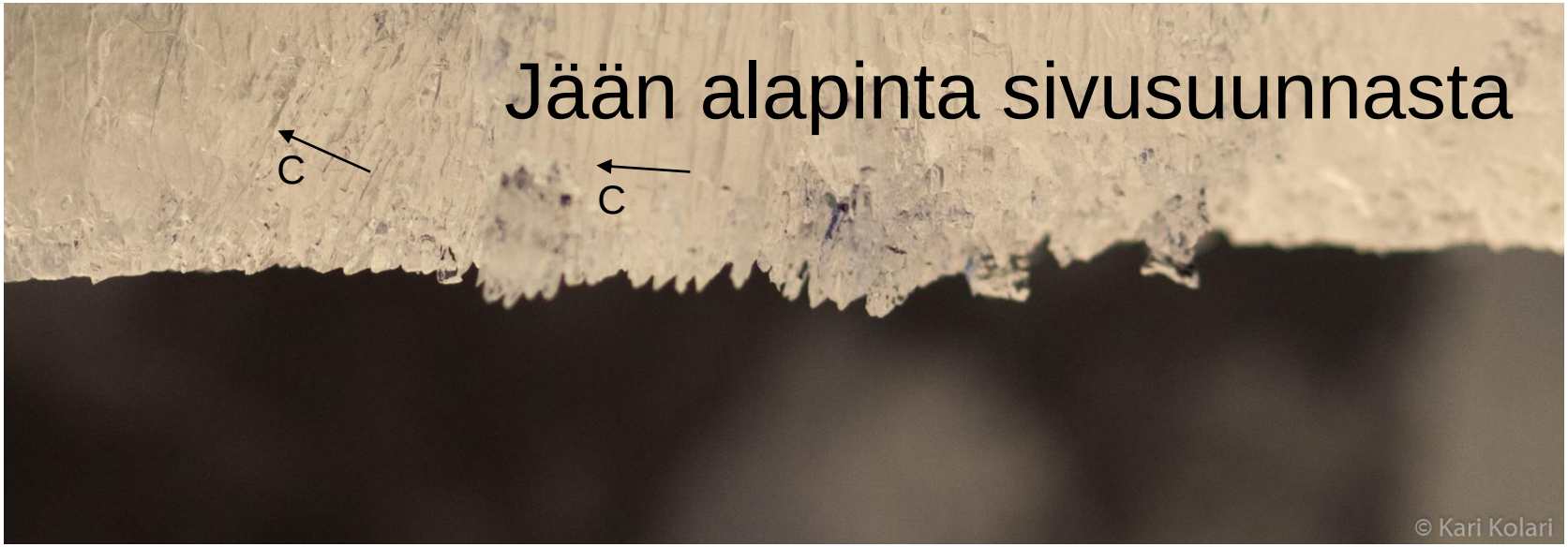
C-axis

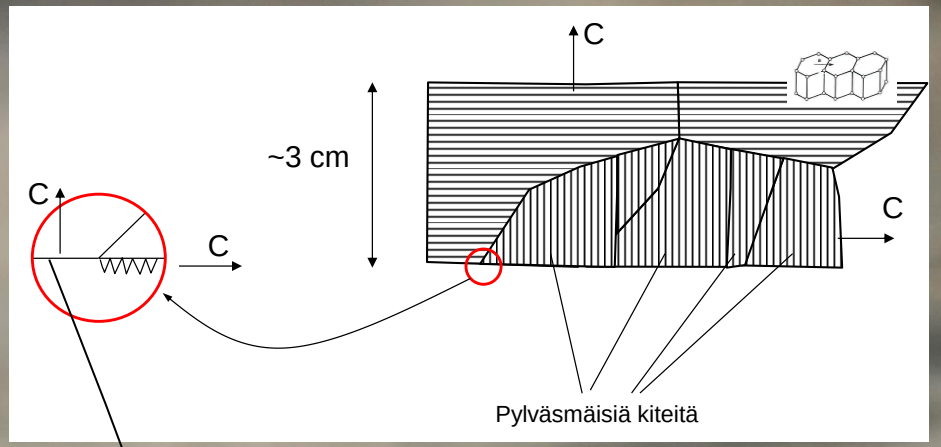
C-axis



© Kari Kolari


C
~3 cm
C
C
C
Pylväsmäisiä kiteitä


Jään alapinta sivusuunnasta
C
C
© Kari Kolari



Jään alapinta

Sisältö

Jään synty ja kasvu

- Perusrakenne: Ensijää, alusjää, päällysjää
  - Ensijää: Kasvu tyynessä vedessä
  - Kiderakennetutkimusta luistelun ohessa
  - Ensijää: Kasvu turbulenttisessa vedessä
  - Alusjää: Pylväskiteinen, suolataskut
  - Päällysjää: Kohva
- Jäätutkimuksen tulokset luistelijan näkökulmasta

Ekstra: Ajojääilmiöitä

- Jääkuormat, Ahtojää, sormijää,….



Makeassa ja merivedessä

Ensijää - Hyydejää – Suppo

- Aallokko (turbulenssi) ➔ veden sekoittuminen
- Lievä Alijäähtyminen
- Ohutta pintakerrosta ei synny
  - Neulaset rikkoontuvat
- Syntyy kerros hyydettä*
  - Grease ice (eng.), Sorbet (ransk.)
- Joessa jopa 30 cm paksu



*Weeks & Ackley, (1982, s. 18-19)

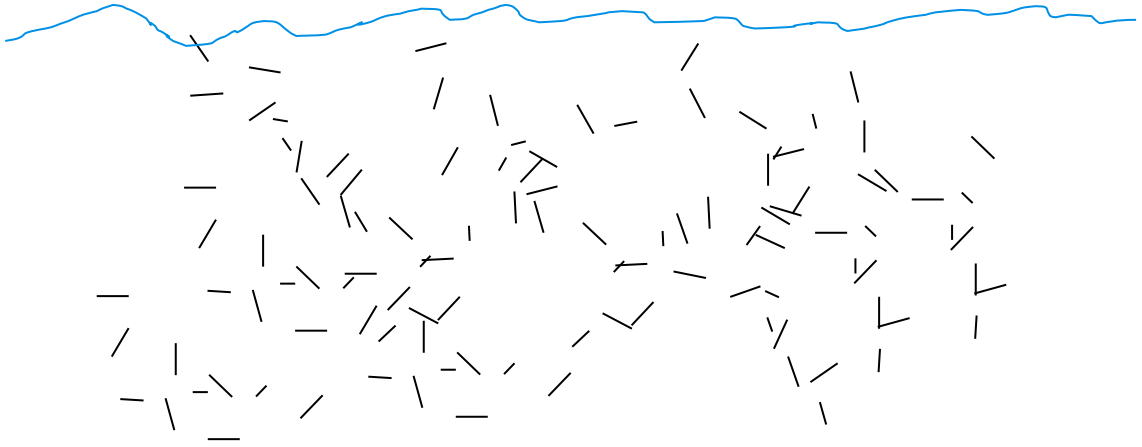
Kuva. Matti Leppäranta



Figure By Dr. Kathy Kuletz / USFWS - http://www.pmel.noaa.gov/foci/ice07/images_selectHyrenbach/pages/GreaseIce%20by%20Kathy%20Kuletz.html, Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22712738

Suppojääkiteet -

- Suppokiteitä syntyy vedessä, pinnan alla



Suppojääkiteet -

- Kerääntyvät yhteen, nousevat pintaan
- Vaimentaa aallokkoa
- Estävät lämmönsiirron (alijäähtymisen)



Grease ice (eng.)
Sorbet (fra.)

Suppojääkansi - Suurehko suolapitoisuus

- Suppo: Suppokiteiden välissä on merivettä
- Hyytelömäisen suppokerroksen suolapitoisuus, jopa 90% meriveden suolaisuudesta*
- Supon jäätyessä jääkanneksi (tai lautasjääksi) suolapitoisuus putoaa nopeasti. Jääkannen suolapitoisuus on reilut 50% meriveden suolaisuudesta*
- Suppokansi on huokoinen; ilmahuokosia ilmaa ja suolataskuja



Lautasjäätä Norströmsgrundissa
Kuva: Kari Kolari

(*De La Rosa et al., 2011; Maus & De La Rosa, 2012)

Suppojää – Hyydejää

- Vedessä olevat suppojääkiteet tarttuvat kaikkeen
  - Ankkurijää
  - Verkot, köydet, risut, potkurit
  - Suppojääpadot
  - Vedenottamoiden tukkeutumisen
  - Vesivoimaloiden tukeutuminen
  - Jne.

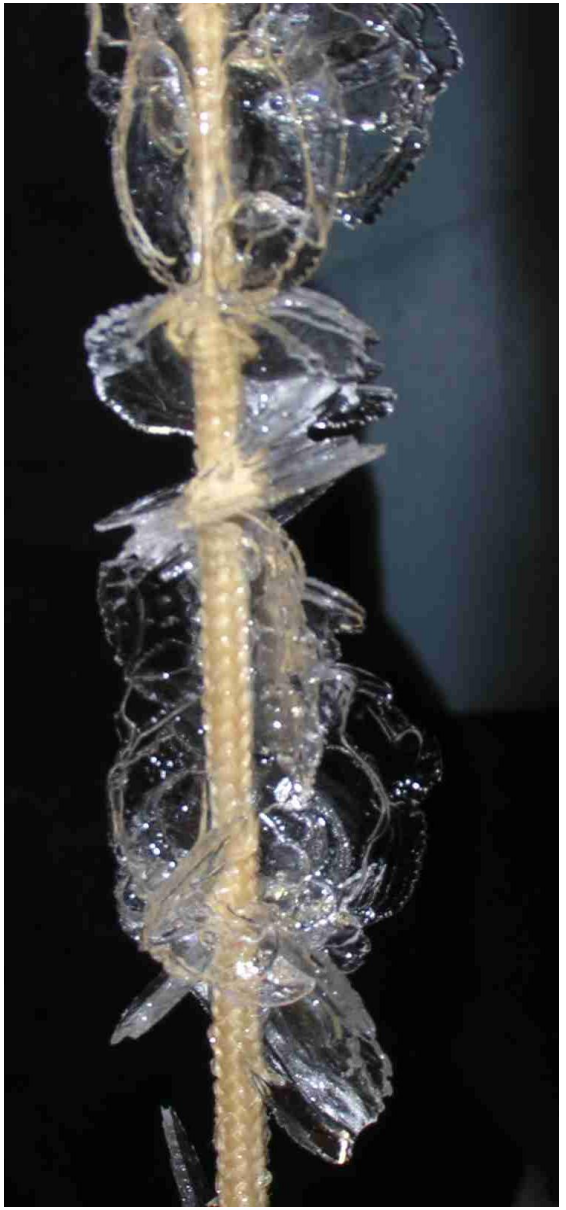


Photo by DeVries/Cheng lab, University of Illinois, Urbana-Champaign, USA.
Wikipedia: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7e/Anchor_ice_platelets_on_rope.JPG


Uunisaari, Kaivari
© Kari Kolari


Kaivari
© Kari Kolari


Uunisaari, Kaivari
© Kari Kolari


Uunisaari, Kaivari
© Kari Kolari



Lautasjäätä Norströmsgrundissa
Kuva: Kari Kolari



Norströmsgrundin Majakka (Ruotsi)
Kuva: Kari Kolari


Lautasjää
Tallriksis
Taldrikjää
Pancake ice
© Kari Kolari



Suppoa – Laajalahti Hki 15.12.2009


Suppoa - Punelia 15.12.2013
© Kari Kolari


Suppoa - Lauttasaari, Hki, 23.12.2009
© Kari Kol



Suppoa - Nuottaniemi, Hki, 23.12.2009

© Kari Kolari



Suppoa - Lauttasaari, Hki, 21.1.2010

© Kari Kolari

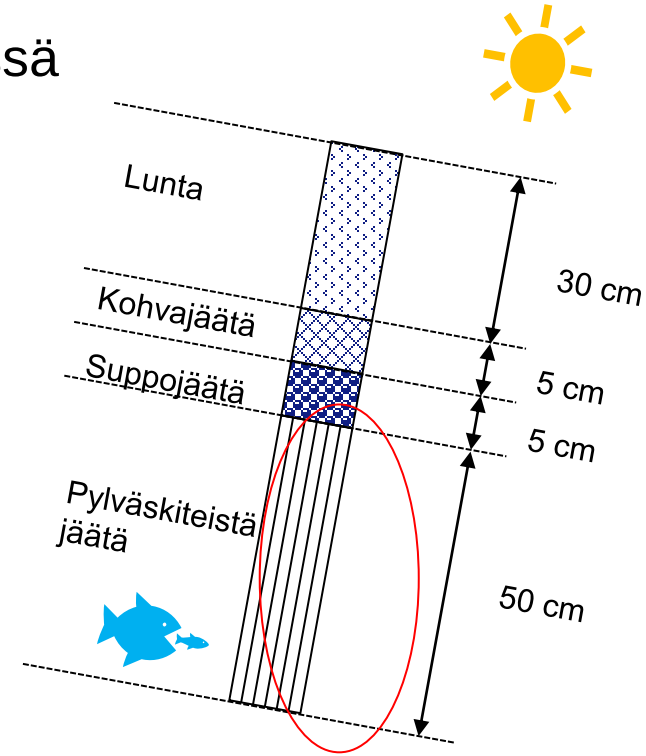
Sisältö

Jään synty ja kasvu

- Perusrakenne: Ensijää, alusjää, päällysjää
  - Ensijää: Kasvu tyynessä vedessä
  - Ensijää: Kasvu turbulenttisessa vedessä
  - Alusjää: Pylväskiteinen, suolataskut
  - Päällysjää: Kohva
- Jäätutkimuksen tulokset luistelijan näkökulmasta

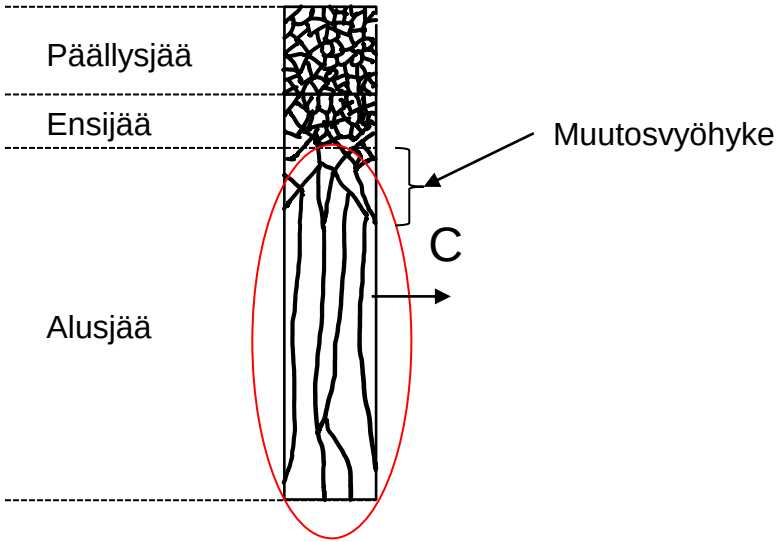
Ekstra: Ajojääilmiöitä

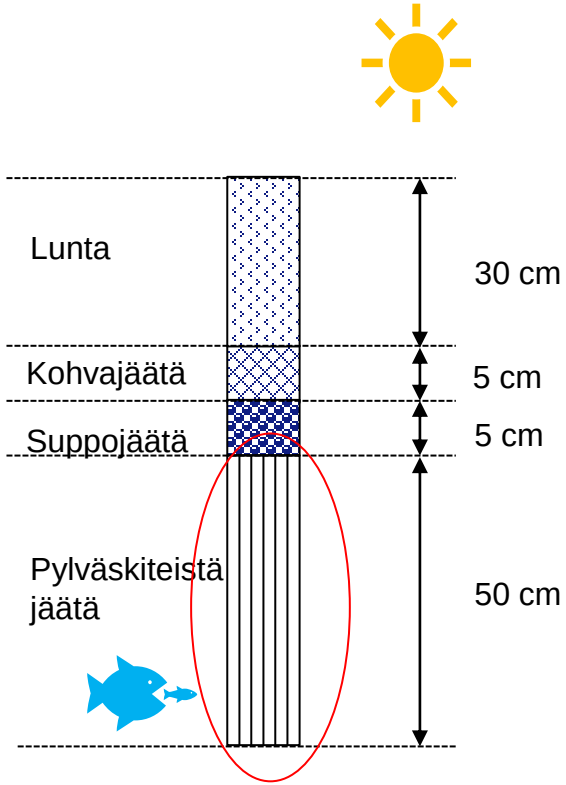
- Jääkuormat, Ahtojää, sormijää,….



Alusjää

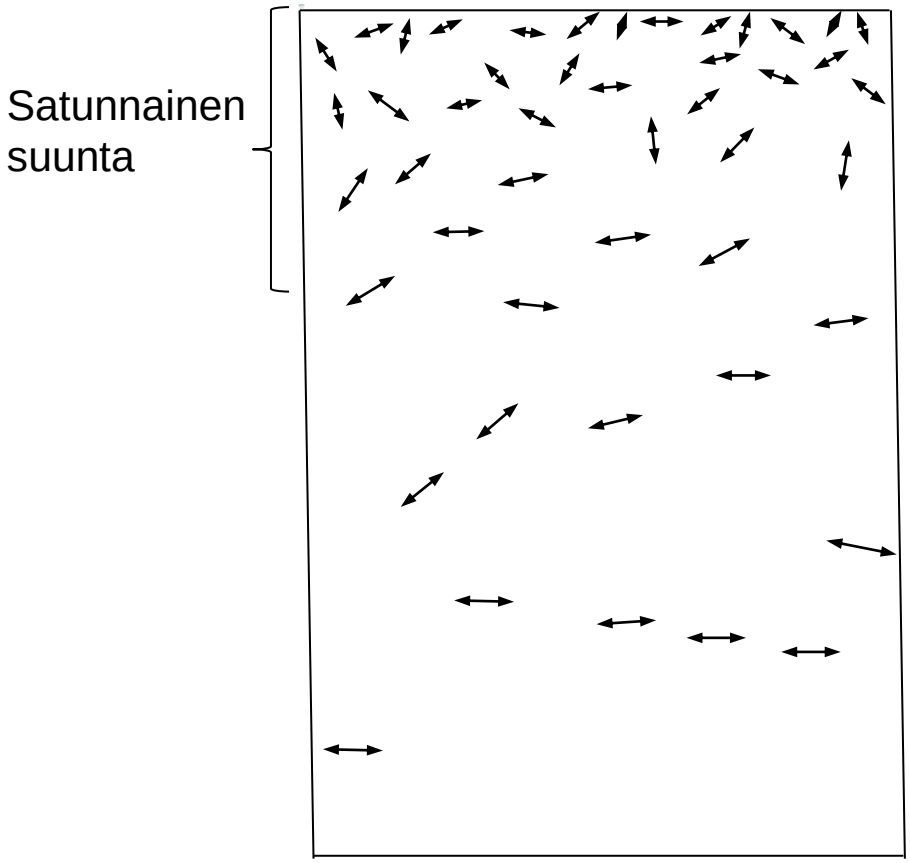
- Paksuuden kasvaessa C-akselit ”kääntyvät”
- Syntyy pylväskiteistä ”puikkomaista” jäätä
- Lämmönjohtuvuus on parempi tässä suunnassa





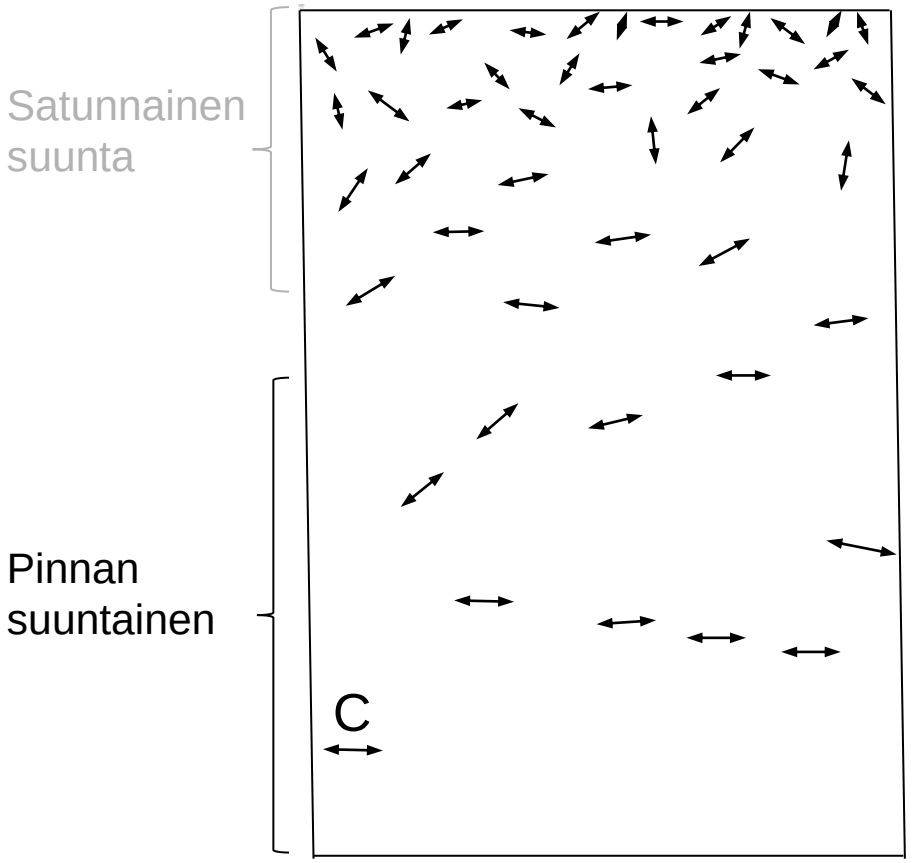
Merijää (Paksu) - Rakenne

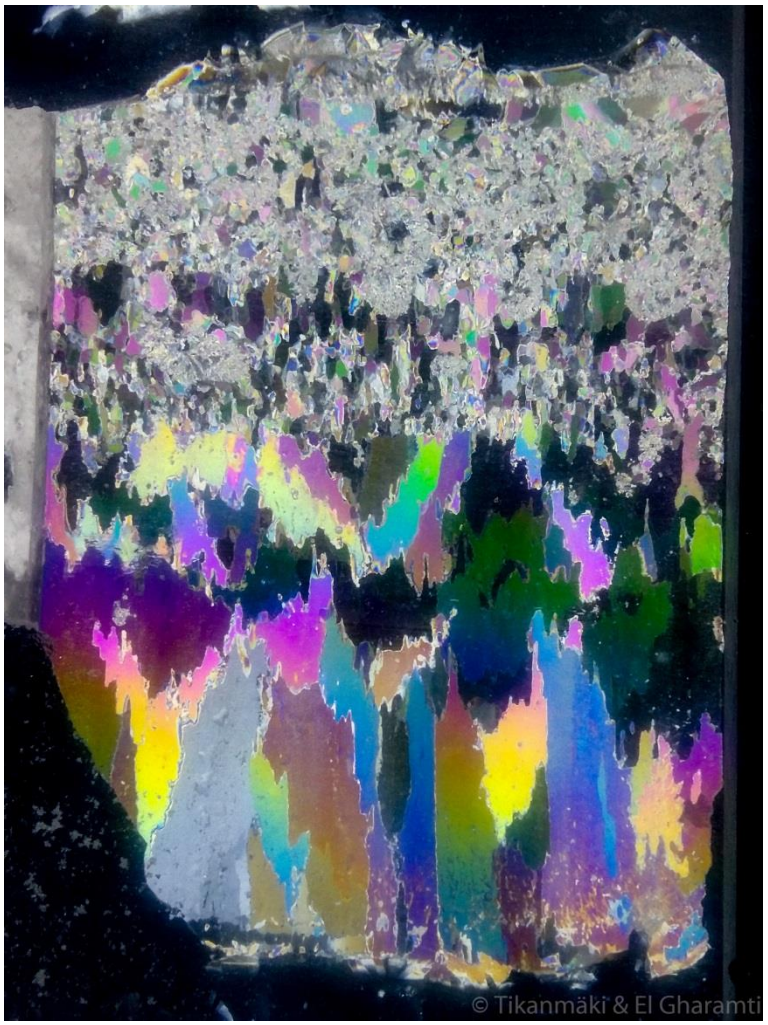
- ”Pinnalla”: Ensijää & Päällysjää
  - Pieniä kiteitä
    - Suppojäätä, lumijää
    - C- akseli: satunnainen



Merijää (Paksu) - Rakenne

- ”Pinnalla”: Ensijää & Päällysjää
  - Pieniä kiteitä
    - Suppojäätä, lumijää
    - C- akseli: satunnainen
- Syvemmällä
  - Pylväsmäistä, puikkojäätä
  - C- akselit pinnan suuntaisia





Side view

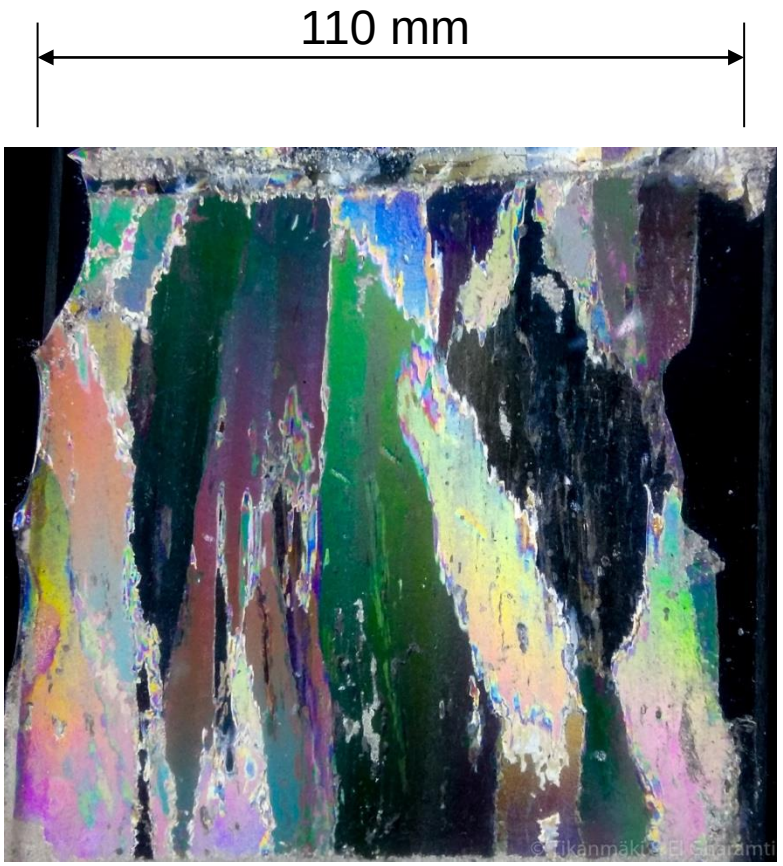
Merijää. Laajalahti, Helsinki

Päällysjää, lumijää

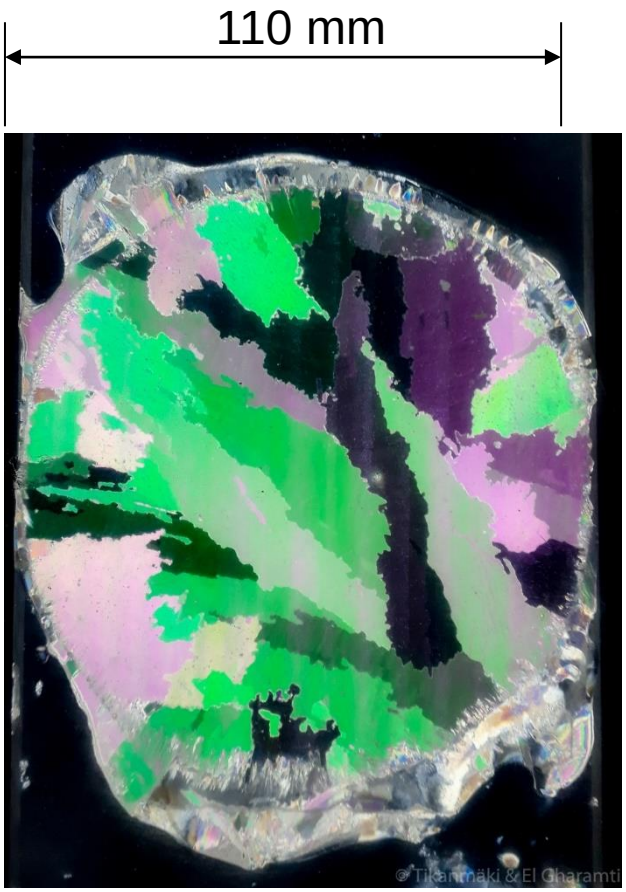
Ensijää, suppojäätä/lumijäätä

Alusjää, pylväskiteistä

Merijää. Laajalahti, Helsinki



Side view

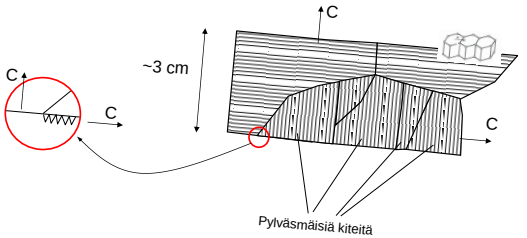


Cross-section

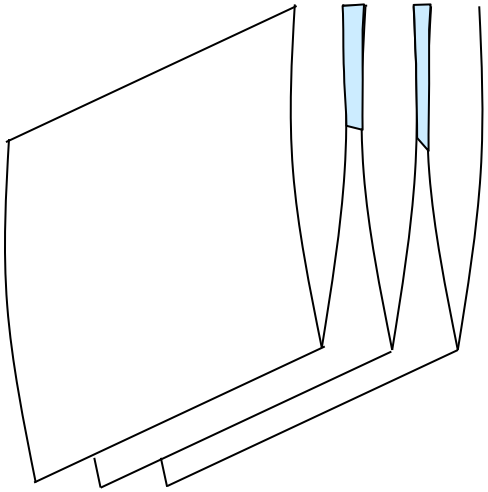
Kuvat, Maria Tikanmäki & El Gharamti

Alusjään kasvu ja Suolataskut

- Suolavettä jää ”loukkuun” (entrapped) levymäisten dendriittien väliin.

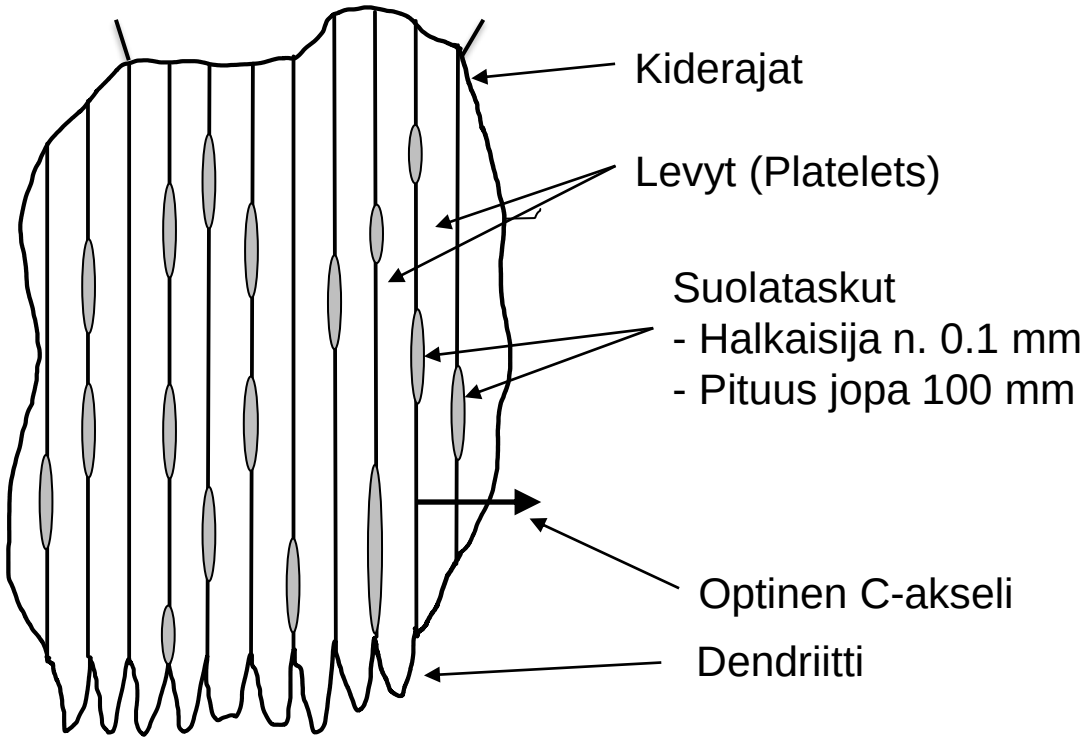






Kasvu ja Suolataskut

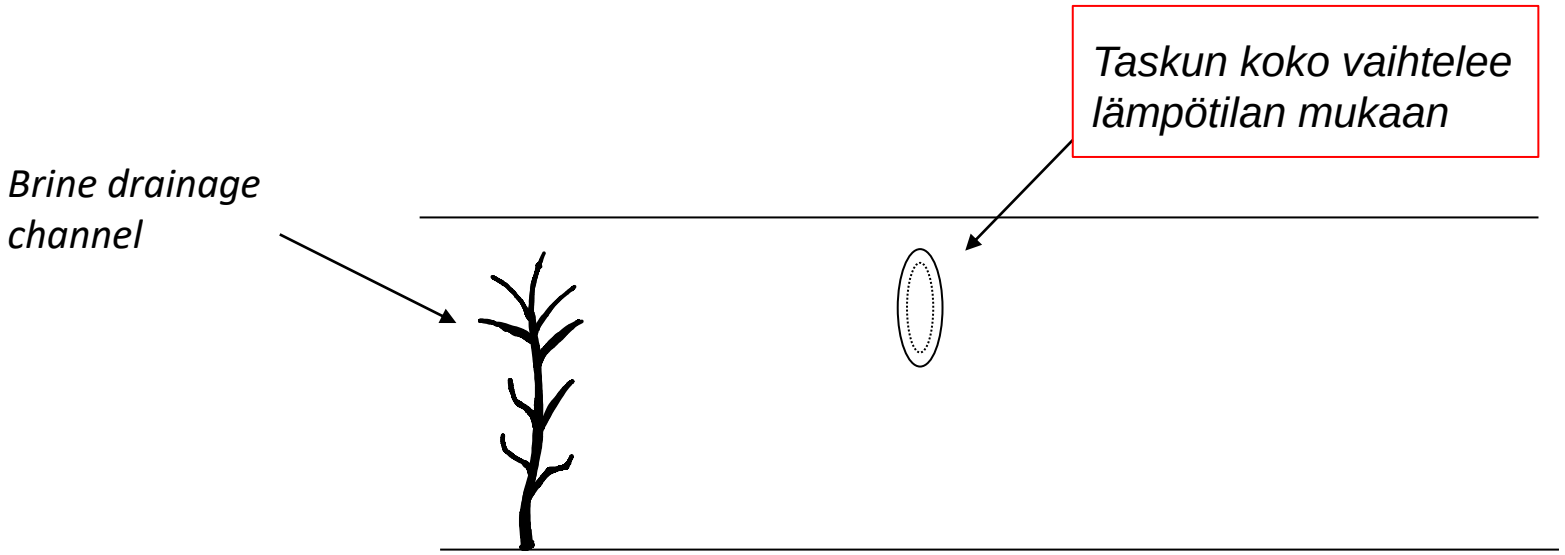
- Jään kasvaessa suola jää loukkuun **pylväsmäisen kiteen sisään** (ei kiderajoille)!
- Jään suolaisuus 25-50% veden suolaisuudesta (Itämeri 1-7ppt)
- Suolaisuus vaihtelee
  - Mm. Kasvunopeus vaikuttaa



Kuva. Kari Kolari

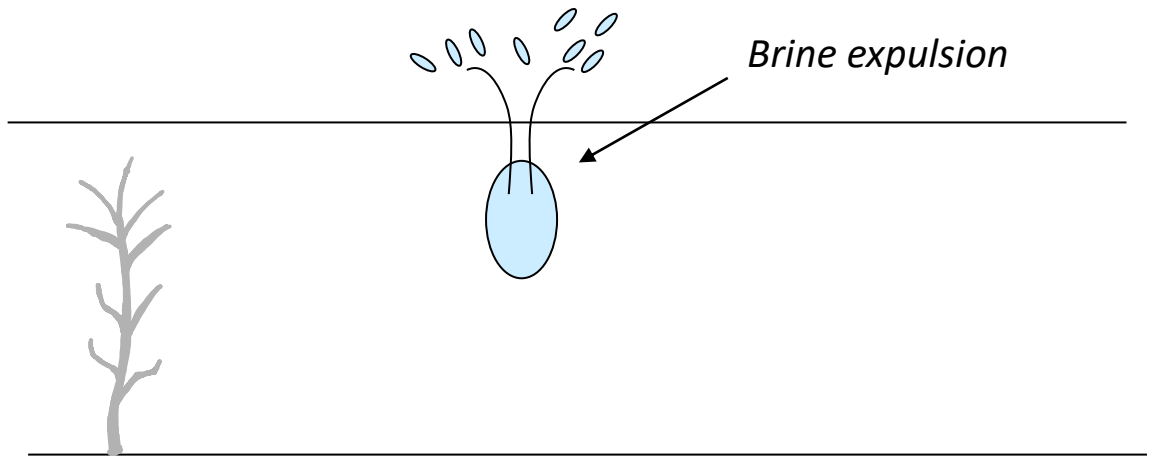
Suolataskut - suolakanavat

- Painovoiman ansiosta osa suolasta valuu alas mereen suolakanavia pitkin (*Brine drainage channel)*
- Osa suolataskun vedestä jäätyy lämpötilan laskiessa



Suolataskut - Brine expulsion

- Taskun jäätyessä ➔Painetta
  - Suolavettä voi purskahtaa (Brine expulsion*) jään pinnalle
    ➔ ”suolaantunut” jään pinta



*(Ingolf Eide & Martin, 1975)



Sisältö

Jään synty ja kasvu

- Perusrakenne: Ensijää, alusjää, päällysjää
  - Ensijää: Kasvu tyynessä vedessä
  - Ensijää: Kasvu turbulenttisessa vedessä
  - Alusjää: Pylväskiteinen, suolataskut
  - Päällysjää: Kohva
- Jäätutkimuksen tulokset luistelijan näkökulmasta

Ekstra: Ajojääilmiöitä

- Jääkuormat, Ahtojää, sormijää,….

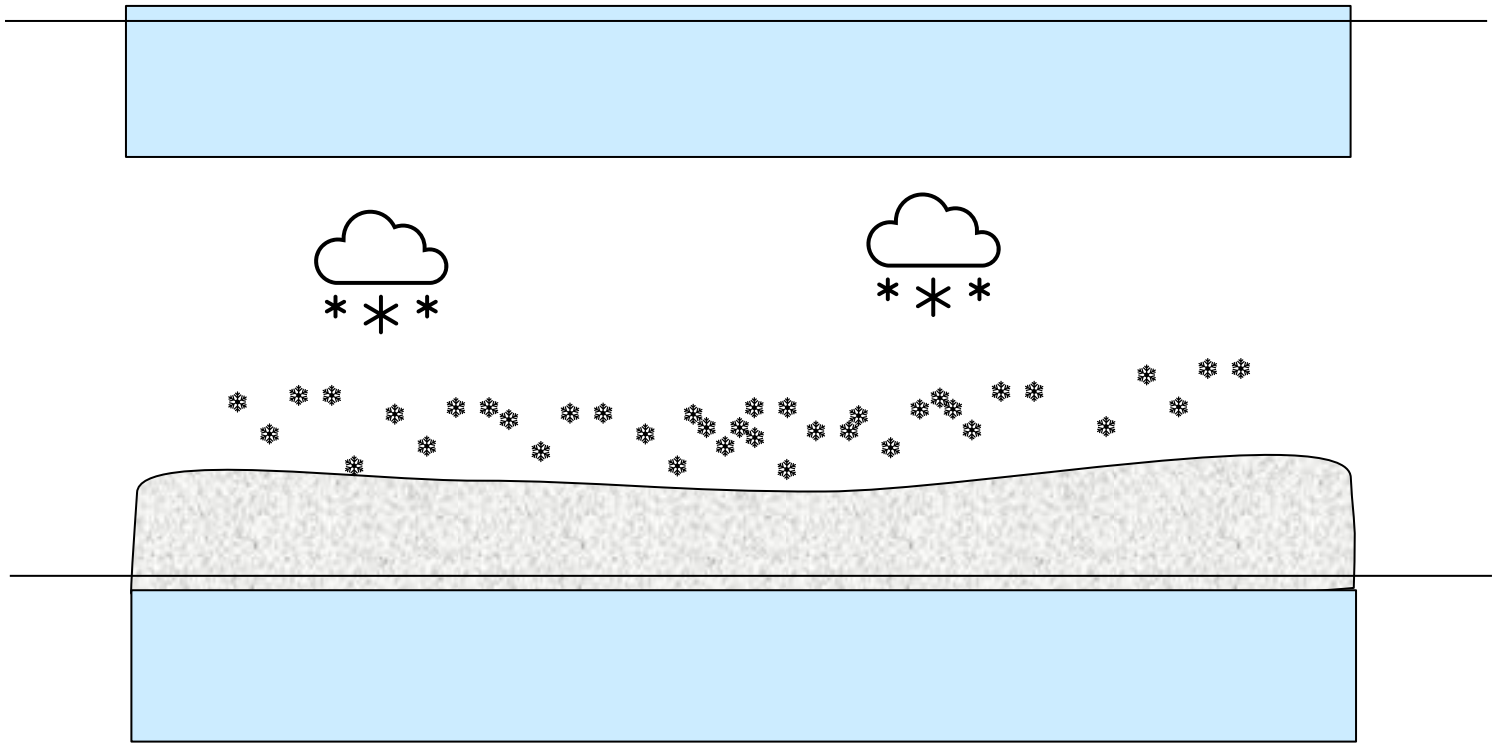
Lumijäätä eli kohvaa

- Kohvajää: lumesta ja vedestä syntynyttä jäätä
  - Kohva*. " .....hangen kova pinta, yl. pintaan muodostunut kuori.”
- Kohvajäälle on erilaisia nimiä sen syntytavan mukaan
  - Uhku* (Dränkstöp). Jäälle nousseen veden lumen kanssa muodostama hyhmäkerros, jääsohjo
  - Uhkujää*. Jäällä olevan veden tai vetisen lumen muodostama jääkuori, kohva, kohvajää*

*Sadeniemi, M. (toim.) 1978. Nykysuomen sanakirja. WSOY. ISBN 951-0-02764-2)

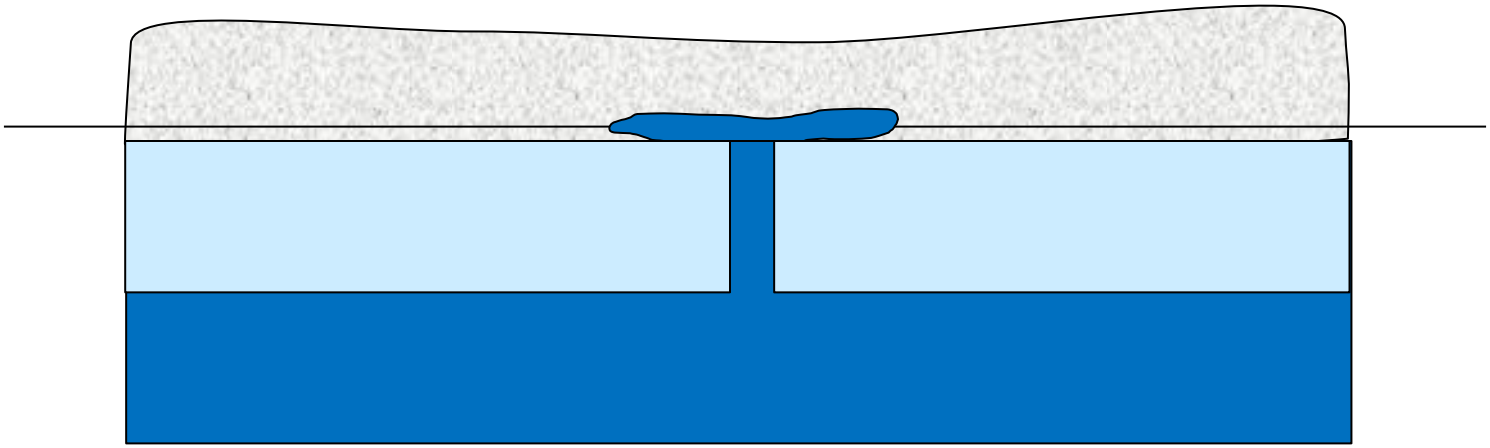
Uhku (Lumijäätä eli kohvaa)

- Jään päälle satava lumi painaa jäätä alaspäin



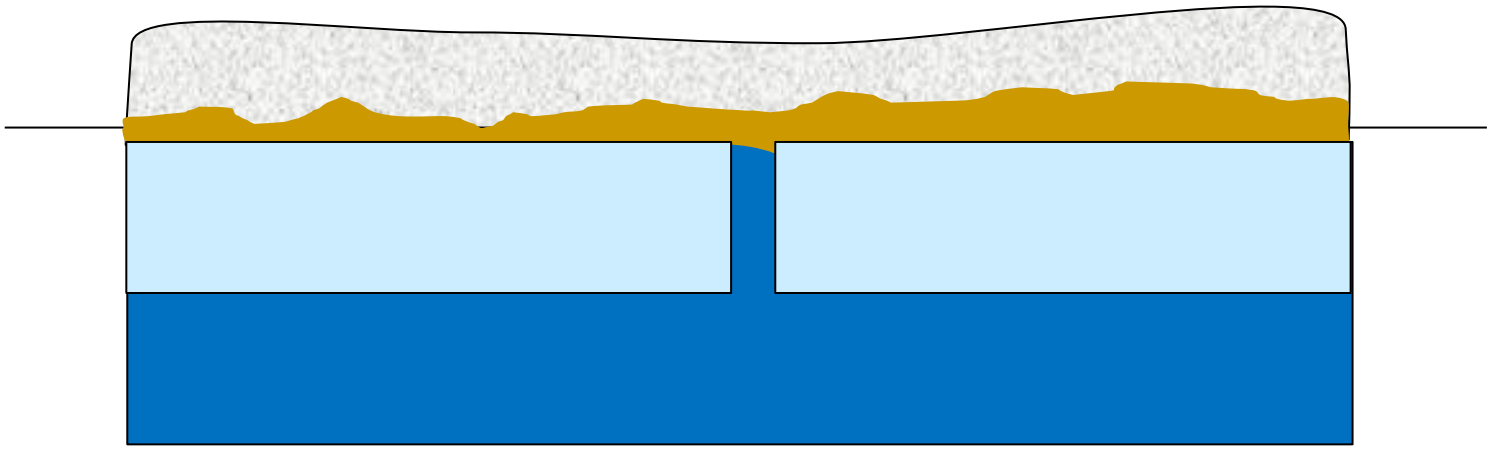
Uhku (Lumijäätä eli kohvaa)

- Vesi uhkuu (tihkuu) halkemista jään pinnalle. Sekoittuu lumeen



Uhku (Lumijäätä eli kohvaa)

- Lumen alle syntyy sohjokerros
- Kun se jäätyy syntyy uhkujäätä (= kohvajää, lumijää)
  - Yleensä huonoa luisteluun



- Nyrkkisääntö: sohjoa voi muodostua kun puuterilumen (100 kg/m^3) paksuus on sama kuin jään paksuus

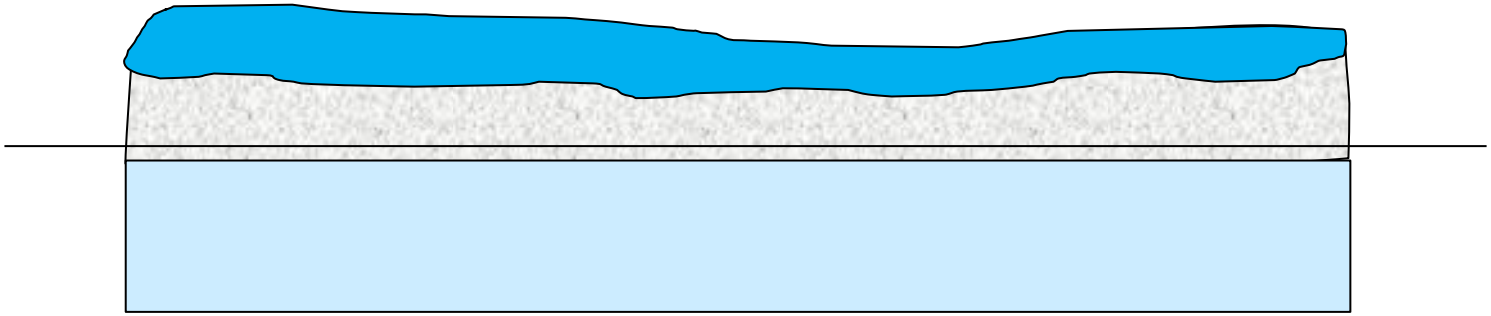


Jäälle nousseen veden muodostamaa kohvaa (uhku / dränkstöp)
Yleensä luistelukelvotonta

© K

Kohvaa sulamisvedestä

- Lumen päälle päälle satava vesi tai sulamisvesi ➔jäätyminen
- Runsas vesi voi johtaa hyvään jäähän



- Kohva on tärkeä: Järvissä kohvajää muodostaa 10-50 % jään kokonaispaksuudesta

Suppoa vai Kohvaa?

- Jäätiedoitteissa puhutaan usein kohvajäästä
  - Jää saattaa kuitenkin olla suppoa
- Esimerkkinä oheinen jäätiedote
  - Jäätä sanotaan kohvaksi, vaikka lunta ei satanut pisaraakaan jääkannen syntymisen jälkeen
- Kohvajään kiteet ovat pieniä kuten supon kiteet. Kiderakenneanalyysin perusteella niitä pysty erottamaan toisistaan
- Kohva on usein huokoisempaa







Kohvajäätä Merellä (Pentala, Espoo)

plutaajat@gmail.com

© Kari Kolari

Sisältö

Jään synty ja kasvu

- Perusrakenne: Ensijää, alusjää, päällysjää
  - Ensijää: Kasvu tyynessä vedessä
  - Ensijää: Kasvu turbulenttisessa vedessä
  - Alusjää: Pylväskiteinen, suolataskut
  - Päällysjää: Kohva
- Jäätutkimuksen tulokset luistelijan näkökulmasta

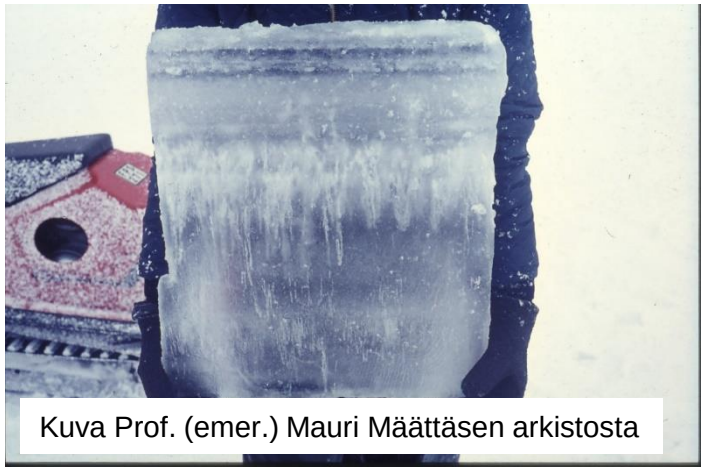
Ekstra: Ajojääilmiöitä

- Jääkuormat, Ahtojää, sormijää,….

Jäätutkimus ja luistelija?

- Kansainvälinen jäätutkimus:
  1) Paksu merijää
     - Yksi ja monivuotinen jää
     - Pylväskiteinen jää
  - Veden suolapitoisuus yleensä 3,5%
  2) Rakeinen jää
     - ”Jäätiköiden jää”

- Suomalainen Luistelija:
  - Ohut, ensijää (< 10cm)
    - Suppojää
    - Marmorijää (satunn. C-aks.)
  - Veden suolapitoisuus 0,1-0,7%
  - Luistelu usein meren lahdissa alhainen suolapitoisuus



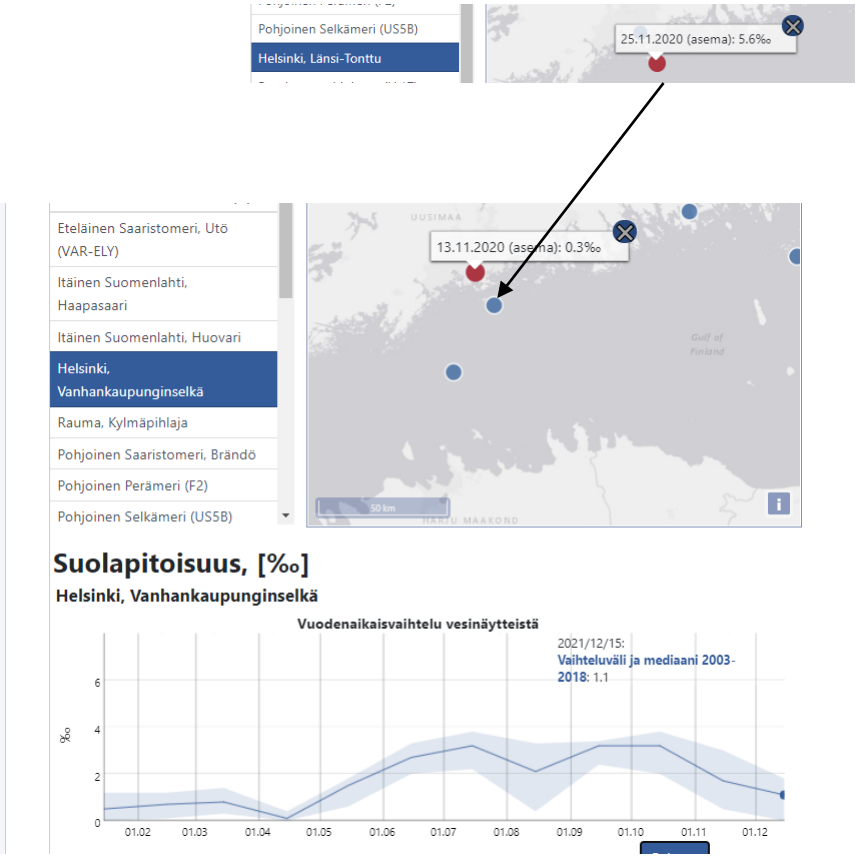
Kuva Prof. (emer.) Mauri Määttäsen arkistosta



Suolapitoisuus - mittauksia

- Vanhankaupunginlahti Hki*
  - Mediaani (15.12) 0,11%
  - Mittausarvo 13.11.2020: 0.03%
    = 0,85% valtameren suolapitoisuudesta

- Länsitonttu, ulompana*
  - Mediaani (15.12) 0,55%
  - Mittausarvo 13.11.2020: 0.56%
    = 16% valtameren suolapitoisuudesta



*https://www.ostersjon.fi/fi-FI/Itameri_nyt/Vedenlaatu/Suolaisuus

Jäätutkimuksen tulokset ja luistelija



Kuva Kari Kolari

- Oltava tarkkana netistä löytyvien tuloksien soveltamisessa luistelijan jäähän
- Ilman perustietoja menee helposti harhaan



Kuva Prof. (emer.) Mauri Määttäsen arkistosta

Sisältö

Jään synty ja kasvu

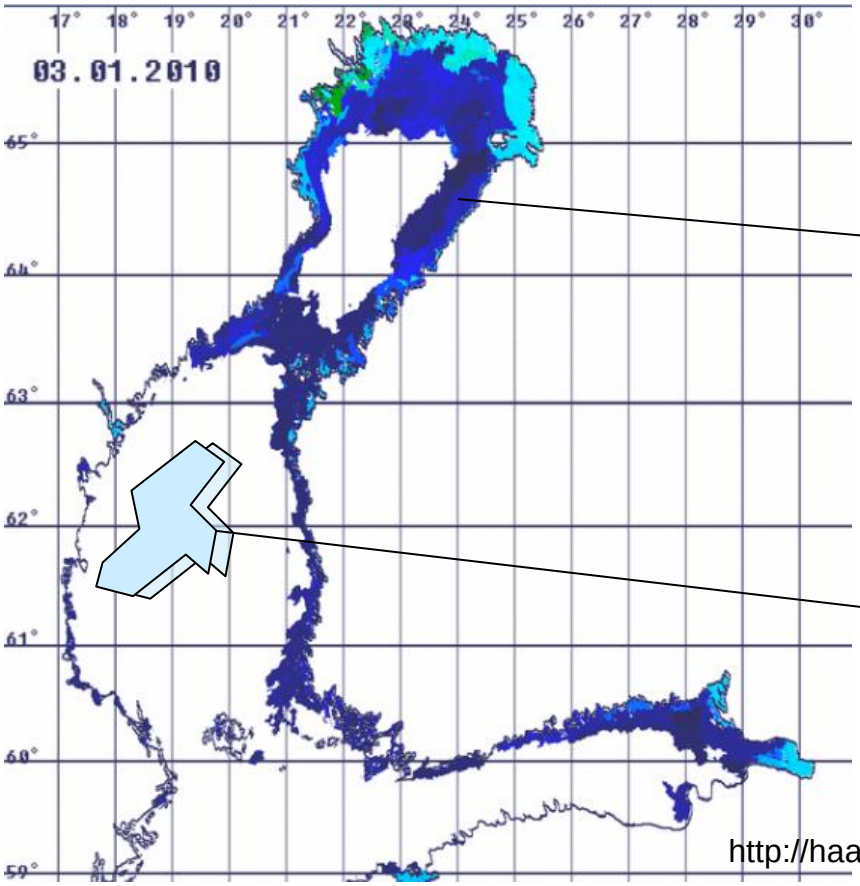
- Perusrakenne: Ensijää, alusjää, päällysjää
  - Ensijää: Kasvu tyynessä vedessä
  - Ensijää: Kasvu turbulenttisessa vedessä
  - Alusjää: Pylväskiteinen, suolataskut
  - Päällysjää: Kohva
- Jäätutkimuksen tulokset luistelijan näkökulmasta

Ekstra: Ajojääilmiöitä

- Jääkuormat, Ahtojää, sormijää,….


Kuva: Mauri Määttänen

Kiintojää ja ajojää



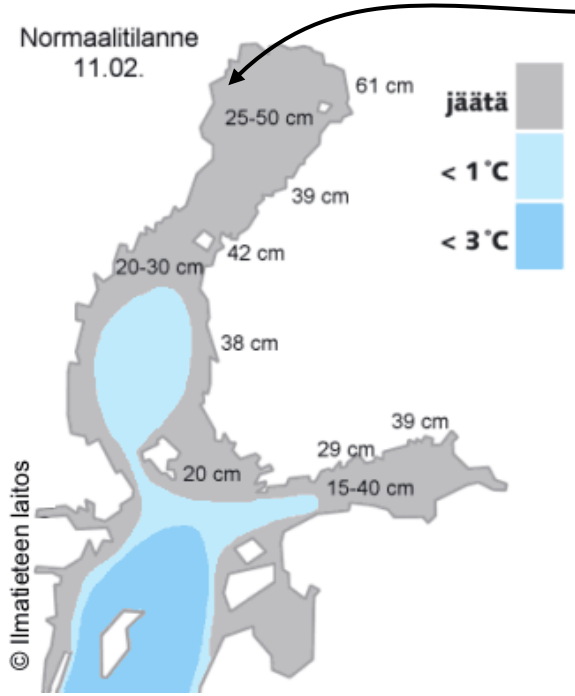
Kiintojää, ei liiku
Fast ice (does not move)

Ajojää
(Drifting Ice)

http://haavi.fimr.fi

Tuuli - Liikkuva jää ja merirakenteet

- Ajojään nopeus: 1-3% tuulen nopeudesta
- Tyypillisesti luokkaa 200-600 metriä tunnissa
- Aiheuttaa suuria kuormia merirakenteille





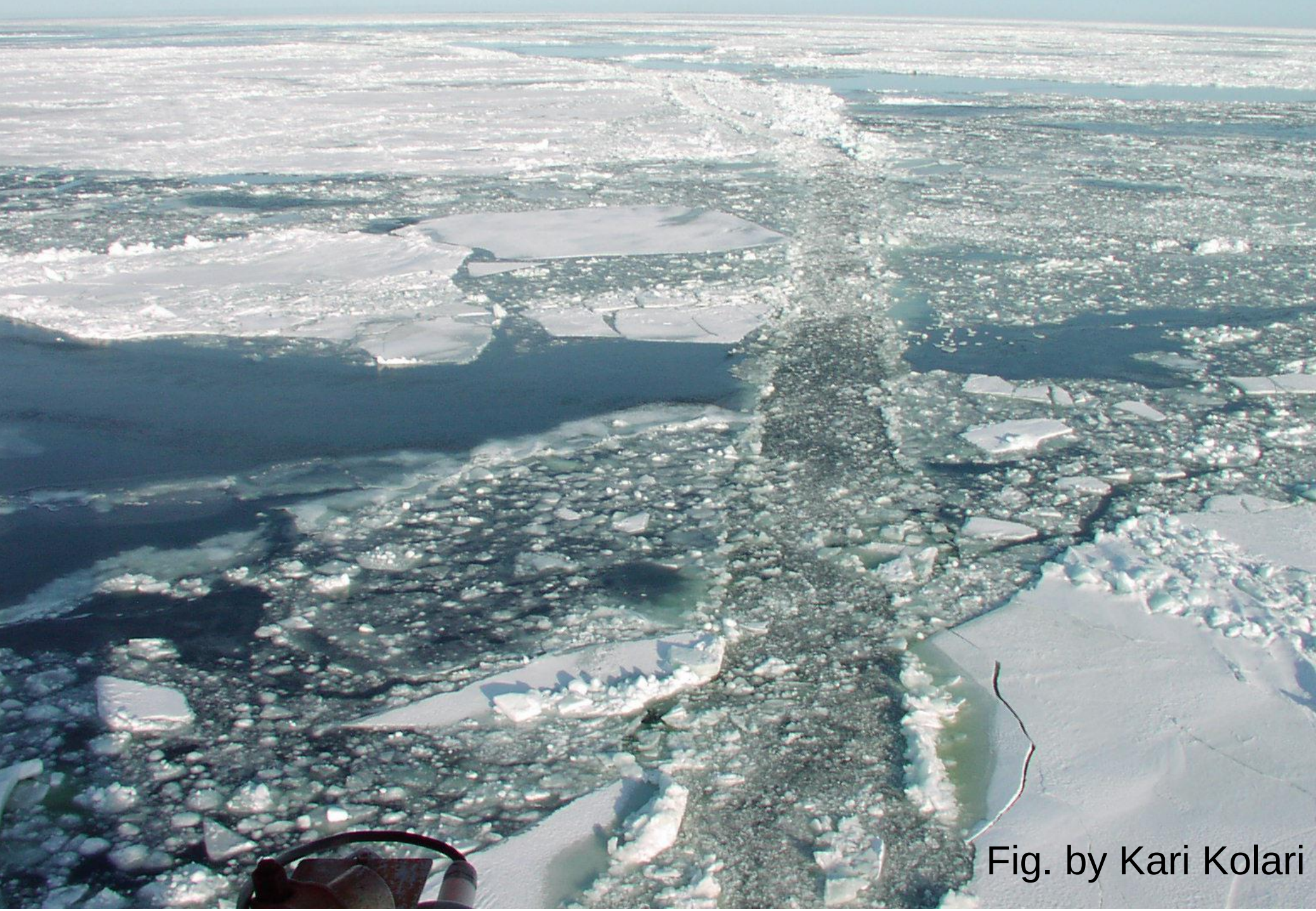


Fig. by Kari Kolari

Kemi I majakka

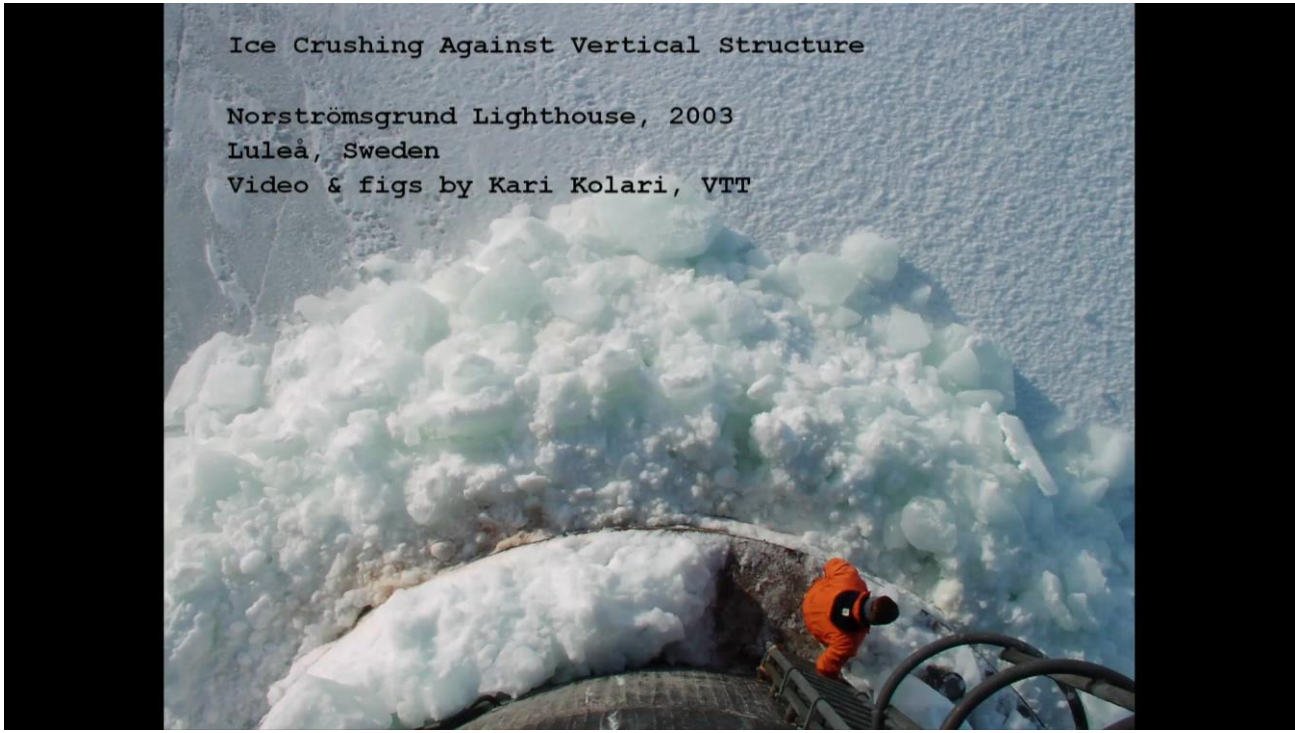


Fig. by Mauri Määttänen

Tuuli - Liikkuva jää ja merirakenteet

- Aiheuttaa suuria voimia merirakenteisiin
  - Majakat, merituulivoima,…
  - Video-link

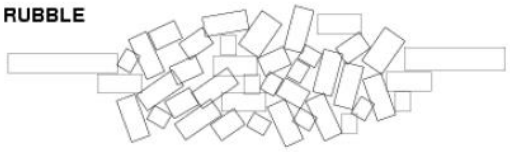




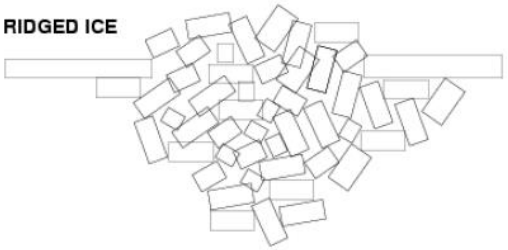
Valliintumista



Päällekkäin ajautunut jää,
hopskjutning

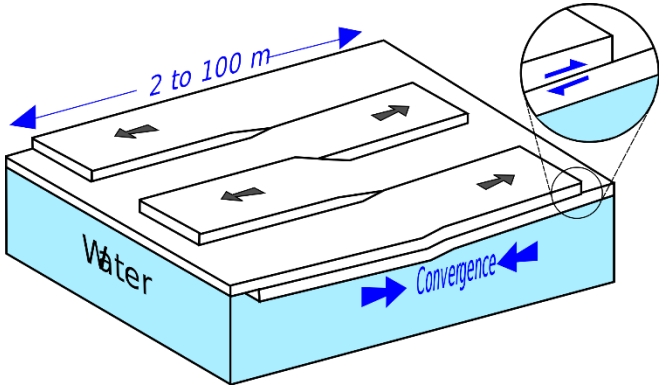


Röykkikenttä,
skruvisområde



Ahtojää,
is med vallar

Kuva: Vainio, J. (2002)



Finger rafting – lomittain päällekkäin alautuminen,
Hopskjutning i sicksackform,
Hambuline ladejää

Kuva: By Lusilier - Own work, CC BY-SA 4.0,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=47066683



© Kari Ko


SILJA LINE
© Kari Kolari



Sormijäätä - Kruunuvuorenselkä

© Kari Kolari


© plutaajat@gmail.com
© Kari Kolari


ajat@gmail.com
©Kari Kolari

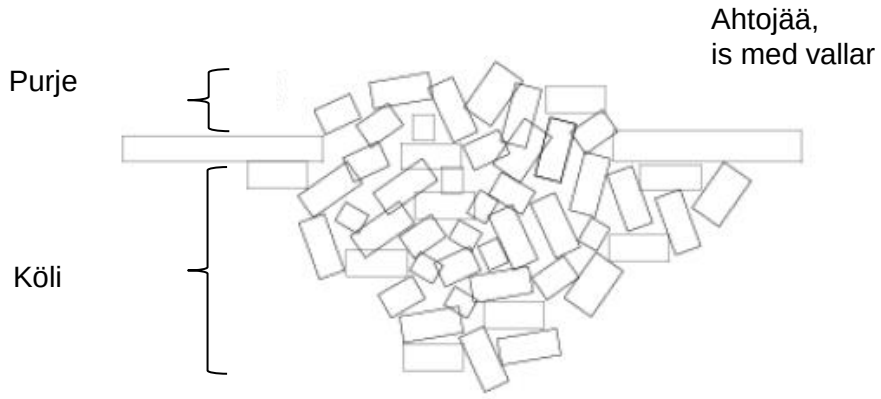

© Kari Kolari


© Kari Kolari



Ahtojäävallit

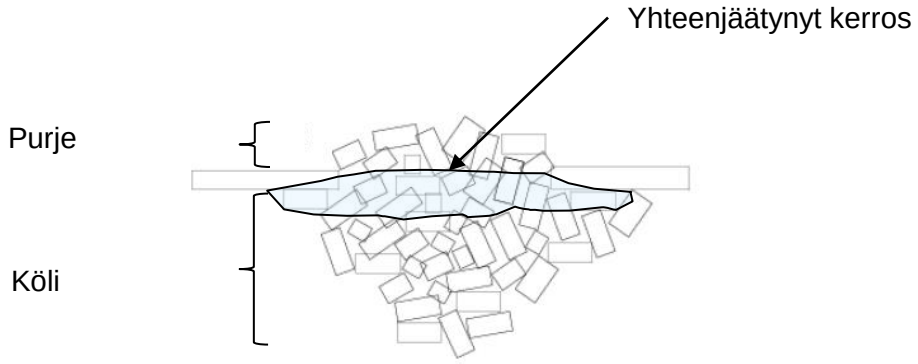
- Vallin osat
  - Purje 1-2 m
  - Köli 5-7x paksumpi kuin purje
- Palosuo mitannut Itämerellä n. 31,5m vallin
  - Köli 28m (Palosuo, 1975)



Kuva: Vainio, J. (2002)

Ahtojäävallit

- Vallin yläosan palaset jäätyvät toisiinsa kiinni
  ➔ yhteenjäätynyt kerros
- Tekee vallista lujan, tarjoaa
  hyvän vastuksen jäänmurjajallekin



Kuva: Vainio, J. (2002)


Näsijärvi 16.1.2021
© Outi Eskelinen


© Outi Eskelinen


Punelia
© Kari Kolari


© Kari Kolari


© Kari Kolari


Pellinki
t@gmail.com


Kiitokset kuulijoille ja
mukavaa Illanjatkoa!

Linkkejä & lähteitä

Lähteitä:

Ingolf Eide, L., & Martin, S. (1975). The Formation of Brine Drainage Features in Young Sea Ice. Journal of Glaciology, 14(70), 137–154. https://doi.org/10.3189/s0022143000013460

Cox, G. F. N. (1983). Thermal Expansion of Saline Ice. Journal of Glaciology, 29(103), 425–432. https://doi.org/10.3189/s0022143000030343

De La Rosa, S., Maus, S., & Kern, S. (2011). Thermodynamic investigation of an evolving grease to pancake ice field. Annals of Glaciology, 52(57 PART 2), 206–214. https://doi.org/10.3189/172756411795931787

Hari, Jyrki. 2005. Jäitä pitkin. Rakennusalan kustantajat, 131 s. ISBN 951-664-159-8. http://www.jyrkihari.kaapeli.fi/tilaus/setilaus.htm

Johnson, J. B., & Metzner, R. C. (1990). Thermal Expansion Coefficients For Sea Ice. Journal of Glaciology, 36(124), 343–349. https://doi.org/10.3189/002214390793701327

Leppäranta, M. (2015). Freezing of Lakes and the Evolution of their Ice Cover. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29081-7_1

Makkonen, L., & Tikanmäki, M. (2018). Modelling frazil and anchor ice on submerged objects. Cold Regions Science and Technology, 151, 64–74. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2018.03.001

Marchenko, A., Lishman, B., Wrangborg, D., & Thiel, T. (2016). Thermal Expansion Measurements in Fresh and Saline Ice Using Fiber Optic Strain Gauges and Multipoint Temperature Sensors Based on Bragg Gratings. Journal of Sensors, 2016. https://doi.org/10.1155/2016/5678193

Maus, S., & De La Rosa, S. (2012). Salinity and solid fraction of frazil and grease ice. Journal of Glaciology, 58(209), 594–612. https://doi.org/10.3189/2012JoG11J110

Palosuo, E. 1963. Pohjanlahti talvella 2. Jäätyminen ja jäänlaadut. Merentutkimuslaitoksen julkaisu 209 https://helda.helsinki.fi/handle/10138/168934

Sadeniemi, M. (toim.) 1978. Nykysuomen sanakirja. WSOY. ISBN 951-0-02764-2

Schulson, E. M. (1990). The brittle compressive fracture of ice. Acta Metallurgica Et Materialia, 38(10), 1963–1976. https://doi.org/10.1016/0956-7151(90)90308-4

Schulson, E. M., & Duval, P. (2009). Creep and Fracture of Ice. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511581397

Timco, G. W., & Weeks, W. F. (2010). Cold Regions Science and Technology A review of the engineering properties of sea ice. Cold Regions Science and Technology, 60(2), 107–129. https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2009.10.003

Vainio, J. 2002. Jääsanasto-Sea ice nomenclature : English-Finnish-Swedish-Estonian-Russian. Merenkulkuhallitus. 3/2002. https://www.doria.fi/handle/10024/141965

Weeks, W. F., & Ackley, S. F. (1982). The Growth, Structure, and Properties of Sea Ice. In The Geophysics of Sea Ice: Vol. CRREL Mono. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory (CRREL). https://doi.org/10.1007/978-1-4899-5352-0_2 link: https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/handle/11681/2661

Weeks, W. F., & Assur, A. (1967). The mechanical properties of sea ice: Vol. CRREL. Col. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory (CRREL). https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD0662716.pdf

MUUTA

Luulajan Majakka/jääkuormat link; Suolapitoisuus (mittauksia); Double refraction Wikipedia; Hyydejäätä Youtube; WMO Sea-Ice Nomenclature (linkki); Brine Drainage, Youtube link;