

Taustatietoa upotetuista aseista ja niiden tutkimuksesta



Paula Vanninen, VERIFIN, Helsingin yliopisto
Anu Lastumäki, Suomen ympäristökeskus
DAIMON 2, DSS koulutus 15.4.2021



Itämereen upotetut kemialliset aseet

- Itämereen on toisen maailmansodan jälkeen upotettu arviolta 50 000 tonnia kemiallisia aseita, jotka sisältävät n. 13 000 tonnia kemiallisia taisteluaaineita.
- Tärkeimmät upotusalueet ovat **Bornholmin ja Gotlannin syvänteet, sekä Vähä-Beltin salmi.**
- Upotuksia tehtiin myös **Skagerrakissa**, missä kokonaisia laivoja upotettiin ammus- ja taisteluainelastissa (sisältäen arviolta 170 000 tonnia ammuksia).
- Epävirallisten tietojen mukaan upotuksia tehtiin myös **Gdanskin syvänteeseen.**

CWA kemikaali	Tonneja
Mustard gas	25,000
Arsenic oil	7,500
Chloroacetophenone	7,100
Clark I	1,500
Clark II	100
Adamsite	3,900
Phosgene	5,900
Nitrogen mustard	2,000
Tabun	12,000
Lewisite	Ei tiedossa

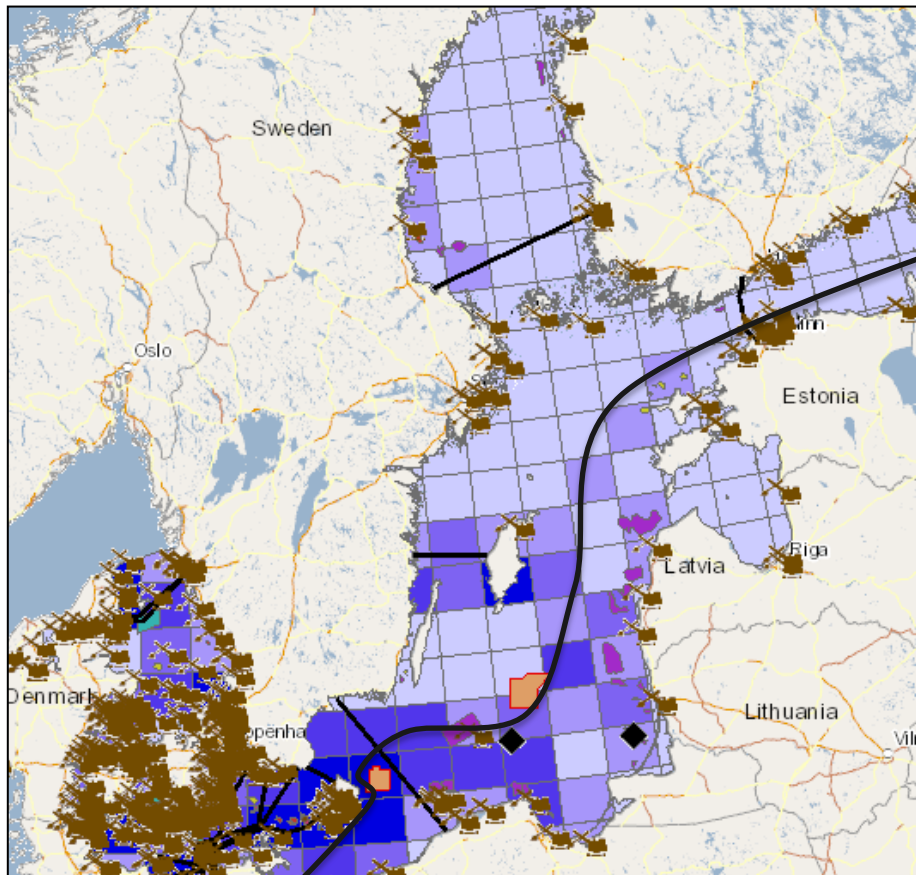
Syövyttäviä kaasuja
 Arseenia sisältäviä yhdisteitä
 Yleismyrkkyllisiä aineita
 Hermokaasuja








Tärkeimmät upotusalueet



Asia nykyään tapetilla merenpohjan käyttöpaineen vuoksi



-  Kemiallisten aseiden upotusalueet
-  Ruoppaus
-  Suunnitellut (off shore) tuulipuistot
-  Pohjatroulaus
-  Putkilinjat ja kaapelit



Kansainväliset tutkimushankkeet

- **MERCW** (Modeling of Ecological Risks Related to Sea-Dumped Chemical Weapons) 2006–2008
 - EU 6th framework programme
 - Suomi, Venäjä, Saksa, Belgia, Tanska
- **CHEMSEA** (Chemical Munitions Search and Assessment) 2011-2014
 - EU Baltic Sea Region Programme
 - Puola, Suomi, Saksa, Ruotsi, Liettua
- **MODUM** (Towards monitoring of dumped munitions threat) 2013-2015
 - NATO Otan, Science for Peace and Security Programme
 - Puola, Venäjä, Tanska, Suomi, Saksa, Hollanti, Ruotsi, Liettua, Eesti
- **DAIMON** (Decision Aid for Marine Munitions) 2016-2019
 - EU Baltic Sea Region Programme
 - Puola, Suomi, Saksa, Ruotsi, Norja, Liettua, Hollanti
- **DAIMON 2** (jatkorahoitus) 2019-2021
 - Puola, Suomi, Saksa, Ruotsi, Norja

Kartoitus



Näytteenotto



Mallinnus



Ekotoksikologia



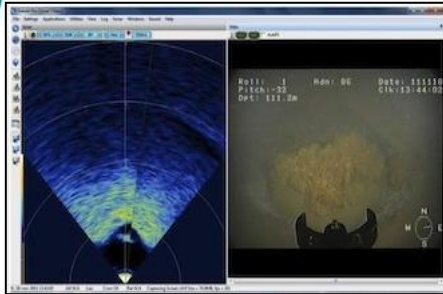
Ympäristöriski



Päätöksenteko



Monitieteistä ja kansainvälistä tutkimusta



Ammusten etsintä



Sedimentinäytteet



Kalastus



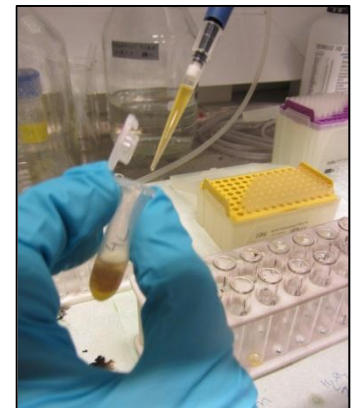
Simpukoiden häkitys



Altistuskokeet

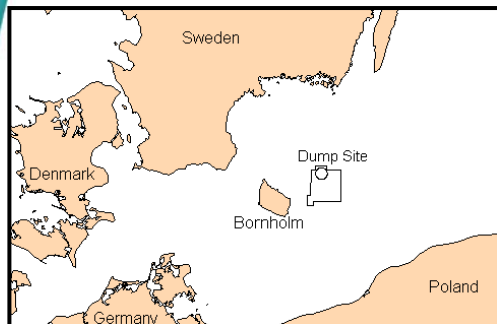


Kemialliset analyysit

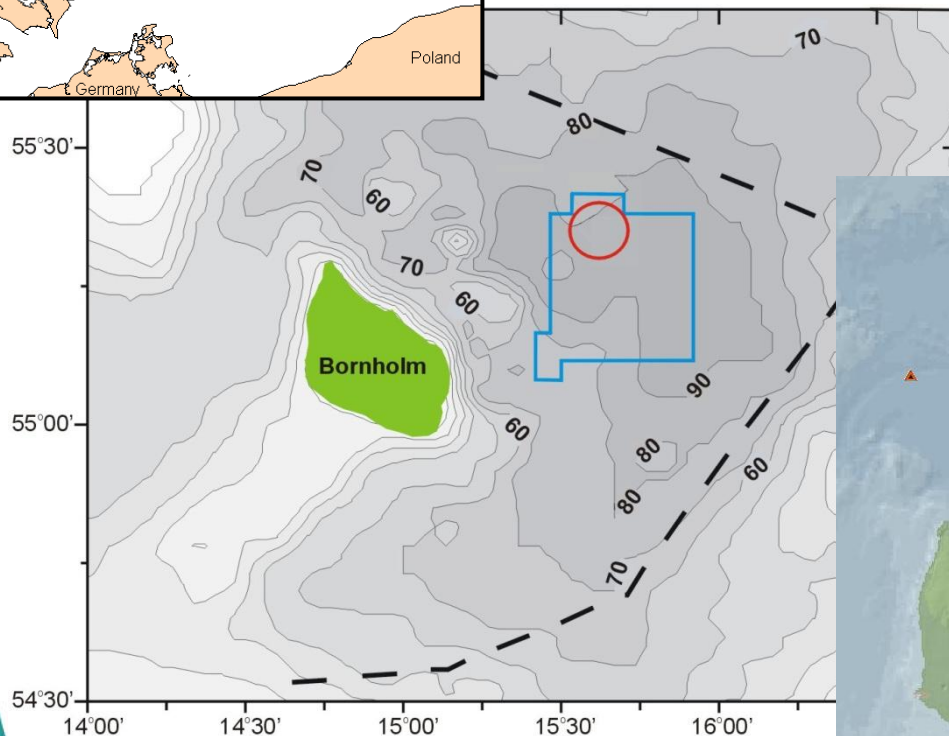


Biomarkkerit

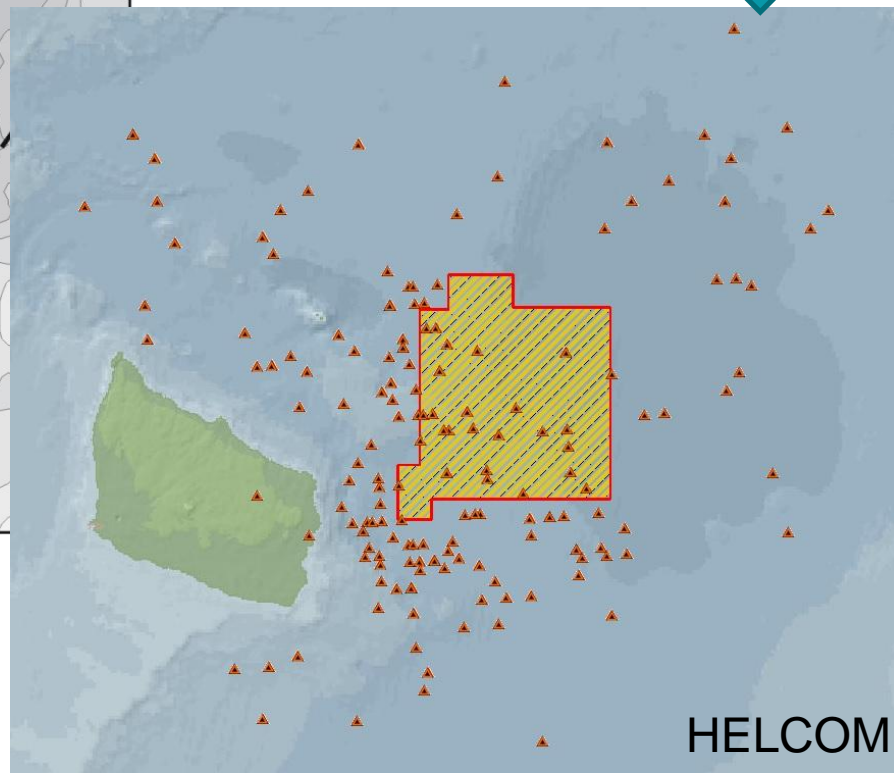
Ensimmäinen kartoituskohde - Bornholmin syväne



Itämeren turskan tärkein lisääntymisalue → voimakas kalastuspaine → paljon onnettomuuksia vuosittain

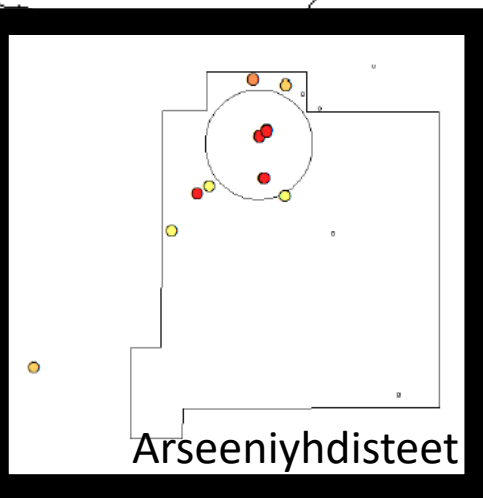
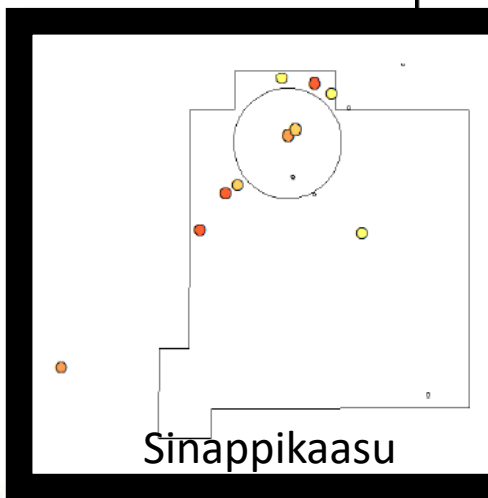
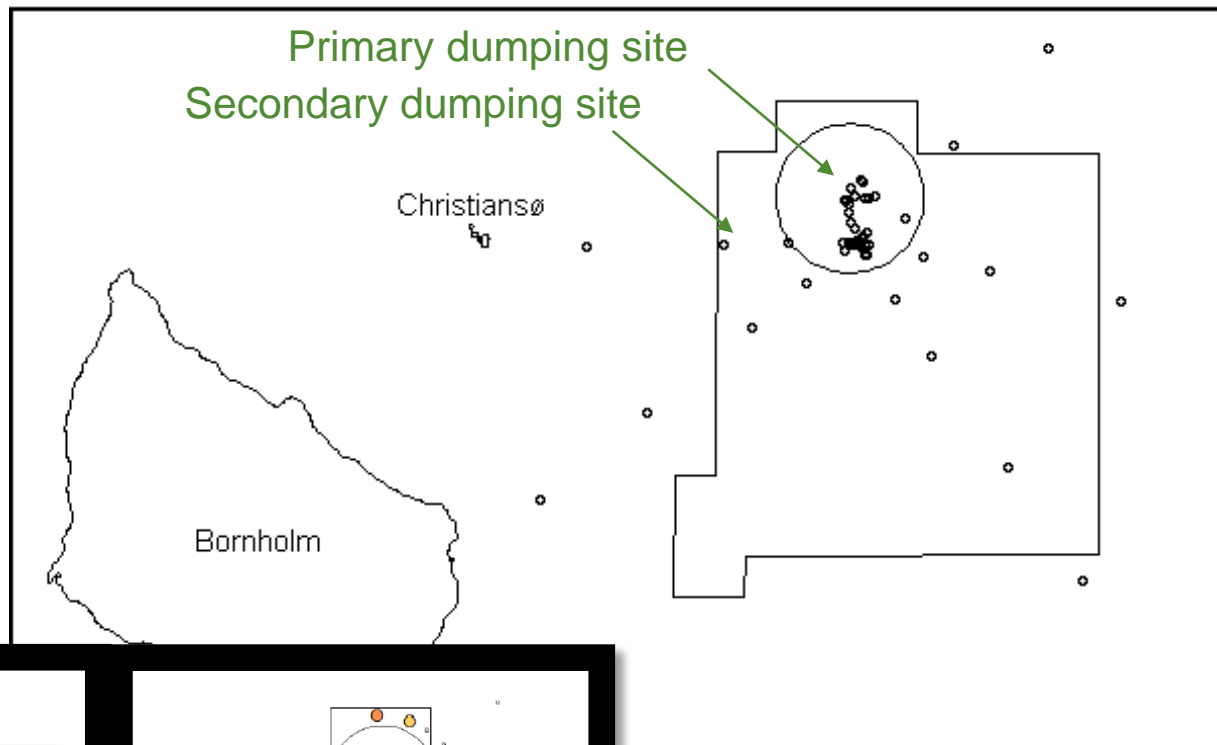


Raportoidut löydökset vuosilta 1961-2012

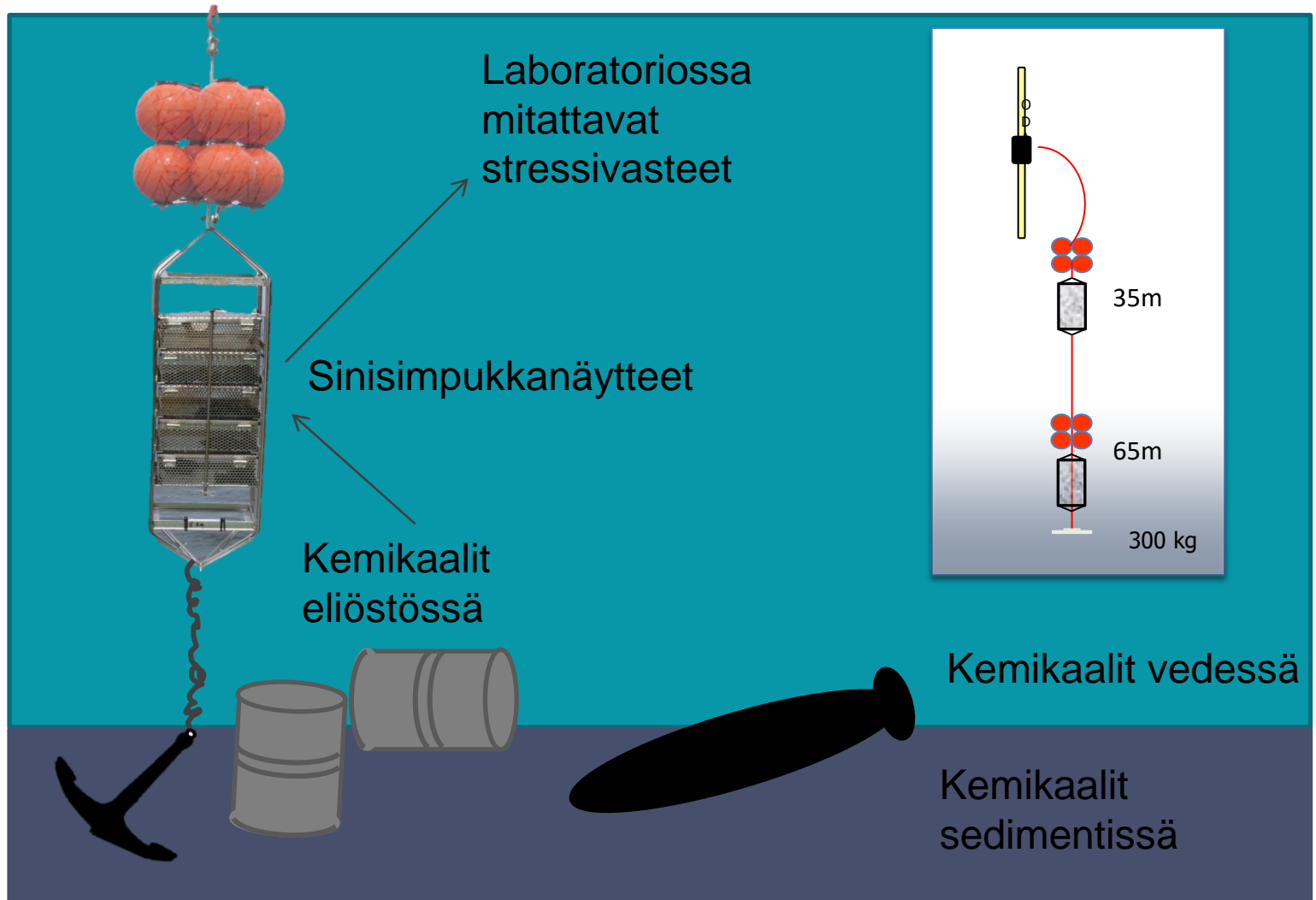


Kohteiden paikannus (kaikuluotaus ja magnetometri) + sedimenttinäytteet

Lähes kaikki sedimenttinäytteet positiivisia – koko alue saastunut.



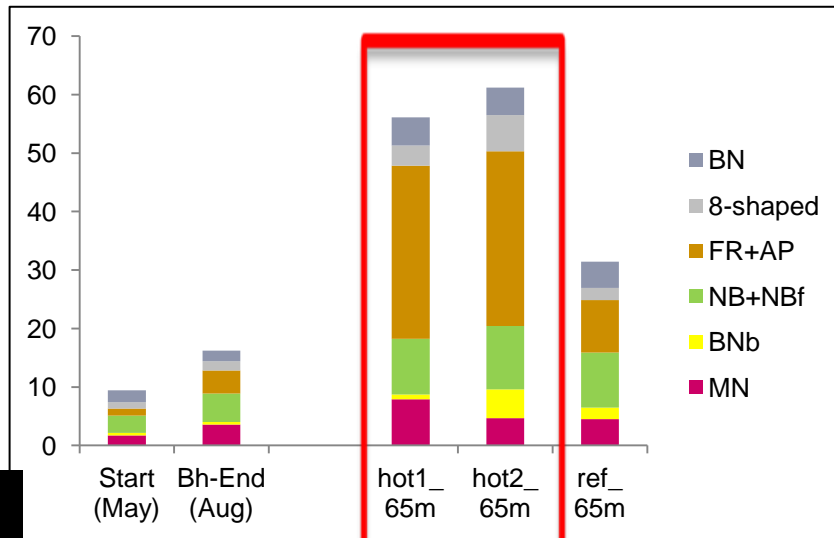
Kemikaalien vaikutusten tutkiminen simpukkahäkityksen avulla



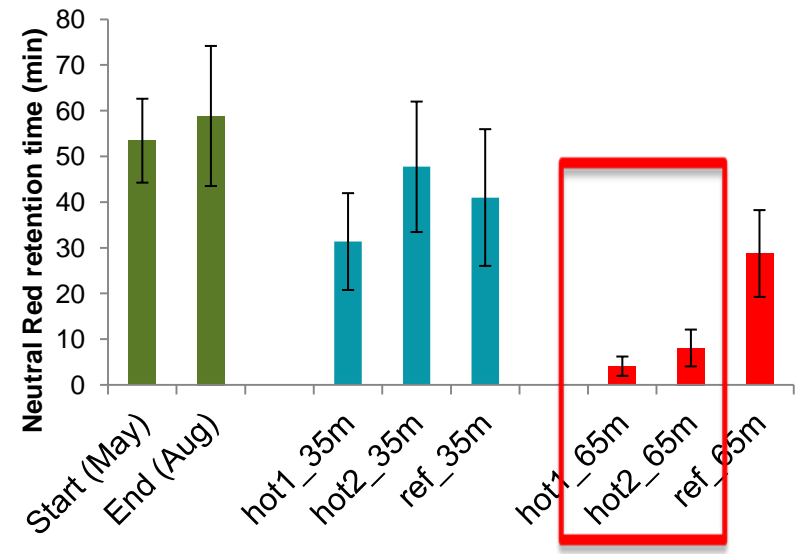
Häkityskokeen tuloksia



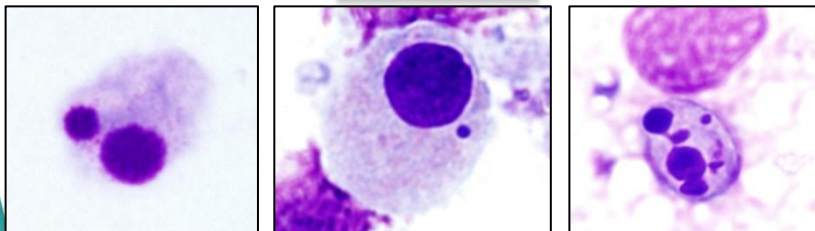
DNA-vauriot kidussoluissa



Lysosomal membrane stability



Lysosomikalvon kunto simpukan verisoluissa indikoi altistumista haitallisille aineille.



Lähelle saastunutta pohjaa häkityyissä yksilöissä selkeä vaikutus!

Turskista tehty myös kattava arvio biologisista vaikutuksista

Yleinen kunto

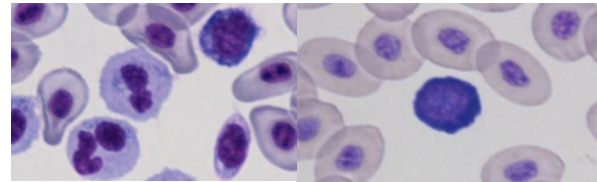
- Kuntoindeksi
- Maksan somaattinen indeksi
- Pernan somaattinen indeksi
- Gonadosomaattinen indeksi
- Näkyvät sairaudet ja loiset

Solu- ja kudsvauriot

- Maksa
- Head kidney
- Lysosomikalvon stabiilisuus - maksasolut
- Verisolujen määrä

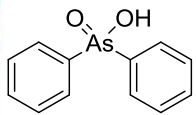
Molekyylitason vasteet

- Punasolujen muutokset ja DNA-vauriot
- Hermotoksisuus
- Antioksidanttivasteet

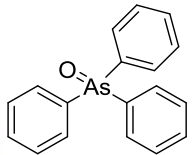


Eniten biologisia vaikutuksia nähtävissä Bornholmin upotusalueella.

Alueelta kalastetuista turskista löytynyt jäämiä arseenipitoisista CWA-yhdisteiden hajoamistuotteista



1



2

- 14 % turskan lihasnäytteistä on sisältänyt Clark I/II:n (1) sekä trifenyyliarseenin (2) primäärisiä hajoamistuotteita
 - pitoisuudet **ng/g** tasoa (gramman miljardisosa!)
- Trifenyyliarseenin hajoamistuotetta (2) löydettiin myös turskien maksasta
- Positiivisia löydöksiä myös Skagerrakin ja Måseskärin alueilta hummereista, kampeloista, katkaravuista sekä viiksiympyräsuisista
- Näytteet analysoitu Kemiälliseen aseiden kielto­sopimuksen instituutissa (VERIFIN)



Yhteenveto upotetuita kemiallisista taisteluaineista

- Kemiallisia taisteluaineita on mitattu sedimenteistä kaikilta tutkimusalueilta.
- Sedimentit ovat myrkyllisiä eliöille.
- Tutkitut taisteluaineet aiheuttivat biologisia vaikutuksia altistetuissa simpukoissa.
- Kenttänäytteissä (tuska ja häkkisimpukat) näkyi eniten biologisia vasteita Bornholmin upotusalueella.
- Kemikaalien leviämisen ja biologisten vasteiden pidempiaikainen seuranta olisi ehdottoman tärkeää!

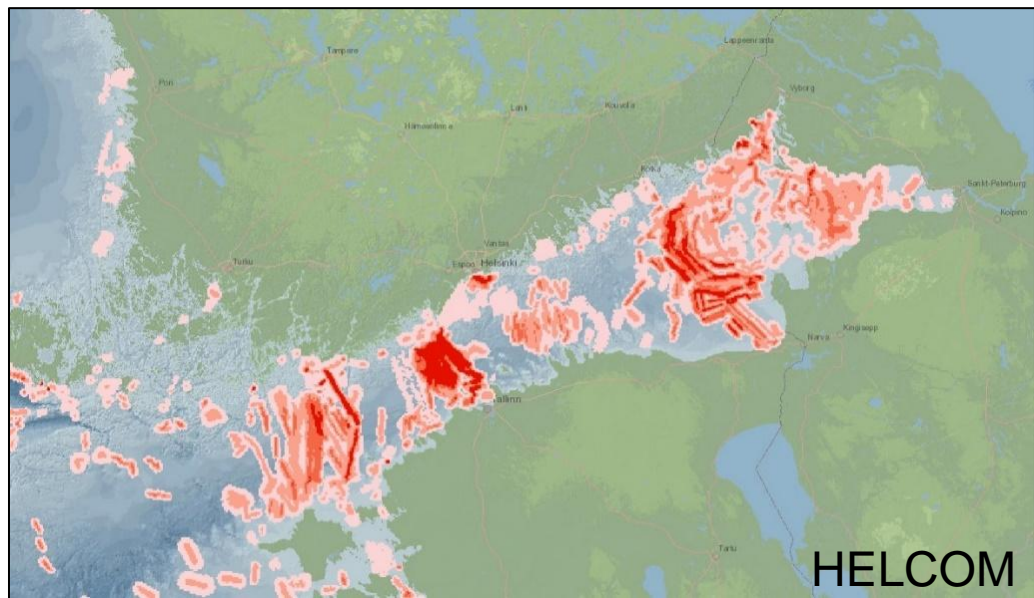
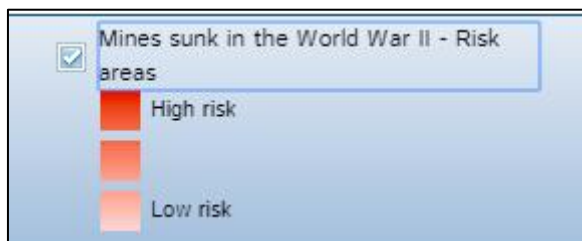
→ Erityisesti uuden veden virtaus voi sekoittaa sedimenttiä ja muuttaa olosuhteita pohjan lähellä.



Tutkimuksia myös Suomen vesillä

Decision Aid for Marine Munitions - DAIMON

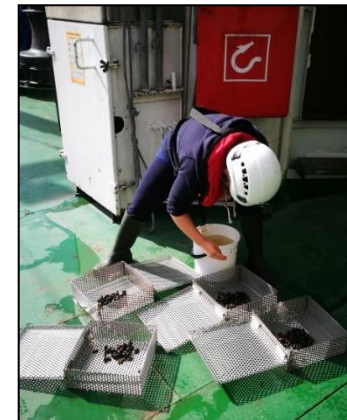
- DAIMON-hankkeessa otettiin ensimmäistä kertaa tarkasteluun myös tavanomaiset ammukset, mm. merimiinat.
- Räjähdeissä jo pitkään yleisesti käytetyt kemikaalit kuten trinitrotolueeni (TNT) ja syklotrimetyleenitrinitramiini (RDX) ovat hyvin myrkyllisiä eliöstölle.
- Suomenlahden pohjassa on runsaasti sotatarvikkeita ja hylkyjä.
- Kenttätutkimukset Suomenlahdella
 - Vuotavatko kemikaalit ympäristöön?
 - Simpukoiden häkityskokeet
 - Altistuskokeet laboratoriossa



Ympäristövaikutusten tutkiminen Suomenlahdella – kohteena TNT

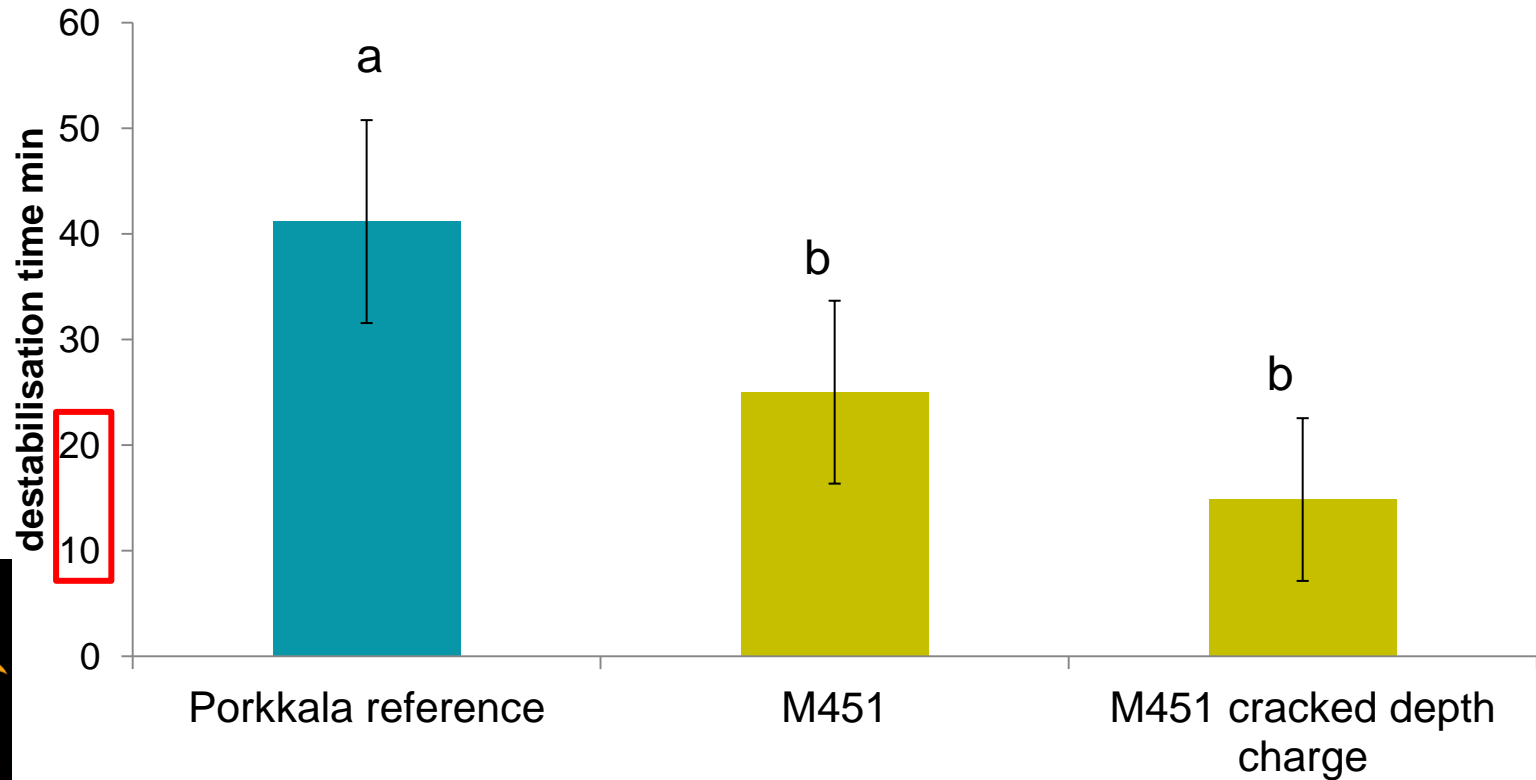


- M451 hylyn raivausoperaatio – näytteet syvyyspommien päältä
- Simpukoiden häkitys vanhan merimiinan lähelle



Lysosomal Membrane Stability – LMS

M451 raivausoperaatio



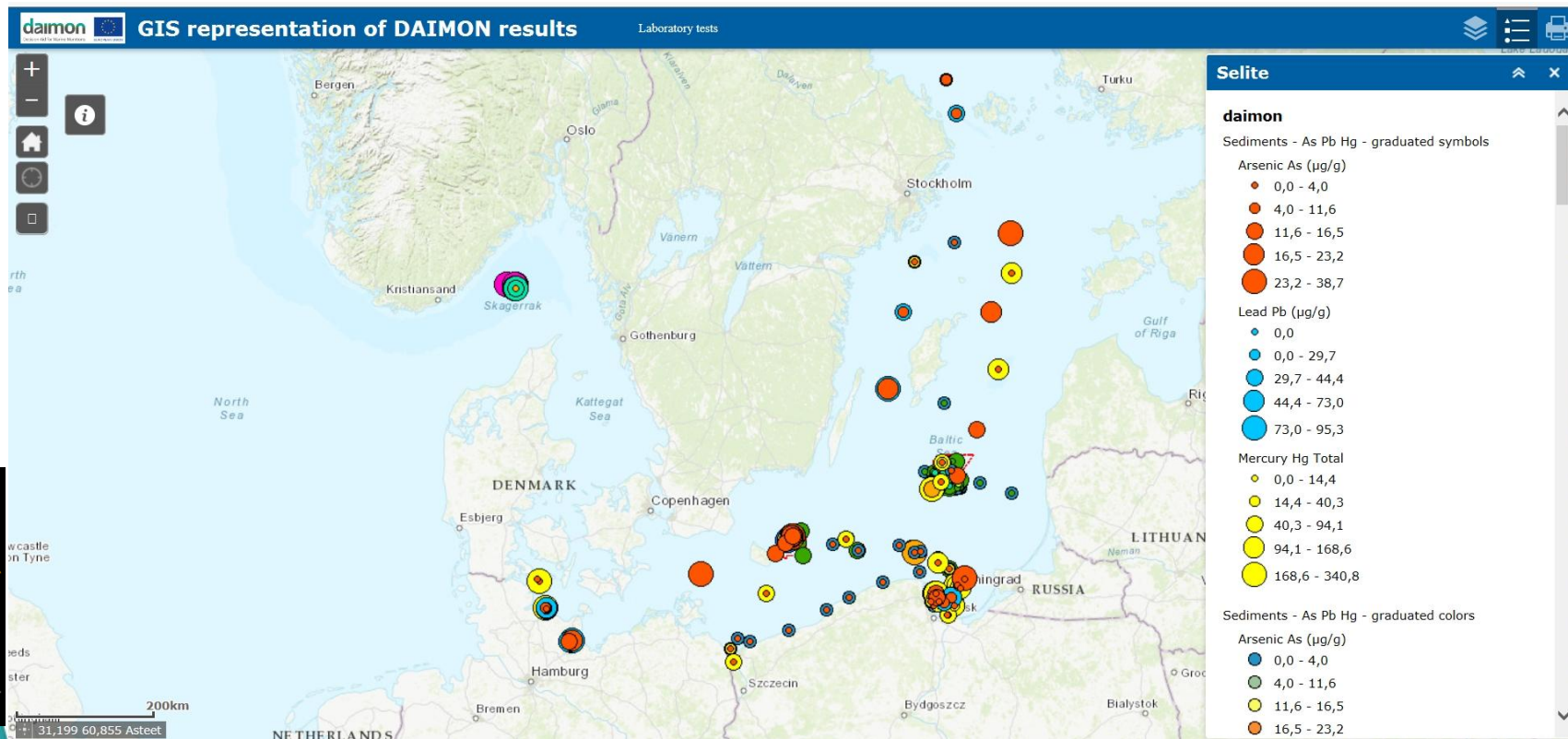
Saksassa TNT iso ongelma – aluetta tutkittu intensiivisesti



Pahoin ruostuneita, TNT:tä vuotavia merimiinoja Saksan rannikolla matalassa vedessä (Kielin lahti). Vaikutuksia merieliöiden terveyteen (mm. kasvaimien lisääntynyt määrä alueen kaloissa) on jo havaittu.

DAIMON –hankkeessa on tuotettu karttapalvelu, jossa kaikki sedimenteistä mitatut pitoisuudet:

<http://dss.amw.gdynia.pl/daimon> (Polish Naval Academy)



Sisältää tutkittujen ammusten taustatiedot, sekä ympäristöriskitason

DAIMON

Enter data about a new detection of warfare agents

Chem. WF Mmunition

Chem. WF Mmunition New Source

Date of detection: 16 / 11 / 2018

Place of detection: GPS Coordinates

What munition was detected: Sea mine Land mine

fired lost dumped unkown

Enter new munition type

How was the munition detected: On sea ground adrift fishernet Washed up at the coast other

State of corrosion: 4

Leaks: 0

Calculated ecological hazardousness: (low) (heigh)

Level of confidence: (low) (heigh)

Cancel Save data set and classify munition



Selkeä ympäristöriski on, mutta onko ammusten raivaaminen mahdollista?

- Kemialliset aseet
 - Tunnistaminen on hankalaa kajoamatta ammuksiin, tulevaisuudessa ehkä mahdollista (neutronigeneraattori)
 - Ammusten kunto vaihtelee ehjästä täysin puhkuruostuneisiin -> nosto-operaatio olisi valtava riski (kemikaalien leviäminen)
 - Asiantuntijoiden suositus on ainakin toistaiseksi jättää kemialliset aseet nostamatta. Silti seuranta ja mahdollinen menetelmäkehitys olisi tärkeää!
- ”Tavanomaiset” sotatarvikkeet
 - Suomen aluevesillä Merivoimat vastuuviranomainen
 - Raivaustoiminta jatkuvaa, tuhoaminen tapahtuu maalla, sekä merenpohjassa räjäyttämällä
 - Prioriteettina mm. ruoppausalueet, satamatyömaat, hylyt



Kiitos!

Paula Vanninen
VERIFIN, Kemian laitos
Helsingin yliopisto
paula.vanninen@helsinki.fi

Anu Lastumäki
Suomen ympäristökeskus,
Merikeskus
anu.lastumaki@syke.fi
Instagram: @sykeresearch
#sykeanu

