



**SUOMEN MERENTUTKIMUKSEN YDINKYSYMYKSET**  
**Merentutkimuslaitos suomalaisessa yhteiskunnassa**

**Summary: Central issues in Finnish marine research –  
the societal role of the Finnish Institute of Marine Research**

Markku Viitasalo, Pekka Alenius, Riitta Autio, Jari Haapala, Hermann Kaartokallio,  
Kimmo K. Kahma, Juha-Markku Leppänen, Kai Myrberg, Alf Norkko ja  
Eeva-Liisa Poutanen

**SCIENTIFIC IMPACT OF THE FINNISH INSTITUTE OF MARINE RESEARCH:  
A CITATION ANALYSIS**

Kimmo K. Kahma



MERI – Report Series of the Finnish Institute of Marine Research No. 65, 2008

**SUOMEN MERENTUTKIMUKSEN YDINKYSYMYKSET**  
**Merentutkimuslaitos suomalaisessa yhteiskunnassa**

Summary: Central issues in Finnish marine research –  
the societal role of the Finnish Institute of Marine Research

Markku Viitasalo, Pekka Alenius, Riitta Autio, Jari Haapala, Hermann Kaartokallio,  
Kimmo K. Kahma, Juha-Markku Leppänen, Kai Myrberg, Alf Norkko ja  
Eeva-Liisa Poutanen

**SCIENTIFIC IMPACT OF THE FINNISH INSTITUTE OF MARINE RESEARCH:  
A CITATION ANALYSIS**

Kimmo K. Kahma

MERI – Report Series of the Finnish Institute of Marine Research No. 65, 2008

Kannen kuva / Cover photo by Ilkka Lastumäki.

Muut valokuvat: Anu Hirvonen, Ilkka Lastumäki, Henry Söderman, Janne Bruun, Riku Lumiaro, Markku Viitasalo, Rajavartiolaitos ja MTL:n kuva-arkisto.

Publisher:  
Finnish Institute of Marine Research  
PO Box 2  
FI-00561 Helsinki, Finland  
Tel: + 358 9 613 941  
Fax: + 358 9 323 2970  
e-mail: [firstname.surname@fimr.fi](mailto:firstname.surname@fimr.fi)

Julkaisija:  
Merentutkimuslaitos  
PL 2  
00561 Helsinki  
Puh: 09-613 941  
Telekopio: 09-323 2970  
e-mail: [etunimi.sukunimi@fimr.fi](mailto:etunimi.sukunimi@fimr.fi)

Copies of this Report Series may be obtained from the library of the Finnish Institute of Marine Research.

Tämän raporttisarjan numeroita voi tilata Merentutkimuslaitoksen kirjastosta.

ISSN 1238-5328

## SISÄLLYS

### SUOMEN MERENTUTKIMUKSEN YDINKYSYMYKSET

<b>Merentutkimuslaitos suomalaisessa yhteiskunnassa .....</b>	<b>7</b>
Summary:	
Central issues in Finnish marine research – the societal role of the Finnish Institute of Marine Research.....	7
<b>MERENTUTKIMUS – SUOMEN KANSALLINEN MAHDOLLISUUS, ETU JA VOIMAVARA .....</b>	<b>9</b>
Johdanto .....	9
Merentutkimuksen haasteet .....	10
<b>MERENTUTKIMUKSEN KIVIJALKA: STRATEGINEN PERUSTUTKIMUS .....</b>	<b>10</b>
Pitkäaikaistutkimukset päätöksenteon tukena .....	11
<b>MERIYMPÄRISTÖN KOHTALONKYSYMYKSET .....</b>	<b>12</b>
Miten Itämeren perusominaisuudet muuttuvat?.....	12
Miten ilmastonmuutos vaikuttaa Itämereen? .....	12
Miten rehevöitymiskehitys käännetään?.....	13
Pahenevatko haitallisten aineiden vaikutukset? .....	15
Miten meriliikenteen kasvu vaikuttaa Itämereen? .....	15
Miten Itämeren monimuotoisuuden käy? .....	16
Tulokaslajit ja monimuotoisuus .....	17
Meriliikenteen turvaaminen ja sujuvuuden lisääminen.....	18
Merirakentamisen turvallisuus ja ympäristöllinen kestävyys.....	18
Operatiivinen merentutkimus ja mallinnus .....	19
<b>INFRASTRUKTUURIN KEHITYS – MERENTUTKIMUKSEN KOHTALONKYSYMYYS?.....</b>	<b>20</b>
<b>MERENTUTKIMUS ON KANSAINVÄLISTÄ.....</b>	<b>20</b>
<b>JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>21</b>
Sitaatteja vuodessa Merentutkimuslaitoksen tutkijoiden julkaisuihin.....	22
<b>SCIENTIFIC IMPACT OF THE FINNISH INSTITUTE OF MARINE RESEARCH: A CITATION ANALYSIS .....</b>	<b>23</b>
INTRODUCTION.....	23
CITATION DATA AND HOW REPRESENTATIVE IT IS .....	23
CITATION ANALYSIS OF FIMR .....	26
CITATION ANALYSES OF SCIENTISTS AT FIMR .....	26
Background.....	26
The citation statistics of scientists at FIMR .....	29
ACKNOWLEDGEMENTS.....	33
REFERENCES .....	33



# SUOMEN MERENTUTKIMUKSEN YDINKYSYMUKSET

## Merentutkimuslaitos suomalaisessa yhteiskunnassa

Markku Viitasalo, Pekka Alenius, Riitta Autio, Jari Haapala, Hermann Kaartokallio,  
Kimmo K. Kahma, Juha-Markku Leppänen, Kai Myrberg, Alf Norkko ja Eeva-Liisa Poutanen

Merentutkimuslaitos  
Finnish Institute of Marine Research  
P.O. Box 2, FI-00561 Helsinki, Finland

### Summary

Central issues in Finnish marine research –  
the societal role  
of the Finnish Institute of  
Marine Research

The Finnish Institute of Marine Research (FIMR, est. 1918) has been a central marine research institution in Finland for 90 years. Its multidisciplinary research has been primarily focused on the Baltic Sea, but also on Polar Seas and the North Atlantic. FIMR has developed marine research methods, instruments, technologies and observation systems, and has produced various services needed by society. FIMR has also played a central role in educating a large fraction of the Finnish marine research experts.

This article presents FIMR's view of the crucial research issues and topics in Finnish marine research, covering present state and future directions.

Marine research – oceanography – investigates various topical questions important to the society, such as the impacts of human activities and climate change on the functioning and characteristics of the seas, and the effects of maritime traffic on marine biodiversity. It also strives to give science-based advice on how to use marine resources in a sustainable way.

Marine research investigates problems encompassing time scales from seconds to millennia, and spatial scales spanning microme-

ters to thousands of nautical miles. Marine research is infrastructure dependent, requiring costly research vessels, laboratories, and seaworthy instrumentation. Therefore, far-sighted 'strategic' marine research is necessary. Such research needs to be based on comprehensive and continuous observation systems, multidisciplinary field and experimental work, and development of theory and empirically validated models.

To solve the environmental problems of the Baltic Sea, it is necessary to understand how the physical and biogeochemical system of this unique semi-enclosed sea functions. This understanding, which serves as a foundation for both applied research and decision-making, can only be reached with multi- and cross-disciplinary research. It is also necessary to understand how global and regional processes influence the Baltic Sea. Therefore a substantial amount of research needs to focus on general oceanographic problems, solved in international cooperation.

The central environmental issues of the Baltic Sea are: (1) How will the Baltic Sea change in the future, and why? (2) How will climate change affect the Baltic Sea? (3) How can a good ecological state of the Baltic Sea be reached? (4) Will the effects of harmful substances get worse? and (5) What will happen to the Baltic biodiversity? To solve these basic issues, several key research questions have been highlighted.

Marine research also provides knowledge and services that help to make maritime traffic as safe, effective and environmentally friendly as possible. Also, as the sea areas are increasingly utilized for various construction activities, their safety and environmental impacts need to be assessed. Key issues include how climate change will influence these activities in the future, and how increasing marine traffic will influence the Baltic marine ecosystem.

The dynamic, ever-changing nature of the sea, as well as regular conflicts between its utilization and protection demand high-quality up-to-date information about marine environment and its characteristics. This information can be produced by 'operational oceanography systems'. They combine automated observation with remote sensing and numerical models, thus providing a continuously updated view of the marine systems. FIMR has been a pioneer in European operational oceanography, providing various services related to, e.g., ice conditions, sea level, wave height, and algal blooms.

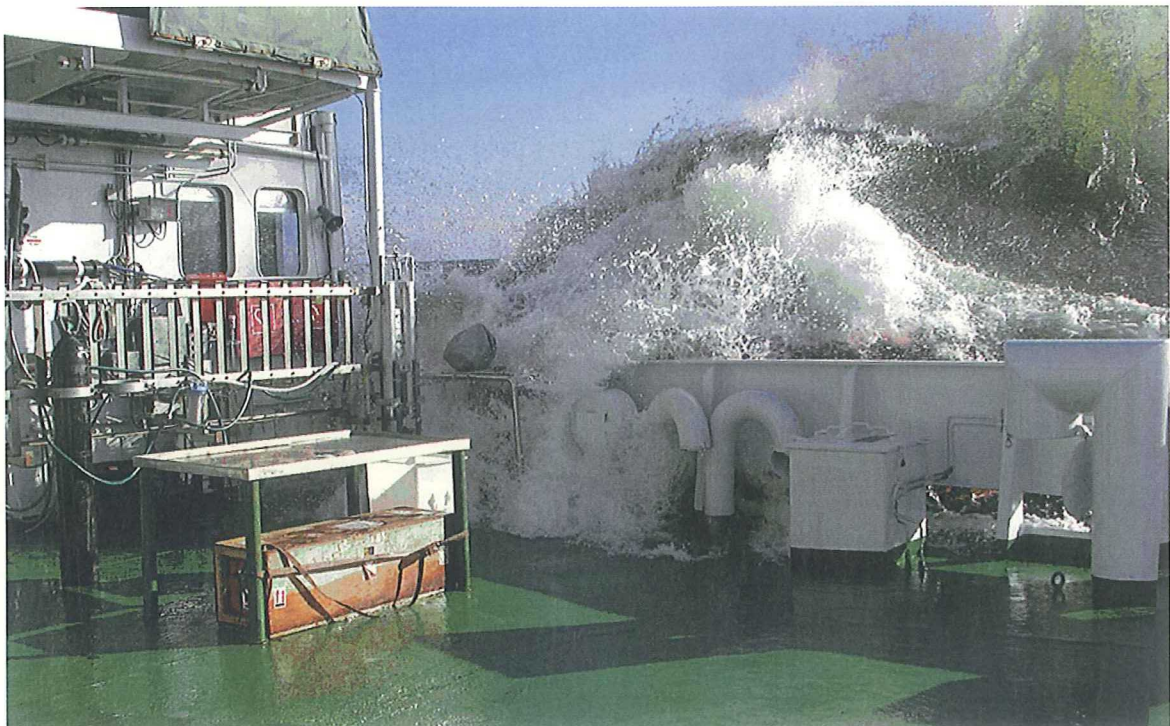
Marine research also has a societal duty in increasing the environmental awareness of citizens. This duty can be fulfilled with active

information sharing and dissemination of research results.

The Finnish marine research needs to remain innovative, topical and proactive. It will be essential to maintain a proper balance between basic and applied research. Without farsighted basic research there will be no breakthrough applications. Also, a sufficient breadth – or diversity - of marine research needs to be maintained. This will ensure that we can respond to various and suddenly arising new research needs.

Currently Finland allocates less money to marine research than most western European countries. One of the central questions for the development of Finnish marine research will be whether the research infrastructure can be financed and maintained, and whether a sufficient number of experts can be educated and kept employed in the field.

High-level marine research and services provide a major asset for the Finnish society. It is indispensable that Finland will maintain its position in the international forefront of marine research for the benefit of the Finnish society.





## MERENTUTKIMUS – SUOMEN KANSALLINEN MAHDOLLISUUS, ETU JA VOIMAVARA

### Johdanto

Tässä kuvataan Merentutkimuslaitoksen tehtävää suomalaisessa yhteiskunnassa ja näkemystä merentutkimuksen keskeisistä tehtävistä ja tavoitteista nyt ja tulevaisuudessa.

Meritiede on tieteenala, jossa tutkitaan fyysikaalisia, kemiallisia, biologisia ja geologisia ilmiötä ja niiden vuorovaikutuksia. Merentutkimukselle tyypillistä on, että se

- tutkii prosesseja, joiden mittakaavat vaihtelevat sekunneista vuosituhansiin ja mikrometreistä tuhansiin kilometreihin
- on teknologiariippuvaista ja vaatii korkeatasoista infrastruktuuria ja logistista tukea.

Itämeri on maailman mitassakin harvinainen murtovesiallas. Itämeren toimintaa ei voida ymmärtää ilman, että ymmärretään sen vuorovaikutusta valtamerten kanssa. Siksi Suomessa tarvitaan merentutkimusta, joka pureutuu laajempiinkin merentutkimuksellisiin kysymyksiin kuin vain Itämeren prosesseihin.

Merentutkimus on Suomelle välttämätöntä. Mereen liittyvät elinkeinot ja ympäristö-ongelmien ratkaiseminen tarvitsevat tutkimustietoa ja tutkimukseen perustuvia korkeatasoisia palveluja. Mereen liittyvän tiedon ja palveluiden tuottaminen – merentutkimus – on Suomen kansallinen etu, voimavara ja mahdollisuus.

Merentutkimuslaitos on vuodesta 1918 ollut merentutkimuksen keskeisin instituutio Suomessa. Merentutkimuslaitoksen monitieteellinen tutkimustoiminta on kohdistunut ensisijaisesti Itämereen, mutta myös polaarimeriin. Tavoitteena on ollut meren luonnontieteellisten ominaisuuksien ja kehityskulkujen ymmärtäminen. Tutkimusten pääpaino on ollut toisaalta meren kestäväää käyttöä ja suojelua tukevassa tutkimuksessa ja toisaalta merenkulkua tukevassa tutkimuksessa. Lisäksi on monipuolisesti selvitetty meriekosysteemin toimintaa sääteleviä fyysikaalisia, kemiallisia ja biologisia prosesseja. Merentutkimuslaitos on myös kehittänyt merentutkimus- ja meritekniologiaa ja havaintojärjestelmiä, tuottanut yhteiskunnan tarvitsemia palveluja sekä kouluttanut suuren osan Suomen merentutkimuksen asiantuntijoista.



## Merentutkimuksen haasteet

Itämeri poikkeaa kaikista muista maailman meristä. Itämerelle ominaisia piirteitä ovat rajoittunut yhteys valtameriin, voimakas vuodenaikaisvaihtelu, suuret alueelliset erot ja laaja valuma-alue. Meren fysiikka määrää ne olosuhteet, joissa kemialliset ja biologiset prosessit tapahtuvat. Siten meren fysikaalisten ominaisuuksien ja prosessien tuntemus muodostaa perustan Itämeri-systeemin toiminnan ymmärtämiselle. Meren fysikaalisten ominaisuuksien ymmärtäminen on myös merenkulun tarvitsemien palvelujen kehittämisen perusta.

Ravinnepestöt, haitalliset aineet, meriliikenne ja ilmastonmuutos rasittavat meriekosysteemin terveyttä, muuttavat niiden monimuotoisuutta ja toimintaa ja heikentävät meren tilaa. Muuttunut meriekosysteemi ei tulevaisuudessa tarjoa ihmiselle samoja hyödykkeitä ja palveluja kuin nykyään. Tämän muutosprosessin syiden selvittäminen on merentutkimuksen perustehtävä. Lisäksi merentutkimuksen tulee kehittää meren kestävästä käytöstä ja hyödyntämisen tarvitsemia palveluja, kuten meriliikenteen, -turvallisuuden ja -rakentamisen palveluja sekä operatiivisia meren havainnointipalveluja.

Ekosysteemilähestymistavan omaksumisen myötä on merensuojelussa siirrytty suppeasta sektorikohtaisesta ajattelusta kokonaisvaltaiseen lähestymistapaan. Ekosysteemilähestymistavassa määritellään ympäristön tavoitetilä, selvitetään, mitkä ihmisen toiminnot vaikuttavat ympäristön tilaan ja kohdistetaan toimet ongelmälähteisiin. EU:n merentutkimusstrategiassa huomio kiinnitetään seuraaviin tutkimuskokonaisuuksiin:

- ilmastonmuutos ja meret
- ihmistoiminnan vaikutukset meriin ja toimintojen tarkoituksenmukainen säätely
- ekosysteemilähestymistapa luonnonvarojen hoidossa ja meren aluesuunnittelussa

- biodiversiteetti, sen suojelu ja hyödyntäminen bioteknologiassa
- operatiivinen merentutkimus ja meritekнологia.

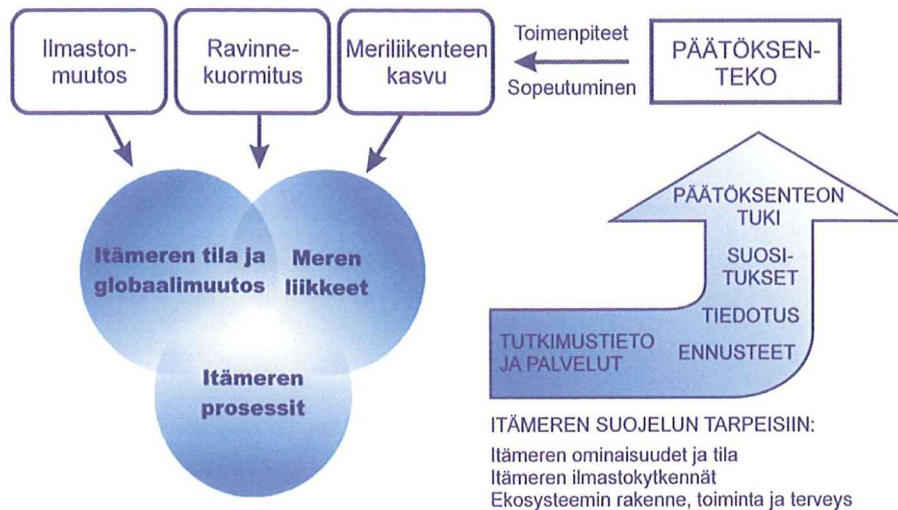
Nämä teemat ovat myös Itämeritutkimuksen ydinkysymyksiä, ja haasteisiin vastaaminen vaatii laaja-alaista ja monitieteistä merentutkimusta. Ilmastonmuutostutkimuksessa on ymmärrettävä myös Itämeren ja sen ulkopuolisten alueiden riippuvuus toisistaan. Merentutkimus vaatiikin laajaa kansallista ja kansainvälistä yhteistyötä.

## MERENTUTKIMUKSEN KIVIJALKA: STRATEGINEN PERUSTUTKIMUS

Merentutkimuksen ensisijainen tavoite on meren fysikaalisen ja biogeokemiallisen toiminnan ymmärrys. Tämä ymmärrys, jonka varaan kaikki soveltava tutkimus ja päätöksenteko rakentuu, saavutetaan vain monitieteisellä merentutkimuksella ja saumattomalla tieteenalojen välisellä yhteistyöllä.

Meritieteellinen havainnonteko on kallista, eikä sitä koskaan ole taloudellisesti mahdollista tehdä niin kattavasti, että meren tila voitaisiin selvittää pelkin mittauksin. Tähän ongelmaan kuitenkin tarjoaa apua se, että meren fysikaaliset ominaisuudet suurelta osin määräytyvät reunaehdoista ja meren sisäisestä dynamiikasta. Mitä paremmin ne hallitaan, sitä paremmin voidaan käytettävissä olevista mittauksista saada meren tila selville. Keskeisiä tutkimuskohteita ovat meren dynamiikka ja meren ja ilmakehän vuorovaikutusten prosessit.

Ekosysteemilähestymistapa edellyttää toimenpiteiden perustaksi parasta mahdollista tietoa meren ekosysteemin toiminnasta ja sen pitkäaikaisesta kehityksestä. Siksi on tehtävä johdonmukaista meren perusominaisuuksien ja sen toiminnan lainalaisuuksien tutkimusta – strategista perustutkimusta.



Strategisen perustutkimuksen pilarit ovat

- (1) monipuolinen, pitkäjänteinen, kattava ja säännöllinen meren tilan havainnointi,
- (2) erityisiin tutkimuskysymyksiin pureutuva monitieteinen kenttä- ja kokeellinen tutkimus, sekä
- (3) edellisiin pohjautuva teoria- ja mallikehitys.

### Pitkäaikaistutkimukset päätöksenteon tukena

Pitkäaikaisiin havaintosarjoihin perustuvat tilastotiedot ovat usein yhteiskunnallisen suunnittelun perustana. Esimerkiksi maankohoamisen, ilmastonmuutoksen, rehevöitymisprosessien tai haitallisten aineiden vaikutusten tutkimus ei olisi mahdollista ilman luotettavia pitkäaikaistutkimuksia. Pitkäaikaisia havaintosarjoja tuottavat ja ylläpitävät vain tutkimuslaitokset ja jotkut yliopistojen kenttäasemat. Ulkopuoliset rahoittajat eivät tue havaintoaineistojen keruuta vaan rahoittavat ainoastaan lyhytaikaisia hankkeita. Tällä hetkellä merentutkimusta ohjataan tehtäväksi yhä suuremmissa määrin ulkopuolisella projektirahoituksella. Tämä suuntaus uhkaa korvaamattomien aikasarjojen jatkuvuutta ja vaikeuttaa luonnonvaratiedon hyödyntämistä ja tulevaisuuden ajankohtaisten merentutkimuskysymysten ratkaisemista.

Aikasarjojen käytettävyys ja arvo kasvavat aikasarjan pidentyessä. Vastaavasti äkkinäisesti lakkautetun aikasarjan arvo laskee nopeasti, koska sen käyttökelpoisuus lähiaikojen muutosten analyysissä vähenee. Luotettavia aikasarjoja tarvitaan merten prosessien tutkimuksessa, numeeristen mallien kehittämisessä ja rannikon turvallisen ja taloudellisen yhteiskuntasuunnittelun ja rakentamisen normeja määrittäessä.

Aikasarjoja voidaan hyödyntää selvitettyä mm:

- Miten Itämeren ekosysteemi ja sen fyysikaaliset ominaisuudet ovat muuttuneet?
- Missä Itämeren osassa muutokset ovat suurimpia ja miksi?
- Millaisia murroskohtia aikasarjoissa on ja mitkä ovat niiden syyt?
- Mitkä muutokset voidaan selittää luonnollisella vaihtelulla ja mitkä ovat todennäköisesti ihmisen toiminnan aiheuttamia?

HELCOM:in Itämeren toimintasuunnitelman, EU:n meristrategiadirektiivin ja meripolitiikan toimeenpano tulevat korostamaan havaintosarjojen keräämisen tarvetta. Siksi on selvitettävä miten aikasarjoja voidaan kerätä kustannustehokkaasti. Keskeisiä kysymyksiä ovat esimerkiksi:

- Missä mittakaavoissa havaintoja tulee kerätä?

- Voidaanko joitakin työvaltaisia havainto- ja analyysimenetelmiä korvata automaattisilla menetelmillä?
- Miten suuria aineistoja hyödynnetään ja analysoidaan tehokkaasti?
- Miten kerätty tieto muutetaan päätöksentekoa palvelevaksi informaatioksi?

## MERIYMPÄRISTÖN KOHTALONKYSYMYKSET

### Miten Itämeren perusominaisuudet muuttuvat?

Itämeri on jatkuvassa muutostilassa. Itämerellä on sen lähihistorian aikana on ollut makeampia ja mereisempiä jaksoja ja mm. Itämeren syvänteiden hapettomuus vaihtelee suolapulsien ja jokivirtaaman vaihteluiden vaikutuksesta. Osa luonnollisista muutoksista vaikuttaa samaan suuntaan kuin ihmisen aiheuttamat paineet, osa kompensoi niitä. Yksi merentutkimuksen tärkeimpiä tehtäviä onkin selvittää ja kertoa, mitkä näistä muutoksista johtuvat luontaisesta vaihtelusta ja mitkä ovat ihmisen toiminnan seurausta. Olennaista on tuntee Itämeren historia ja kehitys, sen fysiikkaalisten ominaisuuksien dynamiikka ja reunaehdot, kuten jokien valumat, sekä ennen kaikkea fysiikkaaliseen tilaan vaikuttavat ilmakehän ja meren väliset vuorovaikutukset. Edelleen on tunnettava fysiikkaalisten, kemiallisten ja biologisten prosessien väliset vuorovaikutukset. Viimeksi mainitussa työssä tärkeitä työkaluja ovat hydrodynaamiset mallit sekä biogeokemialliset ekosysteemimallit. Keskeisiä kysymyksiä ovat:

- Mikä säätelee Itämeren vesitaseen muutosta? Voidaanko Itämereen tulevia suolapulsseja ennustaa?
- Miten vedenvaihto valtameren kanssa ja Itämeren altaiden välillä muuttuu?
- Miten jokivedet ja niiden mukana kulkeutuvat aineet sekoittuvat Itämeressä?

- Miten Itämeren hydrografia, kerrostuneisuus ja virtaukset muuttuvat vesitaseen muuttuessa?
- Kuinka kauan ainekset viipyvät meren eri osa-alueilla ja rannikon ja avomeren välillä?
- Millä alueilla ainesten sekoittuminen on voimakasta ja mille alueille aineksia kenties kasaantuu?
- Millaisia sisäisiä sekoittumisprosesseja esiintyy termokliinissä ja halokliinissa ja miten ne vuorovaikuttavat merenpohjan kanssa?



### Miten ilmastonmuutos vaikuttaa Itämereen?

Itämeri on kytketty globaalin ilmaston vaihteluihin ja muutoksiin. Erityisesti Pohjois-Atlantin ja Jäänmeren muutokset vaikuttavat Itämereen. Vesitaseen ja säätekijöiden vaihtelut vaikuttavat Itämeren lämpö- ja suolakerrostuneisuuteen, vedenkorkeuteen ja virtauksiin. Itämeren fysiikkaalisen-kemiallinen tila puolestaan vaikuttaa monin tavoin ekosysteemin rakenteeseen ja toimintaan.

Ilmastonmuutoksen arvioidaan nostavan Itämeren veden lämpötilaa, lisäävän sadantaa talvella, vähentävän Itämeren jääpeitettä ja kohottavan keskivedenpintaa. Tutkijat ovat meteorologisista ja fysikaalisista muutoksista ja niiden määristä melko yksimielisiä, mutta arviot ilmastonmuutoksen ekosysteemivaikutuksista ovat edelleen hyvin epävarmoja.

Talvisadannan kasvun arvioidaan lisäävän ravinnekuormaa ja rehevöitymistä. Suolapitoisuuden aleneminen siirtää monien mereisten ja makean veden lajien levinnäisyysrajoja. Lämpötilan nousu suosinee sinileviä ja eteläisemmiltä vesiltä saapuvia tulokaslajeja. Hiilidioksidin päästöt ilmakehään kasvavat yhä. Meri sitoo ilmakehän hiilidioksidia, mutta meren lisääntyvä hiilidioksidipitoisuus aiheuttaa veden happamuustasapainon muutoksia ja happamuuden lisääntyminen voi vahingoittaa merieliöitä myös Itämeressä.

Ilmastonmuutoksen mahdollinen rehevöitymistä lisäävä vaikutus vaikeuttaa Itämeren tilan kehityksen arviointia: se voi myös tehdä tyhjäksi nykytilan pohjalta määriteltyjen vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutukset. Tästä syystä Itämeren ravinnetilanteeseen vaikuttavien ilmastollisten tekijöiden tuntemus on yksi Itämeren tutkimuksen tärkeimpiä tavoitteita.

Ilmastonmuutostutkimus ja ilmastonmuutokseen sopeutuminen vaativat aktiivista ja laaja-alaista yhteistyötä luonnontieteilijöiden, taloustieteilijöiden, yhteiskuntatieteilijöiden ja viranomaisten välillä.

Keskeisiä tutkimuskysymyksiä ovat:

- Kuinka paljon Itämeren peruspiirteet vaihtelevat luonnollisten tekijöiden johdosta? Voidaanko havainnoista erottaa globaalin ilmastonmuutoksen ja alueellisen elinympäristön muutoksen vaikutus?
- Miten Pohjois-Atlantin merivirtojen ja pohjoisen Jäämeren jääpeitteen muutokset vaikuttavat ilmastoon?



- Miten ilmastonmuutos vaikuttaa Itämeren ja Pohjanmeren väliseen vedenvaihtoon, jääoloihin, keskivedenpintaan, veden kerrostuneisuuteen, pohjan happiloloihin ja pintaveden ravinneääriin?
- Miten muuttuva valunta ja ravinnekuormitus vaikuttavat Itämereen?
- Miten jääpeitteen muutos vaikuttaa Itämeren talviaikaiseen eliöyhteisöön ja kevään ravinne-dynamiikkaan?
- Miten lämpötilan, suolaisuuden ja jääpeitteen muutokset vaikuttavat lajien levinneisyyteen ja ekosysteemin monimuotoisuuteen?
- Miten veden lämpötilan nousu vaikuttaa meren perustuotantoon ja toisenvaraiseen tuotantoon?
- Mitkä tekijät säätelevät hiilidioksidin siirtymistä mereen ja miten hiilidioksidin lisääntyminen vaikuttaa Itämeren happamuuteen ja miten tämä muutos vaikuttaa merieliöihin?

### Miten rehevöitymiskehitys käännetään?

Rehevöitymistä pidetään tällä hetkellä Itämeren suurimpana ympäristöongelmana. Itämeren rehevöitymistutkimuksen ensisijainen tavoite on tuottaa tietoa rehevöitymiskehityksen pysäyttämiseksi ja sen kääntämiseksi tarvittavia toimenpiteitä varten ja seurata, miten toimenpiteet ovat vaikuttaneet.



Itämeren rehevöitymiseen vaikuttavat perustekijät tunnetaan varsin hyvin, ja ravinnepäästöjen rajoittaminen edelleen on ekosysteemin terveyden kannalta välttämätöntä. Rehevöitymiseen vaikuttavat prosessit vaihtelevat huomattavasti Itämeren eri alueilla, mikä korostaa alueellisen tutkimuksen tärkeyttä. Prosessien tuntemus vaikuttaa suoraan valuma-aluekohtaisten toimenpiteiden määrittelyyn ja ravinnepäästöjen kustannustehokkaan vähentämisen jakaantumiseen Itämeren maiden kesken. Suomen tapauksessa vaikutusta on esimerkiksi siihen, millä alueilla pitää erityisesti panostaa Suomen omien päästöjen leikkaamiseen ja missä ulkomaiset päästöt ratkaisevat.

Jotta rehevöitymiseen voidaan puuttua tehokkaalla tavalla, tarvitaan merentutkijoiden vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Mikä on sisäisen ja ulkoisen kuormituksen suhde Itämeren altainen eri osissa?
- Miten ilma- ja jokikuormituksen rehevöittävä vaikutus eroaa?
- On esitetty, että Itämeri on sisäisen kuormituksen ylläpitämässä ”takalukossa”, jonka aukaiseminen vaatii

suurempaa ravinnepäästöjen rajoittamista kuin aiemmin on oletettu. Pitääkö tämä takalukko huomioida toimenpidesuosituksissa?

- Rehevöityminen ja ilmastonmuutos muuttavat levälajistoa. Miten tämä perustuottajayhteisön muutos vaikuttaa toisenvaraisiin tuottajiin, ml. taloudellisesti arvokkaat kalat?
- Pohjayhteisöjen toiminnan muutos vaikuttaa pohjasta vapautuvien ravinteiden määrään. Miten suuri tämä vaikutus on suhteessa hapettomilta pohjilta tapahtuvaan ravinteiden liukenemiseen?
- Rehevöitymisen estämiseksi on ehdotettu myös radikaalimpia keinoja, kuten Tanskan salmien syventämistä, Itämeren altainen hapettamista, typenpoiston lopettamista, fosforin kemiallista sitomista tai biomanipulaatiota tehokalastuksen avulla. Millaisia vaikutuksia näillä toimenpiteillä olisi Itämeren ekosysteemiin?

Rehevöitymistutkimus edellyttää syvällistä tietämystä sekä maalla toteutettujen vesien-suojelutoimenpiteiden vaikutuksista että mereen päätyvien ravinteiden dynamiikasta. Toteuttamiskelpoisten suositusten antaminen vaatii merentutkijoiden, valuma-alueutkijoiden ja talous- ja yhteiskuntatieteilijöiden tiivistä yhteistyötä.



## Pahenevatko haitallisten aineiden vaikutukset?

Ihmistoiminnan tuloksena on meriympäristöön jo pitkään päätenyt raskasmetalleja ja erilaisia myrkyjä. Joidenkin haitta-aineiden (esim. lyijy ja DDT) pitoisuudet meriympäristössä ovat pienemässä käytön vähenemisen ja lainsäädännön kiristymisen myötä. Toisaalta ”vanhojen” ympäristömyrkyjen tilalle on tullut uusia, eikä haitallisten aineiden aiheuttama riski meriympäristölle ole merkittävästi vähentynyt.

Myrkyllisten sinilevien kukintojen voimistuminen on lisännyt eliöstön altistumista myrkyille. Haitta-aineiden ja levämyrkyjen yhteisvaikutuksista sekä niiden vuorovaikutuksista muiden ympäristömuuttujien kanssa tiedetään kuitenkin edelleen vähän.

Haitallisia aineita tutkittaessa olennaista on kehittää sekä haitta-aineiden analytiikkaa että niiden vaikutusten arviointimenetelmiä. Haitta-aineiden torjunnan kannalta keskeistä on niiden vaikutusten varhainen havaitseminen. Tätä varten on kehitetty menetelmiä, joilla pystytään suoraan havaitsemaan haitallisten aineiden biologisia vaikutuksia eliöissä. Näistä menetelmistä kehitetään sekä ainekohtaisia että yleispäteviä ympäristöstressiä osoittavia indikaattoreita.

Haitallisten aineiden tutkimuksissa yhdistetään meritiedettä eliöiden biologiaan, fysiologiaan ja ekologiaan. Itämeren haitallisten aineiden tutkimus liittyy myös valuma-alueella tehtävään ympäristötutkimukseen ja haitallisten aineiden käyttöön ja korvaamiseen liittyvään tutkimukseen.

Keskeisiä tutkimuskysymyksiä ovat:

- Miten haitalliset aineet kulkeutuvat, hajoavat ja muuntuvat Itämeren ravintoverkoissa?
- Miten Itämeren ympäristömuutos (esim. veden lämpötilan nousu ilmastonmuutoksen myötä) vaikuttaa haitallisten aineiden kertymiseen ja fysiologisiin vaikutuksiin eliöissä?

- Mitkä ”uudet” ympäristökemikaalit vakavimmin uhkaavat Itämeren ekosysteemin terveyttä? Miten ne vaikuttavat yhdessä ”vanhojen” kanssa?
- Millaisia pitkäaikaisia vaikutuksia kemikaalialtistuksilla on merieliöihin ja ekosysteemin toimintaan?



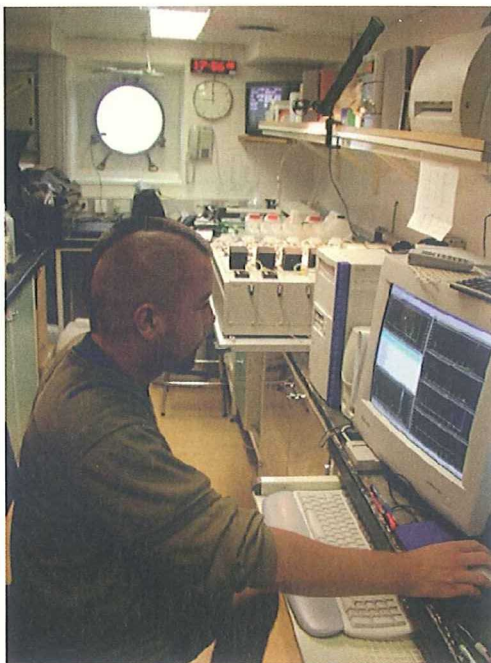
## Miten meriliikenteen kasvu vaikuttaa Itämereen?

Itämeri on maailman vilkkaimmin liikennöityjä merialueita. Merellä tapahtuva massiivinen öljy- tai kemikaalionnettomuus on yksi Itämeren pahimmista uhkista. Suuren öljykatastrofin seurauksista on tietoa muilta merialueilta, mutta onneksi ei Itämerestä.

Öljyä pääsee mereen myös tahattomista ja tahallista öljyisten pilssivesien päästöistä. Nämä päästöt aiheuttavat eliöstölle jatkuvaa öljyaltistusta. Meriliikenteestä ja veneilystä aiheutuu muutakin kemikaalialtistusta. Pohjamaalien myrkyjen käytön rajoittamisesta huolimatta laivojen ja pienveneiden pohjista liukenee edelleen haitallisia aineita.

Meriliikenne aiheuttaa ravinnepäästöjä mereen, etenkin laivaliikenteen ilmapäästöjen on arvioitu olevan merkittävä kuormittaja Itämerellä. Itämeren laivaliikenteen ilmapäästöjen tutkimus on vasta alkanut, eikä vaikutustutkimusta ole tehty juuri lainkaan.

Öljyonnettomuuksien tutkimusta sekä laivaliikenteen päästöjen kulkeutumisen ja vaikutusten tutkimusta on tehtävä merentutkijoiden, meteorologien ja toksikologien yhteistyönä.



Keskeisiä tutkimuskysymyksiä ovat:

- Miten vakava öljy- tai kemikaaliturma vaikuttaisi pohjoisen Itämeren ekosysteemiin eri vuodenaikoina, etenkin jääoloissa? Miten nopeaa eri eliöryhmien palautuminen on?
- Miten jatkuva öljyisten pienpäästöjen aiheuttama kemikaalialtistus vaikuttaa merieliöihin?
- Kuinka suurina ovat laivaliikenteen aiheuttamat ravinnepäästöt ja minne ne kulkeutuvat?
- Miten laivaliikenteen typpipäästöt vaikuttavat Itämeren ravinnedynamiikkaan eri vuodenaikoina?

## Miten Itämeren monimuotoisuuden käy?

Luonnon monimuotoisuuden väheneminen on globaali huolenaihe, ja EU:n tavoitteena on biodiversiteetin vähenemisen pysäyttäminen vuoteen 2010 mennessä. Itämeri on tässä suhteessa erityinen huolenaihe, koska Itämeren lajien määrä on vähäinen ja lähes kaikki lajit ovat ns. avainlajeja, joiden merkitys ekosysteemin toiminnalle on suuri.

Itämeri on vähälajisuusensa ja vaihtelevan fyysikaalisen ympäristönsä vuoksi erinomainen meri monimuotoisuuden tutkimukseen. Itämeren monimuotoisuuden tutkimusta ja säätelyn teoriaa sekä luonnonsuojelubiologisia sovelluksia voidaan hyödyntää myös ekosysteemejä koskevassa tutkimuksessa ja päätöksenteossa.

Kaikki Itämeren merkittävimmät uhat – rehevöityminen, haitalliset aineet, luonnonvarojen käyttö, meriliikenteen ja merirakentamisen lisääntyminen sekä tulokaslajit – ovat uhkia myös Itämeren lajien säilymiselle ja toiminnalliselle monimuotoisuudelle. Siksi samat toimenpiteet, jotka vaikuttavat näihin uhkiin myös edesauttavat Itämeren monimuotoisuuden säilyttämistä.

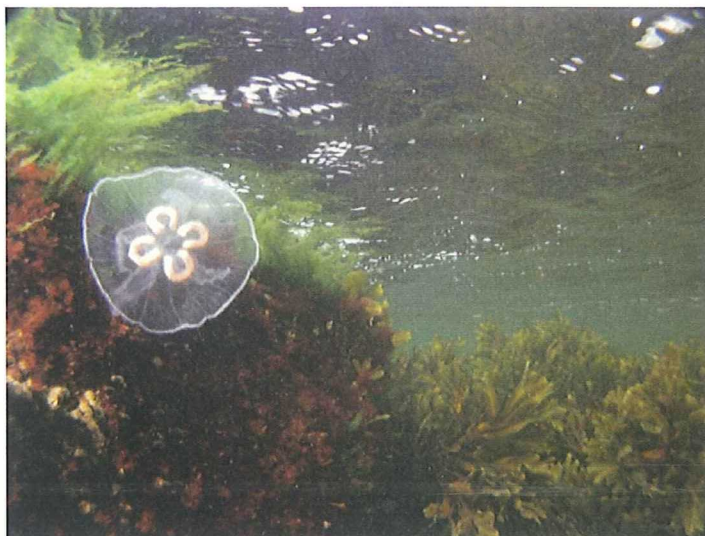
Itämeren monimuotoisuuden säätelystä, ekosysteemien palautumiskyvystä ja monimuotoisuuden vaihteluiden vaikutuksista Itämeren ekosysteemin toimintaan tiedetään yllättävän vähän. Käytännössä monimuotoisuuden ja sen säätelyn tutkimuksissa on tutkittava koko ekosysteemiä ja sen toimintaa.

Esimerkiksi seuraavia kysymyksiä on ratkaisematta:

- Millainen on Itämeren monimuotoisuuden palautumiskyky?
- Miten Itämeren geneettisesti ja ekologisesti ainutlaatuisten lajien väheneminen tai populaatioiden pirstoutuminen vaikuttaa ekosysteemin toimintaan?
- Onko Itämeren monimuotoisuus jo vaarantunut? Onko joitain monimuotoisuuden kannalta tärkeitä habitaatteja häviämässä?



- Miten monimuotoisuuden muutos vaikuttaa ekosysteemin toimintaan? Onko Itämeri vähälajisuutensa takia erityisen haavoittuva?
- Miten avainlajien väheneminen vaikuttaa muuhun Itämeren ekosysteemiin?
- Miten laaditaan monimuotoisuuden vaihteluita luotettavasti kuvaavia indikaattoreita?



Meri- ja rannikkoluonnon monimuotoisuuden kartoitusta ja tutkimustuloksia tarvitaan sekä luonnonsuojelutyössä että ihmisen toiminnan ympäristövaikutusten arvioinneissa. Merialueiden kestävän käytön ja alueiden käytön suunnittelussa sekä suojelualueiden rajaamisessa tarvitaan luotettavaa tutkimustietoa lajistosta ja luontotyypeistä. Vesiluonnon monimuotoisuuden havainnointiin ja kartoitukseen ei ole panostettu riittävästi. Siksi Itämeren monimuotoisuuden pitkäaikaisista vaihteluista ei edelleenkaan ole riittävästi tietoa ja luontotyyppien suojelu ei ole edistynyt toivotulla tavalla.

### Tulokaslajit ja monimuotoisuus

Murtovetisyytensä ja vilkkaan laivaliikenteensä takia Itämeri on altis tulokaslajien asettumiselle. Meriliikenteen kasvu ja nopeus lisäävät eliöiden siirtymistä merialueiden välillä. Tulokaslajit voivat uudessa ympäristössä lisääntyä hallitsemattomasti, syrjäyttää alkuperäisiä lajeja ja aiheuttaa suuria taloudellisia haittoja.

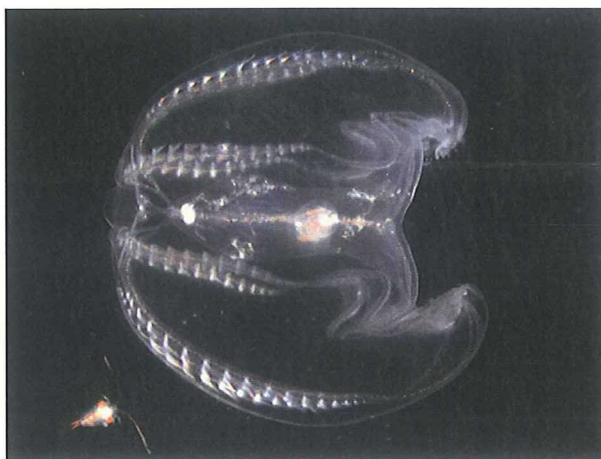
Itämerellä tulokaslajitutkimus on kuitenkin varsin nuori tutkimuksen haara. Esimerkiksi seuraavia tulokaslajeihin liittyviä kysymyksiä on edelleen ratkaisematta:

- Onko Itämeri erityisen altis tulokaslajien negatiivisille vaikutuksille vai onko Itämeren ekosysteemissä ”tilaa” ja käyttämättömiä ekolokeroita uusille lajeille?

- Mitä uusia tulokaslajeja Itämereen on todennäköisesti tulossa ja miten ne voivat vaikuttaa?
- Miten laivaliikenteen kasvu ja ilmastonmuutos vaikuttavat tulokaslajien runsauteen Itämerellä?
- Miten jo asettuneet tulokaslajit vaikuttavat Itämeren ekosysteemiin?
- Voidaanko jo saapuneiden lajien leviämisen estää?

Erilaisten eri eliöryhmiin tehoavien painolastivesien käsittelymenetelmien kehitys on tärkeä tulokaslajitutkimuksen sovellus.

Merentutkimuspalvelut tukevat meren kestävää käyttöä.



## Meriliikenteen turvaaminen ja sujuvuuden lisääminen

Itämeren meriliikenne kasvaa kaiken aikaa. Erityisesti Suomenlahdella meriliikenteen kasvu lisää laivaonnettomuuksien todennäköisyyttä. Talvinen jääpeite lisää riskejä ja vaikeuttaa mahdollisen onnettomuuden jälkien korjaamista.

Merentutkimus tuottaa tietoa ja kehittää palveluja joilla, tehostetaan meriliikenteen turvaamista ja sujuvuutta. Onnettomuuden mahdollisesti tapahtuessa on myös tiedettävä, mihin päästöt ajautuvat, mitä onnettomuudesta seuraa ja millä tavalla vahingot voidaan minimoida.

Ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan myös Itämeren merisäähän ja siten myös merenkulkuun. Eräs merentutkimuksen haasteista on ennakoita näiden muutosten suunta ja vaikutukset ja siten tukea merenkulun turvallisuuden säilyttämistä.

Merialueilla laivalinjojen sijainnit perustuvat meriliikenteen turvallisuuteen ja polttoainekustannusten minimoimiseen, eikä luonnonsuojelunäkökulmaa ole juurikaan huomioitu. Vasta hiljattain on ehdotettu Itämeren virtausten huomioimista laivalinjojen sijoittelussa. Virtausolojen tuntemuksen avulla voidaan onnettomuustilanteissa pienentää luonnonarvoiltaan erityisen arvokkaiden alueiden saastumisen riskiä.

Keskeisiä meriliikenteeseen liittyviä tutkimuskysymyksiä ovat:

- Vaikuttaako ilmastonmuutos meriturvallisuuteen?
- Lisääkö jääpeitteen väheneminen ja mahdollinen tuulisuuden lisääntyminen aallokkoa ja vedenkorkeuden vaihteluita?
- Miten jääolosuhteita voidaan havainnoida ja ennustaa, niin, että laivaliikenteen energiatehokkuus ja turvallisuus maksimoidaan?
- Voidaanko veden virtauksia ja hydrografiaa hyödyntää ohjaamalla laivaliikennettä niin, että päästöjen ajautuminen haavoittuvimmille merialueille estyy?

## Merirakentamisen turvallisuus ja ympäristöllinen kestävyys

Merialueisiin ja rannikkoon kohdistuu entistä enemmän rakentamistarpeita. Rantarakentaminen, ruoppaustoiminta, satamien, teiden ja siltojen rakentaminen, tuulivoimalat ja avomeren öljynporauslautat ja kaasuputket voivat monella tavalla uhata meren ekosysteemiä ja joissakin tapauksissa myös meriturvallisuutta. Rakentamisen turvallisuudessa on huomioitava mm. vedenkorkeuden vaihtelut sekä jää- ja aallokko-olosuhteet. Ympäristövaikutusten arvioinnissa on tunnettava sedimenttien ominaisuudet ja haitallisten aineiden pitoisuudet alueella.

Ilmastonmuutos nostaa maailman merien pintaa, mikä tulee vaikuttamaan rannikorakentamiseen. Itämerellä meren nousua kompensoi maan kohoaminen, jonka nopeus eri alueilla tunnetaan. Sen sijaan valtameren pinnan nousua ei vielä pystytä tarkasti ennustamaan mm. mannerjäätiköiden sulamisnopeuden epävarmuudesta johtuen. Tulevaisuuden vedenkorkeuden ennustaminen Itämeren eri alueilla vaatii sekä ilmastoon että Itämeren hydrografiaan liittyvien mallien kehittämistä.

Merirakentamisen turvallisuuden tutkimus perustuu fysikaaliseen oseanografiaan. Rakentamisen ympäristövaikutusten tutkimukseen tarvitaan myös kemistien ja biologisten osaamista.

Keskeisiä tutkimuskysymyksiä ovat:

- Miten rakentaminen vaikuttaa kunkin alueen pohjanläheisiin virtauksiin, sedimenttaatioon ja happiloihin?
- Mitä rakentamisvaiheessa pohjasedimenteille ja sen sisältämille haitta-aineille tapahtuu ja miten pitkään rakentamisvaiheen aiheuttama ympäristömuutos kestää?
- Miten keinotekoiset habitaatit, kuten silta-rakenteet ja tuulivoimalat vaikuttavat meriekosysteemin monimuotoisuuteen?
- Miten ilmastonmuutos vaikuttaa Itämeren keskivedenpintaan eri alueilla?
- Miten Itämeren jääpeitteen ja aallokko-olojen muutokset vaikuttavat rannikko- ja merirakentamiseen?

## Operatiivinen merentutkimus ja mallinnus

Merien dynaamisuus ja merien kasvava käyttö edellyttävät paitsi laaja-alaista meritiedon saatavuutta, myös sen välitöntä hyödyntämistä päätöksenteossa. Myös meren kaupallisen hyödyntämisen, virkistyskäytön, luonnonvarojen hoidon ja suojelun ristiriidat edellyttävät ajantasaisen tiedon keruuta ja raportointia. Näihin tarpeisiin vastataan operatiivisella merentutkimuksella.

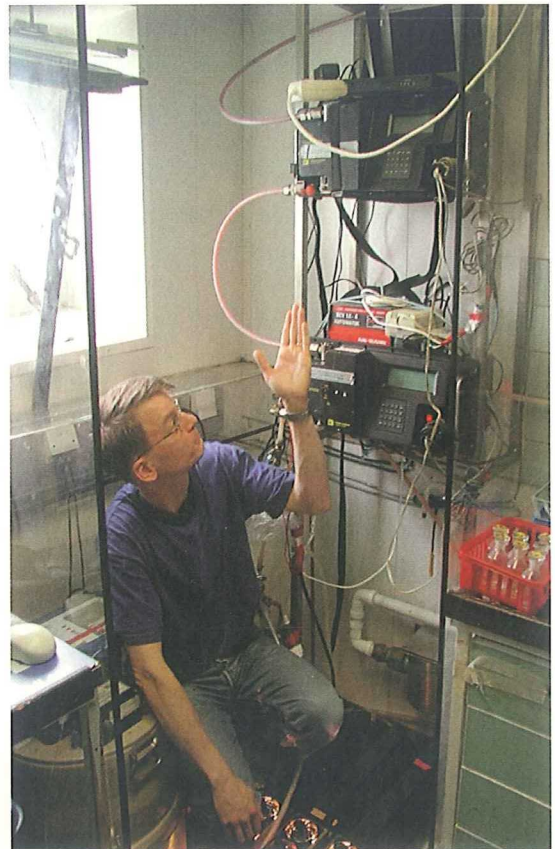
Mereen ankkuroitavien ja kauppalaivoihin sijoitettavien automaattisten mittauslaitteiden ja satelliittien avulla tehtävä kaukokartoitus tarjoaa lähes tosiaikaista tietoa mm. veden pintalämpötilasta, virtauksista ja jääpeitteestä sekä planktonlevien ja öljyn määrästä.

Operatiivinen merentutkimus yhdistää merelliset havainnot ja kaukokartoitustiedot numeerisiin malleihin assimilaatiojärjestelmien avulla. Järjestelmillä tuotetaan jatkuvasti päivittyvä kuva meren tilasta. Järjestelmien pohjana on matemaattisia malleja, joiden avulla voidaan myös ennustaa meren tilan tulevaa kehitystä. Jotta mallit kuvaisivat todellisuutta mahdollisimman tarkasti, tarvitaan lähtöarvoiksi merellä tehtyjä mittauksia fysikaalisista, biologisista ja kemiallisista tekijöistä. Lähtötiedoiksi tarvitaan myös meren ulkopuolista tietoa, kuten meteorologisia tietoja ja tietoja jokivirtaamista sekä ravinnekuormituksista.

Merentutkimuslaitos on toiminut operatiivisen merentutkimuksen edelläkävijänä. Jäähän, vedenkorkeuteen ja aallokkoon liittyviä palveluja sekä levätilanteen havainnointi- ja ennustusjärjestelmiä on kehitetty aktiivisesti ja ne ovat operatiivisessa käytössä.

Operatiivisen merentutkimuksen kannalta on keskeistä:

- hyödyntää uusia satelliittiohjelmiä ja uusien mittalaitteiden mahdollisuuksia havaintotoiminnassa
- kehittää havaintomenetelmiä ja havaintoverkkoja vastaamaan uusia tarpeita
- ottaa mittauskampanjoiden suunnittelussa huomioon mallituksen tarpeet
- kehittää aineistojen hyödynnettävyyttä ja tiedonkäsittelytekniikoita
- yhdistää tehokkaasti merestä ja satelliiteilla kerättyä aineistoa malleihin,
- kehittää merellisiä ennustejärjestelmiä,
- kehittää monipuolisia tuotteita ja palveluja loppukäyttäjille.





## MERENTUTKIMUS ON KANSAINVÄLISTÄ

Yksikään maa ei pysty riittävästi tutkimaan meriä yksin. Siksi maailman merentutkimuslaitokset ovat verkostoituneet ja tekevät yhteistyötä monella tasolla perustutkimusyhteistyöstä operatiiviseen reaaliaikaiseen yhteistyöhön asti. Merentutkimuslaitoksen henkilökunnan kontaktiverkosto on maailmanlaajuinen ja laitoksen toimiala ulottuu Pohjoiselta Jäämereltä Antarktikselle Weddellin merelle.

## INFRASTRUKTUURIN KEHITYS – MERENTUTKIMUKSEN KOHTALONKYSYMYS?

Merentutkimus vaatii korkeatasoista ja varsin kallista infrastruktuuria. Tutkimuksen kansainvälisellä huipulle pääseminen ja siellä pysyminen vaatii jatkuvaa laitteiston ja järjestelmien uudistamista sekä näytteenotto- ja analyysimenetelmien kehitystyötä. Nykyisellään Suomi kuitenkin kohdentaa julkisesta tutkimusrahoituksestaan merentutkimukseen huomattavasti pienemmän osuuden kuin useimmat teollisuusmaat.

Korkeatasoinen merentutkimus edellyttää myös kenttätutkimuksia, joiden toteuttamiseen tarvitaan avomerikelpoista, jäävahvistettua tutkimusalusta. Vaikka merentutkimusalue Aranda vielä onkin hyvässä kunnossa, lähestyy aika, jolloin on käynnistettävä keskustelu uuden merentutkimusalueen hankinnasta.

Suomen merentutkimuksen uudelleenjärjestelyssä kohtalonkysymykseksi voi nousta – tutkimuksellisten tarpeiden ohella – meriolosuhteisiin sopivien tutkimuslaitteiden ja näytteenottimien ja muun infrastruktuurin ylläpito ja kehittäminen.

Merentutkimuslaitos on aktiivisesti osallistunut mm. HELCOM:in, ICES:in, SCOR:in, IOC:n, BOOS:in ja EuroGOOS:in toimintaan<sup>1</sup>. Suomi, Merentutkimuslaitos ja sen edeltäjät, ovat olleet aktiivisia toimijoita kansainvälisessä merentutkimuksen infrastruktuurin luomisessa. Suomi liittyi ensimmäiseen kansainväliseen järjestönsä omamaanaan jo 1902, kun Kansainvälinen merentutkimusneuvosto (ICES) perustettiin. Vuonna 1960 Merentutkimuslaitos oli mukana Hallitustenvälisen meritieteellisen komission (IOC) perustamisessa. IOC koordinoi kansainvälistä merentutkimusta ja erityisesti kansainvälistä meritieteellisten havaintojen ja informaation vaihtoa maailmanlaajuisesti. Kansainvälinen tiedonvaihto ulottuu myös Kansainvälisten tieteellisten unionien liiton alaisiin maailman tietokeskuksiin (World Data Center).

Merentutkimuslaitos on ollut aktiivisesti mukana Itämeren suojelusopimusta toteuttavan HELCOM:in työssä. Merentutkimuksen kehityksessä mukana pysyminen vaatii aktiivista osallistumista kansainvälisten järjestöjen ja yhteistyöelimien toimintaan sekä havaintojen vaihtoa myös tulevaisuudessa.

<sup>1</sup> HELCOM = Baltic Marine Environment Protection Commission - Helsinki Commission, ICES = International Council for the Exploration of the Sea, SCOR = Scientific Committee on Oceanographic Research, IOC = Intergovernmental Oceanographic Commission, BOOS = Baltic Operational Oceanographical System, EuroGOOS = European Global Ocean Observing System

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Merentutkimusta tarvitaan vastaamaan moniin ajankohtaisiin kysymyksiin, kuten merien vaikutukseen ilmastoon, ilmastonmuutosten vaikutuksiin merien toimintaan, merenkulun vaikutuksiin biologiseen monimuotoisuuteen sekä kysymyksiin ihmisen kannalta tärkeään merien kestävään käyttöön.

Merentutkimus tarjoaa monia yhteiskunnan kannalta tärkeitä merenkulkuun, kalastukseen, virkistykseen, asutuksen kehittymiseen ja merensuojeluun liittyviä palveluita.

Merentutkimuksen kehityksen kannalta on tärkeää taata tasapaino perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen välillä. Ilman innovatiivista ja monipuolista perustutkimusta ei soveltavaa tutkimusta synny. Yhdessä yliopistojen kanssa tehtävä meriasiantuntijoiden jatkokoulutus suuntautuu jo käytännön syistä useinkin perustutkimuksellisiin kysymyksiin.

Ei myöskään pidä aliarvioida tutkimuksen monipuolisuuden arvoa ja tarvetta. Ihmisten huoli meren tilasta kanavoituu laajaksi kiinnostukseksi meren ilmiöitä kohtaan. Merentutkimuksella on suuri ympäristötietoisuutta lisäävä yhteiskunnallinen tehtävä. Tässä tehtävässä avainasemassa on aktiivinen meren tilasta ja merentutkimuksen tuloksista tiedottaminen.

Merentutkimuksessa voimaa, tehokkuutta ja yhtenäisyyttä voi saavuttaa vain säilyttämällä tasapaino eri tutkimusalueilla ja eri skaalojen tutkimuksessa, niin molekyyli- ja organismi-,

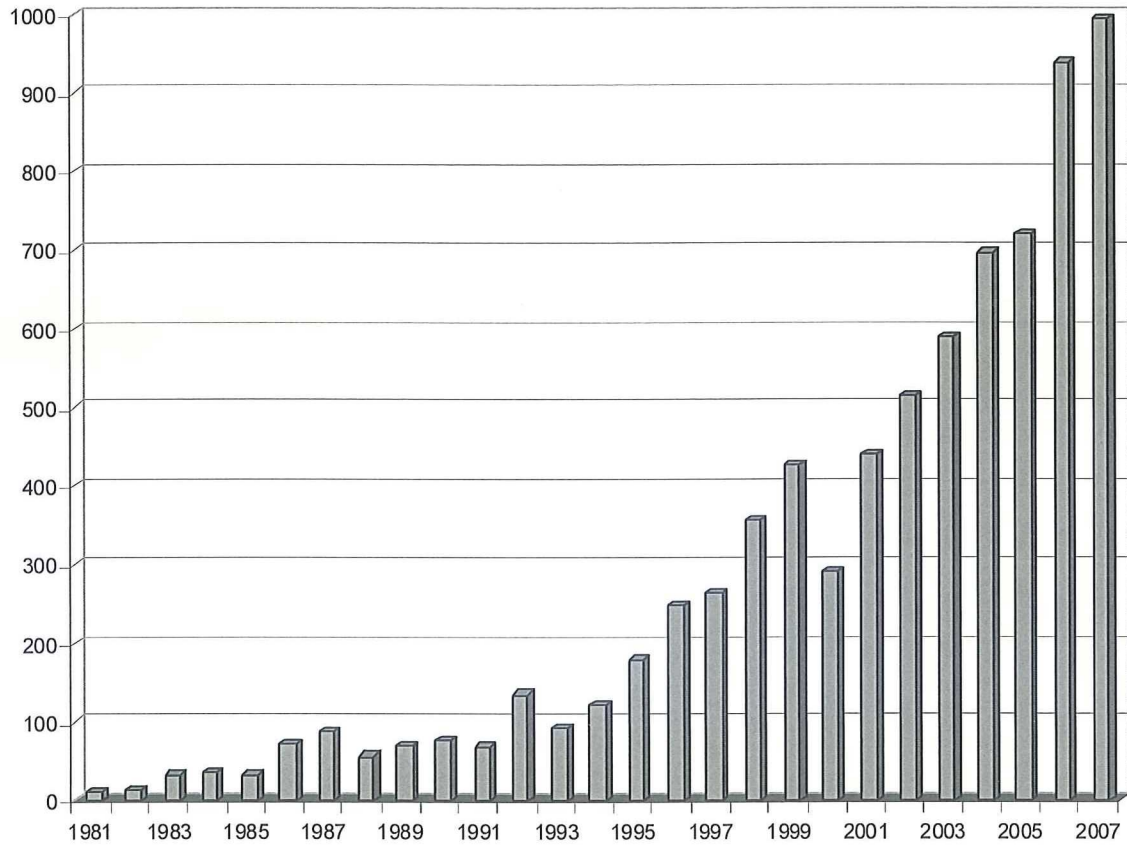


kuin evoluutio- ja ekologiatasoilla, sekä rannikko- ja avomeritutkimuksessa että soveltavassa ja päämäärältään avoimessa perustutkimuksessa.

Monimuotoisuuden säilyttäminen on luonnonsuojelun perustehtäviä. Habitaattien ja eliöstön monimuotoisuus takaa ekosysteemin toimintaja palautumiskyvyn myös odottamattomissa tilanteissa. Riittävän monimuotoisuuden takaaminen myös tutkimuksessa tulisi olla osa kestävää tutkimuspolitiikkaa ja -rahoitusta – myös merentutkimuksessa!

Korkeatasoisen, monitieteisen, monipuolisen ja kansainvälisen merentutkimuksen edistäminen on Suomen kansallinen etu ja voimavara. Suomalaisen merentutkimuksen on oltava innovatiivista ja ajankohtaisiin kysymyksiin nopeasti reagoivaa. Suomalaisen merentutkimuksen on pysyttävä alan kansainvälisellä huipulla jatkossakin. Tätä tehtävää Merentutkimuslaitos on hoitanut koko 90-vuotisen olemassaolonsa ajan.

### Sitaatteja vuodessa Merentutkimuslaitoksen tutkijoiden julkaisuihin



Kuva esittää Merentutkimuslaitoksen tutkijoiden julkaisuihin tehtyjen sitaattien vuotuisen lukumäärän kasvun vuodesta 1981.

Julkaisulla ei ole merkitystä, ellei joku käytä sitä hyväkseen, joko uuden tiedon tuottamiseen tai käytännön soveltamiseen. Kun artikkeli julkaistaan esitarkastetussa lehdessä, tarkastajat ovat arvioineet, että julkaisua todennäköisesti tullaan käyttämään. Kun julkaisua siteerataan, sitä on todella käytetty. Kuva kertoo Merentutkimuslaitoksen tutkimuksen vaikuttavuuden jyrkän kasvun kansainvälisessä tutkimuskentässä osoittamalla, miten laitoksen tutkijoiden julkaisuja on siteerattu arvostetuissa lehdissä.



# SCIENTIFIC IMPACT OF THE FINNISH INSTITUTE OF MARINE RESEARCH: A CITATION ANALYSIS

Kimmo K. Kahma

Finnish Institute of Marine Research  
P.O. Box 2, FI-00561 Helsinki, Finland

## INTRODUCTION

In 2003 the Academy of Finland published an evaluation of Finnish geosciences. The Department of Physical Oceanography of the Finnish Institute of Marine Research (FIMR) was described by the international evaluation panel as "an excellent unit" (Huttula 2003). In 2008, Aquatic Science in Finland was evaluated, and FIMR was ranked as an excellent institute. "The strength of FIMR's research programmes is indicated by their high success in competing for funding from external sources, including the Academy of Finland" said the evaluation report. It also pointed out that "There has been a strong record of publications in high quality journals." (Evaluation panel 2008).

The number of papers in peer-reviewed journals clearly shows how the impact of the research of FIMR has increased, particularly during the last decade. This can be seen even better when we look at how these papers have been cited in high impact journals (Fig. 1). A paper contributes little to the progress of science or to its applications if nobody uses it. When an article is published in a peer-reviewed journal, the referees have judged that it probably will be used. When an article is cited, it actually has been used.

Even in high impact journals there are papers that will be cited only few times, if at all, whereas some other articles in the same journal will be cited hundreds of times. Although the citations are by no means a perfect measure of the impact, it is clear that two papers with a

great difference in the number of citations cannot make the same contribution to the progress of science. Citations are therefore a better measure of the impact than the publication forum, i.e. the journal where the paper is published.

## CITATION DATA AND HOW REPRESENTATIVE IT IS

For several decades Thomson Reuters has published citation indexes and derivatives from them. The ISI databases can nowadays be accessed via the Internet, but there is an annual charge. Recently, other databases have also become available, some of them free of charge. Citation analyses can now be generated relatively easily for every scientist who has cited publications.

There are, however, serious problems if these easily calculated indexes are used to evaluate institutes or individuals. A simple search from a citation database may give very inaccurate numbers for many reasons. For example: Citations to authors with the same last name and initial will be confused. Different ways to refer to the same article will be treated as different articles. Alternative spellings or variations in the use of initials may cause loss of citations, and these differences are not random. Citations are often lost for authors other than the first, and, even worse, the results in this respect change with time as new versions of the search engines come in use. Different databases will give different citation rates.

These errors are not necessarily small. There are cases where different searches give results differing by an order of magnitude. No wonder there has been some reluctance to use the Citation Index in spite of the merits it has in principle.

In this citation analysis we have used methods that we hope will eliminate nearly all of these errors. We have consistently used one database, the ISI/WOS. Every citation has been verified to make sure that it actually refers to the article in question, the one published by the FIMR scientist. Variant spellings have been taken into account, as well as different ways to refer to the same article. Articles have been searched for using the first author also in cases when the first author is not from FIMR.

Data is collected up to June 30, 2008. Citations after that date have not been included.

Besides the technical problems of getting the correct citation rates, it is also necessary to remember that different fields in science have different citation rates. This follows from the simple fact that the total number of citations in a particular field is proportional to the average number of references in papers times the number of papers published in the field. The latter depends on how many people there are doing research in the field. Papers in a popular field like climate change will have more citations than papers in a field where only a few researchers work. In the case of an individual author the number of citations will also depend on the number of co-authors who share those citations. In particle physics, for instance, the entire first page of a paper is sometimes filled with authors' names. Their number can be counted in the hundreds (see e.g. Aaltonen & al. 2007), and an individual author may easily have several thousands of citations. This is very rare in case of, say, oceanography.

To get a benchmark we have determined the impact factors of 15 top journals in three different fields of oceanography. The impact factor of a journal is defined as the average of the

number of citations per year the articles get during the two first years of their life. The citations are counted for calendar years including the year of publication, and will obviously depend on the month of publication for an individual article, but this bias is expected to average out for the journal. Here we have used the impact factors for the year 2004.

These tables suggest that the citation rates in different fields of oceanography are rather similar. A paper in chemical oceanography collects 1% more citations during the first two years from publication than a paper in biological oceanography, and 15% more citations than a paper in physical oceanography. These differences are small enough that the citation index for the whole Finnish Institute of Marine Research can be calculated without adjusting the citation rates. The average impact factor for the top 15 oceanographic journals in the three fields is 1.9, and this can be used as a benchmark for purposes of comparison.

Impact factors of top biological oceanography journals (ISI/Journal Citation Reports, 2005).

Journal	Impact factor	Cited half-life
Ambio	1.403	7.8
Applied Env.Microbiol.	3.810	6.9
Aquatic toxicology	2.418	6.2
Aquatic Microb.Ecol.	2.255	5.1
Can.J.Fish.Aquatic Sci.	1.972	>10.0
Environmental Toxicol.	1.373	5.0
FEMS Microb.Ecol.	2.500	5.1
J.Exp.Mar.Biol.Ecol.	1,588	>10.0
J.Fish Biology	1.198	9.2
J.Marine Systems	1.940	5.6
J.Plankton Research	1.189	8.6
Limnol. Oceanogr.	3.024	>10.0
Marine Biology	1.772	>10.0
Mar.Ecol.Prog.Ser.	2.052	8.3
Polar Biology	1.315	7.5
Mean	1.987	



Impact factors of top chemical oceanography journals (ISI/Journal Citation Reports, 2005).

Impact factors of top physical oceanography journals (ISI/Journal Citation Reports, 2005).

Journal	Impact factor	Cited half-life
Ambio	1.403	7.8
Aquatic toxicology	2.418	6.2
Boreal Env. Research	0.989	3.7
Chemosphere	2.359	5.4
Env.Sci.Technol.	3.557	6.4
Env.Toxicol.Chem.	2.121	6.0
Est. Coast.Shelf Sci.	1.058	8.2
ICES J.Mar.Sci.	1.105	5.3
J.Chromatography	3.359	-
J.Marine Systems	1.940	5.6
Limnol. Oceanogr.	3.024	>10.0
Marine Chemistry	2.508	8.7
Mar.Poll.Bull.	1.619	6.9
Phycologia	1.619	9.2
Water, Air, Soil Pollution	1.058	9.0
Mean	2.009	

Journal	Impact factor	Cited half-life
Boreal Env. Research	0.989	3.7
Boundary-l. Meteorol.	1.988	>10.0
Continental Shelf Res.	1.431	7.8
Dynam.Atmosph.Oceans	1.116	8.0
Gephy.s.Res.Letters	2.378	5.7
ICES J.Mar.Sci.	1.105	5.3
IEEE T.Geosci.RemoteS.	1.467	6.6
J.Atm.Oceanic Technol.	1.700	6.2
J.Fluid Mechanics	1.8353	>10.0
J.Geophys.Research	2.839	8.2
J.Glaciology	1.150	>10.0
J.Marine Systems	1.940	5.6
J.Phys.Oceanography	2.380	9.7
Climate Change	2.326	
Tellus A	1.603	8.6
Mean	1.750	

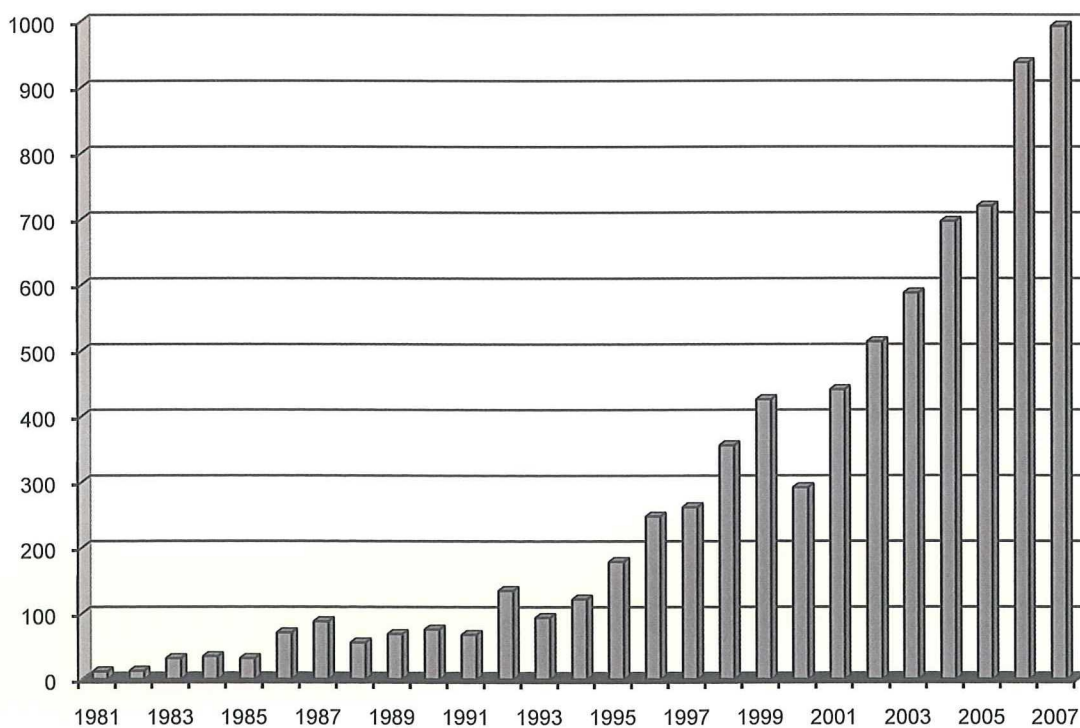


Fig. 1. The number of citations per year to articles written by the scientists at the FIMR. Included are citations to articles for which at least one of the author affiliations is FIMR. If there are several authors from FIMR the citations are counted only once.

## CITATION ANALYSIS OF FIMR

When the impact of an institute of a reasonable size, such as FIMR, is evaluated, it appears that the number of citations per year is a useful indicator. Since the differences between different fields are as small as seen above, the citations were summed with equal weight.

Figure 1 shows how dramatically the international impact of the research done at FIMR has increased during the last 15 years. In the early 1980's only very few articles by FIMR scientists were cited in the journals covered by the ISI/WOS database. Today almost a thousand citations are made every year.

## CITATION ANALYSES OF SCIENTISTS AT FIMR

### Background

Another constituent of the impact of a research institute is the quality and visibility of its scientists. The traditional way to measure it is to consult the publication lists, but recently

citations have also been used for evaluating individuals. While citations are a much better indicator of impact and quality than the number of papers and the publication forum, they still have to be interpreted with caution. Just as the number of papers is a function of scientific age, even more so is the number of citations. In fact, we will show below that if a scientist produces papers at a constant rate, and these articles have a lasting impact in the scientific community, the number of citations will increase as the square of time.

A rigorous proof would require using the distributions of the random processes involved, but the simplified discussion below will reveal the nature of the issue. Let us assume that a scientist produces  $n$  papers a year. Let us further assume that every paper is cited  $s$  times a year. If the number of papers at a given time  $t$  is  $N(t)$ , then  $n = dN/dt$  (assuming that the unit of time is a year). The total number of citations to these papers  $S(t)$  will then increase as  $sN(t) = dS/dt$ . Thus  $ns = d^2S/dt^2$ , whence  $S = \frac{1}{2} n s t^2$ . We can now interpret  $t$  as the *scientific age* of the scientist. It will typically begin about the time of the completion of the dissertation.

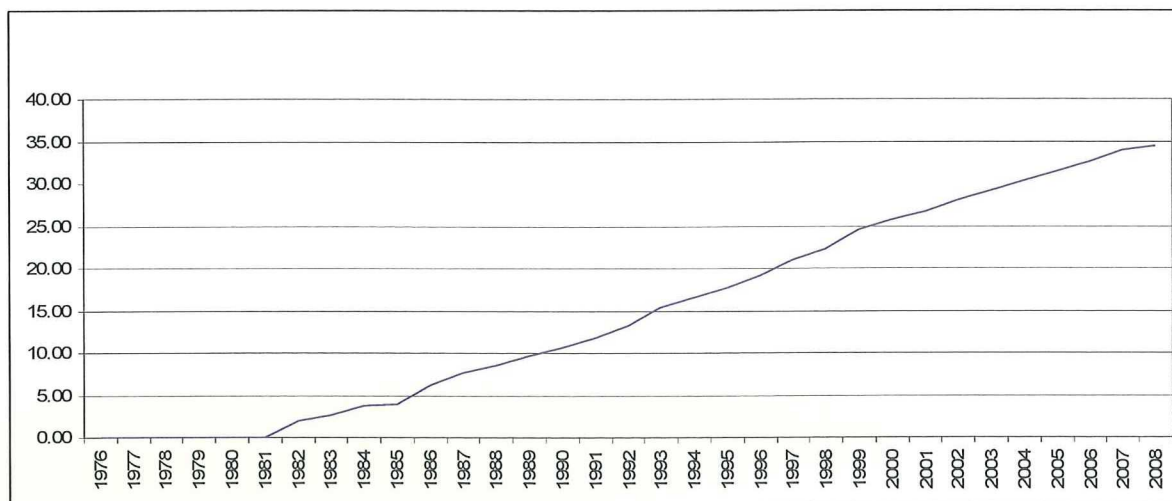


Fig. 2. Square root of citations of a senior professor as a function of time. The scientific age begins in this case at year 1981.

In practical terms this means that two scientists who are equally productive, but are of different scientific age, will not only have different total numbers of citations but will also gain different number of citations every year. This correctly reflects the visibility and impact of the scientists, but will favor the senior one, if productivity and quality are to be inferred. If one wants to overcome this bias by taking into account only citations to papers published e.g. during the last five years, the result will be a bias favoring ephemeral papers that catch many citations initially, but soon fall into obscurity.

We therefore introduce here a new index to measure the scientific impact and quality of an individual scientist. It is defined as *the square root of the number citations* to the articles of this person. We call it the *s-index*, where *s* refers to the square root.

When this *s-index* is plotted as a function of time it usually is a more or less straight line, if the productivity remains constant and the papers have a long lasting impact. Figure 2 shows an example where the *s-index* rises almost linearly. We will call the recent slope of the *s-index* curve the *s-slope* and define it as *the absolute growth of the s-index over the last five years*. The *s-slope* has the same function as counting only citations to papers published during the last five years, but compared to it, the *s-index* has the advantage that it does not favor ephemeral papers.

The *s-slope* is related to the productivity and quality of papers that have had impact during the last five years. The *s-index* is the cumulative impact of the whole career. They both should be considered when citations are used for evaluation.

Figures 3 and 4 show examples of different types of *s-index* curves. We can see that the slopes are different and not always constant.

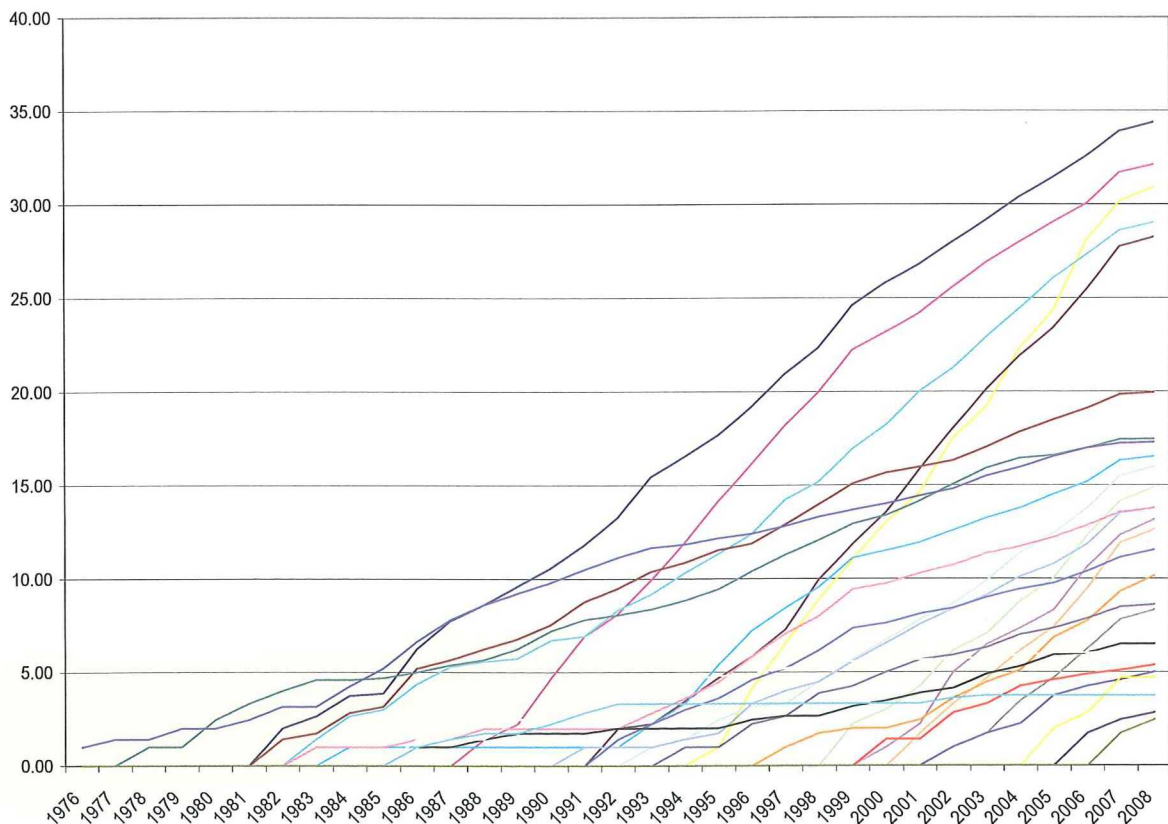


Fig. 3. Examples of *s-index* curves as a function of time in biological oceanography.

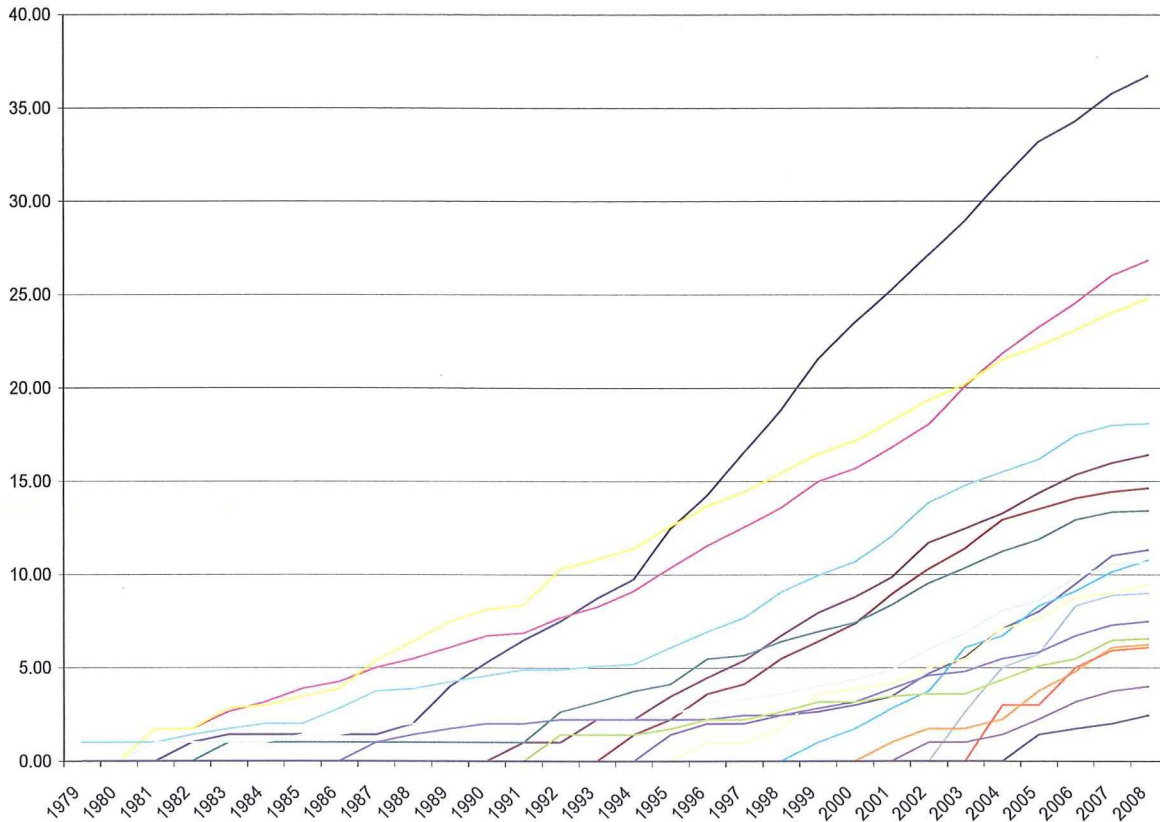


Fig. 4. Examples of s-index curves as a function of time in physical oceanography.

Another useful measure is the **h-index** defined by J.E. Hirsch (2005). It is defined as follows: A scientist has index  $h$  if  $h$  of his  $N_p$  papers have at least  $h$  citations each, and the other  $(N_p - h)$  papers have at most  $h$  citations each.

The h-index had recently gained great popularity. It is rather robust to determine, and there are tools to calculate it automatically from a citation database. Unfortunately, the results from these automatic calculations are subject to all the errors we discussed in Section 2. We have therefore used our verified data to calculate the h-index.

Hirsch (2005) reports that typically the number of citations is 3 ... 5 times the square of h-index and shows that the number of citations grows as a square of the scientific age. This means that the s-index is 1.7 to 2.2. times the h-index. A useful rough approximation is that the s-index is twice the h-index.

An important advantage of the s-index over the h-index is that it is less subject to random fluctuations. This is particularly important when young scientists are evaluated. The s-index curve of a young scientist shows the slope already at a time when the h-index changes in large steps, which are subject to random fluctuations. For example, in one case the s-indexes of two persons differ by an insignificant 4%, and at the same time their h-indexes differ by 50%. Another advantage of the s-index is that it recognizes landmark papers, whereas the h-index does not notice them. The h-index on the other hand reveals how consistently a certain quality of papers is kept.

We have found two more measures useful: the number of citations to the most cited paper and the number of citations to the most cited paper where the person is the first author.

These five measures reveal different aspects of a scientist's work, and therefore complement each other. Statistics of these measures show that the s-index is typically twice the h-index and "the most cited" is typically 2.5 times the s-index.

included persons who were affiliated with the institute in 2006–2008 either as employees or as emeritus scientists or worked there on external funding. We have presented the different fields of oceanography separately because the citation practices are not completely comparable.

### The citation statistics of scientists at FIMR

In the following we will present the citation statistics of the scientists at FIMR. We have

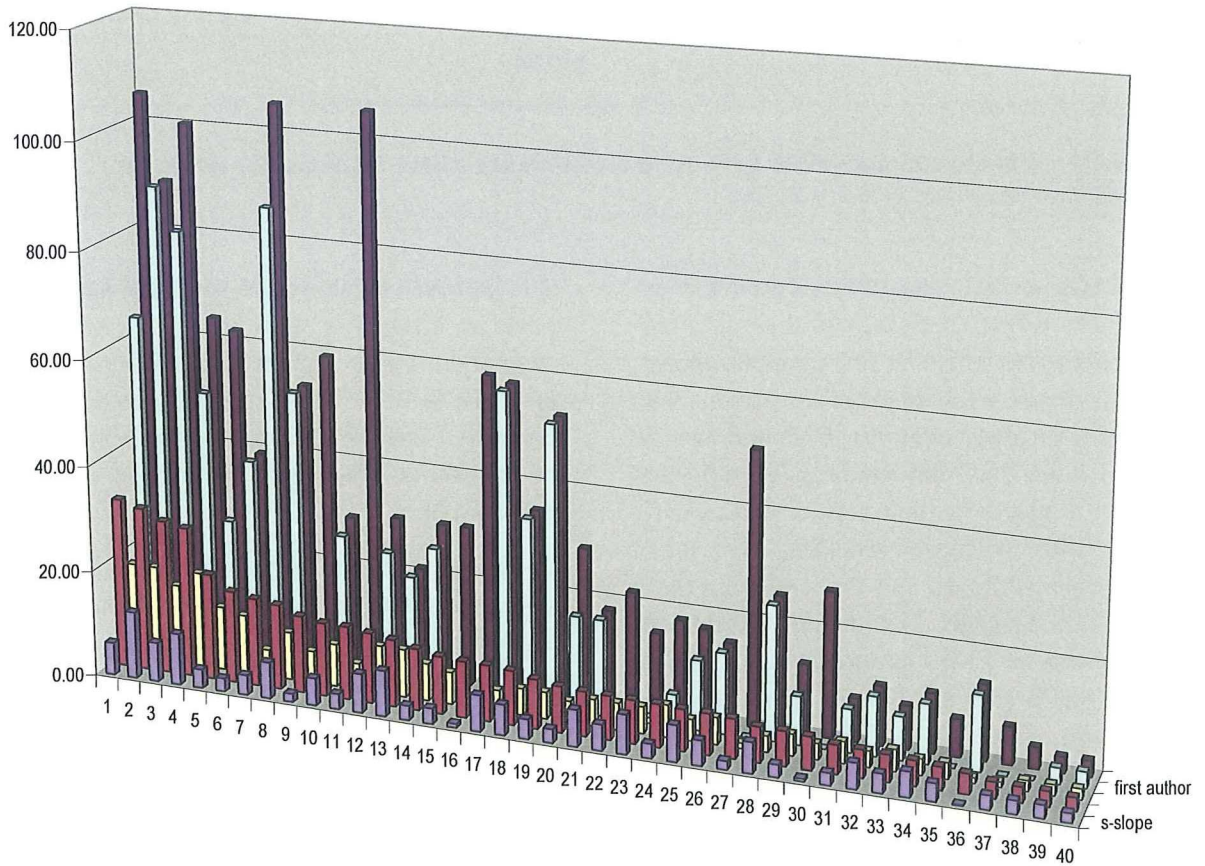


Fig. 5. Citation statistics of biological oceanography at FIMR: s-slope, s-index, h-index, the number of citations to the most cited paper where the scientist is the first author and the number of citations to the most cited paper. The data are from the ISI/WOS database collected up to June 30, 2008.

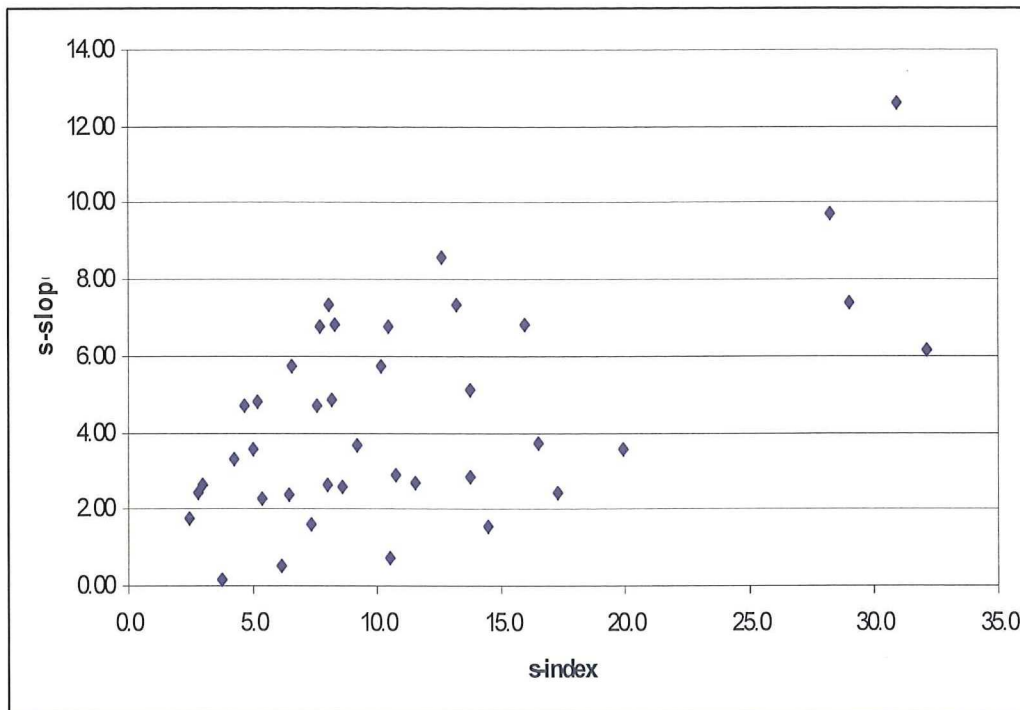


Fig. 6. The relation between s-slope and s-index in biological oceanography at FIMR: The citation data are from the ISI/WOS database collected up to June 30, 2008.

It will take several years before a young scientist begins to get citations, and there is a random element to when the first citations appear. For this reason we have excluded persons who have five or fewer citations. It should also be kept in mind that citations measure only that part of productivity that results in scientific papers. Most scientists at FIMR have many other responsibilities, and the load from these has not been evenly distributed. The number of scientists at FIMR is largest in biological oceanography and smallest in chemical oceanography.

The highest number of citations of an individual scientist at FIMR is 1348, corresponding to an s-index of 36.7. Two scientists have more than 1000 citations, seven have more than 500 citations, and 19 have more than 200 citations. 70 persons altogether at FIMR have 6 or more citations. Three scientists have an s-index over 30, 6 over 20, 32 over 10, and 57 have an s-index over 5. The median s-index of those scientists who have 6 or more citations is 9.1.

The highest s-slope is 12.6 and eight scientists have an s-slope of 8 or more. 23 scientists have an s-slope over 5, and the median s-slope at FIMR is 3.9. The s-slope is not necessarily correlated with the s-index, but this seems to be the case at FIMR with one exception (Figs. 6, 8 and 10).

In biological oceanography at FIMR there are 40 persons who have 6 or more citations. The highest s-index is 32.1. Four persons have an s-index over 20, and 3 scientists have an s-slope of 8 or more. The median s-index is 8.5, and the median s-slope is 3.6.

The corresponding numbers for chemical oceanography are as follows: Seven persons have 6 or more citations. The highest s-index is 19.5, and two scientists have an s-slope over 8. The median s-index is 14.6, and the median s-slope is 3.4 (Fig. 8).

In physical oceanography at FIMR there are 23 persons who have 6 or more citations. The highest s-index is 36.7, and two scientists have an s-index over 20. Three persons have an s-slope of 8 or more. The median s-index is 8.5, and the median s-slope is 4.1 (Fig. 10).

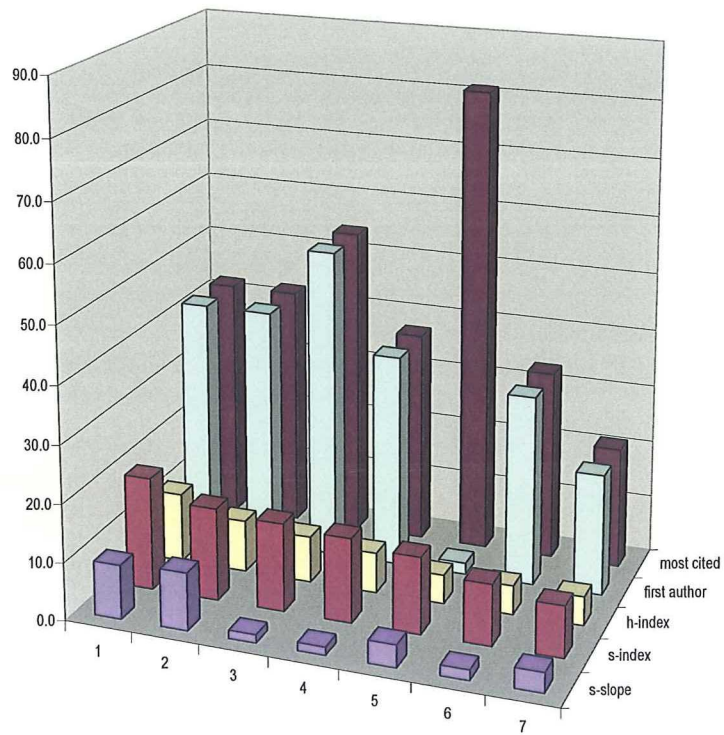


Fig. 7. Citation statistics of chemical oceanography at FIMR: s-slope, s-index, h-index, the number of citations to the most cited paper where the scientist is the first author, and the number of citations to the most cited paper. The citation data are from the ISI/WOS database collected up to June 30, 2008.

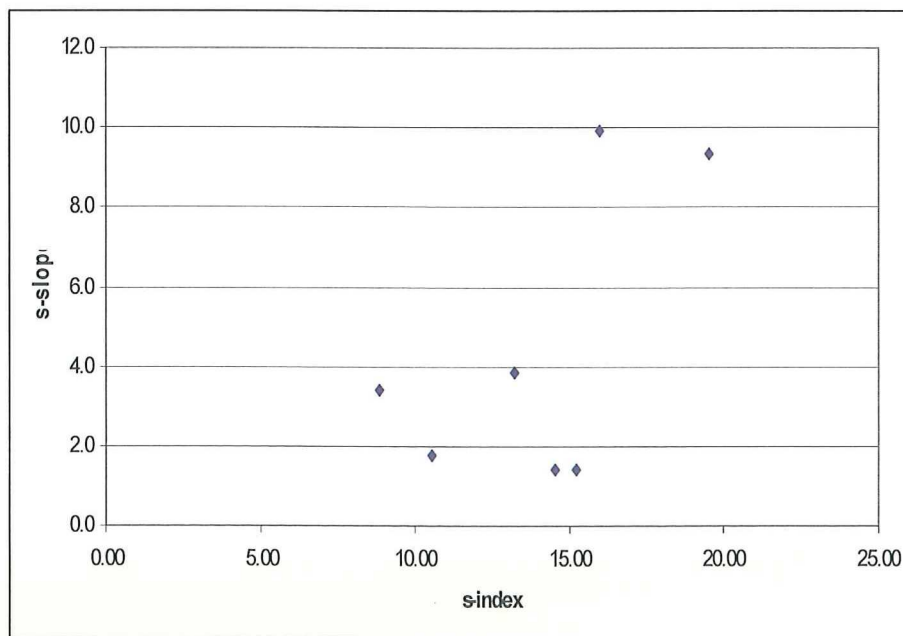


Fig. 8. The relation between s-slope and s-index in chemical oceanography at FIMR: The citation data are from the ISI/WOS database collected up to June 30, 2008.

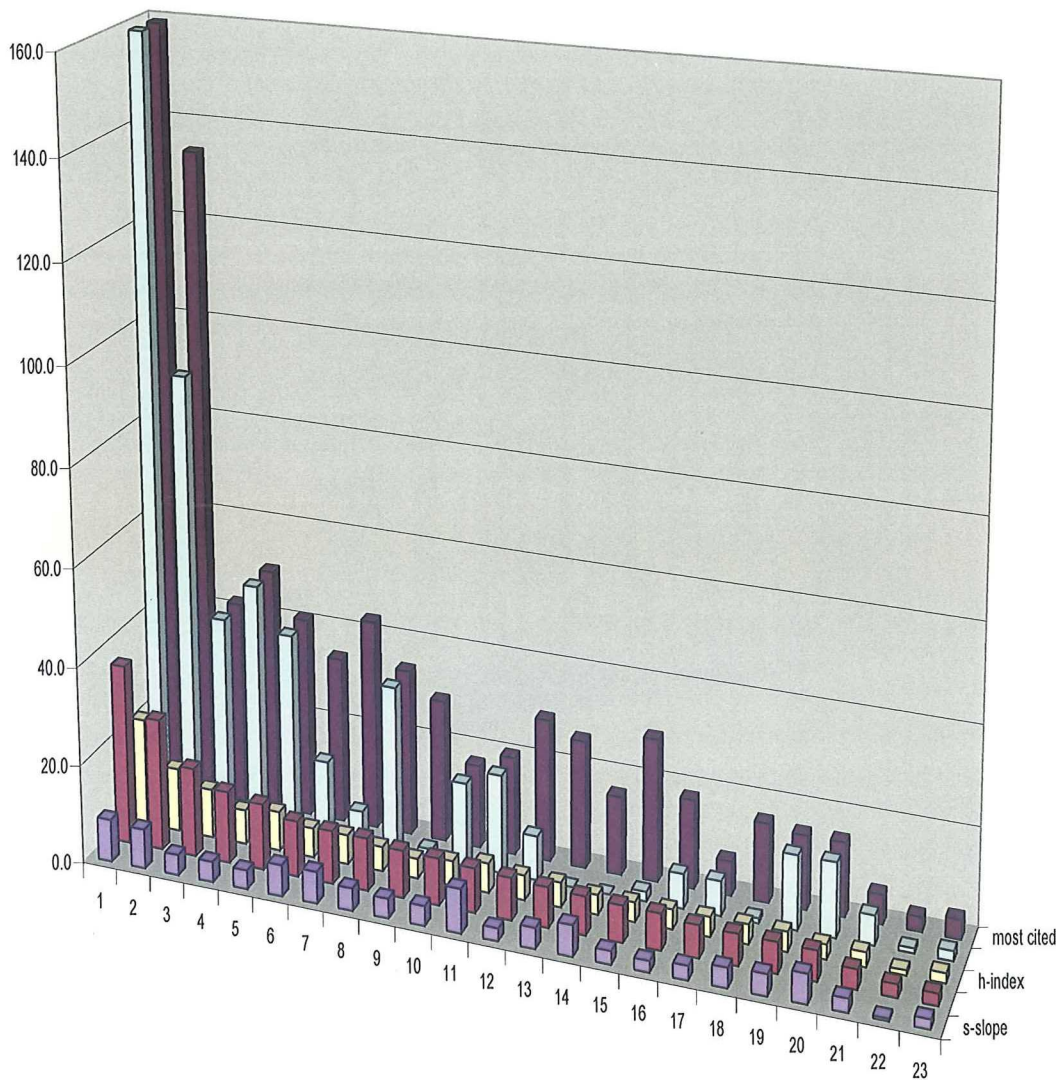


Fig. 9. Citation statistics of physical oceanography at FIMR: s-slope, s-index, h-index, the number of citations to the most cited paper where the scientist is the first author and the number of citations to the most cited paper. The citation data are from the ISI/WOS database collected up to June 30, 2008.

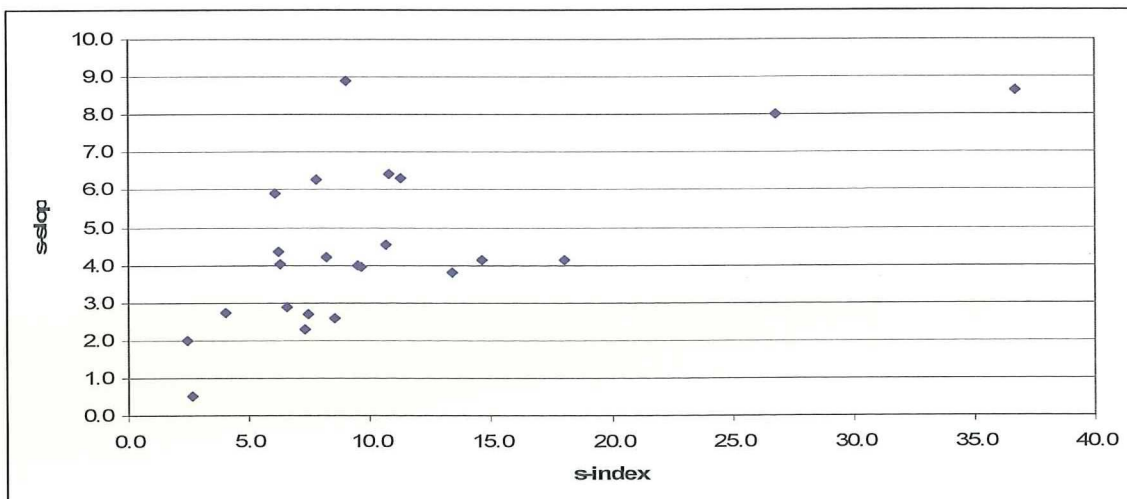


Fig. 10. The relation between s-slope and s-index in physical oceanography at FIMR: The citation data are from the ISI/WOS database collected up to June 30, 2008.



## Acknowledgements

I wish to thank Leena Parkkonen, Kari Lehtonen, and Alf Norkko for comments on the manuscript as well as useful discussions. Special thanks are due to Anne Martikainen and Meri Korhonen for the hard work of collecting and checking the citations.

## References

- Evaluation panel 2008: Water Research in Finland. – Publications of the Academy of Finland 1/08.
- Hirsch, J.E. 2005: An index to quantify an individual's scientific research output. – *Proc. Natl Acad. Sci.* vol. 102(46): 16569–16572.
- Huttula, T. (Ed.) 2003: Finnish Geosciences evaluation report. – Publications of the Academy of Finland 14/03.
- Aaltonen T, Abulencia A, Adelman J, Affolder T, Akimoto T, Albrow MG, Amerio S, Amidei D, Anastassov A, Anikeev K, Annovi A, Antos J, Aoki M, Apollinari G, Arisawa T, Artikov A, Ashmanskas W, Attal A, Aurisano A, Azfar F, Azzi-Bacchetta P, Azzurri P, Bacchetta N, Badgett W, Barbaro-Galtieri A, Barnes VE, Barnett BA, Baroiant S, Bartsch V, Bauer G, Beauchemin PH, Bedeschi F, Behari S, Bellettini G, Bellinger J, Belloni A, Benjamin D, Beretvas A, Beringer J, Berry T, Bhatti A, Binkley M, Bisello D, Bizjak I., Blair RE, Blocker C, Blumenfeld B, Bocci A, Bodek A, Boisvert V, Bolla G, Bolshov A, Bortoletto D, Boudreau J, Boveia A, Brau B, Brigliadori L, Bromberg C, Brubaker E, Budagov J, Budd HS, Budd S, Burkett K, Busetto G, Bussey P, Buzatu A, Byrum KL, Cabrera S, Campanelli M, Campbell M, Canelli F, Canepa A, Carrillo S, Carlsmith D, Carosi R, Carron S, Casal B, Casarsa M, Castro A, Catastini P, Cauz D, Cavalli-Sforza M, Cerri A, Cerrito L, Chang SH, Chen YC, Chertok M, Chiarelli G, Chlachidze G, Chlebana F, Cho I, Cho K, Chokheli D, Chou JP, Choudalakis, Chuang SH, Chung K, Chung WH, Chung YS, Cilijak M, Ciobanu CI, Ciocci MA, Clark A, Clark D, Coca M, Compostella G, Convery ME, Conway J, Cooper B, Copic K, Cordelli M, Cortiana G, Crescioli F, Almenar CC, Cuevas J, Culbertson R, Cully JC, DaRonco S, Datta M, D'Auria S, Davies T, Dagenhart D, De Barbaro P, De Cecco S, Deisher A, De Lentdecker G, De Lorenzo G, Dell'Orso M, Paoli FD, Demortier L, Deng J, Deninno M, De Pedis D, Derwent PF, Di Giovanni GP, Dionisi C, Di Ruzza B, Dittmann JR, D'Onofrio M, Dorr C, Donati S, Dong P, Donini J, Dorigo T, Dube S, Efron J, Erbacher R, Errede D, Errede S, Eusebi R, Fang HC, Farrington S, Fedorko I, Fedorko WT, Feild RG, Feindt M, Fernandez JP, Field R, Flanagan G, Forrest R, Forrester S, Franklin M, Freeman JC, Furic I, Gallinaro M, Galyardt J, Garcia JE, Garberson F, Garfinkel AF, Gay C, Gerberich H, Gerdes D, Giagu S, Giannetti P, Gibson K, Gimmell JL, Ginsburg C, Giokaris N, Giordani M, Giromini P, Giunta M, Giurgiu G, Glagolev V, Glenzinski D, Gold M, Goldschmidt N, Goldstein J, Golossanov A, Gomez G, Gomez-Ceballos G, Goncharov M, Gonzalez O, Gorelov I, Goshaw AT, Goulios K, Gresele A, Grinstein S, Grosso-Pilcher C, Group RC, Grundler U, da Costa JG, Gunay-Unalan Z, Haber C, Hahn K, Hahn SR, Halkiadakis E, Hamilton A, Han BY, Han JY, Handler R, Happacher F, Hara K, Hare D, Hare M, Harper S, Harr RF, Harris RM, Hartz M, Hatakeyama K, Hauser J, Hays C, Heck M, Heijboer A, Heinemann B, Heinrich J, Henderson C, Herndon M, Heuser J, Hidas D, Hill CS, Hirschbuehl D, Hocker A, Holloway A, Hou S, Houlden M, Hsu SC, Huffman BT, Hughes RE, Husemann U, Huston J, Incandela J, Introzzi G, Iori M, Ivanov A, Iyutin B, James E, Jang D, Jayatilaka B, Jeans D, Jeon EJ, Jindariani S, Johnson W, Jones M, Joo KK, Jun SY, Jung JE, Junk TR, Kamon T, Karchin PE, Kato Y, Kemp Y, Kephart R, Kerzel U, Khotilovich V, Kilminster B, Kim DH, Kim HS, Kim JE, Kim MJ, Kim SB, Kim SH, Kim YK, Kimura N, Kirsch L, Klimenko S, Klute M, Knuteson B, Ko BR, Kondo K, Kong DJ, Konigsberg J, Korytov A, Kotwal AV, Kraan AC, Kraus J, Kreps M, Kroll J, Krumnack N, Kruse M, Krutelyov V, Kubo T, Kuhlmann SE, Kuhr T, Kulkarni NP, Kusakabe Y, Kwang S, Laasanen AT, Lai S, Lami S, Lammel S, Lancaster M, Lander RL, Lannon K, Lath A, Latino G, Lazzizzera I, LeCompte T, Lee J, Lee J, Lee YJ, Lee SW, Lefevre R,

- Leonardo N, Leone S, Levy S, Lewis JD, Lin C, Lin CS, Lindgren M, Lipeles E, Lister A, Litvintsev DO, Liu T, Lockyer NS, Loginov A, Loreti M, Lu RS, Lucchesi D, Lujan P, Lukens P, Lungu G, Lyons L, Lys J, Lysak R, Lytken E, Mack P, MacQueen D, Madrak R, Maeshima K, Makhoul K, Maki T, Maksimovic P, Malde S, Malik S, Manca G, Manousakis A, Margaroli F, Marginean R, Marino C, Marino CP, Martin A, Martin M, Martin V, Martinez M, Martinez-Ballarín R, Maruyama T, Mastrandrea P, Masubuchi T, Matsunaga H, Mattson ME, Mazini R, Mazzanti P, McFarland KS, McIntyre P, McNulty R, Mehta A, Mehtala P, Menzemer S, Menzione A, Merkel P, Mesropian C, Messina A, Miao T, Miladinovic N, Miles J, Miller R, Mills C, Milnik M, Mitra A, Mitselmakher G, Miyamoto A, Moed S, Moggi N, Mohr B, Moon CS, Moore R, Morello M, Fernandez PM, Mulmenstadt J, Mukherjee A, Muller T, Mumford R, Murat P, Mussini M, Nachtman J, Nagano A, Naganoma J, Nakamura K, Nakano I, Napier A, Necula V, Neu C, Neubauer MS, Nielsen J, Nodulman L, Norriella O, Nurse E, Oh SH, Oh YD, Oksuzian I, Okusawa T, Oldeman R, Orava R, Osterberg K, Pagliarone C, Palencia E, Papadimitriou V, Papaikonomou A, Paramonov AA, Parks B, Pashapour S, Patrick J, Pauletta G, Paulini M, Paus C, Pellett DE, Penzo A, Phillips TJ, Piacentino G, Piedra J, Pinera L, Pitts K, Plager C, Pondrom L, Portell X, Poukhov O, Pounder N, Prakoshyn F, Pronko A, Proudfoot J, Ptohos F, Punzi G, Pursley J, Rademacker J, Rahaman A, Ramakrishnan V, Ranjan N, Redondo I, Reisert B, Rekovic V, Renton P, Rescigno M, Richter S, Rimondi F, Ristori L, Robson A, Rodrigo T, Rogers E, Rolli S, Roser R, Rossi M, Rossin R, Roy P, Ruiz A, Russ J, Rusu V, Saarikko H, Safonov A, Sakumoto WK, Salamanna G, Salto O, Santi L, Sarkar S, Sartori L, Sato K, Savard P, Savoy-Navarro A, Scheidle T, Schlabach P, Schmidt EE, Schmidt MP, Schmitt M, Schwarz T, Scodellaro L, Scott AL, Scribano A, Scuri F, Sedov A, Seidel S, Seiya Y, Semenov A, Sexton-Kennedy L, Sfyrla A, Shalhout SZ, Shapiro MD, Shears T, Shepard PF, Sherman D, Shimojima M, Shochet M, Shon Y, Shreyber I, Sidoti A, Sinervo P, Sisakyan A, Sjolín J, Slaughter AJ, Slaunwhite J, Sliwa K, Smith JR, Snider FD, Snihur R, Soderberg M, Soha A, Somalwar S, Sorin V, Spalding J, Spinella F, Spreitzer T, Squillacioti P, Stanitzki M, Staveris-Polykalas A, Denis RS, Stelzer B, Stelzer-Chilton O, Stentz D, Strologas J, Stuart D, Suh JS, Sukhanov A, Sun H, Suslov I, Suzuki T, Taffard A, Takashima R, Takeuchi Y, Tanaka R, Tecchio M, Teng PK, Terashi K, Thom J, Thompson AS, Thomson E, Tipton P, Tiwari V, Tkaczyk S, Toback D, Tokar S, Tollefson K, Tomura T, Tonelli D, Torre S, Torretta D, Tourneur S, Trischuk W, Tsuno S, Tu Y, Turini N, Ukegawa F, Uozumi S, Vallecorsa S, van Remortel N, Varganov A, Vataga E, Vazquez F, Velez G, Vellidis C, Veramendi G, Veszpremi V, Vidal M, Vidal R, Vila I, Vilar R, Vine T, Vogel M, Vollrath I, Volobouev I, Volpi G, Wurthwein F, Wagner P, Wagner RG, Wagner RL, Wagner J, Wagner W, Wallny R, Wang SM, Warburton A, Waters D, Weinberger M, Wester WC, Whitehouse B, Whiteson D, Wicklund AB, Wicklund E, Williams G, Williams HH, Wilson P, Winer BL, Wittich P, Wolbers S, Wolfe C, Wright T, Wu X, Wynne SM, Yagil A, Yamamoto K, Yamaoka J, Yamashita T, Yang C, Yang UK, Yang YC, Yao WM, Yeh GP, Yoh J, Yorita K, Yoshida T, Yu GB, Yu I, Yu SS, Yun JC, Zanello L, Zanetti A, Zaw I, Zhang X, Zhou J, Zucchelli S, 2007: Limits on anomalous triple gauge couplings in  $p(p)$ -over-bar collisions at root  $s=1.96$  TeV. – Physical Review D 76(11) 111103R: 1-8.





**Merentutkimuslaitos**  
Erik Palménin aukio 1, PL 2, 00561 Helsinki  
puh. (09) 613 941 faksi (09) 323 2970  
etunimi.sukunimi@fimr.fi  
www.merentutkimuslaitos.fi

**Havsforskningsinstitutet**  
Erik Palméns plats 1, PB 2, 00561 Helsingfors  
telefon (09) 613 941 fax (09) 323 2970  
fornamn.efternamn@fimr.fi  
www.havsforskningsinstitutet.fi

**Finnish Institute of Marine Research**  
Erik Palménin aukio 1, PO Box 2,  
FI-00561 Helsinki, Finland  
tel. +358 (0)9 613 941 fax +358 (0)9 323 2970  
firstname.lastname@fimr.fi  
www.fimr.fi