

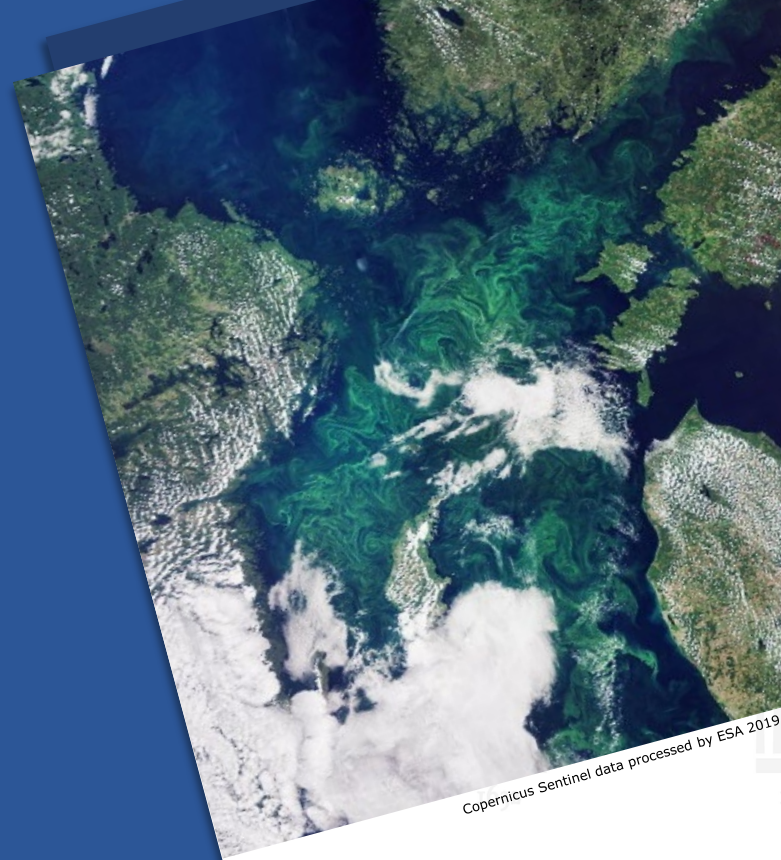


TARTU ÜLIKOOL

Tartu observatoorium

Tugimõõtmiste võrgustik veekogude satelliidiandmete valideerimiseks

Riho Vendt, Viktor Vabson, Ilmar Ansko,
Joel Kuusk, Krista Alikas, Thi Kim Ngang Duong

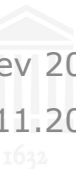


Copernicus Sentinel data processed by ESA 2019



Kaugseirepäev 2024

14.11.2024



1632



Meetrikonventsioon (*Convention du Mètre*)

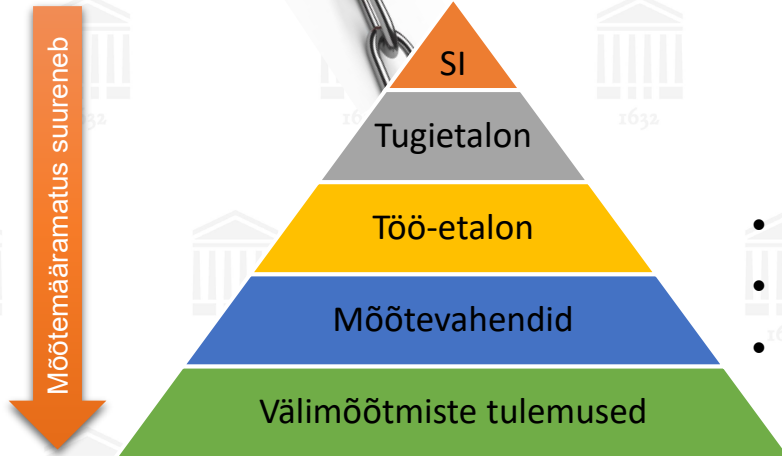


Rahvusvaheline mõõtühikute süsteem

(SI, *Système Internationale d'Unités*)



Rahvusvaheline vastastikuse tunnustamise lepe (CIPM-MRA)



Kuidas kindlustada, et meie kaugseire andmed oleksid usaldusväärsed?

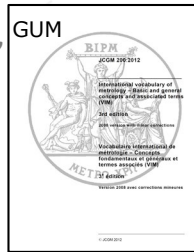
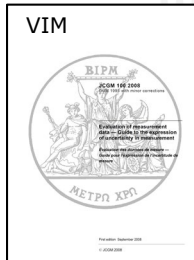
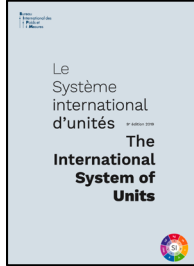


- Ülemaailmselt ühesugune
- Üle saja aasta järjepidevust
- Absoluutne (definitsiooni-järgne) täpsus



Mõõteahela usaldusväärdeks jätkamiseks kasutame "tööriistu"

- Metrooloogiline jälgitavus
- Mõõtemääramatuse analüüs
- Võrdlusmõõtmised





TARTU ÜLIKOOL

Tartu observatoorium

Maapealse tugiväärtuse usaldusväärne mõõtmine satelliitkaugseires (FRM)

- Mõõtetulemuste dokumenteeritud (metrooloogiline) **jälgitavus SI ühikuteni** (kalibreerimine, võrdlusmõõtmised)
- **Mõõtemääramatuse hinnang** kõikide kasutatavate mõõtevahendite ja meetodite jaoks.
- **Mõõtemetod (-eeskiri, -*protocol*)** on kirjeldatud ja seda järgitakse (sh, mõõtmine, andmetöötlus, andmete hõive ja säilitamine, jne,).
- Referentsmõõtmiste tulemused on kogutud sattellidimõõtmistest sõltumatult.
- Mõõtetulemused on analüüsiks avalikud ja vabalt kättesaadavad.

Fiducial Reference Measurements (FRMs): What Are They?

by Philippe Goryl^{1,*}, Nigel Fox², Craig Donlon³ and Paolo Castracane⁴

¹ European Space Agency ESA/ESRIN, 00044 Frascati, Italy

² Earth Observation, Climate and Optical Group, National Physical Laboratory, Teddington TW11 0LW, UK

³ European Space Agency ESA/ESTEC, 2201 Noordwijk, The Netherlands

⁴ Rhea System S.p.A. for ESA/ESRIN, 00044 Frascati, Italy

* Author to whom correspondence should be addressed.

Remote Sens. **2023**, *15*(20), 5017; <https://doi.org/10.3390/rs15205017>

Vendt, R. Vabson, V., Ansko, I., Kuusk, J., „Maapealse tugiväärtuse mõõtmine satelliitkaugseire andmete valideerimiseks“, Kaugseire Eestis, Artiklikogumik, TÜ, 2022.

Fiducial Reference Measurements for Satellite Ocean Colour (FRM4SOC)



$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j)$$



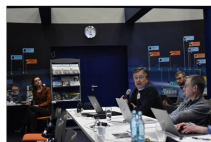
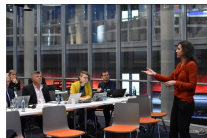
2016 – 2019 FRM4SOC Phase 1

- ESA rahastus ja koordineerimine
- Mitmete teiste FRM projektide pakettis
- <https://frm4soc.org>



2021 – 2023 FRM4SOC Phase 2 põhiperiood

- EL (Copernicus) rahastus, EUMETSAT koordineerib
- 1. valikuline pikendus 2023 – 2024
- 2. valikuline pikendus 2024 – 2025
- <https://frm4soc2.eumetsat.int/>



fiducial reference measurements for satellite ocean colour



PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY





TARTU ÜLIKOOOL
Tartu observatoorium

<https://frm4soc2.eumetsat.int>



PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY
EUMETSAT

FRM4SOC Phase-2

[Home](#) [About](#) [Team](#) [Events](#) [Documents](#) [Contact](#)



fiducial reference
measurements for
satellite ocean colour



Unlocking the Seas: First Copernicus FRM4SOC-2024 Training

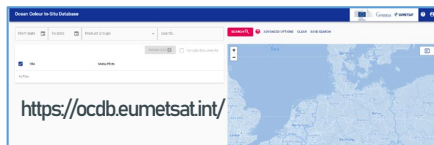
27.08.2024

The training was held at the Italian Research Council's Institute of Marine Sciences and at the Acqua Alta Oceanographic Tower (AAOT) in the Adriatic Sea.

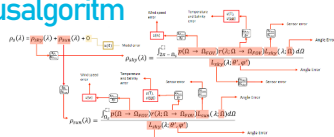


9. Koolitused, võrdlusmõttised, ekspertidest retsensioonigrupp

8. Veekogude kaugeire *in-situ* andmebaas (OCDB)



7. Mõõtemääramatuse koondhinnangu eeskiri ja töötusalgoritm



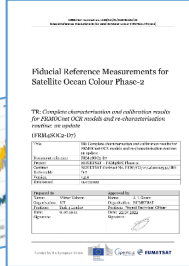
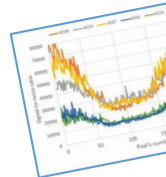
6. Protessor välimõõtmiste andmete ühetaoliseks töötlemiseks. (Veepealsed mõttised veekogude kaugeires.)



HyperCP



1. Kaks enamlevinud hüper-spektraalset kaugeire radiomeetri tüüpi



2. Grupi radiomeetrite omaduste uurimine (karakteriseerimine)

Parameter	Scope	Before initial use	Re-cal/char	D-2 requirement
1. Absolute calibration for radiometric responsibility	individual	required	1 year	IR1
2. Long term stability	individual	required	after every calibration	IR1
3. Slow light and out of band response	individual	required	3 - 5 years	IR1
4. Immersion factor (irradiance)	individual	required for under-water	after fore-optic modification	-
4b. Immersion factor (radiance)	individual/class-specific	required for under-water	after fore-optic modification	-
5. Angular response of radiance sensors in air	individual	required	after fore-optic modification	IR1
6. Response angle (POV) of radiance sensors in air	class-specific	recommended	after fore-optic modification	-
7. Non-linearity	class-specific	recommended	after repair in workshop	IR1
8. Sources of integration times	class-specific	recommended	after repair in workshop	IR1
9. Dark signal	individual	required	1 year	IR2
10. Thermal responsivity	class-specific	recommended	after repair in workshop	IR1
11. Polarisation sensitivity	class-specific	recommended	after repair in workshop	IR1
12. Temporal response	TBD	TBD	TBD	IR1
13. Wavelength scale	class-specific	recommended	after fore-optic modification	IR1
14. Signal-to-noise ratio	individual	recommended	1 year	-
15. Pressure effects	TBD	TBD	TBD	-

Kõik need ülesanded teenivad ühte eesmärki: propageerida ja rakendada FRM põhimõtteid veekogude kaugeires

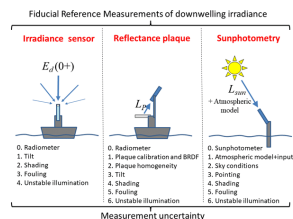


fiducial reference measurements for satellite ocean colour

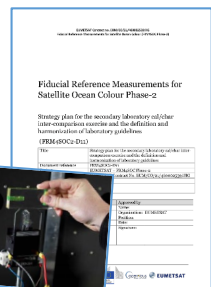
<https://frm4soc2.eumetsat.int>



5. Juhised FRM kvaliteediga välimõõtmiste tegemiseks



4. Juhised radiomeetrite kalibreerimiseks ja karakteriseerimiseks + rahvusvaheline võrdlusmõõtmine



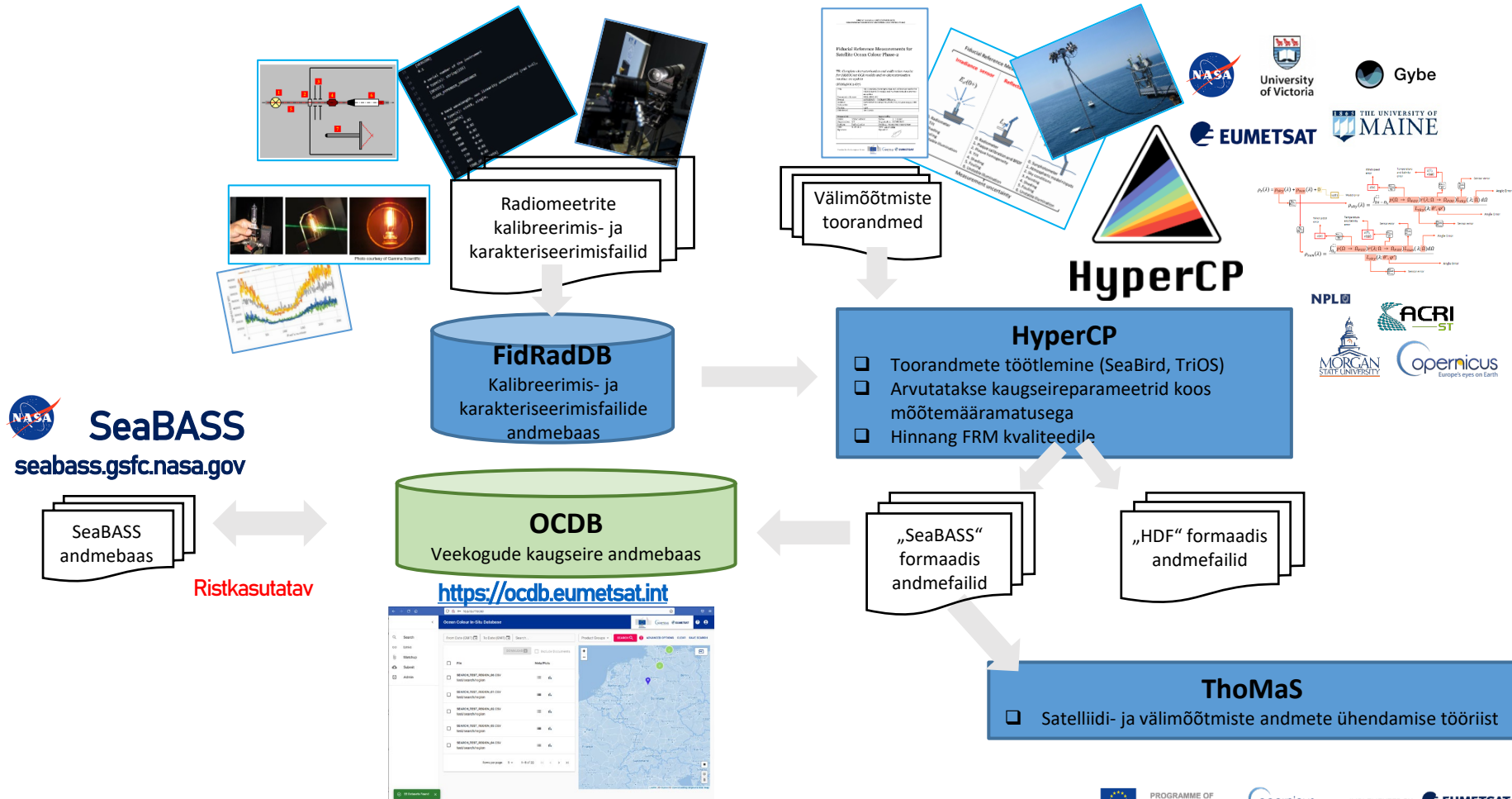
PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY

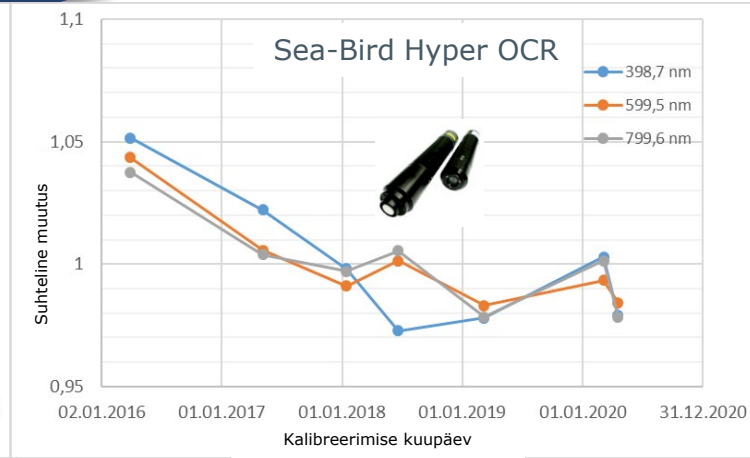
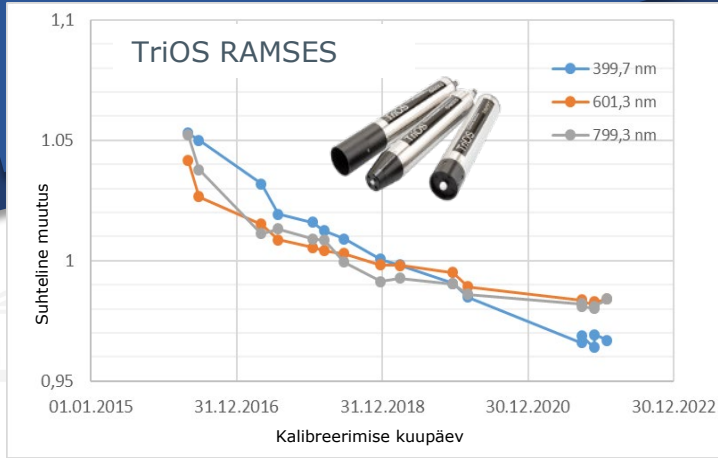


FRMOCnet: Tugimõõtmiste võrgustik veekogude satelliidiandmete valideerimiseks



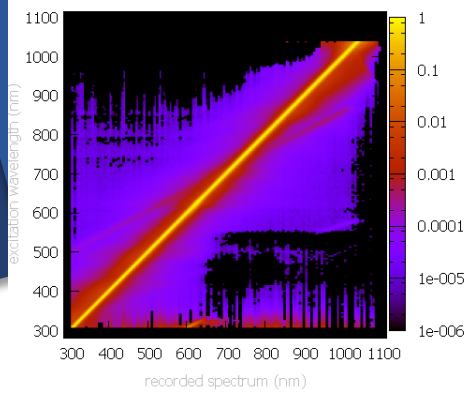


Radiomeetrite perioodilise kalibreerimise ajalugu

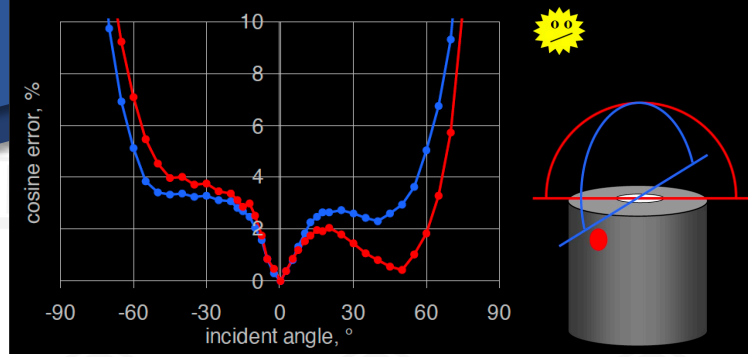




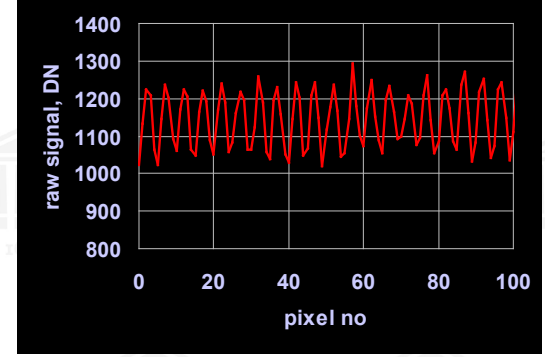
Hajuvalgus



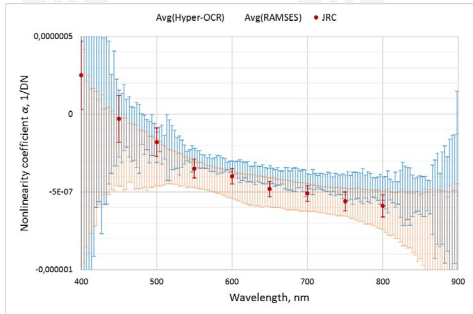
Nurgasõltuvus



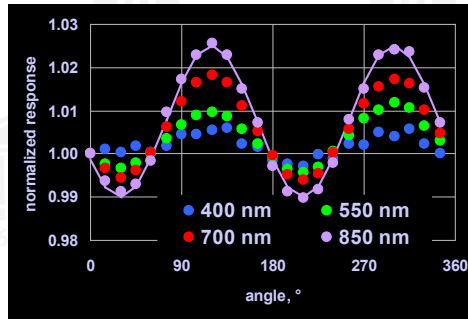
Pimesignaal



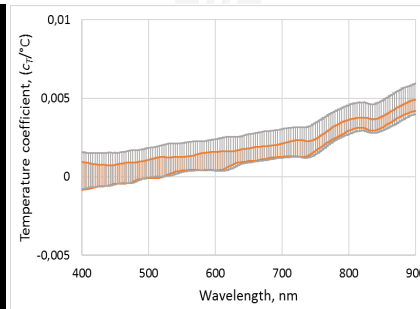
Lineaarsus



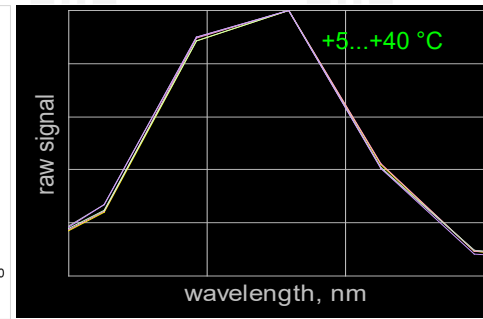
Polarisatsioonitundlikkus



Temperatuurisõltuvus



Lainepikkuste skaala





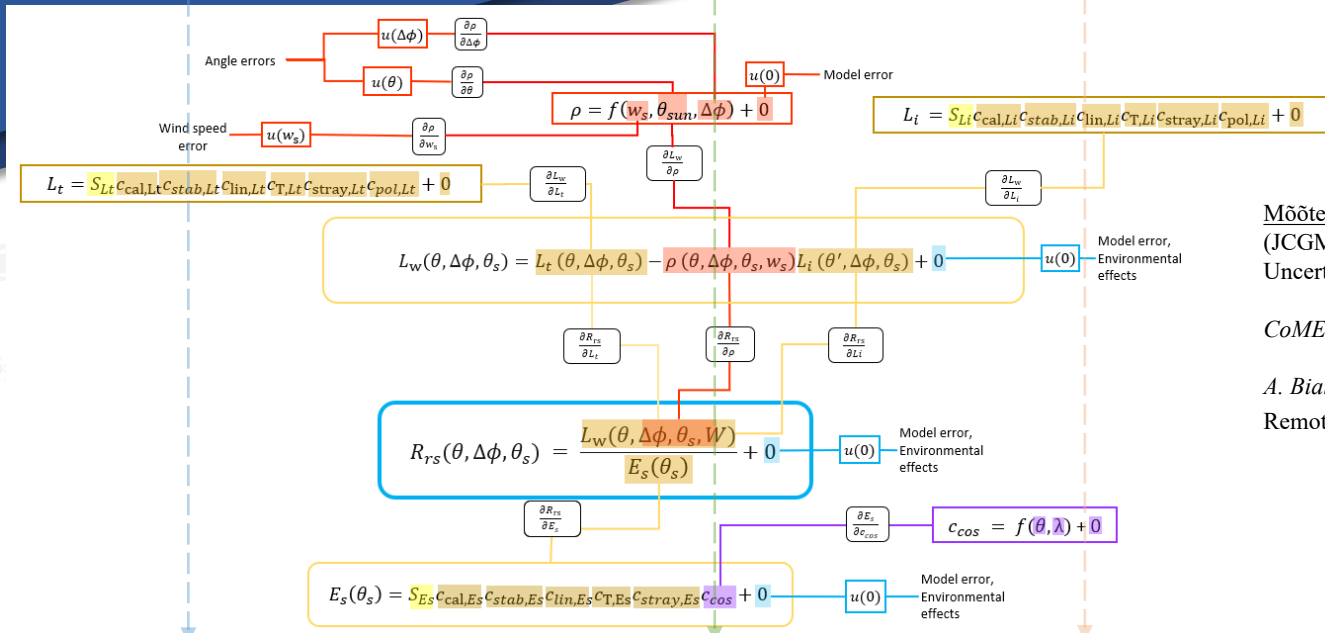
Valideeritud kalibreerimine (ISO 17025)
Täiskarakteriseerimine
FRM nõuetele vastavad mõõtmised.

Valideeritud kalibreerimine (ISO 17025)
Klassipõhine karakteriseerimine
FRM nõuetele vastavad mõõtmised.

Mõõtemääramatus

(HyperCP töötlusahel)

Kalibreerimise jälgitavus ja
määramatus tõendamata
Klassipõhine karakteriseerimine
FRM mittevastavad mõõtmised.



Mõõtemääramatuse väljendamise juhend
(JCGM 100:2008 Guide to the expression of
Uncertainty in Measurement – GUM, 2008)

CoMET tööristakast www.comet-toolkit.org

A. Bialek, National Physical Laboratory, UK, et al.
Remote Sens. 2020, 12, 780; doi:10.3390/rs12050780

Väike mõõtemääramatus.

Keskmine mõõtemääramatus.

(∇ - FRM) Väga suur mõõtemääramatus.



TARTU ÜLIKOOL
Tartu observatoorium

Veekogude kaugseire *in-situ* andmebaas

Ocean Colour In-Situ Database (OCDB)

<https://ocdb.eumetsat.int/>

Ocean Colour In-Situ Database

From Date To Date Product Groups Search...

SEARCH ADVANCED OPTIONS CLEAR SAVE SEARCH

DOWNLOAD Include Documents

File Meta/Plots

No Files

Map showing data points across Europe, including Denmark, Germany, and the Netherlands.



FRM4SOC Phase-2

[Home](#) [About](#) [Team](#) [Events](#) [Documents](#) [Contact](#)



fiducial reference
measurements for
satellite ocean colour

**Short-term use of
Ocean Colour
radiometric
system. Free
calibration of your
own radiometers.**

11.04.2024

The application period has ended.

Opportunity to apply for the

Radiomeetrite toetusfond

- Täiskomplektne, kalibreeritud ja karakteriseeritud TriOS Ramses mõõtesüsteem.

- Tasuta lühiajaliseks kasutamiseks kahele uurimisrühmale (2025 a).

Kalibreerimise toetusfond

- Tasuta kalibreerimine neljale uurimisrühmale (2025 a).

Täname!

- Fiducial Reference Measurements for Satellite Ocean Color (FRM4SOC) Phase-2 (EUMETSAT contract no. EUM/CO/21/460002539/JIG) funded by European Commission (Copernicus Programme) and implemented by EUMETSAT.
- Eesti osalemine Euroopa Kosmoseagentuuris, SA Eesti Teadusagentuur (TT8)
- Kosmoseuuringute maapealse infrastruktuuri arendamine Eestis, Riigi Tugiteenuste Keskus (KosEST).

