

KELPPRO Final Workshop 2020 notes

Kelp industrial production: Potential impacts on coastal ecosystems (KELPPRO)

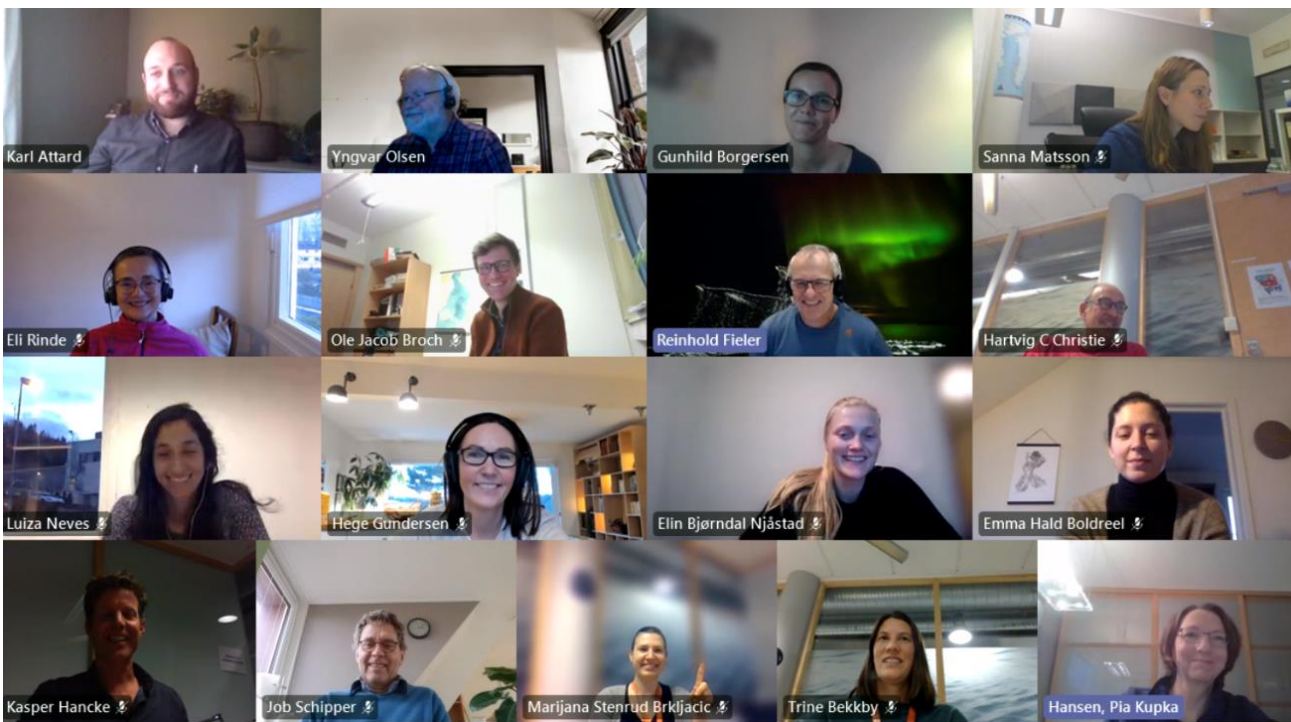
When & where: 24-25 November 2020, TEAMS online - Oslo CIENS park, Oslo Norway

Agenda and participants: See below

By Kasper Hancke, Marijana Brkljacic and Lise Tveiten (NIVA)

Short summary:

- The KELPPRO 2020 final workshop was completed online, went well and as planned. Enjoyable discussions, enthusiastic participations, and fruitful outcome. **Thank you all for participating actively during the meeting!**
- The conclusive workshop for KELPPRO consisted of two days. Day one focused on the scientific outcome of the project and was held in English. Day two was tailored towards management agencies and other stakeholders, including NGOs, seaweed farms, the seaweed industry etc.
- All WP leaders and most key personal and stakeholders was present during the meeting, including key scientific personal, involved industry partners, (former) students, representatives from the Advisory board, and stake holders from various environmental departments and agencies, NGOs, and the Research Council of Norway. In total between 40 to 50 people attended the meeting on each of the two days.
- Lots of Interesting and well-prepared presentations. Thank you to all speakers for your contributions!
- KELPPRO publications so far include: **Four published peer-reviewed publications, 4 peer-reviewed publications submitted, 3 ISBN-labelled reports, 4 MSc thesis, 44 national and international talks and posters, 23 popular science contributions, and >8 media (radio and TV) contributions.**
- In addition are >4 scientific papers in preparation, all together answering to the project deliverables.
- We sincerely thank the Norwegian Research Council for funding (2017-2020), the research institution partners and industry partners for fruitful collaborations, and stakeholders for their interested in the project outcome.
- All workshop presentations can be found at KELPPROs website www.kelppro.net. Specifically, at <https://kelppro.net/news1-1/>



KELPPRO final workshop online on MS Teams 24-25 Nov. 2020 – Some of the KELPPRO group core members during the meeting including scientific staff, students and industry partners. See below for a complete list.

Brief summary of the KELPPRO results

IMPACT ON PELAGIC ECOSYSTEMS

- Farmed kelp takes up nutrients in early spring and **do not pose a threat** to phytoplankton blooms, growing from internal nutrient stores in spring/summer
- **Alaria might need more nitrogen than Saccharina** to growth, with implications for cultivation and competition with natural species
- Kelp farms represent (artificial) habitats, and could present a **substrate for spreading of red-listed and/or alien species**
- Length of the growth season has impact on the farms as a vector for species spreading. Also **'empty' farm showed potential as vector for species spreading**
- Genetic information on cultivated kelp is sparse and genetic diversity and spreading is largely unknown

IMPACT ON BENTHIC ECOSYSTEMS

- Large-scale kelp cultivation **will have effects** on local, regional and global ecosystems – **positive & negative**
- Norway has a **large potential for kelp cultivation** – especially offshore
- **Kelp is exporting organic material during growth**, from 8-13% early and up to 50% late in the season
- Dispersal of **exported kelp material is patchy and covers large areas**, not only in vicinity to farms
- Sugar kelp showed to **degrade quickly at the seafloor** – with >50% gone in weeks and >90% disappeared in 3 months
- Benthic fauna response – no negative/**no significant effect under normal operations**. **'Massive fallout' events decreased species diversity and increased species number**
- *Saccharina* and *Alaria* demonstrated **different degradation patterns**. **Anoxic degradation showed important for biomass breakdown**.
- As of today, we still have a **poor empirical knowledge base** to quantify environmental impacts of industrial-scaled kelp cultivation – but we are on a good track



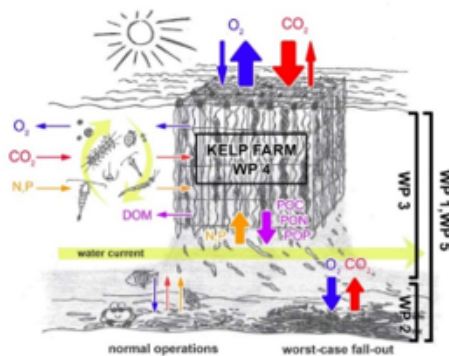
TUESDAY 24. NOVEMBER – Language: ENGLISH

SCIENTIFIC FOCUS – A presentation of results from the KELPPRO project

DAY 1

09:00-09:20	Kasper Hancke	WELCOME KELPPRO - an overview
09:20-09:35	Ole Jacob Broch	Kelp cultivation potential and scenarios for Norway
09:35-09:50	Reinhold Fieler	Dynamics of erosion from cultivated kelp, <i>Saccharina latissima</i> , and implications for environmental management and carbon export
09:50-10:00	Break - 10 min	
10:00-10:15	Ole Jacob Broch	Dispersal of detritus from farmed kelp
10:15-10:30	Karl Attard	Kelp degradation dynamics: Large kelp fall-out event simulated in situ
10:30-10:45	Gunhild Borgersen	Effects of industrial kelp farming on benthic faunal communities
10:45-11:00	Break - 15 min	
11:00-11:15	Emma H. Boldreel	Kelp degradation dynamics: Laboratory measurements
11:15-11:30	All	Questions and discussion: Kelp export, deposition, effects on seafloor ecosystems, and potential for carbon sequestration
11:30-12:30	Lunchbreak - 60 min	

12:30-12:50	Yngvar Olsen	Nutrient uptake and intracellular stoichiometry of cultivated <i>Saccharina latissima</i> with evaluations of its potential interactions with the phytoplankton
12:50-13:05	Elin Bjørndal Njåstad	Variation in growth and chemical composition in cultivated <i>Alaria Esculenta</i> and <i>Saccharina latissima</i>
13:05-13:20	Trine Bekkby	Does the kelp farm function as an artificial kelp forest?
13:20-13:30	Break -10 min	
13:30-13:45	Trine Bekkby	Does the kelp farm function as a vector for the spreading of alien species?
13:45-14:00	Reinhold Fieler	Literature review on genetic diversity in natural kelp
14:00-14:10	Break -10 min	
14:10-14:20	Pia Kupka Hansen	Introduction to Day 2
14:20-14:30	Kasper Hancke	SUMMARY KELPPROs findings and the way forward
14:30-15:00	All	Questions and discussions: Kelp nutrient uptake, role as artificial habitat, and effects on open water ecosystems



The functional role of a kelp farm and the major pathways behind potential **positive and negative effects** of a farm on the surrounding environment. KELPPRO aim to provide an integrated assessment of kelp farming on coastal environments.

KELPPRO

Avsluttende workshop

ONSDAG 25. NOVEMBER – Language: NORWEGIAN

TEMA FORVALTNING – Hvordan kan resultatene fra KELPPRO benyttes i forvaltning og overvåking i fremtiden?

DAG 2

09:00-09:05 Pia Kupka Hansen INTRODUKSJON

OPPSUMMERING AV RESULTATER FRA KELPPRO PROSJEKTET

09:05-10:00 Ole Jacob Broch Scenarier og potensialet for tare dyrking i Norge

Kasper Hancke Miljøeffekter av tare dyrking på havbunnen

Yngvar Olsen Miljøeffekter av tare dyrking på de åpne vannmasser

Trine Bekkby Tareanlegg som kunstige habitater

10:00-10:15 Kaffepause -15 min

10:15-10:30 Hartvig Christie Dyrking av tare. Sett i perspektiv til dynamikken i naturlig tareskog

10:30-11:30 Pia Kupka Hansen & Reinhold Fieler Miljøvirkninger av tare dyrking og tilnærming til overvåking
Basert på forskningsresultatene fra prosjektet vil det bli fremlagt tanker angående miljøovervåking av tareanlegg

11:30-11:35 Kasper Hancke Oppsummering

Participant list

	Name	Institution	Role and responsibility	Email	Work-Shop
Steering group	Kasper Hancke	NIVA	Project manager, WP#2+5 lead	kasper.hancke@niva.no	x
	Trine Bekkby	NIVA	WP#4 lead	trine.bekkby@niva.no	x
	Hartvig Christie	NIVA	Senior advisor	hartvig.christie@niva.no	x
	Ole Jacob Broch	SINTEF	WP#1 lead	OleJacob.Broch@sintef.no	x
	Yngvar Olsen	NTNU	WP#3 lead	yngvar.olsen@ntnu.no	x
	Reinhold Fieler	Akvaplan-niva (ApN)	Senior advisor	reinhold.fieler@akvaplan.niva.no	x
Add VIPs	Pia Kupka Hansen	Havforskningsinstituttet (IMR)	Researcher, WP#5	pia.kupka.hansen@imr.no	x
	Ronnie N Glud, Prof.	University of Southern Denmark (SDU)	Researcher, WP#2	rnglud@biology.sdu.dk	
	Karl Attard	University of Southern Denmark (SDU)	Post doc, WP#2	karl.attard@biology.sdu.dk	x
	Gunhild Borgersen	NIVA	Researcher	Gunhild.Borgersen@niva.no	x
	Hege Gundersen	NIVA	Researcher	Hege.Gundersen@niva.no	x
	Marijana Stenrud Brkljacic	NIVA	Researcher/web	Marijana.Brkljacic@niva.no	x
	Elin Bjørndal Njåstad	NTNU	Scientific Ass. WP3	elin.b.njastad@ntnu.no	x
	Sanna Matsson	Akvaplan-niva (ApN)	Post doc, wp2	sanna.matsson@akvaplan.niva.no	x
	Ingrid Ellingsen	SINTEF	Senior advisor	Ingrid.Ellingsen@sintef.no	
Aleksander Handå	SINTEF	Senior advisor	Aleksander.Handa@sintef.no		
Students	Ragnhild Grimm	NIVA/UiO	MSc student	ragnhild-94@hotmail.com	
	Lars Andreas Grünfeld	NIVA/UiO	MSc student	larsgrunfeld@gmail.com	
	Emma Hald Boldreel	SDU	MSc student	embol15@student.sdu.dk	x
Key non-scientific	Jon Funderud	Seaweed Solutions (SES)	CEO, Industry partner	funderud@seaweedenergysolutions.com	x
	Luiza Neves	Seaweed Solutions (SES)	Environment at SES	neves@seaweedenergysolutions.com	x
	Job Schipper	HORTIMARE	Director, Industry partner	job.schipper@hortimare.com	x
Advisory board	Dorte Krause-Jensen, Dr.	Aarhus University	Advisory board	dkj@bios.au.dk	
	Isabel Sousa Pinto, Prof.	University of Porto	Advisory board	ispinto@ciimar.up.pt	x
	Alf Norkko, Prof.	University of Helsinki	Advisory board	alf.norkko@helsinki.fi	
Stakeholders	Henrik Rye Jakobsen	Fiskeridirektoratet	Senior advisor	henrik.jakobsen@fiskeridir.no	x
	Marius Dalen	Nærings- og fiskeridepartementet	Senior advisor	Marius.Dalen@nfd.dep.no	x
	Egil Postmyr	Miljødirektoratet	Senior advisor	egil.postmyr@miljodir.no	x
Others	Tormod H. Skålsvik	Akvaplan-niva (ApN)		tos@akvaplan.niva.no	x
	Trude Borch	Akvaplan-niva (ApN)		trude.borch@akvaplan.niva.no	x
	Stefan Erbs	Bellona		stefane@bellona.no	x
	Jens Christian Holm	Fiskeridirektoratet		jens-christian.holm@fiskeridir.no	x
	Magnus Torvik	Fiskeridirektoratet		Magnus.Torvik@fiskeridir.no	x
	Silje-Kristin Jensen	Fiskeridirektoratet region Nord		Silje-Kristin.Jensen@fiskeridir.no	x
	Mira Bolsøy Aasjord	Fiskeridirektoratet region Nordland		mira.aasjord@fiskeridir.no	x
	Leni Marie Lisæter	Fiskeridirektoratet region Vest		Leni-Marie.Lisaeter@fiskeridir.no	x
	Jarle Magnar Bratbak-Pedersen	Fylkeskomm. Akvakultur Samarbeid		jarle.pedersen@tffk.no	x
	Trond Roger Oskars	Fylkesmannen i Møre og Romsdal		trros@fylkesmannen.no	x
	Katrin Reiss	Fylkesmannen i Nordland		karei@fylkesmannen.no	x
	Kirsten Redmond Kristiansen	Fylkesmannen i Rogaland		fmrokrk@fylkesmannen.no	x
	Per Kristian Krogstad	Fylkesmannen i Troms og Finnmark		fmtrpkk@fylkesmannen.no	x
	Ida Giæver Tveter	Fylkesmannen i Troms og Finnmark		idgtv@fylkesmannen.no	x
Peter Haugan	Havforskningsinstituttet (IMR)		peter.haugan@hi.no	x	

	Name	Institution	Role and responsibility	Email	Work-Shop
	Vivian Husa	Havforskningsinstituttet (IMR)		vivian.husa@hi.no	x
	Lars Johan Naustvoll	Havforskningsinstituttet (IMR)		larsjn@hi.no	x
	Kjell Magnus Norderhaug	Havforskningsinstituttet (IMR)		kjellmn@hi.no	x
	Henning Steen	Havforskningsinstituttet (IMR)		henning.steen@hi.no	x
	Øyvind Strand	Havforskningsinstituttet (IMR)		oivind.strand@hi.no	x
	Hilde Skarra	Miljødirektoratet		Hilde.Skarra@miljodir.no	x
	Ida Kessel Nordgård	Miljødirektoratet		ida.kessel.nordgard@miljodir.no	x
	Ida Maria Evensen	Miljødirektoratet		Ida.Maria.Evensen@miljodir.no	x
	Inger Marie Haaland	Miljødirektoratet		Inger.Marie.Haaland@miljodir.no	x
	Magny Eggestad	Miljødirektoratet		Magny.Eggestad@miljodir.no	x
	Rebekka Varne	Møre og Romsdal Fylkeskommune		rebekka.varne@mrfylke.no	x
	Agnes Christine Gundersen	Møreforsking		agnes.gundersen@moreforsk.no	x
	Céline Rebours	Møreforsking		celine.rebours@moreforsk.no	x
	Jon Halfdanarson	Møreforsking		jon.halfdanarson@moreforsk.no	x
	Hanne Solvang Felberg	Møreforsking AS		hanne.felberg@moreforsk.no	x
	Camilla With Fagerli	NIVA		camilla.with.fagerli@niva.no	x
	Eli Rinde	NIVA		eli.rinde@niva.no	x
	Gunnar Omsted	NIVA		gunnar.omsted@niva.no	x
	Gunnar Sander	NIVA		gunnar.sander@niva.no	x
	Kofi Godwin Vondolia	NIVA		Kofi.Vondolia@niva.no	x
	Lise Tveiten	NIVA		Lise.Tveiten@niva.no	x
	Marianne Karlsson	NIVA		marianne.karlsson@niva.no	x
	Siri Moy	NIVA		siri.moy@niva.no	x
	Trine Dale	NIVA		trine.dale@niva.no	x
	Wenting Chen	NIVA		wenting.chen@niva.no	x
	Åse Åtland	NIVA		aase.aatland@niva.no	x
	Dagbjørn Skipnes	NOFIMA		Dagbjorn.Skipnes@Nofima.no	x
	Hilde Toften	NOFIMA		Hilde.Toften@Nofima.no	x
	Marthe Jordbrekk Blikra	NOFIMA		Marthe.Blikra@Nofima.no	x
	Philip James	NOFIMA		philip.james@nofima.no	x
	Xinxin Wang	NOFIMA		Xinxin.Wang@Nofima.no	x
	Cecilie Wathne	NORCE		cwat@norceresearch.no	x
	Anders Karlsson-Drangsholt	Norges Forskningsråd (NFR)		anka@forskningsradet.no	x
	Kjell Emil Naas	Norges Forskningsråd (NFR)		ken@forskningsradet.no	x
	Jorunn Skjeremo	SINTEF Ocean		Jorunn.Skjeremo@sintef.no	x
	Silje Forbord	SINTEF Ocean		silje.forbord@sintef.no	x
	Hans-Inge Algrøy	Sjømat Norge Havbruk Vest		hia@sjomatnorge.no	x
	Agnes Mols Mortensen	TARI - Faroe Seaweed and Fiskaaling		agnes@tari.fo	x
	Jessica Dolliver	Trinity College Dublin		-	x
	Guri Ellila Brodahl	Troms og Finnmark fylkeskommune		guri.ellila.brodahl@tffk.no	x
	Hege Skaar	Troms og Finnmark fylkeskommune		hege.skaar@tffk.no	x
	Sunniva Løviknes	Troms og Finnmark fylkeskommune		sunniva.loviknes@tffk.no	x
	Stein Fredriksen	Universitetet i Oslo (UIO)		stein.fredriksen@ibv.uio.no	x
	Cecilie L. Ree	Universitetet i Stavanger (UIS)		cecilie.l.ree@gmail.com	x
	Michael Greenacre	University Pompeu Fabra		michael.greenacre@upf.edu	x
	Halvor Mortensen	Val FoU		hmortensen@val.vgs.no	x
	Nils Harley Boisen	WWF		nboisen@wwf.no	x

Publications and communications

	Peer-reviewed		ISBN Reports & MSc's	Talks and posters Nat + internat.	PopSci contri.	Media/radio/TV
	Subm. (in prep)	published				
TOTAL	4 (7)	4	7	44	23	8
2020, oct19-oct20	-	1	4	9	1	1
2019, oct18-oct19	-	2	0	7	14	3
2018, oct17-oct18	-	1	3	19	5	2
2017, jan-oct	-	0		9	3	2

Scientific publications

- Subm. Fieler R, M Greenacre, S Matsson, L Neves, S Forbord, K Hancke (submitted)* Dynamics of erosion from cultivated kelp, *Saccharina latissima*, and implications for environmental management and carbon sequestration. *Frontiers in Marine Science*
- Subm. Filbee-Dexter K, CJ Feehan, ... K Hancke, et al. (submitted)* Ocean temperature controls kelp decomposition and carbon sink potential. *Proceedings of the National Academy of Sciences*
- Subm. Gundersen H, E Rinde, T Bekkby, K Hancke, JK Gitmark, H Christie (submitted)* Kelp characteristics and biomass along environmental gradients and their implications for ecosystem services. *Frontiers in Marine Science*
- Subm. Duarte CM, JP Gattuso, K Hancke, H Gundersen,.. T Bekkby, et al. (submitted)* Global Estimates of the Extent and Production of Macroalgal. *Nature GeoScience*
1. **Attard KM and Ronnie N Glud** (2020) Technical Note: Estimating light-use efficiency of benthic habitats using underwater O₂ eddy covariance. *Biogeosciences* 17, 4343–4353
<https://doi.org/10.5194/bg-17-4343-2020>
 2. **Broch OJ, Alver MO, Bekkby T, Gundersen H, Forbord S, Handå A, Skjermo J and Hancke K** (2019) The Kelp Cultivation Potential in Coastal and Offshore Regions of Norway. *Front. Mar. Sci.* 5:529. doi: 10.3389/fmars.2018.00529
 3. Evankow A, **H Christie, K Hancke, AK Bryisting, C Junge, S Fredriksen, J Thaulow** (2019) Genetic heterogeneity of two bioeconomically important kelp species along the Norwegian coast. *Conservation Genetics*. <https://doi.org/10.1007/s10592-019-01162-8>
 4. Wallhead, P.J., Chen, W., Falkenberg, L., Norling, M., Bellerby, R., Dupont, S., Fagerli, C., Dale, T., **Hancke, K., Christie, H.**, 2018. Annex 2: Urchin harvesting and kelp regrowth in northern Norway under ocean acidification and warming. In: *AMAP Assessment 2018: Arctic Ocean Acidification*. pp. 79-90 Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Tromsø, Norway.

MSc thesis

1. **Grünfeld Lars Andreas H** (2020) Et taredyrkingsanleggs rolle som kunstig taeskog: Sammenlikning av faunasamfunn mellom dyrket butare (*Alaria esculenta*) og naturlig taeskog. MSc thesis. University of Oslo. 01.10.2020
2. **Lansbergen, Romy A** (2020) Fate and Release of Dissolved Organic Carbon from Kelp. MSc thesis. Technical University of Denmark. 18.08.2020
3. **Boldreel, Emma H** (2020) Benthic degradation dynamics of deposits from two kelp species: Sugar kelp (*Saccharina latissima*) & winged kelp (*Alaria esculenta*). MSc thesis. University of Southern Denmark. Inst of Biology. 01.08.2020

4. **Torstensen, Ragnhild RG** (2020) Effekter av sukkertaredyrking (*Saccharina latissima*) på det marine miljø: Et taredyrkingsanleggs rolle som en kunstig tareskog. MSc thesis. University of Oslo. 01.06.2020. www.duo.uio.no/handle/10852/79667

Reports with ISBN

1. Frigstad H, **H Gundersen, K Hancke**, GS Andersen, **T Bekkby**, L Tveiten 2017 Blue carbon: Climate adaptation, CO₂ uptake, and sequestration of carbon in Nordic blue forest. Annual and workshop report 2017. Norwegian Environment Agency Report L.NR. 7213-2017
2. **Hancke K, T Bekkby**, M Gilstad, A Chapman, **H Christie** (2018) Taredyrking – mulige miljøeffekter, synergier og konflikter med andre interesser i kystsonen. NIVA rapport 7265-2018, ISBN 978-82-577-7000-6
3. **Broch OJ**, R Tiller, J Skjermo, A Handå (2017) Potensialet for dyrking av makroalger i Trøndelag. Rapport for Trøndelag fylkeskommune, SINTEF rapport OC2017 A-200, ISBN 978-82-7174-319-2

Talks and posters, national and international (most recent ones, more on www.kelppro.net)

1. **Broch OJ, Ellingsen IH, Hancke K** (2020) Deposition of detritus from near- and off-shore kelp farm as a contribution to CO₂ sequestration. AGU Ocean Sciences meeting, San Diego CA, scientific talk, 17.02.20
2. **Hancke K, H Gundersen**, GS Andersen, H Frigstad (2019) Carbon cycling in Nordic blue forests with emphasis on Norwegian kelp forest. Nordic Blue Carbon workshop. Norwegian Environmental Agency, Oslo, Norway 21.11.2019
3. **Hancke K, G Borgersen, MA d'Auriac, H Gundersen, GS Andersen**, H Frigstad (2019) Kelp carbon export and sequestration. Nordic Blue Carbon workshop. Norwegian Environmental Agency, Oslo, Norway 21.11.2019
4. **Hancke K** et al. (2019) Recent developments in kelp farming and mapping of blue carbon resources. Nordic Blue Carbon workshop. Norwegian Environmental Agency, Oslo, Norway 21.11.2019
5. **Hancke K** (2019) The KELPPRO project - overall aim and current status. KELPPRO annual work meeting. Oslo. 18.11.2019
6. **Bekkby T**. Blått karbon, taredyrking og mulige effekter på marine økosystemer. 2019. Talk at Frokostseminar «Sustainable biomass in the Nordics – How should we farm the ocean?». DOGA, Oslo, 14.11.2019
7. **Hancke K** et al. (2019) Morgendagens miljøovervåkning og blått karbon. Invitert seminarinnlegg for Kunnskap- og globalseksjonen, Klima og miljødepartementet. Oslo. 11.11.2019
8. **Hancke K, H Gundersen**, H Frigstad, S Langaas 2019 Carbon sequestration in macroalgae beds and kelp forests, Tekna Senimars Oslo 17.10.19
9. **Broch, O. J., M. Alver, T. Bekkby, H. Gundersen, A. Handå, J. Skjermo, K. Hancke**, and R. Tiller (2018a), Potensialet for dyrking av makroalger i Trøndelag, med blick til Finnmark, in Forum for Biomarine Næringer, edited, Tana.
10. **Broch, O. J.** (2019), Perspektiver på taredyrking i Norge, in Alger - framtidens industri i dag. Seminar om mikro- og makroalger, edited, Kristiansund.
11. **Hancke, K., H Gundersen, T Bekkby** (2018) KELPPRO - Seaweed farming, good or bad news to the coast and society? RCN MARINFORSK conference, Lillestrøm, Norway. Poster 24.10.2018
12. **Hancke K, H Gundersen**, H Frigstad (2019) Karbonlagring i tareskog/Carbon sequestration in macroalgae beds and kelp forests. Tekna Climate workshop. Trondheim, Norway. 08.05.2019. **Invited talk.**
13. Hancke K (2019) Positive og negative miljøpåvirkninger av storskala taredyrking. On «Det grønne skiftet i havet – Hvordan få plass til en stor tareindustri?» at Arendalsuka. 14.08.19. #113030
14. **Hancke K, Å Åtland, R Fieler** (2019) Positive og negative miljøpåvirkninger av storskala taredyrking. Aqua Nor, Trondheim, 22. august 2019

15. **Hancke K** and J Skjermo (2019) Seaweed farming in Norway: Blue Carbon and Blue Economy perspectives. The International Blue Carbon Initiative workshop. Copenhagen, Denmark, 11.09.2019. **Invited talk**
16. **Gundersen H**, Andersen GS, **Bekkby T**, **Christie HC**, Fagerli CW, Filbee-Dexter K, Frigstad H, Gitmark JK, **Hancke K**, Kile MR, Moy SR, Ramirez-Llodra E, **Rinde E**, **Tveiten LA**, Walday MG. 2018. Tare i tiden. NIVA institute seminar 01.12.2018.

Pop science contributions (most recent ones, more on www.kelppro.net)

1. **Omsted, G (2020)** Kan bærekraftig tare bli stor industri? Forskning.no. 08.11.2020
2. **Broch, O. J.** (2019b), Potensialet for storskala tare dyrking og CO2-fangst, in Det grønne skiftet i havet, Arendalsuka 2019, edited, Arendal.
3. **Broch, O. J.**, M. Alver, R. Tiller, **T. Bekkby**, **H. Gundersen**, A. Handå, J. Skjermo, and **K. Hancke** (2019b), Potensialet for dyrking av makroalger i Trøndelag, in Algesmeinar på Frøya, edited, Frøya kultur- og kompetansesenter.
4. **Broch, M. Alver, T. Bekkby, H. Gundersen**, A. Handå, J. Skjermo, and **K. Hancke** (2019), Tare dyrking i Norge (Hvor bør man dyrke og hvor stort er potensialet?)
5. **Hancke, K** 2018 Stor-skala tare dyrking: Faktorer der kan påvirke og spiller inn på naturlige økosystemer. AlgenettNord seminar. Bodø/video. 17.12.18
6. Hovden TS and **K Hancke** (2019) Helgelandskysten verdt sin vekt i gull. Helgelands blad. 09.01.2019. s. 6-7
7. Hovden TS 2019 Helgelandskysten er ein biologisk og kulturell skatt. Forskning.no. 18.01.2019
8. Hovden, TS and **K Hancke** (2018) Forskarar brukar drone for å ta bilete av tang og tare. Forskning.no 09.10.2018
8. Hovden, TS and **K Hancke** (2018b) Researchers use drones to photograph seaweeds: The tidal zone from a bird's-eye view. ScienceNordic. 14.11.18
9. Hovden TS et al. (2019) Trur på enorm vekst i tareoppdrett. Forskning.no. <https://forskning.no/havet-mat-niva/trur-pa-enorm-vekst-i-tareoppdrett/1321500>
10. Hovden TS et al (2019b) Researcher believes in kelp farming. ScienceNordic.com. <http://sciencenordic.com/researcher-believes-kelp-farming>

Media/radio/TV (most recent ones, more on www.kelppro.net)

1. Christie, H and K Hancke (2020) Tare dyrking er i ferd med å bli stor industri. Er vi forberedt? Kronikk i Aftenposten Viten. På Trykk og online. 25.11.2020
2. Kan tare bremse oppvarmingen? Ekspertintervjuet med Kasper Hancke, <20C online magazine. ENERGI & KLIMA 22.01.2020.

Blog post (#SINTEFblogg)

- Broch OJ: Tare dyrking i Norge (Hvor bør man dyrke og hvor stort er potensialet?) #SINTEFblogg <https://blogg.sintef.no/sintefocean-nb/tare dyrking-hvor-dyrke-hvor-stort-potensialet/>

Social media

- >39 posted tweets with topics from the KELPPRO project, which have resulted in >35 retweets and >117 likes (retweets of other non-KELPPRO news are not included), via the NIVAKelp Twitter account (698 followers).
- >2 Facebook posts on KELPPRO related work and >10 on associate/related projects

Meeting notes

09:00-09:20 Welcome and introduction. Kasper Hancke (NIVA)

Kasper Hancke introduced and said welcome to the KELPPRO conclusive workshop; an online workshop, 24-25 November 2020, presented the program, the organization and the list of participants. Kasper then gave a short overview of the research project KELPPRO. The program Tuesday 24 November has a scientific focus and presents results from the KELPPRO project. The aim: Provide an integrated assessment of positive and negative impacts of industrial-scaled kelp farming on the marine ecosystem. Three main questions will be presented today: Will large scale kelp farming impact the coastal ecosystems – open water and sea floor habitats and functioning? Will farmed kelp detritus provide valuable bio-resources or pose a threat to natural coastal ecosystems? Will kelp farming facilities provide ecosystem functioning as 'artificial' forest habitats? Kasper Hancke also gave a big thank you to the entire KELPPRO team before the next speaker Ole Jacob Broch.

09:20-09:35 Kelp cultivation potential and scenarios for Norway. Ole Jacob Broch (SINTEF)

Presented the main objectives, potential for kelp farming in Norway, oceans models and experiments. Some of the final remarks to the presentation was that these are simulation results. The results are useful for where to start looking for good locations and indicate how some basic biological processes may be linked to environmental condition. It gives a hint at how different regions and locations compare with one another in terms of kelp production potentials.

09:35-09:50. Dynamics of erosion from cultivated kelp, *Saccharina latissima*, and implications for environmental management and carbon export kelp. Reinhold Fieler, Akvaplan-niva,

This presentation is submitted as a scientific paper to Frontiers of Marine Science. Loss of organic material from kelp farms may contribute with significant supplements of organic matter to the area around, this study have investigated the export of kelp organic particular matter from two farms across extended growth seasons.

10:00-10:15 Dispersal of detritus from farmed kelp. Ole Jacob Broch (SINTEF)

What are the environmental effects of organic loading from kelp farms, CO₂-sequestration and how much organic matter is deposited per unit area, and where does it go? Some of the conclusion: Not an issue of sinking rates as much as an issue of how the biomass is distributed among different particle types. They have used sinking rates for *L. hyperborea* from the lower end of the spectrum. Most of the biomass then seems to deposit quite quickly, near the release point. Slow sinking detritus is transported far.

10:15-10:30 Kelp degradation dynamics: Large kelp fall-out event simulated in situ. Karl Attard, SDU

Presented the overall concept, the experiment with net setup og deployment at Solbergstrand, eddy covariance fluxes, test deployment, characterizing kelp and sediment and the results. Some of the question was how the seafloor responds under a range of kelp deposition concentration and what is the aerobic turnover rate. Complementary laboratory studies is presented by Emma H. Boldreel (next talk).

10:30-10:45 Effects of industrial kelp farming of benthic faunal communities. Gunhild Borgersen, NIVA.

The aim of the study was to look for effects in two different scenarios and the conclusion was that in normal operations at small sized farm the kelp detritus had no negative effects on benthic fauna. It was high species richness and shows very good ecological status. Result for the "Worst case scenario" was short term negative effects and increase in opportunistic species like *Capitella capitata* and bacterial mats. It was also fast community recovery.

11:00-11:15 Kelp degradation dynamics: Laboratory measurements. Emma H. Boldreel, SDU

Presentation of a master thesis. The aim was carrying capacity, temperature, oxygen availability and species. Cores and seaweed were collected, then pilot, dose and temperature experiments was completed. In summary, no substantial differences observed between fresh and frozen material. Large species difference, *S. latissima* more prone to degradation. A scientific paper in preparation. Plan to publish in spring 2021 in Aquaculture.

12:30-12:50 Effect of seaweed farming on the open water ecosystems. Yngvar Olsen, NTNU
Two groups of *S. latissimi*, deployed Aug 2017 and Jan 2018, and their physical environment, nutrient concentrations, growth and nutrients physiology, interaction of large scale farming with phytoplankton community. The results showed that there is no negative interactions between seaweed farming and the surface water phytoplankton community. *S. latissima* accumulates their nutrients before the spring bloom. Phytoplankton outcompetes macroalgae in May to September in Central Norway.

12:50-13:05 Variation in growth and chemical composition in cultivated *Alaria Esculenta* and *Saccharina latissima*. Elin Bjørndal Njåstad, NTNU

A. Esculenta and *S. latissima* is perennial, fast growing species with economic potential. They had an experiment about seaweed solution, water column. Sporophyte growth, chemical composition, nutrient uptake, weight ratios and protein. Result shows that both species had similar growth, high content of high tissue phosphorus and sporophytes grew, high nutrient uptake early in the season. There was no significant difference in inorganic nutrients concentrations between inflow and outflow water at the farm site. These findings indicate that nutrient requirement of *A. Esculenta* and *S. latissima* did not have an impact on the local phytoplankton community.

13:05-13:20 Does the kelp farm function as an artificial kelp forest? Trine Bekkby, NIVA

Does a kelp farm have a community that resembles the natural kelp forest? Does the length of the growth season in the farm impact the community? The kelp farm attracts many individuals and species and represents a distinct community. The community is less species specific and more similar to the near-by kelp forest, indicating that location of the farm needs to be taken into account when/if we consider a kelp farm's potential to function as an «artificial kelp forest». The length of the growth season has an impact on the community in the kelp farm, indicating that this also must be taken into account when/if we plan for positive effects of kelp farms. Upscaling is needed – both by including more farms and by doing studies over a longer periods

13:30-13:45 Does the kelp farm function as a vector for the spreading of alien species? Trine Bekkby, NIVA

What kind of functions does an empty kelp farm have? Does a kelp farm house red listed or alien species? - It seems like *C. mutica* started dominating the farm after kelp harvesting. Juvenile *Caprella* in the spring might be *C. mutica*, but we did not find a single adult *C. mutica* in the spring when we found the other species as adults. The kelp farm after harvesting (and ~9 months a year) is an «open niche» for colonization, which makes it available to species with high invasion potential and survival.

13:30-13:45 Literature review of genetic diversity in natural kelp. Reinhold Fieler, ApN

High genetic diversity, genetic heterogeneity and strong differentiation in natural kelp forest. Genetic selection leads to reduced genetic variation in Chinese cultivations. No effects from these cultures detected on wild kelp forests in China. In Norway three distinct genetic clusters in *S. latissima*, which coincide with Norwegian ecoregions. Kelp farms can harvest before fertility of kelp, possibly. Recommend evaluation of translocation of kelp within ecoregions and evaluate controlled breeding with kelp within ecoregions.

14:10-14:20 Introduction to Day 2. Pia Kupka Hansen, HI

Pia presented in English the program for day 2: How can we use these results to secure sustainable seaweed production and to design a monitoring program? The program is mainly for the environment agencies and both presentations and discussions will be in Norwegian.

14:20-14:30 SUMMARY. Kasper Hancke, NIVA

Kasper presented a brief summary over impact on benthic and pelagic ecosystems. The main points are given at the top of this meeting summary. He closed the meeting by giving a big thank you to the entire KELPPRO team for fruitful collaborations and commitments, to the industry partners for a strong synergy and important contributions, to the Research Council of Norway for funding, and to participants and audience for the interest and good discussions.

Day02 (25.11.2020) – Language: NORWEGIAN

09:00-09:05 INTRODUCTION. Pia Kupka Hansen (HI)

Pia åpnet møtet, ønsket velkommen og presenterte kort dagens program. Først blir det en kort oppsummering av gårsdagens resultater. Alle presentasjoner og resultater vil bli publisert, så det blir mulighet for å studere disse resultatene senere. Etter hver presentasjon er det mulig å stille spørsmål. Til siste del av programmet ønskes spesielt forvaltningen velkommen til å stille spørsmål eller dele tanker omkring tare dyrking i Norge. Det blir spennende å se hvordan en diskusjon på Teams vil fungere, men vi håper å få til en utveksling. Til slutt vil Kasper Hancke avslutte med en oppsummering av denne workshop'en.

09:05-10:00 OPPSUMMERING AV RESULTATER FRA KELPPRO PROSJEKTET

Scenarier og potensialet for tare dyrking i Norge. Ole Jacob Broch, SINTEF:

Fiskeoppdrett legger bånd på store arealer i Norge per i dag. Potensialet for tare dyrking er vurdert, gjennom havmodeller, hvor er potensialet stort, tidspunktet for størst biomasse og raskest vekst. Modellen vurderer økende potensiale ut fra kysten, men viser også gode kystnære muligheter. Det er gode muligheter i alle økoregionene, avhengig av hvor anleggene settes ut. Det er store variasjoner fra sør til nord, det kan f.eks. lønne seg å sette ut tare tidligere på høsten lengre sør enn i nord. Man har også sett på potensialet innenfor grunnlinjen. Hvis man skal nå målet om å produsere 20 mill. tonn innen 2050 vil dette kreve 2700-3000 km². De eksisterende anlegg kan produsere potensielt opp mot 40.000 tonn (2018), så det er et stykke frem til 20 mill. tonn i 2050. Behovet for tare og biomasse i Europa i 2030 så høyt som 8 mill. tonn årlig.

Miljøeffekter av tare dyrking på havbunnen. Kasper Hancke, NIVA

Det ble vist bilder fra et tareanlegg på Frøya, og hva slags undersøkelser som er gjort. Det er vurdert mengde tare som eksporteres fra anlegg, hva som legger seg på bunn, biodiversitet og konsum- og nedbrytningstid. Det er ulike nedbrytningstid for ulike typer arter av tare. KELPPRO har flere vitenskapelige- samt populærvitenskapelige publikasjoner, rapporter, Masteroppgaver, foredrag, postere og innslag i media/radio/TV.

Miljøeffekter av tare dyrking på de åpne vannmasser. Yngvar Olsen, NTNU

Effekter av storskala tare dyrking på planteplanktonsamfunnet og det pelagiske økosystemet ble presentert. Det er ulike miljøeffekter av tare dyrking og ved produksjon av fisk. Hvordan tare dyrking påvirker planteplanktonet og det marine økosystemet, og hvilke viktige premisser som ligger til grunn ble vist. Konklusjonen var at det er ingen større negative effekter av tare dyrking på planteplanktonet og på funksjonen til det pelagiske økosystemet.

Tareanlegg som kunstige habitat – inkludert dens mulige rolle for spredning av fremmede arter. Trine Bekkby, NIVA

Hva slags økosystem er det i tareplantasjen og hvordan skille dette seg fra naturlig tareskog? Der er en strukturell forskjell på naturlig tareskog og et tare dyrkingsanlegg. Tareplantasjen er et eget økosystem, med mange arter og individer. Samfunnet ligner på nærliggende tareskog, noe som er relevant for diskusjonen om plassering av anlegget for å realisere potensialet som "kunstig tareskog". Tiden taren får vokse i anlegget påvirker samfunnene der. Dette må tas i betraktning når man skal vurdere/realisere de potensielt positive effektene av et tareanlegg. I perioden uten tare (ca. 9 måneder per år) er anlegget en "åpen nisje" som kan koloniseres av arter med stort invasjonspotensial. Oppskaleringstudier er viktige for å kunne generalisere resultatene, inkludert studier av flere anlegg og over lenger tidsperiode.

10:15-10:30 Dyrking av tare. Sett i perspektiv til dynamikken i naturlig tareskog. Hartvig Christie, NIVA

Forvaltning av dyrking av tare må sees i et perspektiv hvor man ser på endringer i tid og rom. Tareskogen som økosystem viser at det er en veldig høy produksjon i tareskogen og den produserer materiale som synker til bunn. Der hvor tareskogen er borte har dyr på bunn svært lite mat, men et tareanlegg kan da være nyttig. Utbredelse av sukkertare, stortare og kråkebollebeiting ble presentert. Gjenvekst av tare ved fjerning av kråkeboller har vært gjort, med etterfølgende sukkertarenedslag. Taremodeller (2010) og beregning av bortfall av stortare og sukkertare viser at det er forsvunnet ca 20 mill. tonn stortare, hovedsakelig i kråkebollebeitet områder. Ca. 65 mill. tonn sukkertare er borte, det dobbelte av alle tare dyrkingsanlegg i verden. Siste undersøkelser viser imidlertid at fra 1990 til i dag er det det 660 km kystlinje hvor kråkebollene flekkvis dør ut, ca. 24 km gjenvekst hvert år og ca. 7 mill. tonn stortare og 30 mill. sukkertare vokst tilbake. Dette området har i dag 30 mill. tonn med tare som sender materiale ned til bunn. Kongekrabben spiser kråkeboller i nord og taren er tilbake flere steder. Temperatur og utbredelse av krabber ble vist, sukkertarebortfall på sør- og vestlandet, gjenvekst av tare. Hvordan dette påvirker bunnforhold,

næringsssaltomsetninger vet man ikke så mye om. Genetikk er en annen ting, vi vet at sukkertare sprer seg raskt, men hvilket genetisk utgangspunkt de har og hvor de kommer fra er mer usikkert. Det er vanskelig i områder å finne morplanter til anlegg, dette må også vurderes i forvaltningen av tare dyrking.

10:30-11:30 Miljøpåvirkninger av tare dyrking og tilnærming til overvåking. Pia Kupka Hansen (HI) og Reinhold Fieler, Akvaplan-niva

Pia Kupka Hansen startet presentasjonen med de skal si litt om forskjeller på dyrking av makroalger og intensivt oppdrett, og forskjeller av mulige miljøvirkninger, samt miljøpåvirkninger, kriterier og prinsipper for miljøovervåking. Overveielser rundt forundersøkelser i søknadsfase og overvåking i produksjonsfasen, skal presenteres. Reinhold Fieler presenterte forskjellene på et tareanlegg og et lakseanlegg, om utslipp, areal og karbon, fysiske forhold vedr. lokalitet og partikulært utslipp, samt miljøpåvirkning av utslipp og økologiske effekter. Pia avsluttet med hvilke miljømessige konsekvenser av tare dyrking som er vesentlig, og hvordan man sikrer at de ikke når et uakseptabelt nivå. Hun gjenoppfrisket litt av Kasper Hanckes oppsummering fra dagen før, deretter litt om miljøpåvirkning og overvåking, kriterier for valg av miljøpåvirkninger som overvåkes, og hva slags overvåking som bør utføres i små, mellomstore og store anlegg. Alle undersøkelser bør ha en forundersøkelse, mindre for små anlegg og større proporsjonalt med størrelse. Mellomstore og store anlegg kan ha overvåkingsprogram i tillegg. KELPPRO skriver en rapport hvor disse elementer er med og hvordan kan jobbe med potensielt negative effekter med tareoppdrett. Vi skal også jobbe videre med forvaltningen, diskusjonen er ikke over etter i dag, det er mye som skal diskuteres fremover.

11:30-11:35 OPPSUMMERING. Kasper Hancke, NIVA

Norge har stort potensiale for dyrking av tare. Det er ingen større negative effekter av tare dyrking på planteplanktonet eller på funksjonen til det pelagiske økosystem. Tare fra anlegg spres over store områder på bunnen. Der er ingen målbare effekter av dagens tare dyrking på dyrelivet på havbunnen. Storskaladyrking, eller deponering av større mengder tare, kan medføre nedgang i biodiversiteten. Tareanlegget kan være en vektor for fremmede arter, men fremdeles er det lite data på dette og det må man se mer på. Kasper avsluttet med å presentere gruppa, en oversikt over alle publikasjoner, rapporter, masteroppgaver, presentasjoner, poster og medieoppslag. Alt kan leses på hjemmesiden www.kelppro.net. Kasper takket også alle i Kelppro teamet, forskere, teknikere, studenter, industripartnere, advisory board, forvaltningspartnere og alle som har lyttet og bidratt til denne workshopen. – Takk for god workshop.

Involved Institutions

NIVA – Norwegian Institute for Water Research, Section for Marine Biology (www.niva.no/en/forskning)

SINTEF – SINTEF Ocean AS (www.sintef.no/ocean)

NTNU – Norwegian University of Science and Technology, Dept. of Biology (www.ntnu.edu/biology)

ApN – Akvaplan-niva AS (www.akvaplan.niva.no/en)

IMR – Institute of Marine Research (www.imr.no)

SDU – University of Southern Denmark, Dept. of Biology (www.sdu.dk/biology)

SES – Seaweed Energy Solution (industry partner, www.seaweedenergysolutions.com/en)

HORTIMARE – Hortimare (industry partner, www.hortimare.com)



www.kelppro.net