

15

Strategiske instituttsatsinger ved miljøinstituttene 2015

Strategiske instituttsatsinger ved miljøinstituttene 2015:

© Norges forskningsråd 2016

Norges forskningsråd

Postboks 564

1327 Lysaker

Telefon: 22 03 70 00

Telefaks: 22 03 70 01

post@forskningsradet.no

www.forskningsradet.no/

Publikasjonen kan bestilles via internett:

www.forskningsradet.no/

Publikasjoner

eller grønt nummer telefaks: 800 83 001

Grafisk design omslag: Design et cetera AS

Oslo, juni 2016

ISBN 978-82-12-03528-7 (pdf)

Innhold

1	CICERO Senter for klimaforskning	5
	Future Africa: Co-production of climate services in South Africa and Tanzania	5
	CIENS SIS: Sustainable Transport – Drivers, Change, Impacts, Policies.....	7
	Politically Feasible Renewable Energy Development: The Role of Public Acceptance	9
	Climate and health impacts of Short Lived Atmospheric Components	13
2	Nansen Senter for Miljø og Fjernmåling, NERSC	19
	Regional climate change.....	19
	Arctic Ocean, Sea Ice and Glaciers	21
	Cross- and interdisciplinary research	26
3	Norsk institutt for by- og regionforskning, NIBR	27
	Bærekraft og livskraft. Utfordringer for byregioner og lokalsamfunn nasjonalt og internasjonalt..	27
4	Norsk institutt for kulturminneforskning, NIKU	30
	Sustainable Transport – Drivers, Change, Impacts, Policies.....	30
	Cultural heritage: Negotiations, policy & practice	32
	In Situ Site Preservation of Archaeological Remains in the Unsaturated Zone (In Situ SIS)	35
	The uses of advanced technology in understanding, preservation and management of cultural heritage	36
5	Norsk institutt for luftforskning, NILU	40
	AMOM - Advanced modelling of organic contaminants/Avansert modellering av organiske miljøgifter	40
	ChemInAir –Characterization of the Chemical composition of Non-industrial Indoor Environment	43
	OrgSpec - Speciation and quantification of emerging pollutants	48
	REEs-PGM - Rare Earth Elements (REEs) and Platinum Group Metals (PGM): Application in new technologies and environmental and human health implications.....	50
	SACC - Strategic Aerosol Observation and Modelling Capacities for Northern and Polar Climate and Pollution	54
	SCLF - Beskrive kilder, dannelse og transport av kortlevde klimadrivere ved bruk av nye avanserte målemetoder.....	63
	TOXROS - Chemical and toxicological characterization of reactive atmospheric species.....	65
6	Norsk institutt for naturforskning, NINA	72
	Interaksjoner mellom havbruk og vill laksefisk	72
	Naturgoder i skog – biomangfold, klimatiltak og næringsressurser	81
	Management of biodiversity and ecosystem services in spatially structured landscapes	88
	Direkte og indirekte klimaeffekter på økologiske prosesser i vann og på land: 2011-2015.	94
	ECOCOAST: Human impacts in coastal ecosystems -effects on ecosystem structure and function “Kystøkosystemer i endring”	96

7	Norsk institutt for vannforskning, NIVA	113
	Klimaeffekter fra fjell til fjord	113
	Nye miljøgifter	117
	Marin forsuring/Ocean Acidification.....	122
8	Norsk institutt for bioøkonomi, NIBIO (Bioforsk jord og miljø).....	126
	In Situ Site Preservation of Archaeological Remains in the Unsaturated Zone (In Situ SIS)	126
	Report 2015 for the SIS project: «Miljøvennlig karbonlagring i jord – JORDKARBON»	128
	Grønne byer: Multifunksjonelle grøntmiljø for å begrense forurensninger og flommer i byer og tettsteder.....	131
	Populærvitenskaplig rapport 2015 for SIS “Effects of climate change on nutrient losses from agricultural ecosystems”	136
9	Transportøkonomisk institutt, TØI.....	140
	CIENS-SIS Sustainable Transport: Drivers, Changes, Impacts, Policies	140
	SIS - Future Sustainable Transport for Industry and Trade in Norway	145
	SIS - Back on Track, the institutional and financial underpinnings of rail travelling	150
	Trafikksikkerhet.....	154
	Reisevaner og mobilitet.....	163
	Innovasjon miljø og klima.....	166
	Innovasjon, infrastruktur og regional næringsutvikling	168

1 CICERO Senter for klimaforskning

Future Africa: Co-production of climate services in South Africa and Tanzania

Project period: 01.01.2013-31.12.2015

Total budget: NOK 3 900 000

Budget 2015: NOK 300 000

Team members involved in 2015 activities: Bob van Oort, Jana Sillmann, Petra Tschakert, Jennifer West, Christian Bjørnæs, Tiina Ruohonen, Erlend Hermansen, Meaghan Daly, Kristin Aunan and Trude Rauken

The aim of this SIS “Future Africa: Co-production of climate services in South Africa and Tanzania” was to assess key climate knowledge needs at three scales (community, local, and national) for a contextual, user-driven, socially informed, and holistic understanding of sustainability in Southern Africa. Its main aim, establishing a major climate services project through the WMO led Global Framework for Climate Services (GFCS: https://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_982_en.html), was accomplished already in 2013. The research agenda for 2015 (as for 2014), departed from the original to further develop CICERO’s activities and presence in the field of climate services. The core idea developed for the original SIS remained: to focus attention on what allows a shift in decision-making and management strategies within a concrete and user-relevant context with the goal of both increasing adaptive capacity and promoting sustainability.

General 2015 activities: With its widened focus and use of SIS funds, 2015 was again a very productive year. The SIS funds were used to support 1) ongoing activities related to further develop the climate services concept at CICERO, 2) related projects such as ongoing work for the GFCS project and the HICAP project (see further details below), 3) CICERO activities at the COP21, 4) dissemination and publication related to the above, and 5) proposal work and consortium formation for new climate services projects.

In detail:

- GFCS project support: The SIS funds continue to support the implementation of the WMO Global Framework for Climate Services project through a close collaboration of CICERO with the Christian Michelsen Institute, Lilongwe University of Agriculture and Natural Resources in Malawi, and the Center for Climate Research at the University of Dar-es-Salaam in Tanzania. In this project, CICERO, CMI and local partners are documenting existing institutional structures governing flow of climate information/services from national to local levels, as well as knowledge, use and perceptions of existing climate and meteorological information and information sources among end-users at local and (selected) district levels in Tanzania and Malawi. Concrete 2015 support by the SIS funds covered publication of two CICERO reports: 1) CICERO report 2015:02. Institutional Analysis for Climate Services Development and Delivery in Tanzania (<http://hdl.handle.net/11250/2360430>), and 2) CICERO report 2015:05. Climate change policy inventory and analysis for Tanzania

(<http://hdl.handle.net/11250/2367251>). The two reports report on the current state and challenges of climate services delivery in Tanzania, and make recommendations for improved climate services development and delivery. A third report is currently undergoing review, and provides the baseline for the other two reports from a user perspective.

- Other project and publication support: Climate service related work was further developed supporting activities in the Himalayan Climate Change Adaptation Programme (HICAP: www.icimod.org/?q=10140). The SIS supported in full the activities of Petra Tschakert, notably drafting and submitting a paper related to climate change adaptation, but highlighting the need for attention to the politics in adaptation. This work significantly contributes to the current debate on power and politics, often crucial factors in the need and use of climate services (as also highlighted in the GFCS project). Furthermore, the SIS supported work by Bob van Oort on the “Himalayan Climate and Water atlas”, launched at a COP21 UNEP side event, and drafting of chapters for a book on case studies of agroforestry and adaptation in the Himalayas, taking a holistic approach on current and future adaptation. Both works further highlight the interrelationship between climate and other drivers of change, and provide material to support informed decision making – a climate service. The SIS also provided support for a paper on Communication and dissemination of climate scenarios for successful adaptation policy in Finland, Sweden, and Norway (van Oort co-author) and a paper by Jana Sillmann entitled "No emergency argument for climate engineering".

Consortium development: SIS funds contributed to CICEROs participation in Climate Services meetings in Brussels, Copenhagen and Oslo, and to become part of a consortium of high profile international partners (incl. UKCIP, SEI, Ecologic, University of Oldenburg and DNV-GL). This social science led consortium on climate services will respond to calls under Horizon2020, JPI, etc.

COP21: Jennifer West presented CICERO activities in the GFCS project on a side event of the COP21, and participated in the panel discussion. This participation in Paris helped further placing CICERO as a relevant actor in the field of climate services, in this case related to the original Future Africa focus. SIS funds supported preparations, discussions and planning with the communication team and the co-organizers of the event (Thursday 10 December, 14:30 - 17:00. Building Capacities, Bridging Scales: Supporting Adaptation in Africa through Climate Services. Organised by CICERO, The Development Fund, the Norwegian Refugee Council and WMO).

Climate service profile: Supported by the SIS funds, CICERO established a clear presence and profile on climate services through 1) greater engagement with other partners via project proposal consortia, 2) through participation in high (COP21 side event) and low profile events (educational activities and presentations) on the topic, and 3) a clear profiling via the webpages (see <http://www.cicero.uio.no/en/climate-services> and <http://www.cicero.uio.no/en/posts/what-we-do/climate-services>). The profile details how CICERO contributes and can further contribute with data and products, informs about best practices in climate finance, carries out process research on climate services, and its focus on communication and contributions to process facilitation. Especially Jana Sillmann took an active role in this part of the project.

SIS funded Climate Services related publications in 2015:

Shrestha, AB; Agrawal, NK; Alfthan, B; Bajracharya, SR; Maréchal, J; **van Oort, B** (eds) (2015) The Himalayan Climate and Water Atlas: Impact of climate change on water resources in five of Asia's major river basins. ICIMOD, GRID-Arendal and CICERO. ISBN #: (printed) 978-92-9115-356-5

(electronic) 978-92-9115-357-2. Accessible via

<http://www.cicero.uio.no/file/42/climateandwateratlas.pdf/download>

Bob van Oort, Laxmi Dutt Bhatta, Himlal Baral, Rajesh Kumar Rai, Madhav Dhakal, Ieva Rucevska, Ramesh Adhikari (2014) Assessing community values to support mapping of ecosystem services in the Koshi river basin, Nepal. *Ecosystem Services*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.11.004>

Sillmann et al. (2015) "No emergency argument for climate engineering", *Nature Climate Change*, 5 (to appear in April issue)

Laxmi D Bhatta, **Bob Eric Helmuth van Oort**, Nigel E. Stork, Himlal Baral (2015) Ecosystem services and livelihoods in a changing climate: Understanding Local adaptations in the Upper Koshi, Nepal. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 11(2):145-155. <http://dx.doi.org/10.1080/21513732.2015.1027793>.

Pilli-Sihvola, Karoliina, **Bob van Oort**, Inger Hanssen-Bauer, Markku Ollikainen, Markku Rummukainen, Heikki Tuomenvirta (2015) Communication and dissemination of climate scenarios for successful adaptation policy in Finland, Sweden, and Norway. *Local Environment* special issue "Nordic Climate Change Adaptation" 20(4):510-524. DOI 10.1080/13549839.2014.967757

van Oort, Bob, Laxmi Dutt Bhatta, Himlal Baral, Rajesh Kumar Rai, Madhav Dhakal, Ieva Rucevska, Ramesh Adhikari (2014) Assessing community values to support mapping of ecosystem services in the Koshi river basin, Nepal. *Ecosystem Services*, 13:70-80. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.11.004>

CIENS SIS: Sustainable Transport – Drivers, Change, Impacts, Policies

The challenge: Breaking the linkages between transport and environmental deterioration

Samarbeid mellom Transportøkonomisk Institutt (TØI, prosjekt leder), NINA, NIKU, NILU og CICERO.

Prosjektperiode: 01.01.2011 - 31.12.2015

Totalbudsjett: NOK 17 668 000 (av dette til CICERO: kr 1 125 000).

Budsjett for CICERO 2015: NOK 225 000

Deltakere involvert i prosjektet i 2015: Helene Amundsen

Sammendrag av prosjektet: Det overordnede fokuset for CIENS-SIS prosjektet er bærekraftig transport og hovedmålet er å forbedre prosjektpartnerenes kompetanse til å gjennomføre tverrfaglig forskning innenfor dette viktige temaområdet. Gjennom prosjektet har utvikling av nye forståelsesrammer og nye metoder for miljø- og bærekraftig forskning vært viktig, både for å styrke den tverrfaglige forskningen og for å utvide perspektiv som omhandler forholdet mellom transport og miljø. Kompetanseheving har dermed vært en viktig del av prosjektet, samt et styrket samarbeid mellom forskningsinstitusjonene i prosjektet.

De miljømessige og klimatiske konsekvensene fra transportsektoren er bakgrunnen for at dette ble valgt som tema. Samtidig kan det reises mange tverrfaglige problemstillinger innenfor temaet. Utfordringer i transportsektoren dekker alle de tre bærekraftdimensjonene, miljømessig, sosial og økonomi. Bærekraftig transport som forskningstema har økt i betydning over tid, og det er et økende behov for integrert kunnskap fra samfunns- og naturvitenskapen for å svare på komplekse og

sammensatte problemstillinger innen dette forskningstemaet, knyttet for eksempel til lokale og globale utslipp, helse og økologisk påvirkning, arealbruk og landskapsendringer.

Forskningen i dette prosjektet har vært knyttet til tre punkter; sosiale drivere for mobilitet, påvirkning fra transport på urbant miljø and bærekraft, og policyprosesser knyttet til bærekraftig mobilitet; hvor CICEROs bidrag har vært i det tredje punktet.

Det overordnede målet for CICEROs del av prosjektet har vært å analysere samspillet mellom nettverksaktørene som deltar i utviklingen av sykkelpolitikk, samt undersøke på hvilken måte det har hatt konsekvenser for implementering av sykkelpolitiske mål. Vi har undersøkt hvorvidt nye styringsformer innen transportsektoren kan bidra til å forklare et økt fokus på sykkelpolitikk. Mens det har vært en uttalt politisk støtte for sykling over lang tid, samt uttrykt økning i støtte til tilrettelegging for sykkel i Nasjonal transportplan (NTP 2014-2023), har det vært en gjennomgående mangel på gjennomslag for sykkelpolitikk og sykkelandelen for hverdagsreiser har sunket. Vi kan derfor si at sykkelfeltet representerer et paradoks med økt politisk fokus på å tilrettelegge for sykling, samtidig som sykkelandelen har gått ned. I prosjektet har vi analysert mulige forklaringsfaktorer som kan belyse hvorfor sykkelpolitisk retorikk og implementering av sykkelpolitikken utvikler seg i motsatt retning.

Vi har valgt Oslo som case for dette prosjektet. I Oslo, som i flere andre norske byer, har det vært fornyet oppmerksomhet til sykkelpolitikk, manifestert for eksempel i Oslo kommunes sykkelplan, og i dannelsen av ny nettverkssammensetning av transport-, helse- og miljøsektoren som promoterer sykling og infrastrukturendringer for å tilrettelegge for sykling i byen.

Prosjektet har resultert i en artikkel sammen med TØI, som er under utvikling. Artikkelutkastet omhandler sykkelpolitiske prosesser med Oslo som casestudie. I tillegg har CICERO bidratt til TØIs rapport om Norsk sykkelpolitikk gjennom samarbeidet i CIENS-SIS prosjektet. TØIs rapport tar for seg utviklingen av sykkelpolitikk i Norge over tid, og CICEROs bidrag i dette har vært bl.a. samarbeid om gjennomføring av intervju med relevante aktører.

Forskningsarbeidet som har vært gjennomført i prosjektet er i hovedsak teoriutvikling knyttet til governance, eller nettverksteori, metodene som har vært benyttet er dokumentanalyse av ulike planer relevant for sykkel-, transport-, og helhetlig kommunalpolitikk og intervjuer av flere sentrale aktører. Videre har det vært gjennomført analysearbeid og konklusjon, og i dette gjenstår det fortsatt noe arbeid.

CIENS-SIS prosjektet i helhet er et samarbeid mellom TØI, CICERO, NIKU, NINA og NILU, og CICERO har i dette prosjektet jobbet i tett samarbeid med TØI. Forskerne involvert fra CICERO og TØI representerer en bredde av bakgrunn, fra ingeniør, økonomi, sosiologi og samfunnsgeografi.

Beskrivelse av hvilken betydning/nytteverdi resultatene forventes å ha (for eksempel for forskningsfeltet, kompetanseutvikling, næringslivet og samfunnet for øvrig)

Dette prosjektet har lagt et godt grunnlag for videre arbeid med tematikken rundt bærekraftig transport, governance og nettverksstyring som er sentrale forskningstema for instituttet. Kompetansen har blitt betraktelig hevet innenfor disse temaene, noe som vil styrke forskningen på kommunale prosesser knyttet til klimaendringer. Kompetansen tilegnet gjennom prosjektet har manglet ved CICERO, og vi ser et økende behov for forskning innen dette feltet. Spesielt er det stor nytteverdi knyttet til samarbeid med kommunesektoren om håndtering av miljø- og klimaspørsmål generelt, og en bærekraftig bo-, areal-, og transportutvikling spesielt.

Beskrivelse av planene for formidling og for utnyttelse av resultatene

Resultatene fra dette prosjektet, samt kompetansehevingen det har innebåret vil bli videreført i flere satsinger.

CICERO er i en tidlig fase med å utvikle et formidlings- og forskningsprodukt rettet mot kommunesektoren, i samarbeid med NGI. I dette arbeidet vil erfaringene fra SIS-prosjektet være nyttige, spesielt kunnskap om styringsstrukturer innen lokal forvaltning og om dannelse av interessenettverk. Videre er en forståelse av plansystemet og planprosesser i en lokal styringsstruktur relevant for dette arbeidet.

Videre leder CICERO et prosjektsøknad innsendt til av DEMOS-programmet, med TØI og NIBR som forskningspartnere som omhandler de nye bymiljøavtalene. Bakgrunnen for bymiljøavtalene er en transportutvikling i byene som bidrar til å oppfylle det såkalte null-vekstmålet. Målet satt av regjeringen gjennom Nasjonal transportplan (NTP) er at bærekraftig transportsystem, herunder gange, sykkel og kollektiv, skal ta unna den forventede veksten i transport i byene. Kunnskapen ervervet gjennom CIENS-SIS-prosjektet er dermed direkte relevant.

Beskrivelse av hvilke resultater som forventes ferdigstilt etter prosjektets slutt

Artikkelen om sykkelpolitiske prosesser med arbeidstittel Policy networks and new narratives for sustainable mobility - the case of bicycle policy processes in Oslo er under utvikling, og vil bli ferdigstilt etter prosjektslutt. Artikkelen er et resultat av samarbeidet med TØI i CIENS-SIS prosjektet. Mulige publiseringskilder for artikkelen er en Special Issue i Sustainability med tittel "Urban Resilience and Urban Sustainability: From Research to Practice". Andre mulige publiseringskilder er Local Environment, Sustainability Science, eller Urban Studies.

Politically Feasible Renewable Energy Development: The Role of Public Acceptance

Project period: 01.01.2013 – 31.12.2015

Total Budget: NOK 3 000 000

Budget 2015: NOK 1 145 000

Team members involved in 2015 activities: Guri Bang, Todd Cherry, Jorge H Garcia, Anne Therese Gullberg, Steffen Kallbekken, Asbjørn Torvanger and Marianne Aasen.

Brief: This project explores under what conditions public acceptance is important for the political feasibility of the EU-driven energy transition, both at different stages of the policy-making process, and at different levels of governance. More specifically, we ask: To what extent does public acceptance matter in different phases of decision-making processes – from the agenda-setting phase to the implementation phase?

The work in WP1 has been focused on networking activities with German and European partners. In 2014-15, Guri Bang held a visiting professorship at the Free University Berlin, which facilitated collaborative activities between CICERO and the Free University Berlin. The two partners planned and organized a string of three workshops on the topic 'German-Norwegian Energy Collaboration', where academics and practitioners were invited as participants. The first two workshops were held in Berlin

in September 2015 and March 2016, and the last one will be held in Oslo in June 2016. We received partial funding from the German-Norwegian Willy Brandt Foundation. CICERO was also involved in a H2020 application on 'Boosting Cross-Border Renewable Energy Generation' with Free University of Berlin in 2015, along with DENA and 13 other European partners from 14 EU member states. This provided useful networking experience for CICERO, even if the application did not succeed. Moreover, CICERO invited Dr. Oehlhorst as a visiting fellow at CICERO in March 2015. Finally, the close collaboration has resulted in formal partnership for the Free University of Berlin within the CICERO-hosted FME CICEP (Strategic Challenges in International Climate and Energy Policy).

In the run-up to the Paris Climate Summit in 2015, Bang was invited to write an article analyzing the role of big emitters (including the EU) in the international climate negotiations in a special issue on international climate collaboration for the Norwegian journal *Internasjonal Politikk*.

WP 2 includes three studies. The first work is studying the determinants of public support for renewable energy projects at the community level in Norway. Wind power development projects often include compensation for the affected communities, but little is known about the efficacy of the alternative compensation mechanisms. The paper addresses the efficacy of alternative compensation mechanisms by examining the relative potential of private and public compensation. To investigate household preferences we conducted an on-line Choice Experiment (CE) that considered the siting of a hypothetical wind park in Sandnes, Norway. A number of criteria were used to choose this municipality and the exact location of the wind farm. These included, in order of importance, wind farming potential- based on detailed information on wind farming projects in Norway generally and nearby areas especially, viability of the wind farming project so it would appear realistic to respondents, and impact on local communities in terms of visual impacts mainly. The hypothetical wind farm was located in an area that has traditionally been used for hiking and for other recreational purposes by area residents. The wind farm sits in the administrative area of Riska, on the hills to the east of the Frøylandsvatn lake.

A total of 802 respondents completed the on-line survey, for an overall response rate of 41 %. 208 respondents, 25.9 % of the sample, were located in Riska and 594 in other areas of Sandnes municipality. We found that the welfare loss experienced by a household located in the vicinity of the wind farm (< 4Km) is only slightly higher than that experienced by a household who uses the deployment area for recreational purposes (but lives farther away from the deployment site, typically >10Km, or local recreational users). About 35 % of the welfare losses experienced by these two types of households are non-use values. Our results highlight that while there has been an emphasis on impacts on local communities, non-NIMBY (not-in-my-back yard) factors such as recreational and non-use values may be significant and should be given explicit consideration in the welfare analysis of wind farming.

We found that local residents would trade lower levels of private compensation for higher levels of provision of a local public sports facility. Further, the willingness to accept in terms of the local public good appears to be generally lower than in terms of private compensation. The result is particularly important as it suggests that welfare measures derived in the environmental valuation literature, may over-estimate local resistance to wind energy development. Among the reasons why compensation in the form of a local public good should be given explicit consideration as a form of compensation in wind farming include: 1) Local public goods are often under-supplied and have the potential to generate considerable individual and communal welfare gains. 2) Non-excludability of

local public goods allows coverage of a large number of households. 3) Wind energy developers may serve as possible facilitators in the process of coordinating contributions to a local public good or service.

The paper was recently accepted to IAEE 2016, 39th Annual Conference of the International Association for Energy Economics, Norway, Bergen, 19 - 22 June 2016. The paper was also submitted to EAERE 2016, 22nd Annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists, Zurich, Switzerland, 22 – 25 June 2016. We are yet to receive a response from the conference organizers. The paper will be submitted, by March 31 2016, to either Energy Policy or Energy Economics.

The two following study are done at national level: In the second study, we argue based on previous research that Norway has great potential for renewable energy production and renewable energy export. However, political feasibility of Norwegian renewable energy export depends on both political and public support. We focus particularly on public support, and conclude that lack of public support among parts of the voters may indeed become a barrier to renewable energy export from Norway to the EU.

In the third study, we ask two questions: Norwegian voters' priorities on environmental issues have been shifting, with green waves of high voter interests in 1977 and 1989. Using Norwegian election surveys after the parliamentary elections in 2009 and 2013, we ask if the green wave of the 2009 election was finally a breakthrough for environment and climate change among Norwegian voters.

Furthermore, in many countries voter alignments along a one-dimensional left-right axis gradually have been replaced by a two-dimensional space consisting of 'old' and 'new' politics (Kriesi *et al.* 2008; Kriesi 2010). 'New' politics is defined along an 'authoritarian-libertarian' dimension, in which dimension environmental concern plays an important role. We ask if climate change is a 'new' politics issue in line with other environmental issues. Interestingly, we find that climate change is not a 'new' politics issue in Norway. We find that with regard to traditional *environmental* attitudes, the pattern of "old" and "new" politics fits with voter attitudes in Norway, too. Environmentalists are holding leftist and libertarian values, and voters favouring economic growth are holding rightist and authoritarian values. However, studying voter attitudes towards *climate change*, this pattern does not fit as well as with traditional environmental protection.

Importantly, we find that reframing of renewables as climate-friendly does not seem to convince the environmentalist group.

WP3 has aimed to bring together the two levels of governance in a unifying framework that builds on perspectives from political science and behavioral economics. We arranged an inter-disciplinary workshop in May 2015, and this work will continue as we intend to apply for a joint project in 2016 (the Klimaforsk call).

The SIS project has contributed to strengthen CICERO's competence on renewable energy policy and to strengthen cooperation between economists and political scientists in this field. CICERO established an interdisciplinary platform on energy in 2015, and the participants of this SIS project have contributed to the establishment of the platform as well as to the events organized by the energy platform. The project has also contributed to strengthen the cooperation between CICERO and the Free University Berlin.

In addition to the publications and academic conferences, the project participants have contributed to dissemination through academic conferences, seminars, debates and articles.

Publications

Bang, Guri (2015): Internasjonale klimaforhandlinger: Nøkkelaktører og Norges handlingsrom (International climate negotiations: Key actors and Norway's role'. *Internasjonal Politikk*, 73 (4): 519-528.

Cherry, Todd, Jorge H Garcia, Steffen Kallbekken and Asbjørn Torvanger, 2014. The development and deployment of low-carbon energy technologies: The role of economic interests and cultural worldviews on public support. *Energy Policy*, 68: pp. 562-566.

Submitted

García, Jorge H, Todd L Cherry, Steffen Kallbekken and Asbjørn Torvanger (2016). "Willingness to Accept Local Wind Energy Development: Does the Compensation Mechanism Matter?"

Gullberg, A.T. and B. Aardal (2016). Climate change: "New" or "old" politics.

Gullberg, A.T. and M. Aasen (2015). Public opposition as a barrier to renewable export from Norway to Europe.

Dissemination

Bang, Guri, 2014. Explaining Growing Climate Policy Differences Between the European Union and the United States. *The EU in a Global World*, 15.07.2014, Berlin School of Economics (HWR).

Bang, Guri, 2014. Norway: Oil-rich strong democracy. *Comparative Politics Seminar*, 25.06.2014, Free University Berlin.

Bang, Guri, 2014. The German Energiewende from the Nordic perspective: Conflicts and potentials for cross-border co-operation. *Konferenz: Herausforderungen an die Mehebenen Governance der Deutschen Energiewende*, 04.11.2014, Kalkscheune, Berlin.

Bang, Guri, 2014. 'Viktig gass for Europa', *kronikk i Dagens næringsliv*, 22.04.2014.

Bang, Guri, 2014. Norway's potential contribution to the European energy transition. *Renewable Energy Research Conference*, 16.06.2014. Oslo, Norway.

Gullberg, Anne Therese, 2013. Klima i partiprogrammene – stortingsvalget 2013. *Klimaforum 24/09/2013*, CIENS Toppsenter, Oslo, Norge.

Gullberg, Anne Therese, 2013. Norge som Europas grønne batteri – politisk gjennomførbart? *Senter for teknologi, innovasjon og kultur (TIK)*, University of Oslo, 12/03/2013. Oslo, Norway.

Gullberg, Anne Therese, 2014. Natural gas and/or hydropower as balancing power to Europe? *Bayern gas seminar*, 28.05.2014, Litteraturhuset, Oslo, Norway.

Gullberg, Anne Therese and Marianne Aasen, 2014. Renewables at the expense of nature conservation? The political feasibility of renewable energy development in Norway. *Renewable Energy Research Conference*, 16.06.2014-18.06.2014. Oslo, Norway.

Gullberg, Anne Therese and Marianne Aasen, 2014. Climate-friendly renewables at the expense of nature conservation? Attitudes towards renewable energy in Norway. *Den nasjonale fagkonferansen i statsvitenskap*. 05.01.2015-07.01.2015. Oslo, Norway.

Gullberg, Anne Therese og Guri Bang 2015. Grønne sertifikater: Sverige viste vei for Norge. *Forskning.no* 14/03/2015.

Gullberg, Anne Therese, 2015. Fornybar energi versus naturvern? (Renewable energy versus nature conservation?) *CEDREN (Centre for Environmental Design of Renewable Energy)*, Annual conference, Oslo Research Park, 28/04/2015.

Gullberg, Anne Therese, 2015. The EU 2030 Framework on Energy and Climate – Implications for Norway. *FORUM for utvikling og miljø og Naturvernforbundet*. 23/02/2015.

Gullberg, Anne Therese, 2015. Renewable energy and pump-storage hydropower. Norway as the "green battery" of Europe. 03/06/2015. *CICEP-CREE seminar*, Statistics Norway, Oslo.

Gullberg, A.T. 2015, Forholdet Norge-EU – klima og energi. *Nei til EUs ungdom*. 04/09/15

Gullberg, A.T. 2015, Fra Oslo til Brussel – norske energiaktørers lobbyvirksomhet i Brussel. Bellonas byggforum. 10/11/15.

Gullberg, Anne Therese and Bernt Aardal (2016). Climate change: A challenge to the traditional environmental divide in Norwegian politics? Nasjonal fagkonferanse i statsvitenskap; 2016-01-06 - 2016-01-06.

Climate and health impacts of Short Lived Atmospheric Components

Prosjektperiode: 2011.01.01 til 2015.12.31

Budsjett: NOK 8 450 000

Budsjett 2015: NOK 1 376 000

Deltakere involvert i prosjektet i 2015: Ole Amund Søvde, Borgar Aamaas, Glen Peters, Gunnar Myhre, Øivind Hodnebrog, Jan S. Fuglestad, Kristin Aunan, Marianne Tronstad Lund, Ragnhild Bieltvedt Skeie

Målet med SLAC, Climate and health impacts of Short Lived Atmospheric Components, var å øke forståelsen av klima- og helse effektene av kortlevde komponenter, både gasser og aerosoler, og danne et solid vitenskapelig grunnlag for vurdering og utvikling av tiltaksstrategier. Kortlevde klimadrivere har både oppvarmende og avkjølende effekter, men det er store usikkerheter knyttet til størrelsen på effektene. Bedre forståelse for klimaeffekten av kortlevde drivere er også avgjørende for å redusere usikkerheten i klimafølsomheten, og dermed redusere usikkerheten i beregninger av fremtidig klima. Myhre et al. [2013a] illustrerer sammenhengen mellom strålingspådrivet fra aerosoler og klimafølsomheten og Myhre et al. [2015] viser at usikkerheten i følsomheten vil reduseres i de neste tiårene, når det antas at konsentrasjonen av kortlevde komponenter reduseres i fremtiden.

For å forbedre forståelsen av strålingspådrivet av aerosoler har man gjennom AeroCom-samarbeidet invitert verdens ledende aerosolmodeller om å kjøre samme eksperimenter, og ved å sammenligne resultatene finne de områdene der modellene avviker mest fra hverandre. Myhre et al. [2013b] presenterer et av hovedresultatene fra den andre runden med AeroCom-sammenligninger, en oversikt over modellenes beregninger av strålingspådriv for den direkte aerosoleffekten. I likhet med den første runden (fra 2006) studeres sot, sulfat og organiske aerosoler, men i tillegg er denne gangen nitrater, aerosoler fra brenning av biomasse og sekundære aerosoler tatt med. Artikkelen viser at forskjellene mellom modellene fortsatt er store, men at de store trekkene i den direkte aerosoleffekten likevel er godt beskrevet. Det pekes på flere områder der videre studier er nødvendig, som aerosoleffekter i områder med mye skyer. De ledende aerosolmodellene gjør ulike antakelser om de optiske egenskapene til aerosolene. For å vurdere hvor stor del av variasjonen mellom modellenes resultater som kan tilskrives disse antakelsene, er en rekke forenklede modelleksperimenter gjort der optiske egenskaper settes likt for alle modellene [Stier et al., 2013]. Artikkelen viser at selv med identiske optiske egenskaper gir modellene ulike svar, selv om spredningen i resultatene reduseres. Dette innebærer at egenskapene til de klimamodellene som

aerosolmodellen er en del av, også er viktig for de endelige beregningene av klimapådriv. Samset et al. [2014] argumenterte for at man må oppjustere usikkerheten for den direkte aerosol effekten (presentert i Myhre et al. [2013b] og brukt som grunnlag i IPCC AR5), for å ta hensyn til at dagens aerosolmodeller ikke spenner det fulle rommet av tillatte parametere.

Sotpartikler har en oppvarmende effekt, både direkte ved absorpsjon av sollys og ved å gjøre snøen mørkere. I tillegg kan sot endre skyers utbredelse, som både kan virke oppvarmende eller avkjølede. En omfattende artikkel av Bond et al. [2013], ga et beste estimat av totalt strålingspådriv på 1.1 Wm^{-2} noe som vil bety at sot frem til i dag er den nest største oppvarmingskomponenten etter CO₂, men usikkerheten er stor, fra 0.17 til 2.1 Wm^{-2} . I en serie av artikler har Samset og Myhre sett på vertikalfordelingen av sot i atmosfæren og hvordan den påvirker klimapådrivet. Sammenliknet med flymålinger fra sør til nord i Stillehavet i perioden 2009-2011 overestimerer AeroCom modellene BC (Black Carbon) i øvre troposfære og nedre stratosfære med en faktor ~ 10 [Schwarz et al., 2013]. Samset og Myhre [2011] beregnet at strålingspådrivet er større per masse ved større høyde, og Samset et al. [2013] viste at 40% av strålingspådrivet for AeroCom modellene skyldes BC over 5 km. Studien viste at dersom AeroCom modellresultatene justeres i forhold til observasjonene fra flykampanjene, reduseres det direkte strålingspådrivet med 25% sammenliknet med Myhre et al. [2013b]. Med en mere realistisk vertikalprofil av BC i en klimamodell finner Hodnebrog et al. [2014] en lavere klimaeffekt for BC. I tillegg til den endrede vertikalprofilen skyltes dette at sots påvirkning på skyer gir en avkjøling som motvirker den direkte oppvarmende effekten. Samset og Myhre [2015] viste ved bruk av en klimamodell, at denne semi-direkte effekten motvirker den direkte oppvarmende effekten av BC ved alle høyder unntatt nær bakken.

Myhre og Samset [2015] har også sammenlignet standardmetoden som benyttes i klimamodeller for å beregne klimaeffekten av sot med mere avanserte beregninger. De finner at klimamodellene underestimerer den direkte effekten av sot med 10 %.

Effekten av BC på snø er behandlet i to modellsammenlikningsartikler hvor SLAC prosjektet har bidratt med OsloCTM2 simuleringer [Jiao et al., 2014; Lee et al., 2013]. Modellert BC konsentrasjon i snø varierte med en faktor 2-3 rundt observasjonene. Lee et al. [2013] beregnet tidsutviklingen av strålingspådriv og fant høyere pådriv rundt 1980 sammenliknet med år 2000 grunnet reduksjon av utslipp i Europa og Nord Amerika. Pådrivet er imidlertid lite i forhold til CO₂ og den direkte effekten av sot. Modellresultater fra OsloCTM2 sammenliknet med observasjoner gjort av Norsk Polarinstittutt i Europeisk sektor av Arktis i perioden 2007 til 2009 viser at modellen underestimerer konsentrasjonen med en faktor 2-3 [Forsström et al., 2013]. Usikkerheter i både utslipp av sot og hvordan sot fjernes fra atmosfæren i nedbør er fortsatt store.

Foruten deltagelse i AeroCom, har SLAC bidratt til deltagelse i flere multimodell studier med kjemitransportmodellen OsloCTM som har tatt for seg målsetningene i SLAC. Gjennom initiativet «Atmospheric Chemistry & Climate Model Intercomparison Project (ACC-MIP)» [Lamarque et al., 2013b] er det blitt gitt ut en rekke studier av O₃-budsjett og drivere [Naik et al., 2013; Stevenson et al., 2013; Young et al., 2013], beregninger av atmosfæriske nivåer av kortlevde klimakomponenter i dag og i fremtiden [Young et al., 2013], strålingspådriv [Shindell et al., 2013] samt historisk og fremtidig avsetning av kortlevde komponenter [Lamarque et al., 2013a]. CICERO bidro i dette modellsammenlikningsarbeidet med kjemitransportmodellen OsloCTM2. Denne har blitt videreutviklet og er nå oppgradert til OsloCTM3, dokumentert i Søvde et al. [2012]. I multimodellstudien HTAP2 (Hemispheric Transport of Air Pollution) deltar OsloCTM3. I studien simuleres bidrag fra ulike regioner og sektorer til atmosfæriske konsentrasjoner av gasser og partikler. Resultatene brukes videre for å evaluere modellene og for å studere hvordan utslipp i en region (eller sektor) påvirker luftkvalitet, helse, jordbruk og klima i andre områder. Denne analysen

er pågående, og flere publikasjoner som bruker HTAP resultatene er underveis. OsloCTM er også benyttet i AMAP (Arctic Monitoring Assessment Programme) studier. Der ser man på bidrag fra regioner og sektorer til konsentrasjoner av kortlevde klimadrivere i Arktis og klimaeffekten av disse. Innenfor dette arbeidet fant Sand et al. [2015] at det å begrense kortlevde klimadrivere kan minske den arktiske oppvarmingen med 0.2 grader i 2050.

Kortlevde klimadrivere kan både ha oppvarmende og avkjølende effekt, men alle har de en negativ effekt på helse. I en ACCMIP studie ble for tidlig død på grunn av utendørs luftforurensning beregnet for troposfærisk ozon og partikler (Silva et al. 2013). Også innendørs luftforurensning har negative helseeffekter. I land der store deler av befolkningen ikke har tilgang på ren husholdningsenergi og fortsatt bruker ved og kull til koking og oppvarming, vil sykdomsbyrden på grunn av eksponering innendørs ofte overstige effektene av forurenset uteluft i byene. I SLAC prosjektet er det gjort studier i Kina av den totale eksponering folk utsetter for både fra kilder innendørs og utendørs. I én studie beregnes det hvordan urbanisering i Kina kan ha redusert den totale befolkningseksponeringen for PM2.5 (den viktigste komponenten for helseskade), til tross for at urbanisering betyr at flere mennesker eksponeres for forurenset byluft. Årsaken til reduksjonen er først og fremst at folk i byer har tilgang på gass og elektrisitet i hjemmene sine og dermed slipper å bruke ved og kull til matlaging og oppvarming. Samlet sett blir dermed den totale eksponeringen redusert [Aunan og Wang, 2014].

En modell for beregning av helseeffekter av luftforurensning er utviklet innenfor SLAC-prosjektet, applisert på Kina. Modellen bruker beregnede verdier for bakkenær PM2.5-konsentrasjon fra OsloCTM kombinert med befolkningstall for å beregne befolkningseksponering for uteluft. Data for bruk av de ulike husholdningsbrenslene (kull, ved, gass og elektrisitet), kombinert med data for hvilke nivåer av innendørs luftforurensning disse medfører samt data for tids-aktivitet (ute/inne) benyttes for å beregne den totale PM2.5 eksponering (dvs. fra både inne- og uteluft). Vi kaller den totale eksponeringen 'Integrated population weighted exposure' (IPWE). Metoden for beregninger av helseeffekter av eksponering bygger delvis på the Global Burden of Disease 2010-studien. Vi kan ved hjelp av denne metoden beregne hvor stor andel av IPWE, og dermed den totale helseskaden av luftforurensning, som skyldes forurensning i ute- og inneluft (ambient air pollution (AAP) og household air pollution (HAP) i faglitteraturen). Modellen ble brukt i et oppdrag for Verdensbankens i 2015 for å beregne helseeffekter av en tiltaksplan for å redusere partikkelforurensning i Hebei, en av Kinas mest forurensete provinser (Aunan, K. and RB. Skeie, 2016 (in prep). Health benefits from reducing PM2.5 pollution in Hebei, China.). Vi kommer til å jobbe videre med utvikling og anvendelse av modellen for IPWE og helse nevnt over. Dette skjer innenfor et pågående prosjekt i Kina hvor det gjøres målinger av personlig eksponering, tids-aktivitet, samt PM2.5 konsentrasjon innendørs og utendørs i urbane og rurale områder.

SLAC hadde også som mål å styrke grunnlaget for utvikling av klima- og miljøstrategier for aerosoler og gasser som ikke dekkes av UNFCCC. Klimapolitikk som inkluderer flere gasser enn CO2 krever "metrics" som kan brukes for å sammenligne klimaeffektene av ulike utslipp og regne disse om til en felles måleenhet. En rekke ulike metrics er foreslått i litteraturen, både fra naturvitere og fra økonomer. Artikkelen av Tol et al. [2012] presenterer et konsistent rammeverk som viser sammenhengen mellom de ulike typene metrics og hvordan disse passer inn i cost-benefit og cost-effectiveness analyser. Artikkelen viser hvilke typer metrics som er konsistent med Klimakonvensjonen og et temperaturstabiliseringsmål. I en artikkel av Tanaka et al. [2013] diskuteres også bruk av ulike metrics relatert til et mål om stabilisering under 2 °C.

En oversikt over de mest brukte «emission metrics», og en gjennomgang av de matematiske formuleringene bak, blir diskutert i Aamaas et al. [2013]. Klimaeffekten av globale utslipp eller utslipp delt opp i land, sektorer eller utslippskomponenter vil være avhengig av hvilke metrics man bruker.

Her konkluderes det med at betydningen av non-CO₂ komponenter varierer sterkt med type metric og tidshorizont men uansett er det CO₂-utslipp som bidrar mest til total klimaeffekt summert over alle utslipp. Collins et al. [2013] beregnet globalt og regionalt temperaturendringspotensial for kortlevde komponenter og fant at respons på midlere bredder på nordlige halvkule til utslipp i samme region var omtrent dobbelt så stor som globalt gjennomsnitt. For komponenter med kort levetid i atmosfæren, er hvor utslippene finner sted av betydning for klimaeffekten som kompliserer bruken av metrics for kortlevde komponenter. Strålingspådriv eller temperatur har vært brukt som effektparameter i metrics. En ny artikkel av Shine et al. [2015] tar et skritt videre og beregner effekten av ulike komponenter på nedbør og viser hvordan dette avhenger av endring i bakketemperatur og atmosfærisk strålingspådriv, og videre hvordan dette varierer med tidshorizont.

SLAC prosjektet har bidratt til 53 vitenskapelige publikasjoner, hvorav flere er publisert i Nature tidsskrift (se referanselista) og hvorav flere allerede har mange siteringer. Prosjektet har dermed vært av stor betydning innen forskningsfeltet for kortlevde klimadrivere. SLAC har gjort det mulig å delta aktivt i internasjonale multimodellstudier, en viktig arena for utvikling av forskningsfeltet, internasjonalt nettverk og kompetanseutvikling.

Å redusere utslipp av kortlevde komponenter eller forløperen til disse har fått stor oppmerksomhet de siste årene. Et internasjonalt initiativ CCAC «Climate and Clean Air Coalition to Reduce Short-Lived Climate Pollutants» (www.unep.org/ccac/) ble lansert av FNs miljøprogram i 2012 hvor organisasjoner og land, deriblant Norge, er med. SLAC prosjektet har gitt CICERO et meget godt grunnlag for arbeid som retter seg direkte mot beslutningstakernes behov. Høsten 2013 leverte CICERO en rapport til Miljødirektoratet som omhandlet effekten av norske reduksjoner av kortlevde komponenter («Klimaeffekt av norske utslipp av kortlevde klimadrivere» av Hodnebrog et al.). Denne var med å danne grunnlaget for Miljødirektoratets rapport: «Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere». CICERO leverte også høsten 2015 en oppdatering av 2013 rapporten. Høsten 2014 arrangerte CICERO et seminar om BC for beslutningstakere i samarbeid med met.no og NILU.

SLAC bidro til fullføringen av en omfattende artikkel om oppvarmingspotensialet til halocarboner og relaterte komponenter [Hodnebrog et al., 2013]. Dette arbeidet dannet input til IPCC arbeidsgruppe en og førte til deltagelse i WMOs 2014 rapport om ozonlaget. SLAC prosjektet har også bidratt til deltakelse i arbeidet med å utforme retningslinjer for innendørs luftkvalitet for husholdningsbrensler for Verdens Helseorganisasjon (WHO Indoor Air Quality Guidelines for Household Fuel Combustion), som ble publisert i november 2014.

Kompetansen opparbeidet i løpet av prosjektperioden har lagt grunnlaget for flere nye prosjektsøknader som har gått igjennom.

Referanser

Aamaas, B., G. P. Peters, and J. S. Fuglestad (2013), Simple emission metrics for climate impacts, *Earth Syst. Dynam.*, 4(1), 145-170.

Aunan, K., and S. Wang (2014), Internal migration and urbanization in China: Impacts on population exposure to household air pollution (2000–2010), *Science of the Total Environment*, 481(0), 186-195.

Bond, T. C., et al. (2013), Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(11), 5380-5552.

Collins, W. J., M. M. Fry, H. Yu, J. S. Fuglestedt, D. T. Shindell, and J. J. West (2013), Global and regional temperature-change potentials for near-term climate forcers, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(5), 2471-2485.

Forsström, S., E. Isaksson, R. B. Skeie, J. Ström, C. A. Pedersen, S. R. Hudson, T. K. Berntsen, H. Lihavainen, F. Godtliobsen, and S. Gerland (2013), Elemental carbon measurements in European Arctic snow packs, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(24), 2013JD019886.

Hodnebrog, Ø., G. Myhre, and B. H. Samset (2014), How shorter black carbon lifetime alters its climate effect, *Nat Commun*, 5.

Hodnebrog, Ø., M. Etminan, J. S. Fuglestedt, G. Marston, G. Myhre, C. J. Nielsen, K. P. Shine, and T. J. Wallington (2013), Global warming potentials and radiative efficiencies of halocarbons and related compounds: A comprehensive review, *Reviews of Geophysics*, 51(2), 300-378.

Jiao, C., et al. (2014), An AeroCom assessment of black carbon in Arctic snow and sea ice, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 14(5), 2399-2417.

Lamarque, J. F., et al. (2013a), Multi-model mean nitrogen and sulfur deposition from the Atmospheric Chemistry and Climate Model Intercomparison Project (ACCMIP): evaluation of historical and projected future changes, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(16), 7997-8018.

Lamarque, J. F., et al. (2013b), The Atmospheric Chemistry and Climate Model Intercomparison Project (ACCMIP): overview and description of models, simulations and climate diagnostics, *Geosci. Model Dev.*, 6(1), 179-206.

Lee, Y. H., et al. (2013), Evaluation of preindustrial to present-day black carbon and its albedo forcing from Atmospheric Chemistry and Climate Model Intercomparison Project (ACCMIP), *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(5), 2607-2634.

Myhre, G., and B. H. Samset (2015), Standard climate models radiation codes underestimate black carbon radiative forcing, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(5), 2883-2888.

Myhre, G., C. E. L. Myhre, B. H. Samset, and T. Storelvmo (2013a), Aerosols and their Relation to Global Climate and Climate Sensitivity, *Nature Education Knowledge* 4(7).

Myhre, G., O. Boucher, F.-M. Breon, P. Forster, and D. Shindell (2015), Declining uncertainty in transient climate response as CO₂ forcing dominates future climate change, *Nature Geosci*, 8(3), 181-185.

Myhre, G., et al. (2013b), Radiative forcing of the direct aerosol effect from AeroCom Phase II simulations, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(4), 1853-1877.

Naik, V., et al. (2013), Preindustrial to present-day changes in tropospheric hydroxyl radical and methane lifetime from the Atmospheric Chemistry and Climate Model Intercomparison Project (ACCMIP), *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(10), 5277-5298.

Samset, B. H., and G. Myhre (2011), Vertical dependence of black carbon, sulphate and biomass burning aerosol radiative forcing, *Geophysical Research Letters*, 38(24).

Samset, B. H., and G. Myhre (2015), Climate response to externally mixed black carbon as a function of altitude, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 120(7), 2913-2927.

Samset, B. H., G. Myhre, and M. Schulz (2014), Upward adjustment needed for aerosol radiative forcing uncertainty, *Nature Clim. Change*, 4(4), 230-232.

- Samset, B. H., et al. (2013), Black carbon vertical profiles strongly affect its radiative forcing uncertainty, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(5), 2423-2434.
- Sand, M., T. K. Berntsen, K. von Salzen, M. G. Flanner, J. Langner, and D. G. Victor (2015), Response of Arctic temperature to changes in emissions of short-lived climate forcers, *Nature Clim. Change*, advance online publication.
- Schwarz, J. P., B. H. Samset, A. E. Perring, J. R. Spackman, R. S. Gao, P. Stier, M. Schulz, F. L. Moore, E. A. Ray, and D. W. Fahey (2013), Global-scale seasonally resolved black carbon vertical profiles over the Pacific, *Geophysical Research Letters*, 40(20), 5542-5547.
- Shindell, D. T., et al. (2013), Radiative forcing in the ACCMIP historical and future climate simulations, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(6), 2939-2974.
- Shine, K. P., R. P. Allan, W. J. Collins, and J. S. Fuglestedt (2015), Metrics for linking emissions of gases and aerosols to global precipitation changes, *Earth Syst. Dynam.*, 6(2), 525-540.
- Stevenson, D. S., et al. (2013), Tropospheric ozone changes, radiative forcing and attribution to emissions in the Atmospheric Chemistry and Climate Model Intercomparison Project (ACCMIP), *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(6), 3063-3085.
- Stier, P., et al. (2013), Host model uncertainties in aerosol radiative forcing estimates: results from the AeroCom Prescribed intercomparison study, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(6), 3245-3270.
- Søvde, O. A., M. J. Prather, I. S. A. Isaksen, T. K. Berntsen, F. Stordal, X. Zhu, C. D. Holmes, and J. Hsu (2012), The chemical transport model Oslo CTM3, *Geosci. Model Dev.*, 5(6), 1441-1469.
- Tanaka, K., D. J. A. Johansson, B. C. O'Neill, and J. S. Fuglestedt (2013), Emission metrics under the 2 °C climate stabilization target, *Climatic Change*, 117(4), 933-941.
- Tol, R. S. J., K. B. Terje, C. O. N. Brian, S. F. Jan, and P. S. Keith (2012), A unifying framework for metrics for aggregating the climate effect of different emissions, *Environmental Research Letters*, 7(4), 044006.
- Young, P. J., et al. (2013), Pre-industrial to end 21st century projections of tropospheric ozone from the Atmospheric Chemistry and Climate Model Intercomparison Project (ACCMIP), *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(4), 2063-2090.

2 Nansen Senter for Miljø og Fjernmåling, NERSC

Regional climate change

Budget 2015: NOK 650 000

Duration: 2013-2017

Objective: To increase the knowledge on regional climate change and their impact on the ecosystem and society.

Diversity of regional climate changes challenges national societal and environmental adaptation strategies

Regional climates exhibit wide variety of multidirectional changes. Nevertheless, it would be incorrect to reason that these changes just reflect the regional geographical features and case-specific physical processes. In the SIS project we have demonstrated that many geographical and seasonal features of the observed climates are shaped by variability in the shallow stably stratified boundary layers (SBLs). Generally, the climate with frequently observed SBLs such as those widespread in high latitudes over sea ice and land areas respond stronger on additional heating or increase of ground-level gas emissions.

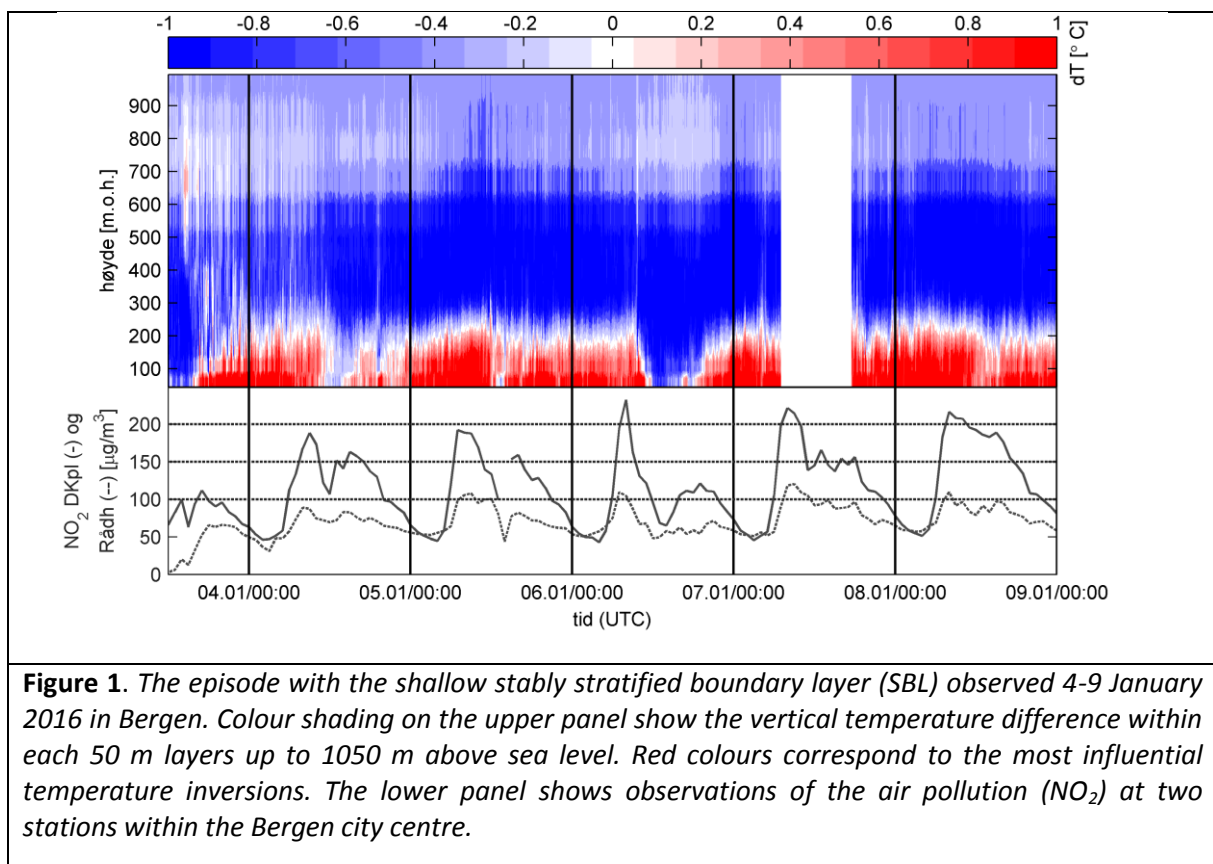
Extensive analysis of the climate station records, gridded temperature data, several retrospective weather analyses (reanalyses) as well as climate simulations with the state-of-the-art Earth system models (including the Norwegian Earth System Model – NORESM) has revealed that the larger temperature response could be frequently linked to the SBLs [1]. The SBL episodes are observed when and where the underlying surface (soil, water or ice) is colder than the air above it. Fig. 1 illustrates such conditions, which have been observed by the meteorological temperature profiler MTP-5HE in Bergen during the air quality hazard week in January 2016.

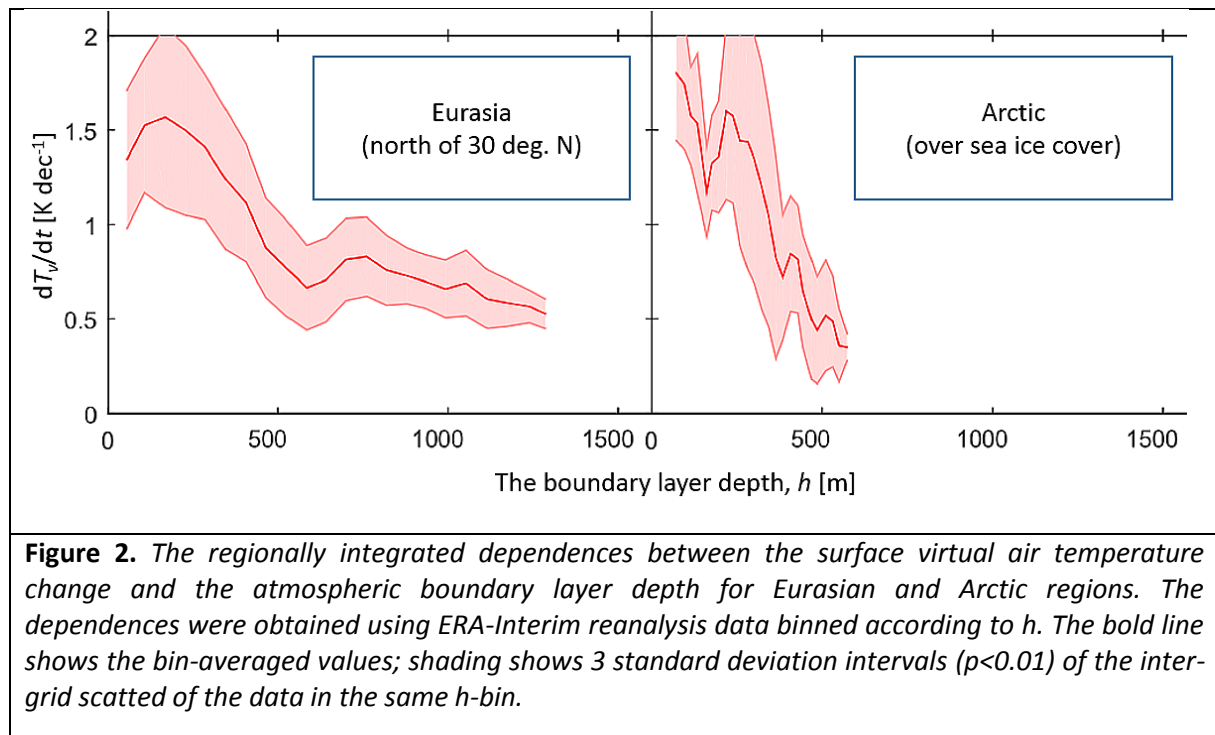
Such episodes have a large impact on local and regional climates because they impede the vertical mixing of heat, moisture and air pollutants. Over mosaic urban surface, the SBL localizes the air pollution resulting in extreme concentrations in some urban districts. The air pollution map for the observed SBL episode in Bergen was obtained with high-resolution turbulence resolving model PALM (see Wolf and Esau “Bergen Air Quality under Present and Future Climate Scenarios” in [2]). We observed that dangerous air pollution occurs only when the SBL episodes are persistent [3], and therefore, the atmospheric anomalies are of large scale and could be reasonably captured by the climate models. It opens an opportunity to develop a new statistical-empirical method to predict the local extreme events, which are otherwise unresolved or too uncertain to follow.

Climates with frequent SBL episodes trap the relatively small additional heating due to the greenhouse effect or the land use – land cover change in a very similar way as it does for air pollution. However, the temperature anomaly may be positive or negative depending on the most significant local land use and physical effects. Figure 2 shows that the observed global warming has resulted in the largest temperature increase in climates with the shallowest SBL. Our study disclosed not only statistics but also the physical links between the SBL and other regional climate shaping factors [4] such as changes in the cloud cover and cloud forms.

Relevant publications

1. Davy R., Esau, I., Outten, S., Chernokulsky A. and Zilitinkevich S., 2016: Diurnal asymmetry to the observed global warming, *International Journal of Climatology*, doi: 10.1002/joc.4688
2. Esau, I. and L. Pettersson (Eds.), 2016: *Climatology of high latitudes*, NERSC technical report no. 366, 53 pp., doi: 10.13140/RG.2.1.1568.7442
3. Wolf T. and I. Esau, 2014: Air quality hazards under present and future climate conditions in Bergen, Norway, *Urban climate*, 10, 801-814, doi: 10.1016/j.uclim.2014.10.006
4. Esau, I. and Chernokulsky A.V., 2015: Convective Cloud Fields in the Atlantic Sector of the Arctic: Satellite and Ground-Based Observations, *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 51, 1007–1020





Arctic Ocean, Sea Ice and Glaciers

Budget 2015: NOK 983 000

Duration: 2013-2017

Objective: To understand, describe and predict the Arctic Ocean marine and sea ice environment as well as the glaciers on the surrounding land areas.

Observational based Polar Acoustic and Oceanographic Research

The Arctic Ocean enters a new age of exploration through the thinning and reduction of sea ice, the melting of ice sheets and glaciers, thawing permafrost, and the potential for more extreme weather events. This requires extraordinary planning and decision-making based on scientific and economic assessments and predictions. On these grounds the research focus is on understanding the Arctic Ocean component of the Earth System through observations by both conventional and innovative acoustical techniques and through analysis supported by rigorous acoustical and oceanographic modelling.

Over the next five years, these research activities will be consolidated and expanded with expertise in physical and acoustical oceanography in the Arctic. Activities will include measurement and modelling of acoustic propagation in challenging environments, applications of acoustics for ocean engineering and science (e.g. acoustic tomography, acoustic communication, passive acoustics), and statistical approaches to data analysis (e.g., observational science, inverse techniques, numerical ocean modelling)

In 2014 the focus was on deployment of the UNDER-ICE acoustic moorings network (Figure 1). Accordingly, a main activity in 2015 has been to prepare for the coming data processing of data from UNDER-ICE acoustic and oceanographic moorings creating new meta-data format for the acoustic oceanographic data. The processing chain of the acoustic tomography experiment from raw data to identification of acoustic arrival peaks builds on processing algorithms built up at Scripps Institution of Oceanography over a decade. In brief, the processing chain starts with establishing the exact position of source and receiver, and accurate timing at both source and receiver. Then it uses pulse compression to identify (multiple) acoustic arrivals with a high signal-to-noise ratio. The last processing step uses the known shape of the emitted tomographic sound signal for pulse compression and subsequent peak detection and combines the signal of several receiving hydrophones to determine the incoming angle of the arrivals (through beam-forming).

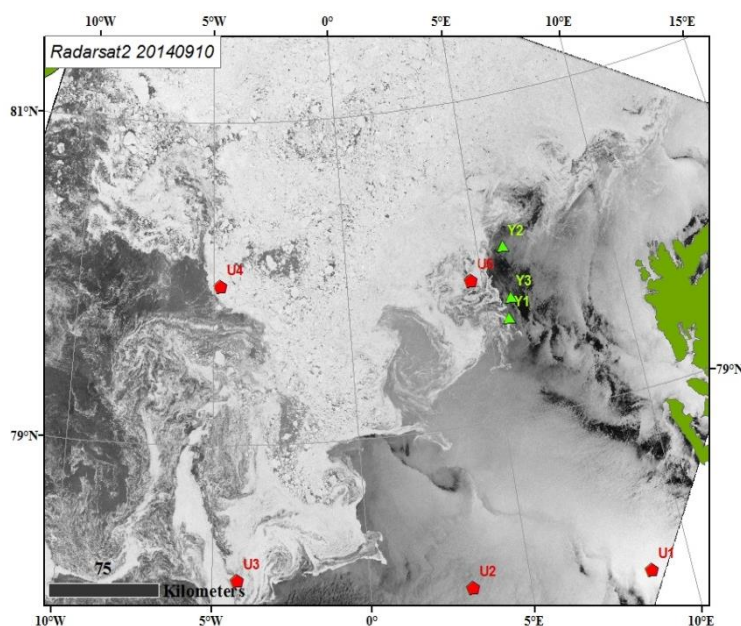


Figure 1. The UNDER-ICE mooring array deployed in 2014. Red Pentagons represents the location of the Acoustic moorings and the green triangles are oceanographic moorings deployed for the NICE project.

The acoustic data processing system has been improved to accommodate 10 hydrophone modules at each mooring. A systematic data structure for the mooring data (acoustic and oceanographic sensors) has been implemented. Next step is to standardize the signal processing algorithms and interface them to the new data structure and to be able to handle the large amount of data arriving in summer 2016. This work is presented in a NERSC technical report (Geyer et al. 2015).

Focus has been on publication of results through eight publication manuscripts of which one is published in 2015, one accepted (April 2016), four are in review, and two more to be submitted in 2016.

A community paper on acoustic monitoring of the Arctic was published in June 2015, which discusses multipurpose acoustic networks, including subsea cable components. These networks provide communication, power, underwater and under-ice navigation, passive monitoring of ambient sound (ice, seismic, biologic, and anthropogenic), and acoustic remote sensing (tomography and thermometry), supporting and complementing data collection from platforms, moorings, and vehicles. The paper represents a wide community support to the development and implementation

of regional to basin-wide acoustic networks as an integral component of a multidisciplinary in situ Arctic Ocean observatory.

Two papers focus on passive acoustics as an important way of observing the status of ocean environment. Acoustic noise in the oceans is among the Descriptors defined in the EU Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Increased concern is raised against marine noise pollution and for the effectively protection of the marine environment across European waters, including the Arctic.

Studies have been undertaken on identification and quantification of soundscape components in the Marginal Ice Zone (MIZ). Acoustic recordings from an ice station deployed for two periods in 2012 and 2013 have been analysed. The four main components of the under-ice soundscape have been separated and quantified: ship cavitation noise, noise due to distant seismic airgun activities, marine mammal vocalizations, and natural background noise. The strongest noise comes from ice-breaker during navigation in heavy ice conditions, and associated ship cavitation noise dominated the observed soundscape. However, the noise contribution from distant seismic activities was persistent for a major part of the observation periods and propagated well into the MIZ. Bowhead whale, sperm whale, narwhal, and fin whale calls was also identified in the acoustic recordings. Similarly, a one-year record of acoustic mooring data is due for publications addressing the long-term variability of the soundscape in Arctic waters.

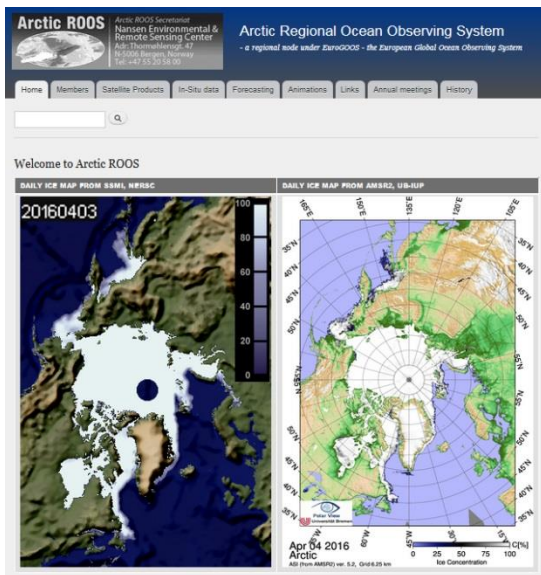
Further studies have been initiated on how seismic airgun noise/signals propagate into the ice pack. This will be important for environmental assessment prior to further oil and gas exploration operations in the high north. Using the new data after recovery of the UNDER-ICE moorings, more focus will be on the effect of sea ice on the soundscape in the MIZ.

This research is done in close cooperation with Scripps Institution of Oceanography and Woods Hole Oceanographic Institution. Funding is provided by the Research Council of Norway, ENGIA (GDF SUEZ) and Office of Naval Research. To develop a future sustainable Arctic Observing system, cabled ocean observatories would be important. In order to be a part of this development, collaboration is also established with Ocean Network of Canada regarding planning for use of cabled Networks in the Arctic (large scale and small scale).

Published papers

1. Mikhalevsky, Peter N.; Sagen, Hanne; Worcester, Peter Francis; Baggeroer, Arthur B.; Orcutt, John; Moore, Sue E.; Lee, Craig M.; Vigness-Raposa, Kathleen J.; Freitag, Lee; Arrott, Matthew; Atakan, Kuvvet; Beszczynska-Möller, Agnieszka; Duda, Timothy F.; Dushaw, Brian D.; Gascard, Jean Claude; Gavrilov, Alexander N.; Keers, Henk; Morozov, Andrey K.; Munk, Walter H.; Rixen, Michel; Sandven, Stein; Skarsoulis, Emmanuel; Stafford, Kathleen M.; Vernon, Frank; Yuen, Mo Yan. Multipurpose Acoustic Networks in the Integrated Arctic Ocean Observing System. *Arctic* 2015; Volum 68. (5) p.1-17
2. F. Geyer, H. Sagen, P.Worcester, G. Hope, M. Babiker. Identification and quantification of soundscape components in the Marginal Ice Zone. *Journal of Acoustical Society of America* - April 2016.

The ArcticROOS portal



The ArcticROOS portal has been revised and renewed in 2015 – <http://www.arctic-roos.org/> and the contents have been updated, especially the link to in situ data with possibility to download data. Data is included from various organizations who are members of Arctic ROOS. Technically it is now based on the Drupal 7 framework and MySQL database.

The production chain of ice maps (area and extent) and ice statistics from SSM/I (NSIDC) has been modified and now takes into account that incomplete data may occur on the download server at NSIDC. Future plans include establishing a metadata catalogue for the data and a server for file download (Thredds/OPeNDAP). AMSR2 based processing for ice charts is planned in 2016.

Exploring the Arctic Ocean environment - the ice drift station FRAM-2014/15

Prof. Yngve Kristoffersen arrived in Longyearbyen on August 22nd 2015 with the hovercraft Sabvabaa after drifting across the inaccessible Arctic Ocean during one year. Together with Audun Tholfsen this FRAM-2014/15 ice drift station has made unique geological, sea ice, ocean and atmospheric measurements from the inaccessible Arctic Ocean during all four seasons.



Figure 1: The drift track of FRAM-2014/15 (red line). Yngve Kristoffersen back in Longyearbyen.

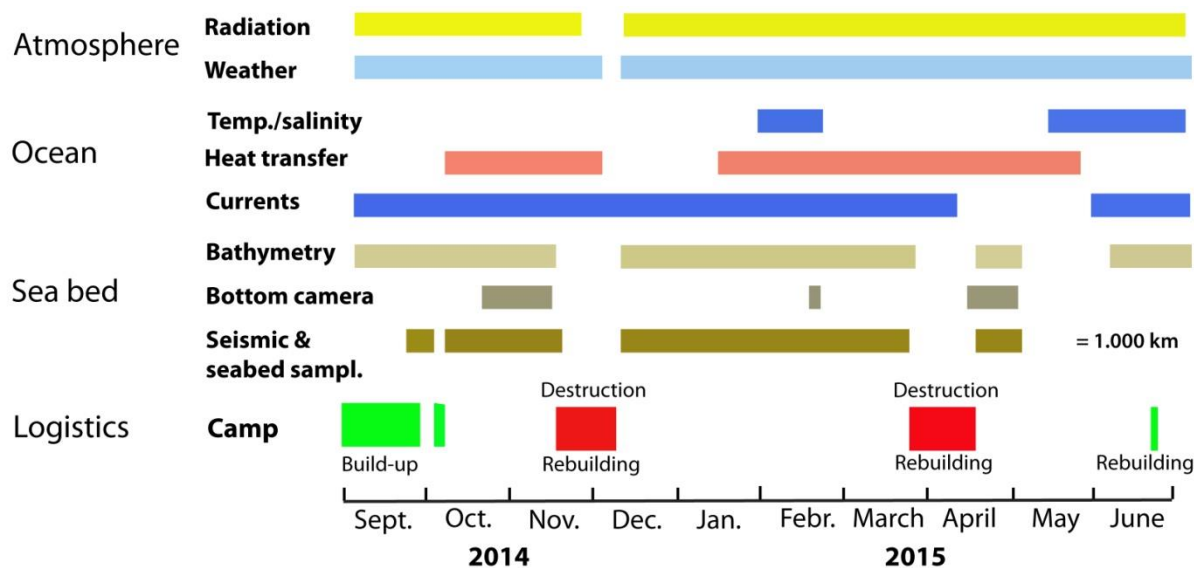


Figure 2: Summary of science programs and camp logistics during the ice drift.

The FRAM-20+14/15 ice drift station was a logistic alternative to:

- i) explore areas of the Arctic Ocean not accessible to icebreakers,
- ii) carry out scientific field experiments, which cover the full annual cycle and requires physical presence.

FRAM-2014/15 was an ice drift station using a medium-sized hovercraft as logistic and scientific platform operated by a crew of two persons. The hovercraft was equipped as a scaled-down modern research vessel. Work space for geologic and oceanographic work was set up on the ice separately. The station was deployed on first year ice from icebreaker Polarstern on 30 August 2014 in the Makarov Basin, upstream of the target, the Lomonosov Ridge (Figure 1). The drift during the next 12 months covered over 1.900 km with scientific data acquisition and includes an unprecedented five complete crossings of Lomonosov Ridge. The drift during November through April was in a part of the Arctic Ocean not accessed by diesel driven icebreakers unless assisted by a nuclear icebreaking vessel. The expedition was recovered by the sealing vessel Havsel at 81°N on 18 August 2015.

The main science objective of the ice drift was to obtain geologic information, which relates the geologic evolution and the paleoenvironment of the polar continental margin of Europe prior to about 56 million years ago, now represented by the Lomonosov Ridge. The primary tools were seismic reflection measurements and short sediment cores from key locations (Figure 2). Additional programs included measurements of incoming and outgoing radiation at the ice surface (Met.no), local weather (Univ. of Bergen), transfer of heat from the water to the underside of the ice (Univ. of Bergen), measurement of deep contour following currents (Univ. of Bergen), temperature and salinity measurements (Univ. of Bergen, Univ. of Århus), short sediment cores for studies of the presence of sea ice during past warm climate periods (Nordic Centers of Excellence), and bottom camera to explore life on the sea bed. A logistic objective was to explore the use of hovercraft as a platform for a drifting ice station where camp mobility and a lean operation are a way to reduce the impact of destructive sea ice activity.

Summary facts about FRAM-2014/15 ice drift

Total duration: 353 days *Total drift:* 2.200 km *Budget:* NOK 5.1 million (Euro 625 k)

Total science days: 303 days *Data acquisition:* 1.900 km *Fuel consumption:* 15.000 liter

Responsible institution: Nansen Environmental and Remote Sensing Centre, Bergen, Norway

Cooperating partners: A. Wegener Institute for Polar and Marine Research, Germany (deployment)
University of Bergen, Bergen, Norway

Field support: Norwegian Air Force, 333 Squadron (two support missions)
Danish Air Force (air drop and photography)

Sponsors: Blodgett-Hall Polar Presence LLT
Lundin Norway
Norwegian Petroleum Directorate

Video available at: https://www.youtube.com/watch?v=22G8yK_R5Mk

Cross- and interdisciplinary research

Budsjett 2015: NOK 180 000

Varighet: 2013-2017

Mål: Establish new research areas of cooperation in order to expand cooperation between the other national environmental research institutions.

Flere forskere fra Nansensenteret har bidratt til Miljødirektoratets sine klimarapporter *Klima i Norge i 2100* og *Framskrivninger av havnivå endringer for Norge i det 21^{ste} århundre*. I *Klima2100* hadde senteret ansvar for kapittelet om Sjøis i Arktis med analyser av sjøisutbredelse, flerårsis, istykkelse, isdynamikk og smeltesesong. Begge rapportene fikk betydelig oppmerksomhet i media ved lanseringene høsten 2015. Nansensenteret var spesielt involvert i lanseringen av havnivårapporten med fokus på effekter av havnivåendringer på regionalt og lokalt nivå i hele Norge fikk betydelig omtale.

Senterets forskning omkring lokal luftkvalitetsstudier i Bergen, hvor GC Rieberfondene har finansiert en PhD student i tre år, fikk betydelig medieomtale i forbindelse med inversjonshendelser som førte til høy luftforurensing i løpet av høsten 2015. Basert på kompetanse som er bygget opp vant Nansensenteret et anbud fra Bergen og Omland Havnevesen (BoH) på *Modellering av luftkvalitet for Bergen sentrum*, med fokus på bidrag fra skip i havnen. Oppdraget som skal gjennomføres i 2016 har ført til nært samarbeide med BoH og kommunale helse-, klima- og planetater.

Nettverksarbeid mot andre brukergrupper for klimatjenester basert på kunnskapen ved Nansensenteret inkluderer kontakt med Hordaland Fylkeskommune, Bærekraftig Liv, (Bergen), GRID-Arendal, Klimapartnere i Agder, Klimapartnere i Hordaland, Telemarksforskning, UN Habitat; Unosat og Unitar. Flere samarbeidspartnere har blitt identifisert og prosjektsøknader utarbeidet.

3 Norsk institutt for by- og regionforskning, NIBR

Bærekraft og livskraft. Utfordringer for byregioner og lokalsamfunn nasjonalt og internasjonalt

Den strategiske instituttsatsingen løper over perioden 2015 til 2018.

Tildeling for 2015 var på 6,6 mill NOK

Bakgrunn

NIBRs SIS er en videreføring av instituttets foregående satsing: Challenges for Governance and Planning in Cities and Municipalities Det innebærer blant annet at ny SIS rommer byfokuset med vekt på styrings-utfordringer og planlegging i et komparativt perspektiv, og at miljø- og klimautfordringer vil stå sentralt i mange av analysene. I SISen er regional utvikling og demografiske endringer løftet tydeligere frem.

NIBRs SIS -modell bygger på at styringsanalyser, regionale analyser og internasjonale studier hver for seg og i kombinasjon skal gi et bedre kunnskaps-grunnlag for politikkutforming og planlegging lokalt, nasjonalt og internasjonalt. Sentrale drivkrefter som er særlig relevante for denne kompetanse-byggingen er økende globalisering, økt arbeidsinnvandring, endring i regional-demografiske strukturer, endring i kommunesektorens oppgaver som tjeneste-produzent og samfunnsutvikler, og klima- og miljøutfordringer. Disse forholdene vil utgjøre viktige drivere for valg av forskningsspørsmål i arbeidspakkene.

NIBR har for perioden 2015-2016 etablert følgende arbeidspakker i sin SIS:

- Felles arbeidspakke for metodeutvikling, samarbeid og formidling
- 1. Bærekraftig kommune- og regionstruktur
- 2. Byen og omlandet. Samspill og regional vekstkraft
- 3. Governing climate resilient cities: towards smart, sustainable and socially just transformation
- 4. Demografi, boligutvikling og stedskvaliteter
- 5. Migrasjon og integrasjon i et regionalt perspektiv
- 6. Smart og bærekraftig Osloregion

Aktiviteter som er gjennomført eller er i gang

Felles arbeidspakke for metodeutvikling og samarbeid

Metodeutvikling: Det er satt i gang en intern seminarrekke i metode- og verktøyutvikling for kompetanseutvikling om ulike statistiske verktøy, dataregistre, surveys etc. som for eksempel om Troll Software, Pandamodellen og demografi/regionaløkonomi og DD og propensity score-teknikker. Seminarene fortsetter i 2016 med tema som Virksomhets- og foretaksregisteret, Distriktsindeksen, indikatorbruk, lovdata og rettsdata. SSB vil bli invitert til å orientere om statistikkbanken.

Samarbeid: Samarbeid med TØI ble etablert og det gjennomføres nå to felles arbeidsseminarer hvert halvår, særlig knyttet til byer og byregioner og temaene (i) samspill og regional vekstkraft og (ii) klima og miljøfokus på utvikling av byregioner.

WP 1 Bærekraftig kommune- og regionstruktur

Arbeidspakken består av en rekke mindre aktiviteter, som alle har relevans for temaet kommune- og regionstruktur. Det ble i 2015 startet opp et arbeid med en kunnskapsoppsummering av erfaringer fra europeiske kommunereformer. Artikkelskriving ble påbegynt om «Kommunestørrelse og demokrati: Hvordan responderer og ansvarliggjøres lokaldemokratiet overfor lokale preferanser?» og «Kommunereform og økonomi: Hva betyr kommuneøkonomi for kommunenes insentiver og innstilling til reform?». Det ble dessuten startet arbeid med juridiske temaer og kommunestruktur (bokprosjekt) og bearbeiding av notatet «Funksjonelle og emosjonelle tilhørigheter og kommunereform» til en bokartikkel. Arbeidet vil framover ha økt fokus på initiativene til ny regionstruktur og den politiske prosessen knyttet til dette.

WP 2 Byen og omlandet. Samspill og regional vekstkraft

Arbeidspakken tar utgangspunkt i rådende perspektiver på urbaniseringsprosesser og økonomisk vekst i byregioner. Samspill mellom byen og omlandet sin effekt på byregionens vekst/vekstkraft er blant annet Byregionprogrammets (KMD) hovedfokus. Det har vært arbeidet med dette tema relativt bredt, i oppstarten med studier og interne diskusjoner rundt fire delprosjekter: (i) Begrepsavklaringer om by/byregioner og teoretiske perspektiver på regional økonomisk vekst, (ii) Teorigrunnlaget for regionalpolitikken og endringer fra egalitær politikk til konkurransepolitikk, fra fokus på befolkning til fokus på økonomisk vekst, og fra fokus på (svake) distrikter til fokus på (sterke) byer, (iii) Opplegg for helhetlig samfunnsanalyse: om samhandling og vekstkraft i byregioner med et opplegg som ivaretar behovet for sammenliknbarhet, (iv) Næring, innovasjon og vekst: betingelser for, og effekter av, næringsutvikling i byregioner. Det er startet teoretiske studier og kunnskapsgjennomganger, samt intern seminarrekke som ser disse tema i sammenheng. Seminarrekken fortsetter og artikkelarbeid er startet.

WP 3 Klimaomstilling og byutvikling: mot smarte, bærekraftige og rettferdige byer

Denne arbeidspakken dreier seg om forholdet mellom byutvikling og klimaomstilling i et komparativt og globalt perspektiv. Interne drøftinger og kunnskapsutvikling har vært knyttet klimaagenda i policydiskurser, forståelse av klimapolitikk, byplanlegging, styring og relasjoner mellom ulike institusjoner og aktører. Det har vært arbeidet med å videreutvikle forståelsen og bruken av governance som analyserammeverk. Arbeidspakken er basert på feltarbeid med case-studier i Sør-Afrika (Durban og Cape Town) og India (Bangalore), samt komparasjon inn mot Oslo-pakken (wp 6). Det er skrevet to papers om kunnskapsstatus om klimaomstilling og bystyresett i Sør-Afrika og India, samt en liten artikkel om Indias satsing på smarte byer til SUM sitt tidsskrift Tvergastei. Dessuten er arbeidet med videreføring av forskningssamarbeid og en forskningssøknad startet, blant annet gjennom nettverksbygging i Sør-Afrika og studie av CLIMWAYS-prosjektet.

WP 4 Demografi, boligutvikling og stedskvaliteter

Hovedfokus er relatert til temaer som knytter seg til befolkningsvekst og by- og stedsutvikling og med fokus på hhv. endringer i boligbehov og boligmarked og på sosial bærekraft, policy og prosesser. Arbeidet med en kunnskapsstatus om vanskeligstilte på boligmarkedet ble startet og fortsetter i 2016; fokus er på definisjon av gruppen og hvordan kommunene jobber med dette. Det ble publisert tre artikler i PLAN desember 2015: (i) Tilbudssiden i boligmarkedet – utfordringer og handlingsrom, (ii) Hva menes med begrepet boligbehov? Og (iii) Kan boligmarkedet temmes? Det er drevet

formidlingsvirksomhet gjennom foredrag om sosial bærekraft relatert til planlegging av bolig- og by-områder, dette bearbeides nå videre til en artikkel. Arbeid er påbegynt med artikkel med arbeidstittlen «Urban development - liveable cities. Social sustainability, cultural values and urban qualities». Vi har dessuten deltatt på Nordregios konferanse «Nordic City Regions in a Global Environment». Det er arbeidet med videreutvikling av indikatorer på sosial bærekraft (metodeutvikling) og dette skal nå prøves ut i studier av tre by- og boligområder: Furuset, Fredrikstad og Fornebu.

WP 5 Migrasjon og integrasjon i et regionalt perspektiv

Arbeidspakkens sentrale tema er hva migrasjon og innvandring innebærer for utvikling av urbane og rurale regioner. Det er et spesielt fokus på hvordan lokale, regionale og nasjonale og til dels internasjonale myndigheter forholder seg til og takler ulike migrasjons- og integrasjonsutfordringer. I tillegg til interne seminarer for kunnskapsutvikling er det etablert spesifikke delprosjekter. Ett har bearbeidet data fra pågående prosjekter og det arbeides nå med en artikkel om inkludering/ekskludering i rurale kommuner sammenlignet med urbane områder i samme nasjonale kontekst, og på tvers av land. En annen artikkel under arbeid dreier seg om komparasjon av introduksjonsprogram og virkemidler for integrering av flyktninger i nordiske land. Denne inngår i en av forskernes ph.d.. Et tredje delprosjekt dreier seg om radikaliserings og voldelig ekstremisme og hvordan nasjonale og lokale myndigheter forholder seg til slike nye utfordringer. Målet er en artikkel på dette feltet. Foreløpig har SISen bidratt til at NIBR sammen med HiOA sendte inn søknad til NFR om å opprette forskningssenter for forskning på høyre-ekstremisme mm.: «Norwegian Centre for research on right-wing extremism» (som gikk til UiO). Det er også etablert delprosjekt på tematikken «Urfolksamfunn og innvandring: Endring av tradisjonelle urfolkssamfunn med innflytting av arbeidsinnvandrere og flyktninger».

WP 6 «Smart og bærekraftig Osloregion»

Hovedfokus for den empiriske delen av forskningen er på analyse av to planinitiativ fra et governance og policy perspektiv; (i) Regional plan for areal og transport i Oslo og Akershus og (ii) Det grønne skiftet – Oslos plan for klima og energi. Bakgrunnsarbeid med notater og litteratur er igangsatt. Drøftinger om forskningen og samarbeid med Oslo kommune, Klima- og energiavdelingen fant sted i desember 2015, og feltarbeidet ble igangsatt på nyåret. Et bredt perspektiv favner analyser av hvordan smart/bærekraftig byutvikling forstås, målbæres og institusjonaliseres på ulike nivå og av ulike aktører og i ulike arenaer. Dessuten identifiseres drivere og barrierer for gjennomføring av disse planene som blir nedfelt i byutviklingsplaner, bymiljøplaner og bymiljøpakker – mellom stat og kommune. Intervjuer/casestudier danner grunnlag for planlagte artikler i internasjonale tidsskrift; om regional plan og transport og om det grønne skiftet i Oslo, samt en komparativ artikkel som rommer Gøteborg og byer i Sør Afrika. Det er dessuten satt i gang arbeid med gjennomgang av begrepsbruk i Oslos klima og energiplan (smart versus bærekraftig by). Ny NFR-søknad om bærekraftig by er under planlegging.

4 Norsk institutt for kulturminneforskning, NIKU

Sustainable Transport – Drivers, Change, Impacts, Policies

Denne strategiske instituttsatsningen løper i perioden 2011 – 2015 og samlet tildeling for perioden er på 3 mill NOK (kr 3 034 000).

Satsingen gjennomføres i samarbeid med TØI, NINA, CICERO og NILU.

Bakgrunn og formål med satsingen

Det overordnede formålet med denne strategiske instituttsatsingen er å identifisere uheldige miljøkonsekvenser av transport, samt å generere ny kunnskap som kan bidra til å redusere disse konsekvensene. Transport blir ofte knyttet til klimagassutslipp og andre miljøbelastninger – noe som er naturlig, siden transport er både energikrevende og utslippsgenererende – men bærekraftig transport handler også om teknologisk, økonomiske, sosiale og kulturelle forhold. Derfor legger satsingen opp til tverrfaglige studier av samspillet mellom transport og samfunn. Forskere med ulik bakgrunn arbeider sammen for å belyse ulike aspekter av mobilitet på et teoretisk og praktisk plan. NIKUs del av satsingen har primært vært å studere hvordan trafikal infrastruktur interagerer med kulturminnefeltet – både i fysisk og retorisk forstand. Vi har lagt en spesiell vekt på kulturminnevernets betingelser – i bykjerner, i randsoner og i forsteder. I de ulike delprosjektene belyses ulike aspekter av bærekraftig utvikling – og positive, negative og paradoksale utfall av faktisk planlegging diskuteres. NIKU har sett på hvordan transport og kulturarv kan brukes til å skape attraktive lokalsamfunn, men studien viser også at trafikale hensyn og kulturminnevern kan være vanskelig å forene.

Det er ikke bare empiriske forhold som er diskutert. Vi har også gått inn i selve debatten om bærekraftig utvikling som begrep. Noen ser kulturell bærekraft som en fjerde pilar i bærekraftbegrepet (i tillegg til økonomisk, miljømessig og sosial bærekraft). Andre ser kultur som et medierende element mellom de tre andre pilarene, eller som et fundament som de tre pilarene er reist på. Hvilken forståelse som legges til grunn har betydning for hvilke politiske beslutninger som fattes. Et formål med satsingen har derfor vært å belyse ulike paradokser og dilemmaer som kan oppstå når en forsøker å forene ulike bærekrafthensyn.

Resultater

I prosjektperioden er det publisert flere vitenskapelige artikler som belyser formålet med satsingen ved hjelp av ulik empiri og ulike teoretiske perspektiver. De viktigste FoU-oppgavene som er utført er vitenskapelig publisering og formidling. I tillegg til det som allerede er publisert, forventes det at det vil bli publisert minst 3 vitenskapelige artikler i inneværende (og neste) år basert på arbeidet med denne strategiske instituttsatsingen. Det vil også bli formidlet fra prosjektet i ulike populærvitenskapelige kanaler.

Prosjektgjennomføring

NIKU har vært det mest sentrale miljøet i gjennomføringen, men NIKU har samarbeidet med Transportøkonomisk institutt (TØI), Arbeidsforskningsinstituttet (AFI/HiOA) og By- og regionforskningsinstituttet (NIBR/HiOA).

Nytteverdi

Bærekraft og bærekraftig utvikling er fyndord som brukes av politikere, private utbyggere, byplanleggere etc. Ofte brukes begrepet synonymt med summen av gode intensjoner. Begrepet kan imidlertid skjule at bærekraft handler om å veie ulike hensyn mot hverandre, noe som impliserer at visse interesser fremmes på bekostning av andre. Samtidig er det uklart hva bærekraftig utvikling egentlig betyr. Denne strategiske instituttsatsingen har belyst en rekke paradokser og dilemmaer som oppstår – eller kan oppstå – i faktisk byplanlegging. Den vil ha nytteverdi for politikere og andre beslutningstagere som ønsker større innsikt i bærekraftdebatten. Satsingen er et bidrag til debatten om hvordan vi kan og bør utvikle byene våre. Prosjektet har også belyst kulturarvens rolle i byutviklingen og kartlagt hvordan den vikles inn i andre politikkområder. Denne strategiske instituttsatsingen har derfor nytteverdi for kulturminneforvaltningen.

Kort oppsummering av temaer som er belyst i perioden

I prosjektperioden har vi blant annet undersøkt hvordan bærekraftig transport og kulturarv inngår i utviklingen av Bjørvika som ny bydel Oslo. Det råder en generell forståelse i kommunens strategiske dokumenter at bærekraftig utvikling primært handler om tre ting – miljømessig, sosial og økonomisk bærekraft – og omleggingen av trafikksystemet har vært sentralt for å kunne imøtekomme disse parameterne. I denne studien har vi imidlertid undersøkt hva som kan tenkes å være en fjerde dimensjon – kulturell bærekraft – i lys av internasjonal forskning på feltet. I tilfelle Bjørvika er det en sterkt utviklet kulturkomponent i satsingen, men i kommunens strategiske dokumenter er kultur primært omtalt som motor for å generere økonomisk vekst. Aspekter som angår kultur er omtalt under økonomisk bærekraft, og er ikke behandlet som en fjerde pilar i bærekraftbegrepet. Det stilles derfor spørsmål ved om denne økonomiske vektingen gir gode nok vilkår for kulturens evne til selvporettholdelse.

I forlengelsen av dette prosjektet har vi studert Oslos nye kommuneplan «Oslo mot 2030 – smart, trygg og grønn». Oslo forventer en stor befolkningsvekst som krever både omstillingsevne og kunnskap om hvordan vi kan utvikle en bærekraftig by. Sentralt i kommuneplanen står en samordnet areal- og transportplanlegging, slik at befolkningsveksten kan tas gjennom kollektivtransporten. Begrepet «banebasert utvikling» henviser til å fortette byen innenfra og utover t-bane-nettet. Samtidig kan fortetting av bykjernen endre opplevelsen av de historiske byområdene, resultere i tap av lys og utsikt, samt føre til press på den bevaringsverdige bebyggelsen. Det som kan være bærekraftig i energi- og transportøkonomisk forstand, kan være mindre gunstig for kulturminnene. I studien har vi diskutert en rekke slike dilemmaer og paradokser som kan oppstå når en søker å forene ulike bærekraftshensyn, og vi har analysert den kommuneplanen i lys av faktiske og planlagte utbyggingsprosjekter, blant annet i sentrum og på Furuset.

I løpet av prosjektperioden har vi også studert et kasus hvor transport og kulturarv har stått sentralt: forslaget om å flytte vikingskipene fra Vikingskipshuset på Bygdøy til et nytt Kulturhistorisk museum i Bjørvika. I snart tjue år har folk diskutert om skipene og øvrige gjenstander vil tåle flytting. Det er imidlertid ikke bare spørsmål om skipenes materielle tåleevne som har vært debattert. Uavhengig av skipenes fysiske tilstand, finnes det mange ulike begrunnelser for hvorfor vikingskipene bør flyttes til Bjørvika. Ønsket om å skape en internasjonal turistattraksjon i nærheten av anløpet for cruisebåter har vært et flyttemotiv for mange. Flytteforkjemperne hevder at Bygdøy er for avsidesliggende, samt at veien ut mot Bygdøy allerede er sterkt belastet med turistbusstrafikk. Det hevdes at området rundt Oslo Sentralstasjon er bedre egnet til å ta imot store turiststrømmer enn veien ut mot dagens museum. Andre igjen har foreslått å gi turistene mulighet til å oppleve Oslo fra sjøsiden gjennom å sette opp turistferjer fra Middelalderbyen til Bygdøynes. På denne måten kan en både løse

trafikkproblemer og sikre at museet blir værende på Bygdøy. I forlengelsen av dette argumentet er det andre som vekker det maritime miljøet som allerede er på Bygdøy som viktig for at vikingskipene må bli hvor de er. Her kan en vise norsk sjøfartshistorie på ett brett – Norsk Maritimt Museum (tidligere Norsk Sjøfartsmuseum), Vikingskipshuset, Frammuseet og Kon-Tiki Museet. Striden om vikingskipene er et godt eksempel på at transportøkonomiske forhold er en sentral del av diskusjoner om hvor vår felles kulturarv bør lokaliseres.

Vi har også studert hvordan byvekst påvirket landskap og kulturarv. Vi har diskutert hvordan urbanisering og moderne veibygging påvirker den historiske dimensjonen i landskapet generelt, og de historiske veiene spesielt. Det stilles spørsmål ved et historiesyn som ser tidsdimensjonen i landskapet som ulike adskilte sekvenser. I virkeligheten er spor fra mange ulike tidsepoker til stede side om side i landskapet. Studien har tatt utgangspunkt i et område i Tune utenfor Sarpsborg i Østfold. Området innehar mange ulike funksjoner og har vært gjenstand for store areal- og bruksendringer. Dette har ført til at tidsdimensjonen er uttrykt på ulike måter i Tune og endring i funksjoner, veier og annen infrastruktur er en viktig årsak til dette. Vi har også diskutert felles europeiske utfordringer knyttet til landskap og kulturarv, blant annet de store strukturelle endringene i samfunnet som avspeiles i bruken av landskap og mobilitet i befolkningen. En konklusjon er at det er behov for å endre begreper og måter å kommunisere på i planlegging og kulturminneforvaltning, og at landskapet kan være et møtepunkt for dialog mellom ulike parter og interesser lokalt. For å kunne skape bedre steder og landskap er det nødvendig at lokalbefolkningen evner å gjenoppdage sine lokale landskap og bli klar over ressursene i sine egne omgivelser, kunnskap og tradisjoner og utvikle selv hva deres eget bidrag kan være. Dette er et spørsmål om å endre ikke bare steder men også mennesker.

Mot slutten av prosjektperioden har vi foretatt en studie av urbane transformasjonsprosesser i Rio de Janeiro. Vi har foretatt en casestudie av et havneområde i sentrum – Porto Maravilha – og et område ved den nye olympiske parken – Vila Autodromo. Målsettingen har vært å se på hvor bærekraftig det er å transformere store områder i tilknytning høyprofilerte kortsiktige hendelser – i dette tilfellet forberedelsene til fotball-VM i 2014 og sommer-OL i 2016. Rio opplever eksplosiv vekst i favelaer, tiltagende miljø- og transportproblemer, sosio-romlig segregering, ulikhet og sosiale konflikter. Samtidig truer Rios vekst byens historiske strukturer og kan føre til tap av kulturminner. Rios kulturarv er en viktig ressurs for kunnskap, opplevelser og verdiskapning for fremtiden – ikke minst turisme – og vi har derfor undersøkt om (eller hvordan) kulturarv vurderes av byplanleggerne. Det oppstår flere paradokser og dilemmaer når gjennomføringen av mega-events transformerer historiske urbane områder. Flere bærekraftensyn må veies mot hverandre under komplekse sosiale og politiske omstendigheter.

Cultural heritage: Negotiations, policy & practice

Denne strategiske instituttsatsingen løper i perioden 2011 – 2015 og samlet tildelingen for perioden er på vel 12, 1 mill NOK (kr 12 139 000).

Overordnet mål

Satsingen har på norsk blitt kalt «Kulturminner: politikk, praksis og forhandlinger» og har tatt utgangspunkt i at vellykket politikk og praksis innenfor kulturminnevernet forutsetter solid kunnskap

og forståelse for hvordan og hvorfor slike verdier blir trukket fram som vesentlige, samt hvordan og hvorfor de kontinuerlig blir reforhandlet og redefinert i sammenheng med øvrige samfunnsendringer. Kulturminnepolitiske studier retter søkelyset mot samfunnets politiske bruk av fortiden; de retorikker, konsepter, utvalg av kulturminner osv. som brukes aktivt for å oppnå bestemte mål i samtiden og for å forme fremtiden sett utfra en ideologisk overbevisning eller et (kultur) politisk program. Mens kulturminnepolitikk viser til visjoner, utopier og intensjoner, handler kulturminnepraksis om det som faktisk foregår med de maktkonstellasjoner, forhandlinger og iscenesettelser som utspilles i en gitt situasjon.

Prosjektet har blitt organisert i tre arbeidspakker, som har forholdt seg til hver sin overordnede problemstilling: Den første hovedproblemstillingen fokuserte på forbindelsen mellom etablerte verdisettingssystemer og lokal praksis. Hovedmålet har vært å studere hva som skjer når kulturhistoriske ressurser blir omfortolket og omdannet til kulturarv. Det ble stilt spørsmål om hva som skjer når etablerte verdisystemer som er utviklet på nasjonalt plan skal iverksettes lokalt og innpasses i lokal politikk. Den andre problemstillingen dreide seg om å analysere nærmere prosesser som fører til henholdsvis inkludering og ekskludering av kulturarv som er knyttet til et utvalg minoritetsgrupper. Her dreide det seg om å studere hvorvidt og i så fall hvordan kulturarv framstår som et instrument med motstridende betydninger. I den tredje arbeidspakken var fokus rettet mot hva slags forbindelse som eksisterer mellom internasjonale konvensjoner, nasjonale og regionale strategier og lokal praksis. Et av hovedmålene har vært å analysere hvilke konsekvenser implementering av rammeverk fastsatt av myndighetene og konvensjoner kan ha for den lokale, regionale og nasjonale kulturminneforvaltningen. Problemfeltet inkluderer også studier av rollen UNESCOs verdensarv konvensjon har hatt for stedsutvikling, merkevarebygging og stedsidentitet.

Gjennomførte aktiviteter og oppnådd resultater

I løpet av den femårige prosjektperioden har det vært 15 forskere tilknyttet hovedprosjektet. På bakgrunn av erfaringene som ble høstet fra arbeidet med å utgi en norsk antologi i 2013 (Novus forlag), var det enighet blant prosjektdeltakerne at noe lignende burde gjennomføres i andre perioden av prosjektet. Det var denne gangen ønskelig å rette publiseringen mot et internasjonalt publikum. Det ble inngått avtale med Ashgate forlag om utgivelse. Bokas tittel er: 'Heritage, Democracy and the Public. Nordic approaches to managing heritage in the service of society'. Boka har blitt profilert overfor forlaget som følgende: 'The anthology deals with how heritage can become a democratic resource and a public good that in various ways benefices the citizens in present communities. In many ways a well functioned heritage management that are concerned about how to take care of the past for present and future generations is a hallmark of Nordic democratic societies. However, management practices contains a series of questions about how cultural heritage serves as part of democratic values and contributes to the understanding of what democracy is all about. What significance will for instance heritage have on how welfare is defined? What function does heritage have in the public realm and how can heritage serve as a resource for citizens to gain influence in society? Who and what defines the public debates and the politics about heritage? Is there a knowledge gap between research and management communities, and public understandings and uses of heritage? These are some of the questions that the authors of this anthology will reflect upon. The papers will provide perspectives on how the management of the past takes place and can be carried out in the service of the society. The aim of the book is to increase our knowledge and new interpretations about the functioning of heritage in present society. The book addresses main challenges faced by today's heritage management in the light of the processes, trends and desires which are prominent at how heritage is understood and used in today's society. The book is directed towards researchers within heritage studies and those working within the institutional heritage

management, but also wish to reach others who are involved in how heritage becomes significant in today's society'.

Antologien er blitt inndelt i fire deler; PART I: Contextualising heritage - democracy and the public - PART II: Debating National Heritage - between old and new paradigms - PART III: Experiencing heritage - embodiment, performance and the public - PART IV: Managing heritage - challenges and visions. Boka har nettopp blitt lagt ut for salg (januar 2016) og omfatter 20 kapitler, pluss introduksjon og konklusjon. Mens åtte av kapitlene, samt innledning og konklusjon har blitt skrevet av forskerne fra NIKU, er resten av forfatterne fagfolk fra relevante universiteter og forskningsinstitutter i Norge og andre nordiske land som har blitt invitert til å bidra.

Det ble gjennomført et to-dagers skriveseminar innenfor prosjektet med henblikk på å stimulere arbeidet med antologiartiklene. Seminaret inneholdt kritisk fagfelleevaluering og felles diskusjon av enkeltkapitler antologiens helhet. Denne arbeidsmåten ble oppfattet som nyttig og lærerik for deltakerne.

Det har også vært publisert flere andre vitenskapelige artikler samt blitt holdt foredrag i ulike sammenhenger. I boka «Språk, makt og ideologi. Innføring i kritisk diskursanalyse» av Joar Skrede, som planlegges utgitt på Universitetsforlaget i august 2016, blir blant annet norsk kulturpolitikk analysert ved hjelp av kritisk diskursanalyse.

Avslutningsåret 2015 ble primært viet arbeidet til populærvitenskapelig formidling. Hensikten har vært å sikre at resultatene har nådd ut til en bredere krets av kulturminneforvaltere, via blant annet populærvitenskapelige artikler, foredrag og tematiske seminarer. En serie med korte artikler fra prosjektet ble publisert på norsk på nettsiden til NIKU og har bidratt til å gjøre prosjektet kjent for et bredt publikum. Artiklene ble samlet og utgitt i egen seminar brosjyre høsten 2015; «Teori og metode i skjønn forening? I krysningspunktet mellom forskning og forvaltning». Dette var også tittelen på sluttkonferansen som ble avholdt 10. november 2015 i Riksantikvarens konferansesal. Et knippe forskere presenterte deler av prosjektets resultater, og fire inviterte kulturminneforvaltere bidro til å sikre at forskningens nytteverdi ble grundig debattert. Sluttkonferansen var et samarbeid mellom de to strategiske satsingene Tekno-SIS og Verdi-SIS.

Relevansen av satsingen

Et viktig mål på relevans er hvorvidt satsingen lykkes i å bidra til løpende diskusjoner om dagens forvaltning av kulturminner. I dag står kulturminneforvaltning ovenfor en todelt utfordring: Det er en stadig mer kunnskapsrik befolkning som stiller spørsmål ved de vurderingene fagekspertisen gjør og ved den praksis som utøves. Samtidig stilles det store krav til den utøvende kulturminneforvaltningen i en stresset hverdag med henhold til å oppdatere sin kunnskap om det som foregår innenfor en stadig mer omfangsrik kulturminne- og kulturarvsforskning. Det er behov for en løpende debatt om de premissene kulturminneforvaltningen bygger sin kunnskap på og handler ut i fra, og ikke minst: bygger sitt verdigrunnlag på. Fagmiljøene innenfor kulturarvsfeltet kan bidra med argumenter som på sikt forbedrer virkemiddelbruken for å sikre fremtidig forvaltning og skaper bred motivasjon for engasjement i samfunnet for øvrig. Det femårige prosjektet har bidratt til å styrke kompetansen i NIKU innenfor dette spesialfeltet.

In Situ Site Preservation of Archaeological Remains in the Unsaturated Zone (In Situ SIS)

Denne strategiske instituttsatsningen løper i perioden 2011 – 2015 og samlet tildeling for perioden er på 3 mill NOK (kr 3 034 000). Satsingen gjennomføres i samarbeid med Bioforsk.

In Situ Site Preservation of Archaeological Remains in the Unsaturated Zone (InSitu-SIS) har undersøkt bevaringstilstand og bevaringsforhold i kulturlag og arkeologiske levninger i umettet miljø der naturlige vannforhold mangler eller bare delvis forekommer. Disse arkeologiske kulturlagene er meget utsatte for nedbryting dersom det skjer endringer av de jordkjemiske forhold. Prosjektet har fokusert på problemstillingen gjennom flere år, noe som gjør at vi nå kan gi viktige innspill til de nasjonale målene som går ut på å bevare disse kulturlagene 'til nytte og kunnskap for fremtidige generasjoner'.

De viktigste samarbeidspartnerne i prosjektet har også i 2015 vært NIBIO tidligere BIOFORSK, Arkeologisk museum i Stavanger, Tromsø museum/Universitetsmuseet i Tromsø, MVH Consult i Nederland og Nationalmuseet i København. Det er vesentlig å understreke at prosjektet har foregått i nært samarbeid med kulturminneforvaltningen både fylkeskommunen, universitetsmuseer og Riksantikvaren har på ulike nivåer deltatt i prosjektet.

Det første delprosjektet har vært et tiltakshaverfinansiert prosjekt i forbindelse med byutvikling sentralt i middelalderbyen Trondheim. I 2012 installerte Bioforsk i samarbeid med NIKU måleutstyr som overvåker temperatur, vanninnhold og redokspotensiale i kulturlagsprofiler under et av nybyggene og utenfor. Redokspotensiale er en vurdering av ulike kjemiske parameter som påvirker nedbrytning. I sum viser overvåkingen viser at fuktigheten er lavere under de nye bygninger enn utenfor, men fuktighetsgraden synes samtidig å være forholdsvis stabil begge steder.

Det andre delprosjektet er finansiert dels gjennom SIS-prosjektet, dels gjennom forskningsprosjektet 'Archaeological Deposits in a Changing Climate. In Situ Preservation of Farm Mounds in Northern Norway' (InSituFarms), som også er finansiert av Norges forskningsråd (2012-2015). I 2012 ble det gjennomført geofysiske undersøkelser på gårdshaugen Saurbekken i Harstad i Troms for å kartlegge tykkelse og utbredelse av kulturlagene. I tillegg ble det utført en laserskanning som har generert en ny høydemodel av lokaliteten. I 2013 gravdes det på gårdshaugen Voldstad utenfor Harstad. Bevaringstilstand ble kartlagt av arkeologene, og det ble tatt pollenprøver, makrofossilprøver og jordkjemiske prøver for å kunne foreta vurdering av bevaringsforhold. Endelig ble det installert måleutstyr for overvåking av kulturlagenes temperatur, vanninnhold samt redokspotensiale. Høsten 2014 ble det installert tilsvarende utstyr på Saurbekken i Harstad. Bevaringsgraden og bevaringsforholdene i disse lokalitetene varierer, Voldstad er særdeles vel bevart, mens Saurbekken er mer utsatt. I tillegg ser vi ut fra måleresultatene at disse kulturlagene er meget utsatte dersom det gjøres inngrep, altså slippes luft ned i lagene.

Det siste delprosjektet er finansiert gjennom SIS-prosjektet og dels gjennom forskningsprosjektet 'Kongsgårdsprosjektet Avaldsnes' som er ledet av Kulturhistorisk museum, Universitetet i Oslo. Feltarbeid ble gjennomført i 2011 og 2012. Det ble funnet kulturlag i umettet sone i både gravhaug og som del av bosetningsspor og dyrkingsspor. Det ble i 2011 installert måleutstyr koblet til dataloggere på tre valgte steder. Utstyret overvåker temperatur og vanninnhold i kulturlagene. Overvåkingsdata fra langtidsmålingene viser at kulturlagene påvirkes av svingninger i lufttemperatur og nedbør. Målingene har fortsatt også igjennom 2015 på alle lokaliteter.

Betydningen av resultatene retter seg først og fremst inn mot forvaltningen av arkeologiske kulturminner. Dette gjelder alle steder hvor det er bevarte arkeologiske kulturlag. Tidligere har vi først og fremst hatt metodikk for å måle bevaringsforhold og bevaringstilstand i mettet sone (våt sone). Nå ser vi at vi kan samle inn viktig informasjon også i umettet sone (tørr sone). Trolig vil det bli større variasjon samtidig med at antallet arkeologiske kulturminner som overvåkes vil kunne øke framover de nærmeste årene. Tidligere ble metodikken først og fremst benyttet innenfor de norske middelalderbyene, nå viser det seg at vi kan ha godt utbytte av også å overvåke kulturlag i arkeologiske lokaliteter utenfor byene.

NIKU vil fortsette å hente data fra flere av lokalitetene, men også dersom det reiser seg nye muligheter gjennom forvaltningsprosjekter starte opp nye måleserier etter prosjektets offisielle sluttperiode. Dette er viktig, da dataene får større verdi etter hvert som vi får lengre måleserier. Prosjektresultatene har vært lansert internasjonalt på PARIS (Preservation of Archaeological Remains In Situ) og på European Association of Archaeologists (EAA) og resultatene publisert i internasjonale tidsskrifter som 'Quaternary International' og 'Conservation & Management of Archaeological Sites'. Temaet vil videre følges opp på EAA-møtet høsten 2016.

Det er først og fremst kulturminneforvaltningen, men også de arkeologiske forskningsmiljøene ved fylkeskommunene og Universitetsmuseene som kan dra nytte av disse forskningsresultatene. I større sammenheng vil en nå kunne uttale seg mere sikkert i forhold til bevaringstilstand og bevaringsforhold der det finnes bevarte arkeologiske kulturlag. Det er utarbeidet en metodikk som kan benyttes på andre arkeologiske objekter og i andre forvaltningssaker. Forvaltningen har allerede under prosjektperioden tatt i bruk nye metoder for vurdering av kulturlag i sine undersøkelser, og det foregår en reel erfaringsutveksling mellom forskning og forvaltning på dette feltet.

The uses of advanced technology in understanding, preservation and management of cultural heritage

Denne strategiske instituttsatsingen løper i perioden 2011 - 2015 og samlet tildeling for perioden er på vel 12, 1 mill NOK (kr 12 139 000).

Prosjektets hovedmålsetning var å utforske samt ta i bruk, avansert teknologi og nye metoder som grunnlag for en mer kunnskapsdrevet forvaltning av kulturarven. Hensikten var å øke kunnskapen om metodiske, praktiske og teoretiske sider ved bruken av ikke-destruktive metoder; det vil si metoder som kan brukes til å fremskaffe kunnskap om kulturminner, -miljøer eller landskap uten å måtte foreta ødeleggende inngrep i disse. Gjennom prosjektet ønsker vi å øke kompetansen på dette felt og bidra til at teknologiske nyvinninger i høyere grad kan nyttiggjøres innenfor så vel forskning som forvaltning. Dette gjelder hele spektret fra landskapers historiske dimensjoner, til kulturmiljøer, bygninger og monumenter og ned til materialer og overflater. Prosjektet har i 2015 omfattet seks delprosjekter som er omtalt i det følgende.

Oppnåelse av forbedret kunnskap om kulturminner og deres landskapskontekst ved bruk av avanserte ikke-destruktive metoder

I denne arbeidspakken har vi tatt for oss bruken av nye ikke-destruktive teknikker i form av geofysikk (georadar og magnetometer) og utredet hvordan disse kan bidra med økt kunnskap om arkeologiske

kulturminner og deres landskapskontekst. Studieområdene det har vært jobbet med er områdene rundt Tjølling kirke og Borreparken, begge i Vestfold fylke. Arbeidet omfattet også innsamling og gjennomgang av tilgjengelige historiske kilder og kartmateriale. De innsamlete geofysiske dataene har vært gjenstand for prosessering, bearbeiding og tolkning – et arbeid som delvis er gjennomført i samarbeid med eksperter fra det internasjonale forskningsprosjektet: The Ludwig Boltzmann Institute for Archaeological Prospection and Virtual Archaeology (LBI). Det arbeides nå med å sette ny kunnskap denne tilnærmingen har gitt, inn i en kulturhistorisk kontekst og dermed en bedre forståelse for samspillet mellom mennesker og deres omgivende miljø i studieområdene i jernalder og middelalder.

Bruk av 3D-visualiseringer basert på flyskanning i arkeologiske landskapsanalyser og som et verktøy i arealbruksforvaltning

I arbeidet med bruken av flyskanning (også kalt lidar) har vi jobbet med arkeologiske landskapsstudier basert på tredimensjonale (3D) visualiseringer. Landskapet har endret seg markant siden istiden og ved å ta i bruk digitale 3D landskapsmodeller har vi kunnet jobbe med arkeologiske landskapsstudier som også tar hensyn til hvordan topografien har endret seg opp gjennom tiden, blant annet på grunn av landheving og endringer av vegetasjonsbildet. Dette er forhold som har betydning for hvordan vi leser landskapet i en forhistorisk kontekst og kunnskap om denne utviklingen er dermed en forutsetning for best mulig å forstå samhandlingen mellom mennesker og landskap i forhistorien.

Som et trinn 2 i prosjektet, har vi gjennom arbeid med 3D fjernmålingsdata kartlagt hvordan landskapsanalyser og 3D-modeller brukes av kulturminneforvaltningen. Dette er gjort gjennom en større spørreundersøkelse som har resultert i opplysninger om kulturminneforvaltningens bruk av og syn på 3D-visualiseringer som et hjelpemiddel i sitt arbeid med arealplanforvaltning. De innsamlete dataene har vært gjenstand for analyser og er nå under publisering.

Metodeutvikling basert på fjernmåling - kartlegging av kulturminner ved hjelp av satellitt-, flybildeanalyse og flybåren laserskanning (lidar)

Det knytter seg en del utfordringer til forvaltningen av kulturminner i Nordområdene, blant annet på grunn av manglende registreringer av arkeologiske kulturminner. Som en tilnærming til å forbedre situasjonen, har det i denne arbeidspakken blitt jobbet med å se på hvordan fjernmålingsmetodikk kan tas i bruk til dette. Dette gjelder både høyoppløselige satellittbilder, flybåren laserskanning/lidar og vanlige flybilder. Anvendbarheten av slike fjernmålingsmetoder på ulike kulturminnetyper, samt ulike vegetasjons- og landskapstyper ble satt under lupen i denne arbeidspakken. Det ble anskaffet fjernmålingsdata fra flere områder i Finnmark og Nordland – områder som omfatter ulike kulturminnetyper slik som fangstanlegg for villrein, mangeromstuffer, gammetufter fra ulike perioder samt mindre synlige aktivitetsspor som hustuffer fra steinalder, gieddier og lavvuplasser. Et område mellom Tana og Varangerfjorden utgjorde hovedstudieområdet hvor det ble jobbet med å vurdere styrker og svakheter ved de forskjellige fjernmålingsmetodene og effekten av å bruke mer enn én metode på samme landskap når hensikten er å få kartlagt så mange kulturminner og kulturmiljøer som mulig.

Bruk av radiografi på bygninger: utvikling av standarder og rutiner for optimaliserte analyser

Innen kulturminnevernet har røntgenfotografering tradisjonelt vært utført på flyttbare objekter for å undersøke og dokumentere deres tilstand og materialbruk. Vi har undersøkt om mobilt røntgenutstyr er egnet til å undersøke og dokumentere tilstand og materialbruk i verneverdige trebygninger. Det er fra før begrenset kunnskap om røntgenundersøkelse av trekonstruksjoner med forskjellige skader.

For å skaffe et referansemateriale før vi testet ut røntgenfotografering i felt, startet vi med å røntgenfotografere små treprøver som var angrepet av kjente råtesopper og insekter under ulike klimabetingelser. Deretter røntgenfotograferte vi utvalgte områder i en fredet bygning hvor treets tilstand på forhånd var kartlagt gjennom treprøver fra årringsdatering av samme bygning. Ved å sammenligne røntgenbilder av referanseprøvene og årringsprøvene med røntgenbildene av bygningen, fikk vi bekreftet at røntgenfotografering kan være egnet til å identifisere, kartlegge, dokumentere og visualisere tilstand, skadeårsak og skadeomfang i verneverdige trebygninger. Metoden er kvalitativ, da røntgenbildene ikke kan brukes til for eksempel å beregne hvor mye last en råteskadet konstruksjon kan tåle. Det er av den grunn viktig i tillegg å støtte seg på bygningskyndig ekspertise med kunnskap om konstruksjoner og belastninger i historiske bygninger. Konklusjonen er at røntgenfotografering av verneverdige trebygninger kan gi svar på en del spørsmål om tilstand og bør inngå som en supplerende, ikke-destruktiv metode til allerede etablerte metoder for bygningsundersøkelser.

Bruk av bakkebasert laserskanning til dokumentasjon og overvåking av bygninger, ruiner, detaljer og overflater

I denne studien har vi testet ut bakkebasert laserskanning og fotogrammetri og sammenlignet disse med tradisjonell oppmåling samt tegninger av bygninger og ruiner. Arbeidet har gitt økt kunnskap om hvorvidt og på hvilket nivå laserskanning med fordel kan brukes til digital dokumentasjon samt på hvilke områder metoden har sine begrensninger. I tillegg viser resultatene av fotobaserte metoder (fotogrammetri og fotoskann) at disse er velegnet til å dokumentere murverk både som todimensjonale flater og som tredimensjonale modeller. Undersøkelsen har vist at disse metodene kan med fordel anvendes i stedet for laserskanning ved problemstillinger som dreier seg om modeller og tegningsgrunnlag. Fordelene med å bruke laserskanning knytter seg til dokumentasjon av større komplekse bygningskonstruksjoner og er i tillegg velegnet i de tilfeller hvor en ønsker å dokumentere en bygning eller ruin i en landskapskontekst. Prosjektarbeidet har bidratt til en bedre forståelse for de ulike dokumentasjonsmetodenes muligheter og begrensninger, spesielt med tanke på gjengivelsesgrad og nøyaktighet. I tillegg har studien gitt innblikk i potensialet for å dokumentere kulturhistorisk informasjon ved hjelp av disse metodene.

XRF som dokumentasjons- og undersøkelsesmetode ved fargeundersøkelser av interiører

Et håndholdt XRF-apparat (hhXRF) er et bekvemt og håndterbart instrument, som kan brukes i ulike sammenhenger for å finne ut hvilke stoffer et materiale består av. For eksempel kan instrumentet benyttes til pigmentanalyse av malerier. Metoden er imidlertid vanskelig å anvende på strukturer med mange ulike lag. I dette prosjektet har vi testet om hhXRF kan brukes ved fargeundersøkelser av historiske interiører som har blitt overmalt flere ganger gjennom tiden. Våre studier har vist at det i mange tilfeller vil være mulig å identifisere pigmentene i ulike malingslag på et interiør ved hjelp av hhXRF, og i tilknytning til fargeundersøkelser. Pigmenter kan nemlig fortelle når en dekor tidligst kan være utført, da enkelte pigmenter ikke har vært tilgjengelig før en viss tidsepoke. Metoden kan også si noe om hvilke farge en maling hadde opprinnelig (pigmenter kan ha endret seg over tid). I enkelte tilfeller og for mer utdypende informasjon om pigmentblandinger og tilsetningsstoffer vil det imidlertid være nødvendig å supplere undersøkelsen med andre analysemetoder. I vår studie har vi undersøkt flere fargetrappet og dekorer i utvalgte historiske interiører, der det tidligere er gjort fargeundersøkelser, og hvor det derfor forelå fargetrappet og pigmentanalyser. Slik testet vi analysemetoden i en situasjon som er reell for fargeundersøkelser, og vi hadde muligheten til å sammenligne våre resultater med resultater fra andre analysemetoder. En klar fordel ved bruken av hhXRF, er at en kan få relevant informasjon om bruk av pigmenter med én gang målingene er gjort, noe som gjør at vi kan bruke den informasjonen til det videre arbeidet ved fargeundersøkelsen på

stedet der og da. Apparatet er veldig praktisk å bruke i felt. Vår erfaring tilsier imidlertid, at selv om anvendelsen av hhXRF er enkel, kreves det god kunnskap om analysemetoden, samt kunnskap om historiske pigmenter, for å kunne lese og tolke resultatene.

Annet

Innsatsen i prosjektet har gjennom perioden vært formidlet både vitenskapelig og populærvitenskapelig. I løpet av 2015 ble det publisert seks vitenskapelige artikler, holdt 11 foredrag og skrevet 10 populærvitenskapelige artikler. Dessuten ble det gjennomført et åpent seminar i fellesskap med Verdi-SISen. Seminaret hadde tittelen: Teori og metode i skjønn forening? I krysningspunktet mellom forskning og forvaltning. I 2016 arbeides det videre med å tilgjengeliggjøre resultater og erfaringer fra TeknoSIS-prosjektet i både vitenskapelig og populærvitenskapelig form. I alt syv vitenskapelige artikler er underveis og antas publisert i løpet av 2016.

5 Norsk institutt for luftforskning, NILU

AMOM - Advanced modelling of organic contaminants/Avansert modellering av organiske miljøgifter

Duration: 01.01.2013 – 31.12.2017

Budget 2015: 1,2 MNOK

Main objective and key modelling tools

The overall goal of the AMOM SIS is to understand and predict relationships between sources and emissions of organic contaminants and environmental and human exposures. A particular emphasis is on the long range atmospheric transport of various organic contaminants. CoZMoMAN and FLEXPART are the two core modelling tools in focus in the AMOM-project (Figure 1). Main activities and results during 2015 are briefly summarized in this report.

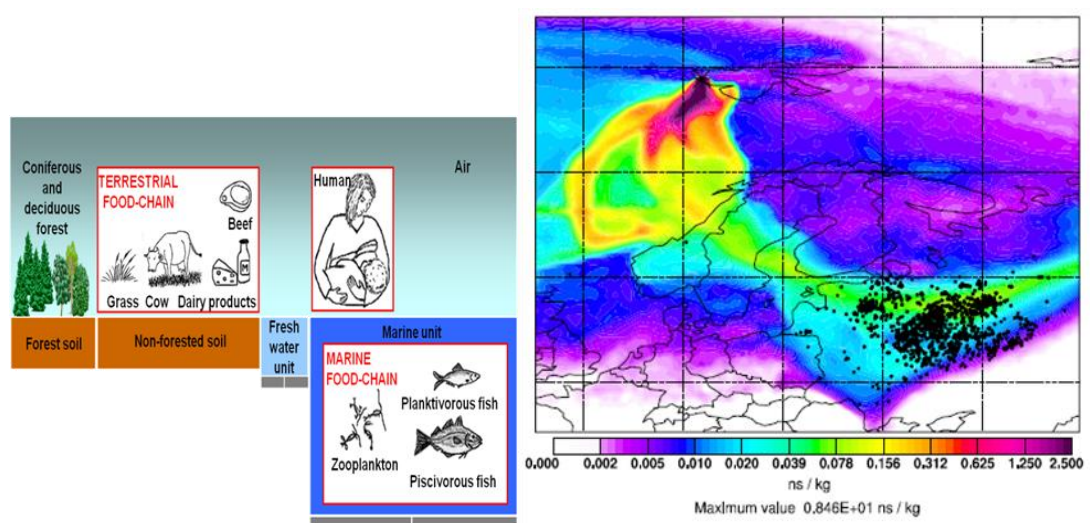


Figure 1: Complementary modelling tools at NILU to study organic contaminants. Left: Model structure for the CoZMoMAN multimedia model ¹. Right: Illustrative output from FLEXPART whereby record high levels of PCBs measured at Zeppelin (Svalbard) in combination with satellite data (black dots) are traced back to biomass burning events in Russia ².

Main activities and results during 2015

During 2015 the main activities have been on multimedia modelling activities, rather than FLEXPART which was prioritized in both 2013 and 2014. More specifically, the main emphasis has been on human exposure modelling, and new multimedia model developments as detailed below.

Human exposure modelling using CoZMoMAN

The CoZMoMAN model, which is at the core of AMOM, is a dynamic multimedia model which aims to describe mechanistically the link between changes in environmental emissions of organic

contaminants (e.g. POPs) and the resulting concentrations and exposures of both the physical environment and in the human food-chain (Fig 1, left). It is thus designed to facilitate an evaluation of the environmental and biotic response to temporal changes in emissions (increase and/or decrease). In order to have confidence in model predictions it is however imperative to confront model outputs with observations. Initial model evaluation exercises have previously been carried out for selected polychlorinated biphenyls ^{1,3} and short-chain chlorinated paraffins ⁴ in the Nordic environment, for which the model is currently parameterized. These evaluations have shown agreement between modelled data and measurements within a factor of 2 to 4 in the case of individual PCBs and within a factor of 6 for SCCPs across various environmental compartments (biotic and abiotic).

In 2015, research efforts have continued with support from AMOM in terms of parameterising, programming, applying and evaluating the applicability of the CoZMoMAN model to predict (observed) human exposures of individuals. This activity largely came about because colleagues at NILU were working closely with scientists at the University Hospital of North Norway (UNN), doing human biomonitoring studies of POPs. An initial collaboration showed that CoZMoMAN was capable of reproducing observed time trends of selected PCBs from 1979 to 2007 in men from Northern Norway. However, these first simulations were restricted to a hypothetical “average” person compared with the observed population means ³. The scientific goal behind the more recent effort was to understand and predict mechanistically the steps in a molecule’s journey from initial release into the environment to its uptake and accumulation in individual Norwegians, using CoZMoMAN. The motivation was in part to further increase confidence in the model by comparing predictions against a new empirical data set, but also, if possible, to evaluate possible impacts of control strategies (emission reductions) and/or changes in lifestyle (e.g. diet) on human exposure at the individual level. For the human exposure modelling exercise, the CoZMoMAN model were adjusted, re-programmed and re-parameterized to facilitate predictions of time-variant person-specific concentrations from birth, based on two cohorts. These two cohorts for which empirical data (measurements of POPs in blood) existed were selected by scientists at UNN, are referred to as the MISA and NOWAC cohorts. In brief, the MISA cohort consists of pregnant women (n=515) in the Northern Norway mother-and-child contaminant cohort study, whereas the NOWAC cohort consists of postmenopausal women (n=311) from the Norwegian women and cancer study. The CoZMoMAN model was run one time for each person, provided with person-specific information (input data) from the two cohorts. This included year of birth of the woman, date of birth and breastfeeding duration for individual children, as well as dietary information (intake of meat, dairy products and fish) based on information from questionnaires. Model results (predicted concentration of selected PCBs in individuals) were stored corresponding to the time of blood sampling. The CoZMoMAN model was found to reproduce all measurements within a factor of ten, and subject ranking and quartile assignments were largely consistent ⁵.

However, an important feature of the CoZMoMAN model is that it does not only predict concentrations at the time of sampling, but all the way back in time until the woman was born. A key finding was that the predicted historical trend in exposure varied significantly between individuals, and particularly in the predicted timing of peak concentrations experienced in earlier years (prior to blood sampling). The dynamic feature of CoZMoMAN model thus makes it feasible to estimate past historical exposures of individuals, including possible sensitive time windows in terms of exposures in the context of potential health effects. This feature was further explored by colleagues at UNN ⁶ who

predicted past exposures using CoZMoMAN in a study on the effect of POPs on Type 2 diabetes mellitus (T2DM) in individuals. However, these results did not support a simple association between T2DM and model predicted concentrations of PCBs⁶.

New model developments

The CoZMoMAN model was developed at NILU in close collaboration with scientists from University of Toronto and Stockholm University. A deliberate restriction of this model in terms of complexity at the time of development and thereby also realism, is that it is non-spatially resolved and rather focussed on the complexity of accounting for all processes (abiotic and biotic) which are assumed significant for human exposure to POPs occurring through the environment. However, recognizing that POPs are global pollutants, the original CoZMoMAN suffers from not being able to explicitly account for long-range environmental transport and thereby differentiate between sources of POPs from within versus outside the model domain. From a policy perspective, this is a regrettable shortcoming as an evaluation of rational control strategies in Nordic countries calls for a better understanding of the relative importance of e.g. national emissions versus inflows by long-range transport in controlling contaminant burdens.

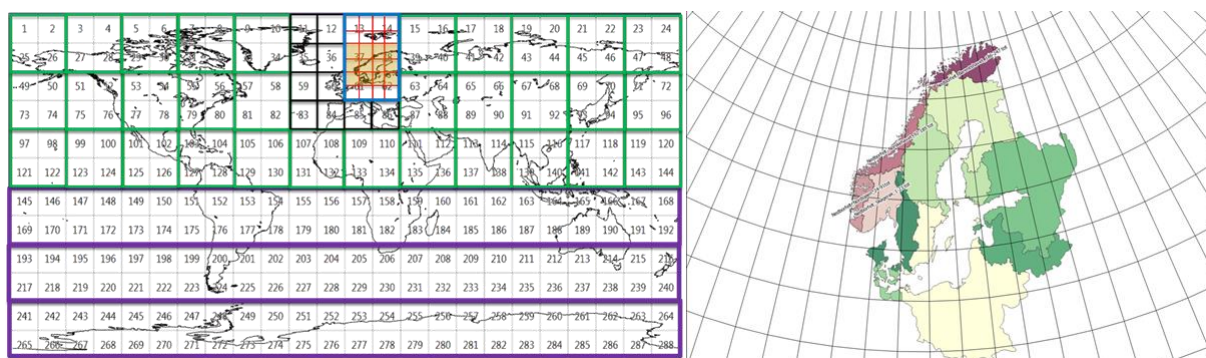


Figure 2: Illustrative steps towards the new Nordic Exposure Model, which will build upon features from the BETR Global model to account for the global dimension⁷, the POPCYCLING-Baltic model previously developed for the Baltic Sea drainage basin in a NILU-led EU project⁸, as well as CoZMoMAN¹. For the physical environment, enhanced spatial resolution will be explored for the Nordic region (left). While the atmospheric compartments will rely on a gridded structure with variable resolution (left), the terrestrial environment will reflect major drainage basins (right). Predicted concentration in exposure-relevant media will ultimately be used to predict uptake in the human food-chain.

As AMOM represents a strategic research initiative, initial efforts were made to explore and evaluate opportunities for alternative modelling strategies to better account for the global behaviour of POPs while at the same time keeping a focus on the Nordic environment as our target region. In discussion with our international collaborators, this resulted in the submission of a joint grant research proposal which received funding through the competitive “Økosystem” call (NFR 244298/E50). The new project aims to greatly expand and further improve the CoZMoMAN modelling tool in synergy with AMOM to explicitly account for possible global transport of POPs on environmental and food-chain exposures in the Nordic and Arctic region. Major efforts are currently ongoing on model development and parameterisation of the new modelling tool (Fig 2). It is our hope that the Nordic Exposure Model may be an important scientific tool for interpretation of observations of organic contaminants in both the abiotic and biotic part of the Nordic and Arctic environment, as well as a

policy-oriented tool to help assess rational control strategies in the future for both legacy POPs as well as organic contaminants of emerging concern.

ChemInAir –Characterization of the Chemical composition of Non-industrial Indoor Environment

Varighet: 01.01.2015 – 21.12.2019

Budsjett: 1,5 MNOK

Bakgrunn

Luftforurensning utendørs og innendørs representerer et betydelig folkehelseproblem. Verdens Helseorganisasjon (WHO) publiserte nylig nye resultater om overdødelighet knyttet til luftforurensning i verden. På verdensbasis kan 7 millioner dødsfall knyttes til felles effekter av innendørs og utendørs luftforurensning i 2012. Selv om risikoen er størst i andre land og verdensdeler, utløser også dagens nivåer av luftforurensning i norske byer og tettsteder betydelige helseeffekter. Luftforurensning kan både utløse og forverre sykdommer, først og fremst i luftveiene og hjerte-karsystemet. Nyere forskning gir stadig sterkere holdepunkter for at luftforurensning også kan påvirke nervesystemet og øke hyppigheten av sykdommer som diabetes og lungekreft.

Det har i lang tid vært stort fokus på utendørs luftforurensning både på forskningsfronten og blant beslutningstakere. Forurensende stoffer i innemiljø har derimot fått langt mindre oppmerksomhet til tross for at befolkningen i Europa oppholder seg 80-90% av tiden innendørs og forurensningsnivåene innendørs i mange tilfeller er langt høyere enn utendørs.

Det foreligger lite systematiske målinger og studier av luftkvaliteten i norske bygg. Samtidig vet vi at den kjemiske sammensetningen i inneluften har endret seg dramatisk de siste 30-40 år, blant annet som følge av avgassinger fra nye bygningsmaterialer/produkter (for eksempel malinger, lim, sparkel, laminat, veggplate og isolasjonsmaterialer), ulike forbrukerartikler (rengjøringsmidler, tekstiler, kosmetikk) og interiør. Disse produktene inneholder både kjente kjemikalier og nye ukjente kjemikalier som kan ha helse- og miljøskadelige egenskaper. Flere studier viser at konsentrasjonen av en rekke helseskadelige stoffer er langt høyere innendørs enn utendørs. Det er derfor stort behov for å få bedre forståelse for den kjemiske sammensetningen i inneluften, både med hensyn til type stoffer, nivåer, kilder og variabilitet mellom bygningstyper.

I tillegg vil mange av de miljøgiftene vi finner i utemiljø komme fra produkter/materialer som brukes i byggsektoren og fra forbrukerprodukter. Dette betyr at mange nye potensielt helse- og miljøskadelige stoffer vil kunne oppdages og identifiseres på et tidligere stadium ved å gjennomføre screening studier i innemiljø.

Mål for prosjektet

Målet med ChemInAir-prosjektet er å utvikle metoder og verktøy for å:

- Få mer kunnskap om den kjemiske sammensetningen av innemiljø i boliger og yrkesbygg
- Studere kjemiske reaksjoner som finner sted i inneluft

Prosjektet vil fokusere på å utvikle målemetoder som egner seg til måling av kjemiske komponenter i inneluft og som kan benyttes i omfattende kartlegginger av innemiljøet og i epidemiologiske studier. Metodene som skal utvikles skal ta lite plass, være støysvake, rimelige og egnet til å kvantifisere en rekke komponenter som f.eks. flyktige organiske forbindelser (VOC), semi-flyktige organiske forbindelser (SVOC), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), flammehemmere og ftalater.

Sammendrag av aktiviteter og resultater i 2015 og planer for 2016

I 2015 er det fokusert på følgende hovedaktiviteter

1. Utvikling av en ny inneklimateparameter som mål på kjemisk reaktivitet
2. Metoder for prøvetaking og analyse av SVOC i inneluft

Utvikling av en ny inneklimateparameter som mål på kjemisk reaktivitet

Flyktige organiske forbindelser (VOC) er kjemikalier som brukes i bygningsmaterialer og i en rekke produkter som er vanlige i innemiljø fra møbler, rengjøringsprodukter, tekstiler og hygieneprodukter. "Flyktig" betyr at disse kjemikalierne fordampes eller kan lett komme ut i luft ved romtemperatur. "Organisk" betyr at disse kjemikalierne er karbonbasert. En viktig undergruppe av VOC-er er semi-flyktige organiske forbindelser (SVOC) som har høyere molekylvekt og høyere kokepunkt-temperatur enn andre flyktige organiske forbindelser.

VOC og SVOC i innemiljøet opptrer dels i gassfase og dels på overflater innendørs eller på overflaten av små luftbårne partikler (Weschler et al. 2006). Mens VOC i stor grad opptrer i gassfase, vil SVOC finnes både i gassfase og på overflater i innemiljøet og på overflaten av små luftbårne partikler som kan pustes inn.

Både VOC og SVOC kan inngå i kjemiske reaksjoner som både kan fjerne enkelte forurensningskomponenter, og være kilde til nye forurensningskomponenter (sekundære komponenter). Det er derfor viktig å få bedre forståelse for de kjemiske prosessene som involverer disse komponentene.

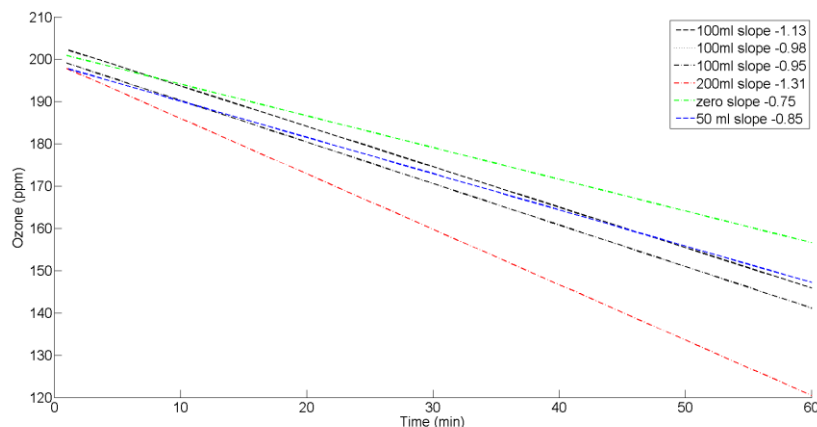
Den kjemiske sammensetningen av inneluften har endret seg mye de siste ti-årene etter innføringen av VOC direktivet (Directive 2004/42/EC) som regulerer bruken av VOC i malingsprodukter. Dette har medført økt bruk av mindre flyktige organiske forbindelser (SVOCs), som har bidratt til at det nå er større fokus på hvordan SVOC påvirker luftkvaliteten innendørs.

Fokuset på energisparing i byggsektoren gjør at de fleste nye bygg og boliger nå benytter mekaniske ventilasjonssystemer. Dette vil gjøre at ozon og nitrogendioksider i uteluften i større grad enn tidligere dras inn i byggene og medfører høyere nivåer av disse komponentene innendørs. Disse reaktive gassene kan reagere med både VOC og SVOC i inneluften og danne ultrafine partikler og ulike radikaler som kan være helseskadelige.

Siden det er dyrt og tidkrevende å kvantifisere enkeltkomponenter (både VOC og SVOC), er det ønskelig å se om man kan definere en enkel inneklimateparameter som kan være et godt mål på mengden VOC/SVOC i inneluften, og dermed et grovt mål på hvor reaktiv inneluften er.

I ChemInAir er det i 2015 gjort noen innledende forsøk for å undersøke om nedbrytning av ozon kan være en egnet parameter. Dette er gjort ved at man har tilsatt ulike konsentrasjoner av VOC inn i et kammer med kjent ozon-konsentrasjon og målt hvor raskt ozonkonsentrasjonene avtar ved hjelp av mikro-sensorer. Forsøkene viser at reduksjonen i ozon-konsentrasjonen avhenger av konsentrasjonen av de reaktive komponentene (VOC) som tilsettes, se Figur 1.

Siden resultatene fra testene i 2015 var så lovende, vil det i 2016 utvikles et automatisert oppsett for å variere mengdene av VOC inn i kammeret med kjent ozonkonsentrasjon. Dette vil gjøre det mulig å kjøre tilsvarende tester for de vanligste VOC-er i inneluft. Målet med forsøkene er å lage en «baseline» for den nye inneklimateparameteren.



Figur 1: Figuren viser hvordan ozonkonsentrasjonen reduseres over tid når den eksponeres for ulike konsentrasjoner av metylbuten.

Metode for prøvetaking og analyse av SVOC i støvprøver

For å kunne gjennomføre systematiske målinger av den kjemiske sammensetningen av inneluften, kreves det målemetoder som egner seg for bruk i innemiljø. Mange av instrumentene som benyttes i dag er lite egnet for denne type studier fordi de er store, støyer mye, krever store luftmengder og er svært kostbare. Det er derfor behov for å utvikle standardiserte metoder som egner seg til bruk i omfattende målekampanjer for kartlegging av innendørs luftkvalitet.

Forskning på SVOC-er i innemiljøer begrenses i dag av mangelen på standardiserte prøvetakingsmetoder. Bruk av forskjellige metoder og målestrategier gjør det vanskelig å sammenligne datasett og resultater fra ulike studier.

Et hovedmål for ChemInAir er derfor å teste og validere prøvetakingsmetoder og målestrategier for måling av SVOC i luft og støv i innemiljøer. Metodene som skal testes skal være enkle og i liten grad forstyrrende for dem som oppholder seg i bygget/boligen. I tillegg er det viktig å videreutvikle og validere eksisterende metoder som benyttes for å analysere luft- og støvprøvene for å oppnå tilstrekkelig følsomhet for nye SVOC-er. Det er et overordnet mål at arbeidet som utføres i ChemInAir vil bidra til å få etablert internasjonale standardiserte metoder for prøvetaking i innemiljø.

I 2015 er det gjennomført flere studier for å teste og validere metoder for prøvetaking og analyse av SVOC. I tillegg er flere nye studier påbegynt eller planlagt startet i 2016. Her gis en kort beskrivelse av de ulike studiene.

Studie I: Fordeling av SVOC i luft og støv

SVOC i innemiljøer forekommer både i luft (gassfase og partikkelfase) og i støv (gulv, vindu, andre overflater). Kunnskap om hvordan fordelingen er mellom disse matrisene er viktig for å kunne lage korrekte prøvetakingsstrategier.

For å studere dette har NILU sammen med RECETOX (Research Centre for Toxic Compounds in the Environment, Tsjekkia) gjennomført en studie i en bolig der man så på fordelingen av SVOC mellom luft og støv. I tillegg evaluerte man prøvetakingsstrategier for fem ulike SVOC-klasser, inklusive regulerte persistente organiske miljøgifter (POPs) og ikke-regulerte miljøgifter (som fortsatt er i bruk).

Prøvetakingen ble utført i 2014, mens dataanalyse og artikkelskriving ble utført i løpet av 2015. Prøvetakingen inkluderte lav/medium-aktive prøvetakere, polyuretan skum (PUF) passive prøvetakere, støvsugere og wipes (vindu samt overflater), se Figur .

Resultatene viste at de regulerte SVOC-ene var i likevekt mellom de ulike matrisene mens SVOC-ene som ikke er regulert og/eller er fortsatt i bruk ikke har oppnådd likevekt mellom matrisene. For prøvetaking betyr resultatene at en matrise kan brukes for å estimere nivåene i de andre matrisene for de regulerte SVOC-ene, mens en kombinasjon av støv og luftprøvetaking må brukes for SVOC-er som fortsatt er i bruk. Resultatene fra studien skal publiseres i det vitenskapelige tidsskriftet Chemosphere og artikkelen er nå til sluttrevisjon (mindre endringer gjenstår).



Figur 2: Prøvetaking i studie 1: Fordeling av SVOC i luft og støv

Studie II: Test av passive prøvetakere med PUF

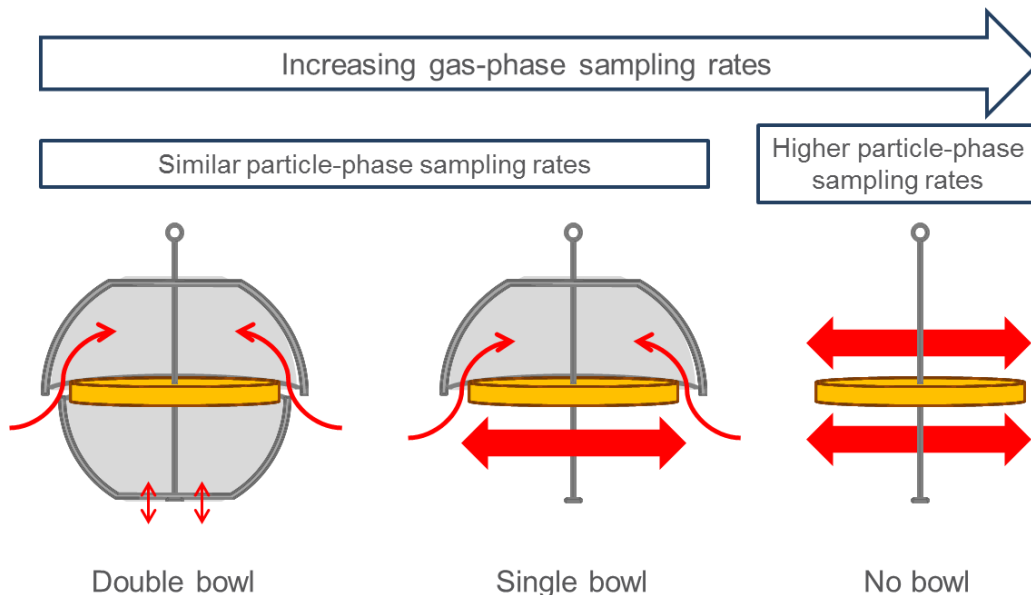
Passiv luftprøvetaking med PUF er den mest brukte prøvetakingsmetoden for SVOC-er i innemiljøer. Passiv prøvetaking gjør innemiljømålinger mye lettere og PUF er brukervennlig både i felt og i laboratoriearbeid. PUF enheten plasseres vanligvis i en metallbeholder som kontrollerer opptaket av miljøgifter i prøvetakeren. Dette er spesielt viktig i utendørsmiljøer der miljøfaktorer som vind, nedbør og sollys kan påvirke prøvetakingen. I innemiljøer er det bedre å ikke begrense luftbevegelser rundt PUF-enheten med en slik beholder. Til tross for dette har utendørsmodellen ofte blitt brukt i innemiljøer.

For å evaluere hvilken type beholder som bør brukes i innemiljø har NILU, sammen med RECETOX, utført en studie i ett kontorbygg. I dette studiet ble PUF-prøvetakere med tre typer beholdere testet: i) dobbel; ii) enkel; og iii) helt uten beholder (Figur).

I henhold til teorien bør opptaket av komponenter i gassfase øke når man går fra dobbel til enkel beholder og videre fra enkel beholder til ingen beholder. Motsatt bør opptaket av komponenter i partikkelfasen være størst når det ikke brukes beholder (Figur). Som referansemetode bruktes det aktiv luftprøvetaking. Studien inkluderte regulerte POPer som polyklorerte bifenyl (PCBs), klorerte plantevernmidler, polybromerte difenyletere (PBDEs), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAHs), samt ikke-regulerte flammehemmere (bromerte (NFRs) og fosfororganiske (OPFRs)).

Data fra studien er under evaluering på NILU. Preliminære resultater viser at opptaket av komponenter fra gassfase øker med redusert beskyttelse, men at også variabiliteten/usikkerheten øker med redusert beskyttelse – spesielt når man sammenligner enkel beskyttelse mot ingen beskyttelse. Dette tyder på at den optimale designen av PUF-PAS for innemiljømålinger er en enkel beskyttelse.

Resultatene fra studien skal publiseres i et vitenskapelig tidsskrift. Publikasjonen er under utarbeidelse og planlegges innsendt i løpet av 2016.



Figur 3: Figuren viser de tre typene beholdere som ble testet og illustrerer hypotesen for opptak av komponenter fra gassfasen.

Studie III: Test av to passive prøvetakere og to støvprøvetakere

I en pågående studie skal man teste og evaluere bruken av to typer passive prøvetakere (PUF og XAD), samt to typer av støvprøvetakere (støvsugere og wiperes). Prøvetakerne skal brukes til å måle et større antall ikke-regulerte SVOC-er som er viktige i innemiljøer (fluorerte komponenter, bisfenoler, ftalater m.fl.).

Studien startet i 2015 med prøvetaking i kontor, laboratorier og lagerrom. Prøvene vil bli analysert i 2016, men analysen krever utvikling og validering av nye analysemetoder som er en del av arbeidet i ChemInAir-prosjektet.

Det er ønskelig å finne fram til en metode som kan anvendes på alle SVOC-klasser, inklusive regulerte POPs og ikke-regulerte SVOC-er (som er fortsatt i bruk). I 2015 ble en analysemetode for uttesting og validering av nye bromerte flammehemmere (NBFR) og fosfororganiske flammehemmere (OPFR) utviklet. Som del av valideringen av denne metoden, ble en støvprøve fra en global laboratorieinterkalibrering (InterFlab II) analysert og rapportert. Resultatene fra interkalibreringen foreligger ikke enda, men vil bli verdifull for evaluering og videre utvikling av metoden.

Studie IV: Validering av støvprøvetaking

Denne studien vil se på hvordan man best tar støvprøver og det vil gjennomføres tester av en rekke ulike prøvetakingsmetoder. I tillegg vil man se på hvor man bør ta støvprøver for å få et representativt bilde på nivåene i et bygg. Denne studien begynner i sluttet av 2016 og skal også forgå i 2017. Dette arbeidet vil bli gjort i samarbeid med RECETOX og NORMAN nettverket (<http://www.norman-network.net/>).

OrgSpec - Speciation and quantification of emerging pollutants

Duration: 01.01.2011 – 31.12.2015

Annual Budget: 1,7 MNOK

Background

Analysis of complex mixtures in environmental samples is an extremely difficult task. In most cases, sample matrices require a complex sample preparation. Following that, ultra trace analytical methods are developed for specific groups of substances. This traditional targeted approach provides excellent sensitivity and reliable identification and quantification of the analytes. However, unknowns and untargeted substances have been overlooked even when present at high concentrations. Therefore, suspect and non-target screening methods are increasingly realized as an important tool in environmental chemistry. For organic pollutants, two complementary techniques have shown to be important and relevant. For the lipophilic and non-polar compounds, GC-based techniques like GCxGC-MS-ToF and GC-QToF, are best suited, whereas for the more polar compounds, LC-techniques normally give the best results. Both approaches were tested for a long range of different compounds in the OrgSpec-SIS.

The project

In the first years of OrgSpec, a major focus was given to study of ambient air samples from the Arctic that were analysed on potential new persistent organic pollutants (POPs) by GCxGC/ToF-MS. The samples were analysed for contaminants (e.g. chlorinated and brominated organics, PAHs, PAH analogs and nitro compounds) by applying advanced data filtration tools (VB Scripts). This technique allows detecting of compounds without a commercially available library of known mass spectra. The mass spec library, however, was used either to identify the detected compounds or to determine if further investigation was needed to identify the detected compounds. In addition, the samples were also examined for potential new contaminants that were proposed by modelling approaches. By evaluating the model results, this can help to improve the quality of the available models, as well as develop highly sensitive non-target screening methods for the identification of hitherto unknown POP-like chemical residues in the environment.

In the later years, more focus was given to more polar compounds like pharmaceuticals, personal care products, and a huge range of industrial chemicals. Based on the application of LC/ToF and LC/Q-ToF techniques, a similar non-target screening approach was developed for these compounds of higher polarity. The separation capacity of even the most advanced LC-chromatography cannot be compared to GCxGC-separation. Furthermore, LC-MS-techniques are restricted by mass spectra with less structural information. Therefore, it is necessary to apply a more complex and time-consuming data treatment. In many cases, the structure of the compounds are only tentatively assigned and more research is needed to confirm the identity of the compounds.

During the last years, these techniques were used in a remarkable number of projects for Norwegian Environment Agency (Miljødirektoratet), Research Council of Norway (NFR), Norwegian Polar Institute, ØKOKRIM, other research institutes and different private organizations and customers. Non-target screening has proven to be a practical and useful tool for identification of unknown or new emerging environmental pollutants. It was possible to identify a huge number of new or earlier unrecognized contaminants in different environmental samples. The following compound classes were identified and partially quantified in these studies: pharmaceuticals and personal care products (PPCP) including perfumes and biocides, polymer additives and other compounds used in technical applications including bisphenols, phthalates/adipates, antioxidants, benzothiazoles/triazoles, pesticides, halogenated compounds (prevailing chlorinated and brominated compounds), and flame retardants (both halogen and phosphorous containing FRs).

Many of these compounds have been classified as of environmental or health concern. These environmental or health concerns enforce reaction of the public, the marked and restrictions by national and international authorities. In most cases, however, these restricted compounds are replaced with compounds of similar technical properties, which often means also similar chemical, environmental, and health properties. Bisphenol A (BPA) for examples was recognised as an endocrine disruptor and there are concerns over its potential impact, particularly on the health of children and the environment. BPA was permitted for use in food contact materials in the European Union (EU). Recently, the restrictions on the use of BPA have forced the polymer industry to replace BPA with bisphenol S (BPS) in thermal paper and other products. Bisphenol F (BPF) and bisphenol B (BPB) are possible replacements in the production of epoxy resin and polycarbonate, and have already been detected in canned foods and soft drinks. In addition to these analogues, Bisphenol AF (BPAF) is used in the manufacturing of phenolic resins or fluoroelastomers. Based on analytical techniques developed under OrgSpec NILU in collaboration with NIVA studied replacements of BPA. Bisphenol F (4,4'-BPF and 2,2'-BPF), bisphenol AF (BPAF), bisphenol BP (BP-BP) and bisphenol S (BPS) were detected in comparable concentrations in effluent, sludge, leachate, sediment and biological

samples. These bisphenols have a structural similarity to BPA and unfortunately, may have the same health effects as BPA.

Organophosphorous flame retardants and plasticizers (PFRs) are frequently used as additives in hydraulic fluids, lubricants, floor polishes and as an anti-foaming agent. Chlorinated PFRs have been shown to be carcinogenic. Negative effects on humans and also on aquatic organisms have also been shown for the aromatic PFRs such as TCP and DCP. PFRs have been detected in indoor and outdoor air, even in air in Arctic region such as Svalbard. PFRs are readily found in water from sewage plants, river water and sediments in close connection to urban areas. Analytical techniques were developed under OrgSpec NILU for 15 different PFRs, three chlorinated, 4 aromatic and 8 alkyl organophosphates for two different analytical techniques (GC-MSMS and LC-MSMS). Biota, water and sediments samples from the Arctic, terrestrial and urban environment have been reported where there have frequently been detected PFS such as TCEP, TCPP, TnBP and TBEP.

New techniques developed under the OrgSpec-SIS qualified NILU in performing a screening study for Norwegian Environment Agency for contaminants of emerging concern. The overall objective of these programs are to establish the occurrence and environmental impact of these new persistent organic pollutants in marine and freshwater environments, with particular focus on their potential to bioaccumulate.

For a fast and effective development of the suspect and non-target screening approach, a strong international cooperation is required. NILU is collaborating in this field with other Norwegian, Scandinavian, and European universities and institutes. Most important during the last years, was the collaboration with NIVA in Oslo with common research projects, NMBU in Ås with common PhD students and with Umeå University. To improve the exchange of ideas, information, data, and mass spec libraries, NILU has also become a leading member of the European NORMAN network (Network of reference laboratories, research centres and related organisations for monitoring of emerging environmental substances).

The OrgSpec-SIS has proven that non-target screening is a practical and useful tool for identification of unknown or new emerging environmental pollutants. It is possible to identify huge numbers of new or earlier unrecognized contaminants in different environmental samples.

REEs-PGM - Rare Earth Elements (REEs) and Platinum Group Metals (PGM): Application in new technologies and environmental and human health implications

Duration: 01.01.2015 – 31.12.2019

Budget 2015: 1,656 MNOK

Description of the project and objectives

The main objective of the SIS REEs-PGM project is to increase the understanding of environmental and human health implications of REEs and PGM used in new industrial technology applications. To reach its main objective, the SIS-project aims at generating knowledge on global and regional flows of REEs (Rare Earth Elements) and PGM (Platinum Group Metals) applied in technologies, how they are being released to the environment from their entire value chain (from extraction, processing,

production, use, and end-of-life treatment) and how they subsequently affect environmental concentrations and risk of human health damage. Development of a methodology for Material/Substance Flow Analysis (MFA) of these materials, in combination with the development of sampling and analytical techniques for environmental studies of contamination levels, is central to the project. Baseline concentrations of these metals identified along the material flows will provide a basis for future studies of possible changes in environmental concentrations.

Background

REEs (lanthanum, cerium, praseodymium, neodymium, promethium, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium, lutetium, scandium and yttrium) and PGMs (platinum, palladium, rhodium) are two groups of trace elements that are being used in industrial technology applications, such as in the electronics, magnet and battery production, satellite components, military devices, food and energy production, etc. High-technology and environmental applications of several of these metals have grown dramatically in diversity and importance over the last past decades. They are essential for global economic growth as modern technologies rely on these. At the same time, information is now becoming available on human health implications of production and use of these inorganic pollutants, particularly on their relation to infectious diseases (Pacyna et al., 2014; Ackland et al., 2014).

Since most of the global supply of PGMs and REEs originates from a few exploitable ore deposits, and further from the fact that most of them are difficult to extract in an economically viable and environmentally sound manner, most countries depend on their imports. China has become the major producer of many of the metals of concern, resulting from relatively low exploitation costs, particularly in terms of labour and regulatory costs, and in combination with technology transfer from industrialized countries. World economies at growth, particularly material-intensive emerging economies and heavy populated developing countries, will drive the demand for metals in the coming years and may lead to a pressure on availability as well as to various product's value chain, including waste handling systems. Increasing dependency is thus becoming an important issue for scientists and policy-makers as future market scarcity becomes an issue. The Norwegian debate on the possibilities for nationally extraction of minerals reflects this. In particular, it is expressed interest in the mineral resources existing in Fansfeltet in Telemark (Nb, Th and REEs), Høgtuva in Nordland (Be and REEs) and Biggejavri in Finnmark (Be and REEs).

The methodology for assessing the charge of metals to the environment due to their production and various uses, has improved significantly the latest years. Current methodology leans on the application of life cycle methodologies such as MFA. Several research groups have formed to perform such analysis. An example is the Stocks and Flows Project (STAF) at the Centre for Industrial Ecology of the Yale University in the U.S. The STAF project has been involved in evaluating current and historical flows of specific technologically important materials, determining the stocks available in different types of reservoirs and the flows among the reservoirs, developing scenarios of possible futures of metal use, assessing metal supply and demand, and assessing the metal emissions to the atmosphere (e.g. Rauch and Pacyna, 2009). Although some studies exists on emerging elements (e.g. Graedel et al., 2013), such analysis is very limited for REEs and PGM as groups of trace elements.

Resent environmental concerns with REEs and PGM mainly links to mining activities. Little or no attention are being paid to their whole value chain and their environmental fate, i.e. all the way from mining (including by-products and tailings) to processing, production of products containing these

metals, use, end-of-life treatment and environmental transport and fate. There is a need for a holistic system perspective for identifying and reducing environmental and human health risks of these elements. Before recommending any emission abatement options, it is necessary to establish methods for benchmarking environmental concentrations as well as for verification of the expected environmental benefits from introducing various sets of measures. At present, this is a challenging task because determination of REEs and PGM in environmental samples links to concentration levels that are usually low and highly sensitive and selective analytical methods are required. In addition, environmental research involves analysis of a vast variety of samples with complex matrices making sample preparation very demanding. Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) has a leading role as an analytical technique for determination of REEs and PGM because of its high sensitivity (ppt level) and multi-element capability. Using ICP-MS, dissolution of the samples is furthermore most often required. This is not a straightforward process when it comes to PGM, which are difficult to dissolve. Accurate determination of REEs and PGM by ICP-MS is complicated from the low concentrations and the occurrence of many spectral and non-spectral interferences.

Activities performed and results achieved

The activities performed within the first year of the SIS-project have mainly focused on literature reviews on REEs and PGM global production and use, on environmental effects and on analytical methods. The work has in addition focused on methodology development. The following SIS-project activities and achievements can be reported for the period:

- Literature studies have been performed on the following:
 - Global mining, separation, fabrication, manufacturing, use and waste management of REEs and PGM. An historical overview of global rare earth oxides production and PGM can be observed in figure 1.
 - Environmental effects of REEs and PGM, -their attributes, mobility, bioavailability, toxicity, and bioaccumulation. The literature studies indicate the areas of environmental concern and help decide what type of samples that should be in focus throughout the project.
 - Analytical methods and sampling matrixes build-up as well as on various separation techniques. Sampling matrixes are tested on reference materials.
- A database is under development to accommodate collected- and estimated information on the global and regional occurrence, material flows, and technical applications of REEs and PGM.
- A systems perspective methodology for establishing global and regional MFA on REEs and PGM is developed and is further being designed for use in decision-making and environmental policy development.
- Work has been conducted on compiling baseline data of REEs and PGM concentrations from the national-wide moss survey, involving four decades of data collection. A geographical map has been made from the obtained information on the background concentrations of REEs (figure 2). From simplified statistical analysis, it was concluded that REEs to a large degree correlates with each other and to a certain degree with Lithium and Aluminium, -likely to originate from local ground particles. The analysis shows that Europium separates from the rest of the other REEs, but shows at the same time significant correlation with Barium.

- Fieldwork was conducted in form of moss sample collection nearby an industrial area in Kyrksæterøra.

With regard to dissemination, the main activities have included participation in the international Goldschmidt 2015 conference in Prague and the arrangement of a mini-seminar on REEs and PGM with invited scientists at the Norwegian University of Technology and Science (NTNU):

- Kyrre Sundseth, Jozef M. Pacyna and Elisabeth G. Pacyna. New Technologies Using Trace Metals of Concern. Goldschmidt 2015. Prague 20th of August, 2015. Environmental Geochemistry, Session 04e.
- NTNU mini-seminar at the Chemistry Department at NTNU. Trondheim, October 9, 2015.

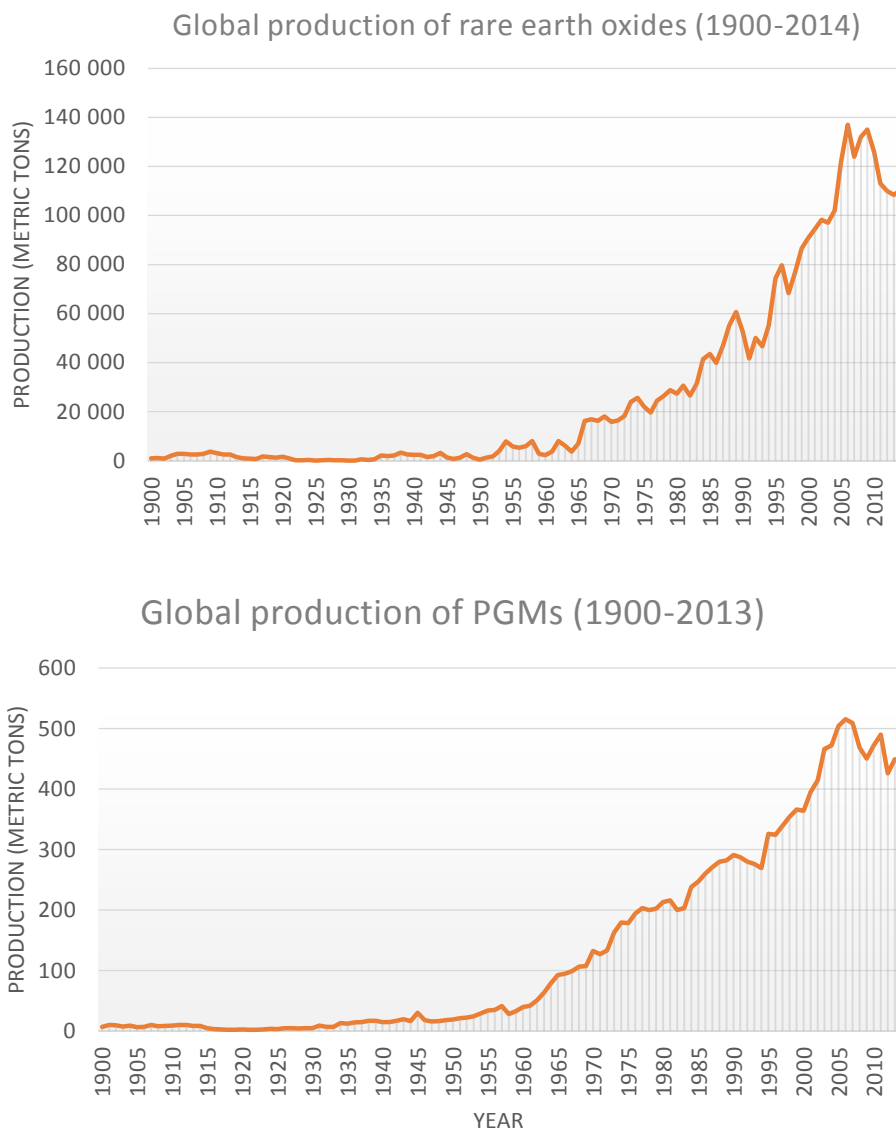


Figure 1: Historical global production of rare earth oxides (upper image) and PGM (lower image), based on USGS data.

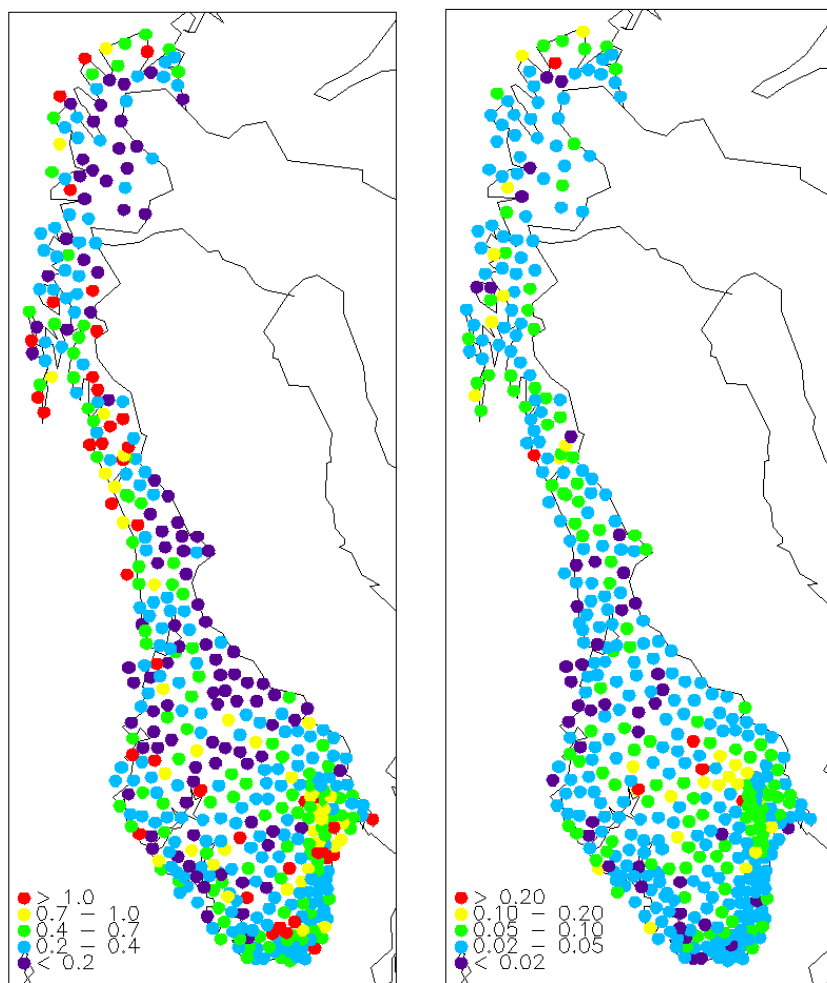


Figure 2: Lanthanum (left) and Europium (right) analyzed in moss samples in Norway.

SACC - Strategic Aerosol Observation and Modelling Capacities for Northern and Polar Climate and Pollution

Duration: 01.01.2011 – 31.12.2015

Budget 2015: 1,667 MNOK

Background

Atmospheric aerosol has a wide range of effects relevant not only for scientists, but also at the policy making level and for the general public. Atmospheric aerosol particles influence climate by scattering incoming solar radiation back into space (direct climate effect, cooling), and absorbing infrared radiation emitted by the Earth surface, thus heating the atmosphere (semi-direct effect, warming). They also influence climate by increasing cloud reflectivity and lifetime (indirect effect, cooling). In the net balance, atmospheric aerosol particles exert a cooling forcing on climate. The 5th IPCC

assessment report identifies deficits in the understanding of the atmospheric aerosol climate effects as one of the most significant sources of uncertainty in climate predictions. Here, the deficits in understanding are significant for the direct aerosol climate effect, and even larger for the indirect aerosol climate effect. These uncertainties do not question the facts that climate has been warming, and that human activity is contributing significantly to this change. However, uncertainties in the magnitude of the atmospheric aerosol climate effect contribute significantly to the uncertainty in quantifying future climate change, and thus impact planning of mitigation measures.

Last, but not least, atmospheric aerosol affects human health by influencing the respiratory and cardiovascular system, leading to 300 000 premature deaths annually in Europe. While aerosol concentrations and properties are strongly influenced by local and regional sources in urbanised and industrialised areas, it is also transported on longer scales. Transport pathways go between the continents, but also pole-ward from the source regions at lower latitudes.

Strategic Relevance

The project answers the research needs specified in the relevant strategic documents, i.e. the “Prioritised research needs in the area of environmental management 2010 – 2015”, the 2009 – 2012 strategy of the Norwegian Research Council, and the Norwegian Parliament Announcement Nr. 30 “Klima for Forskning”:

- Better understanding of climate system, with focus on northern and polar latitudes, the effects of atmospheric aerosol, and changes in natural emissions
- Knowledge on long-range transported particulate matter (sources, chemical composition, effects) and consequences of climate change thereon
- Answer challenges on society posed by climate change, feed into national research focus on climate
- Foster international collaboration to meet challenges posed by climate change while underlining international excellence
- Extend capacities and competence in areas of strategic importance by building on areas where host institution is already strong
- Improve efficiency and international competitiveness by developing national and Nordic division of labour in climate research further while focussing on strong own areas of expertise/capacity building and national, Nordic, and international collaboration and networking
- Lasting effect of efforts by focussing on equipment and infrastructure (Forsk 2012), extend capacities for monitoring climate relevant parameters at Northern / polar latitudes for early detection of climate forcing and change signals
- Reduce uncertainty of climate predictions by focussing on largest uncertainty sources, aerosol-cloud interaction and the hydrological cycle

The project

The project-structure reflects the extreme range of atmospheric aerosol effects with scientific and social relevance. The project is organized in three work packages (WPs), each addressing a challenge identified as research priorities by the Norwegian Environment Agency and the Norwegian Research Council.

WP1: Observations Tailored to Assessing the Indirect Aerosol Climate Effect

To reducing the uncertainty of model-based climate predictions, where the uncertainties are caused by insufficient knowledge of the indirect aerosol climate effect, targeted, high-quality observations are needed. Corresponding observations are made by means of a Cloud Condensation Nucleus Counter (CCNC). Inside this instrument, an “artificial cloud” is generated, i.e. the air sample is exposed to conditions as it would experience by passing through a cloud. In this way, the influence of the aerosol particle phase on cloud formation can be studied even inside a surface in situ monitoring station. More specifically, the instrument counts the fraction of aerosol particles that are activated to cloud droplets, as a function of water vapour supersaturation the particles may be exposed to in a cloud. Data of this type are needed to test, verify, and improve the modules of climate models that describe the indirect climate effect of atmospheric aerosol in the model.

In the course of the project, CCNC measurements were established at Birkenes station, Norway’s atmospheric observatory in the South of the country, including operating procedures, quality assurance, and data reporting. In the frame of this project, it was also planned to collect observations from a corresponding instrument operated at Zeppelin station, Ny Ålesund, Spitsbergen, by the Korean Polar Institute, for archiving the data properly and making them available in the World Data Centre for Aerosol operated by NILU. This task revealed a shortcoming in the current data management infrastructure around Spitsbergen. A culture for open data sharing is not established in many research fields in Spitsbergen. Thus, collaborations depend critically on personal connections between scientists scattered around the globe, and means for enforcing an open data culture are lacking. This task will continue through NILU’s ongoing roles in the Svalbard Integrated Earth Observing System (SIOS) and Norwegian Scientific Data Network (NorDataNet).

The ability of an aerosol particle to act as cloud condensation nucleus depends on its size and chemical composition. Thus, observations of the aerosol particle cloud nucleation properties are combined with online measurements of the particle chemical speciation, preferably at the same time resolution. In collaboration with NILU’s ongoing Strategic Institute Project “Beskrive kilder, dannelsen og transport av kortlevde klimadrivere ved bruk av nye avanserte målemetoder» (SCLF), this has been achieved by means of installing a novel instrument in parallel, an “Aerosol Chemical Speciation Monitor”.

Feeding such advanced datasets on the indirect aerosol climate effect into a climate model to test and improve it is an elaborate process. Corresponding data from several stations need to be combined to derive systematic variations depending on aerosol type, and to give a systematic view of the dependence of cloud activation on particle chemical composition. To facilitate this, the project collaborates with partner stations in the EU-supported “Aerosols, Clouds, and Trace gases Research InfraStructure Network” (ACTRIS). The work on the result, an overview over the aerosol cloud

activation properties in Europe and its dependence on aerosol chemical composition, will continue after the end of this project.

WP2: Global Transport Pathways of Particle-Bound Air Pollution with Focus on Southern Polar Latitudes

In order to calculate and predict the *anthropogenic* climate effect of atmospheric aerosol particles, climate models need to be able to distinguish between their contribution and the climate effect of *natural* aerosol particles. The lack of a reliable benchmark on the magnitude of the climate effect of atmospheric aerosol particles in the pre-industrial state, i.e. largely undisturbed by human activity, constitutes one of the largest contributions to the uncertainty of current climate predictions (Carslaw et al., 2013). As an approximation for pre-industrial aerosol, it has been proposed to study the aerosol processes in the remaining most pristine conditions, such as Antarctica.

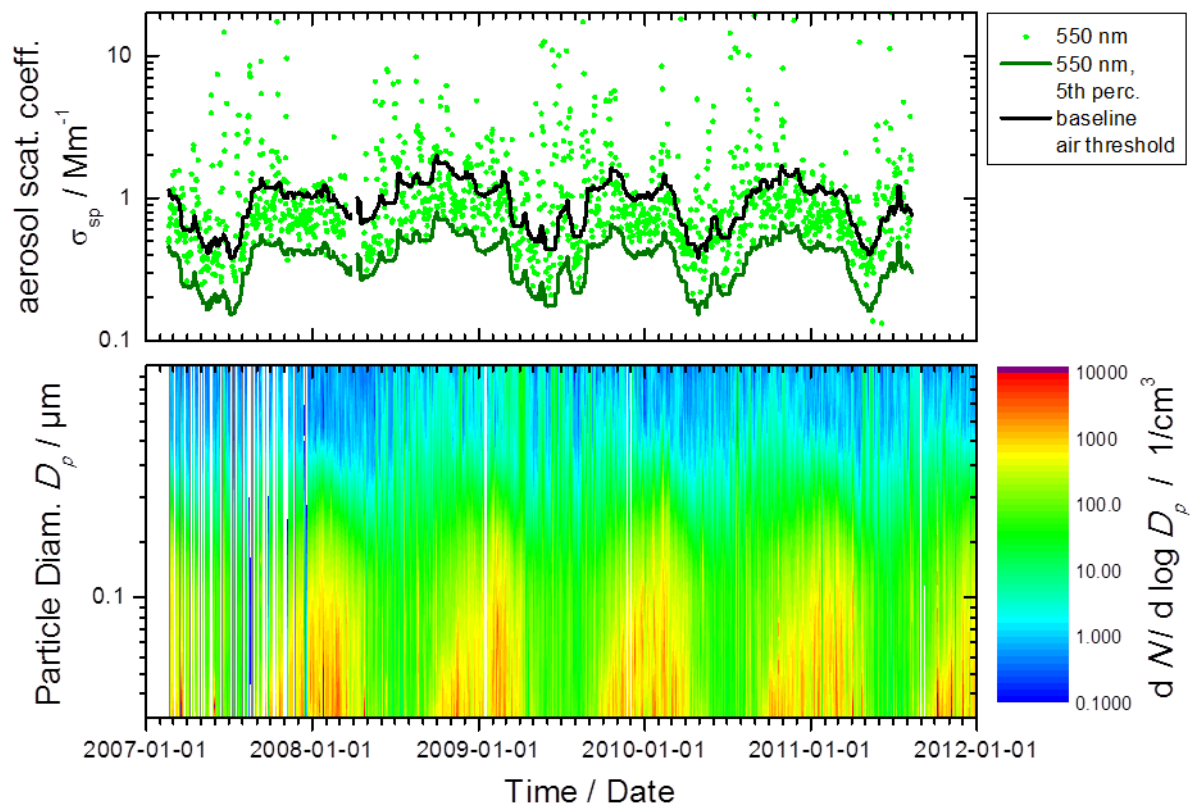


Figure 2-1: Time series of the particle scattering coefficient (at 550 nm wavelength, top) and the particle number size distribution (bottom) measured at Troll station, Antarctica, in the years 2007 – 2011. The graphs illustrate the annual cycle in the background aerosol, which was subject of investigation in the project.

To this end, this work package investigated the annual cycle exhibited by the physical and optical properties measured in the background aerosol at Norway’s Troll station in Queen Maud Land, Antarctica (see Figure 2-1). By connecting the measured physical properties with the optical ones using scattering theory, it was shown that the annual cycles in both sets are closely connected, i.e. the annual cycle in the optical properties is due to the annual cycle in the physical properties. By comparison with corresponding data collected at other Antarctic stations (South Pole and Dome C), it

was demonstrated that the observed annual cycle in the Antarctic background aerosol is a phenomenon common to the whole Central Antarctic Plateau and the air masses originating from there. The last step in the analysis made use of the Lagrangian transport model FLEXPART operated at NILU (Stohl et al., 2005). The model calculated the transport plumes backward in time for the air masses arriving at Troll station, and calculated the average light energy density the air masses were exposed to during transport. The light energy density was then correlated to the aerosol particle volume observed in the air mass to test the assumption that the aerosol particles in Antarctic background air are formed mainly by photo-chemical oxidation of gaseous pre-cursor substances. The analysis confirmed that the data are consistent with this theory. The transport calculations revealed also that Antarctic background air is transported upward either in tropical convective clouds or mid-latitude frontal systems to altitudes of the upper troposphere or lower stratosphere. From here, it is transported poleward at this altitude, and descends to the surface within the Antarctic high pressure system (Fiebig et al., 2014).

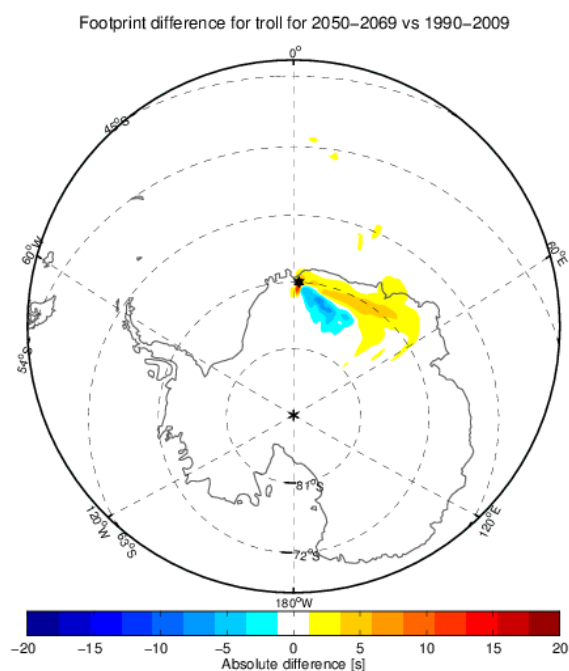


Figure 2-2. Map of absolute difference in surface source sensitivity for Troll station, comparing the period 2050-2069 to the period 1990-2009.

The last task of the work package consisted of extending the analysis into the future, and to investigate how atmospheric transport patterns to Antarctica in general and Troll station in particular will change in a changing climate. The analysis again made use of the FLEXPART transport model in backward mode, this time driven by wind fields predicted by the Nordic Earth System Model (NorESM) until the 2070s. The analysis studied the footprints of the transport plumes, i.e. the regions where the air arriving at Troll station resided in the boundary layer where it is potentially exposed to aerosol sources. The result, displayed in Figure 2-2, shows surprisingly little change of the transport patterns on the annual average. Only autumn and winter show slight increases of the potential source strength over the Southern Atlantic Ocean when comparing the years 2050 – 2069 to the years 1990 – 2009. Thus, the Antarctic continent will likely retain its rather pristine atmosphere even in a changing climate.

WP3: Past, Present, and Future Air Pollution Transport to Norway

Source attributions of climate forcing agents and pollutants are a prerequisite for emission policies. In Norway, there are two major stations monitoring a large spectrum of atmospheric trace constituents needed for a source attribution analysis: Zeppelin Observatory in Ny-Ålesund, Svalbard, and Birkenes Observatory at the southern tip of the Norwegian mainland. In the frame of this work package, the observatory at Birkenes was upgraded with observations of levoglucosan concentration, which is a tracer of biomass burning. It was intended to combine those with existing observations of microphysical, optical, and chemical atmospheric aerosol properties (EMEP supersite and WMO GAW station in 2009) in order to achieve the envisaged source attribution.

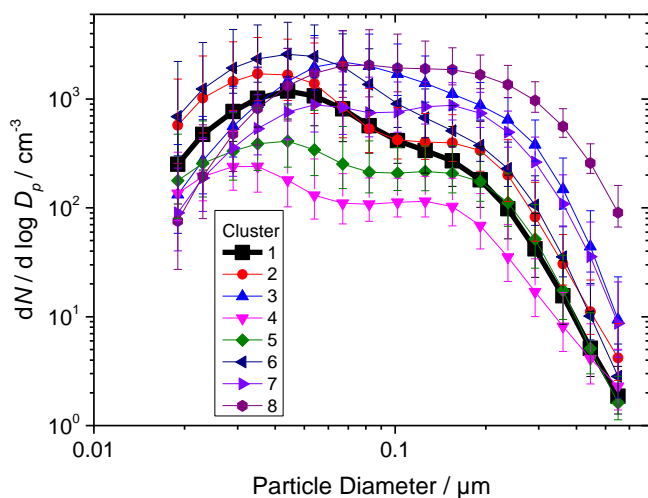


Figure 3-1. Mean aerosol size distribution from all years included (2010-2012) for all clusters identified in the cluster analysis.

Data from the years 2010-2012 were analysed by means of clustering tools combined with calculations of back trajectories for the whole data provided again by the transport model FLEXPART. For the cluster analysis, NILU used the k-means modules (kmeans, kmeans2) offered by the Scipy/Python tool set, the first of which enables the user to find the optimum number of clusters, while the second provides cluster labels for each data point.

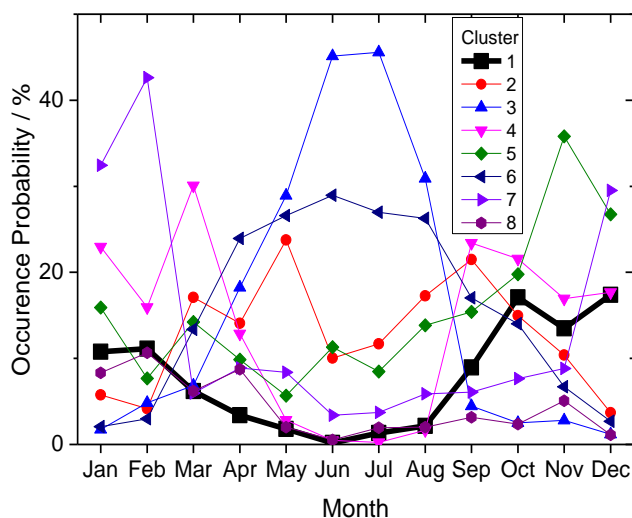


Figure 3-2. Mean monthly occurrence probability [%] from all years included (2010-2012) for all clusters identified in the cluster analysis.

Due to the largely differing time resolution of the aerosol data sets used (optical properties and size distribution: 1 hour, chemical compounds: 1 day), the analysis was performed in two steps, first only including the high-resolution data and secondly with high-resolution data averaged over one day and chemical compounds data. The high-resolution data analysis, utilizing three optical aerosol properties (550 nm scattering coefficient, 522 nm single scattering albedo, 450nm-700nm-Ångström coefficient) and the sub-micron particle number size distribution as physical aerosol property, resulted in the identification of 8 clusters. Figure 3.1 shows the size distribution for all 8 clusters, while Figure 3.2 shows the seasonal distribution of the frequency of the clusters. In the low-time-

resolution data, 6 more parameters describing the chemical composition of the aerosol particles (SO_4 , NO_4 , Na, NH_4 , K, and Ca) were included, while all data were gridded to a 1-day time resolution. Again, 8 clusters were identified at maximum, however, the residua from this analysis were larger. Our conclusion is, therefore, that adding information on the aerosol chemical composition at the expense of severely reduced time resolution does not provide additional information with respect to source attribution. This finding is significant since aerosol chemical composition is classically used by itself to attribute aerosol sources. At least for a boreal site such as Birkenes, online observations of physical and optical aerosol properties contain the same or even better information as chemical

composition, just with much higher time resolution. The online observations have lately been made available in near-real-time, i.e. between 1-3 hours from the time of measurement. Thus, the findings open for new air mass source attribution products that could be made available on the same schedule.

In order to identify the source regions of the clusters, back-trajectories were calculated for each time point included in the analysis, using the FLEXPART trajectory model. This analysis yielded 8 air mass types, including some with very well defined source regions in continental Europe, but also polar marine air masses, and those dominated by domestic heating (winter) or biogenic aerosol production (summer).

Figure 3-3 shows two examples of source regions for clusters as derived by FLEXPART, one for an aerosol type with a well-defined source region of limited geographical extent (Eastern Central Europe) and one with a source region of (semi-)continental extent (boreal Europe, possibly also other boreal areas).

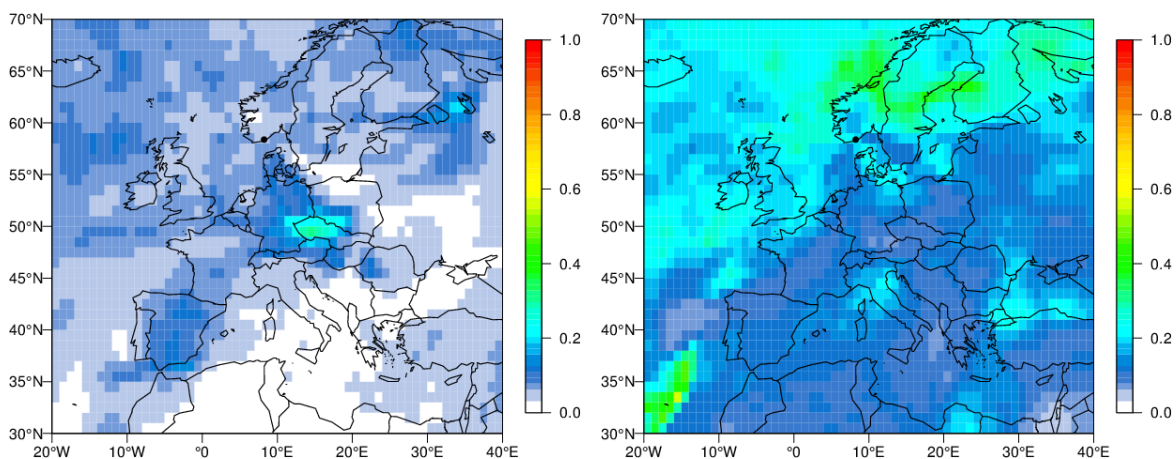


Figure 3-3: *Source region for cluster 1 (Eastern Central European and regional winter pollution; left panel) and cluster 3 (aged boreal summer aerosol; right panel) as calculated with the FLEXPART model.*

This positive result of the combined cluster and back-trajectory analysis will enable us to perform a much more comprehensive analysis including many EMEP stations. At the same time it underlines that chemical characterization only can contribute to this process, if one implements measurement techniques with clearly better time resolution.

In the last step of the analysis, NILU investigated how the transport pattern to Birkenes, representative for Southern Norway, will change in the future. To this end, the combination of the FLEXPART transport model, driven by wind fields forecasted by the NorESM climate model, was used

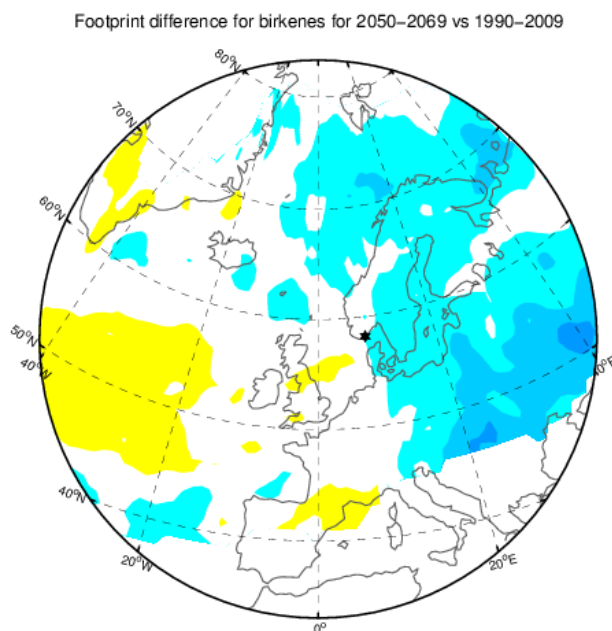


Figure 3-4: Map of relative difference in surface source sensitivity for Birkenes station, comparing the period 2050-2069 to the period 1990-2009.

to compare the average footprints of 2050 – 2069 to those of 1990 – 2009. The footprint is the region where the backward plume resides in the boundary layer, and is potentially exposed to surface sources. Figure 3-4 shows the relative difference map of this comparison on the annual average, with areas of low sensitivity removed. It is apparent that the source sensitivity increases over the North Atlantic and part of the United Kingdom, and decreases over Sweden, Finland, and Eastern Europe (Figure 3-4). Increasing source sensitivity over the ocean, a region with few pollution sources, will thus likely work together with decreasing emissions due to stricter regulation elsewhere in decreasing pollution transport to Southern Norway.

Publication list

Peer-reviewed:

- Asmi, A., Collaud Coen, M., Ogren, J.A., Andrews, E., Sheridan, P., Jefferson, A., Weingartner, E., Baltensperger, U., Bukowiecki, N., Lihavainen, H., Kivekäs, N., Asmi, E., Aalto, P.P., Kulmala, M., Wiedensohler, A., Birmili, W., Hamed, A., O'Dowd, C., Jennings, S.G., Weller, R., Flentje, H., Fjaeraa, A.M., Fiebig, M., Lund Myhre, C., Hallar, A.G., Swietlicki, E., Kristensson, A., and Laj, P. (2013): Aerosol decadal trends – Part 2: In-situ aerosol particle number concentrations at GAW and ACTRIS stations. *Atmos. Chem. Phys.* 13, 895 – 916.
- Beddows, D.C.S., Dall'Osto, M., Harrison, R.M., Kulmala, M., Asmi, A., Wiedensohler, A., Laj, P., Fjaeraa, A.M., Sellegri, K., Birmili, W., Bukowiecki, N., Weingartner, E., Baltensperger, U., Zdimal, V., Zikova, N., Putaud, J.P., Marinoni, A., Tunved, P., Hansson, H.C., Fiebig, M., Kivekas, N., Swietlicki, E., Lihavainen, H., Asmi, E., Ulevicius, V., Aalto, P.P., Mihalopoulos, N., Kalivitis, N., Kalapov, I., Kiss, G., de Leeuw, G., Henzing, B., O'Dowd, C., Jennings, S.G., Flentje, H., Meinhardt, F., Ries, L., van der Gon, H.A.C.D., Visschedijk, A.J.H. (2014): Variations in tropospheric submicron particle size distributions across the European continent 2008-2009, *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 8, 4327-4348.
- Collaud Coen, M., Andrews, E., Asmi, A., Baltensperger, U., Bukowiecki, N., Day, D., Fiebig, M., Fjaeraa, A.M., Flentje, H., Hyvärinen, A., Jefferson, A., Jennings, S.G., Kouvarakis, G., Lihavainen, H., Lund Myhre, C., Malm, W.C., Mihapopoulos, N., Molnar, J.V., O'Dowd, C., Ogren, J.A., Schichtel, B.A., Sheridan, P., Virkkula, A., Weingartner, E., Weller, R., and Laj, P. (2013): Aerosol

decadal trends – Part 1: In-situ optical measurements at GAW and IMPROVE stations. *Atmos. Chem. Phys.* 13, 869 – 894.

- Fiebig, M., Hirdman, D., Lunder, C.R., Ogren, J.A., Solberg, S., Stohl, A., Thompson, R.L. (2014): Annual cycle of Antarctic baseline aerosol: controlled by photooxidation-limited aerosol formation. *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 6, 3083 – 3093.
- Genberg, J., van der Gon, H.A.C.D., Simpson, D., Swietlicki, E., Areskoug, H., Beddows, D., Ceburnis, D., Fiebig, M., Hansson, H.C., Harrison, R.M., Jennings, S.G., Saarikoski, S., Spindler, G., Visschedijk, A.J.H., Wiedensohler, A., Yttri, K.E., Bergstrom, R. (2013): Light-absorbing carbon in Europe - measurement and modelling, with a focus on residential wood combustion emissions, *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 17, 8719-8738.
- Mann, G.W., Carslaw, K.S., Reddington, C.L., Pringle, K.J., Schulz, M., Asmi, A., Spracklen, D.V., Ridley, D.A., Woodhouse, M.T., Lee, L.A., Zhang, K., Ghan, S.J., Easter, R.C., Liu, X., Stier, P., Lee, Y.H., Adams, P.J., Tost, H., Lelieveld, J., Bauer, S.E., Tsigaridis, K., van Noije, T.P.C., Strunk, A., Vignati, E., Bellouin, N., Dalvi, M., Johnson, C.E., Bergman, T., Kokkola, H., von Salzen, K., Yu, F., Luo, G., Petzold, A., Heintzenberg, J., Clarke, A., Ogren, A., Gras, J., Baltensperger, U., Kaminski, U., Jennings, S.G., O'Dowd, C.D., Harrison, R.M., Beddows, D.C.S., Kulmala, M., Viisanen, Y., Ulevicius, V., Mihalopoulos, N., Zdimal, V., Fiebig, M., Hansson, H.C., Swietlicki, E., Henzing, J.S. (2014): Intercomparison and evaluation of global aerosol microphysical properties among AeroCom models of a range of complexity. *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 9, 4679-4713.
- Petzold, A., Ogren, J.A. Fiebig, M., Laj, P., Li, S.M., Baltensperger, U., Holzer-Popp, T., Kinne, S., Pappalardo, G., Sugimoto, N., Wehrli, C., Wiedensohler, A., Zhang, X.Y. (2013): Recommendations for reporting "black carbon" measurements. *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 16, 8365-8379
- Wiedensohler, A., Birmili, W., Nowak, A., Sonntag, A., Weinhold, K., Merkel, M., Wehner, B., Tuch, T., Pfeifer, S., Fiebig, M., Fjåraa, A.M., Asmi, E., Sellegri, K., Depuy, R., Venzac, H., Villani, P., Laj, P., Aalto, P., Ogren, J.A., Swietlicki, E., Williams, P., Roldin, P., Quincey, P., Hüglin, C., Fierz-Schmidhauser, R., Gysel, M., Weingartner, E., Riccobono, F., Santos, S., Gruning, C., Faloon, K., Beddows, D., Harrison, R., Monahan, C., Jennings, S.G., O'Dowd, C., Marinoni, A., Horn, H.-G., Keck, L., Jiang, J., Scheckman, J., McMurry, P.H., Deng, Z., Zhao, C.S., Moerman, M., Henzing, B., de Leeuw, G., Löschau, G., and Bastian, S. (2012): Mobility particle size spectrometers: harmonization of technical standards and data structure to facilitate high quality long-term observations of atmospheric particle number size distributions. *Atmos. Meas Tech.* 5, 657 – 685.
- Yttri, K.E., Myhre, C.L., Eckhardt, S., Fiebig, M., Dye, C., Hirdman, D., Ström, J., Klimont, Z., Stohl, A. (2014): Quantifying black carbon from biomass burning by means of levoglucosan - a one-year time series at the Arctic observatory Zeppelin. *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 12, 6427-6442

SCLF - Beskrive kilder, dannelse og transport av kortlevde klimadrivere ved bruk av nye avanserte målemetoder

Varighet: 01.01.2013 – 31.12.2016

Budsjett 2015: 1,2 MNOK

Mål

Det overordnede målet med dette prosjektet er å karakterisere kildeopphav, transport, dannelse og prosessering av kortlevde klimapådrivere og deres forløpere ved å utnytte nye avanserte målinger på Birkenes kombinert med statistiske beregninger og modeller.

Bakgrunn

Kortlevde klimadrivere, som partikler og ozon, og deres potensial for å påvirke den globale oppvarmingen de førstkomende 20 år, har hatt stor oppmerksomhet de senere år. Disse komponentene er også viktige for effektstudier relatert til helse og terrestrisk natur. Effektive utslippsreduksjoner forutsetter god forståelse av hvor disse komponentene kommer fra og hvordan de omdannes og transporteres i atmosfæren. Det er store usikkerheter i dagens estimater av partikkelforurensning i Europa, spesielt siden en stor andel av partikkelmassen i stadig større grad ser ut til å bestå av karbonholdig materiale, som er dårlig karakterisert og som har et utall antropogene og naturlige kilder. Nyutviklede instrumenter gjør det mulig å spore kilder på en mer spesifikk måte enn tidligere, de gir kunnskap om andelen som er primært og sekundært dannet, samt til en viss grad fordelingen mellom naturlige og antropogene kilder.

Strategisk relevans

En bedre beskrivelse av kildeopphav for kortlevde klimadrivere er av stor nytte for fremtidig politikktutforming, spesielt knyttet opp mot UNECE LTRAP og EUs AQD.

Nasjonalt er dette også et strategisk viktig tema. Økt kunnskap om klimaendringene og reduksjon av utslipp er sentrale behov slik det er beskrevet i «Miljøforvaltningens prioriterte forskningsbehov 2010 – 2015» og i forskingsmeldingen «Klima for forskning», St.meld. nr. 30 (2008-2009). Av relevans er også Miljødirektoratets rapport med «Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere» som beskriver tiltak for utslippsreduksjoner samt nasjonale overvåkingsbehov.

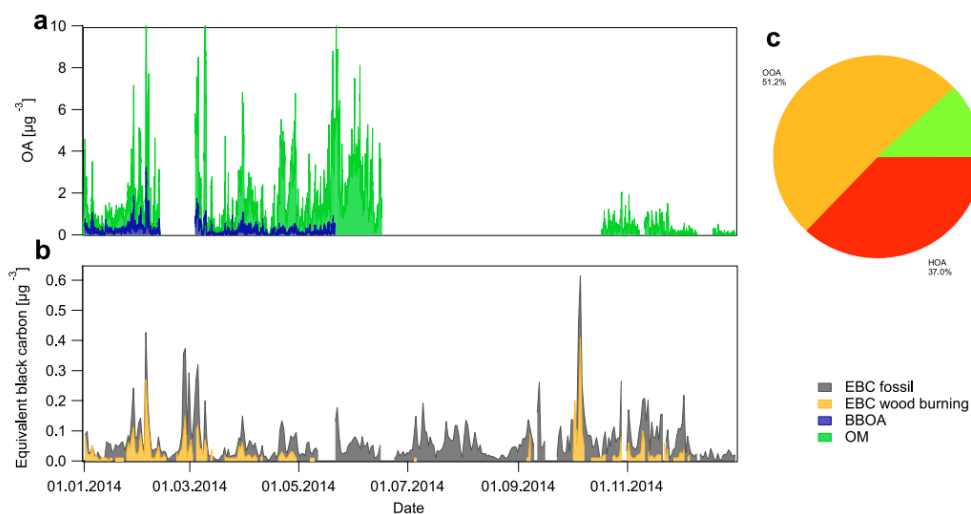
For NILU er overvåking og kjemisk analyse av luftforurensninger en av grunnpilaren i instituttets virksomhet. En strategisk satsning og videreutvikling innen dette feltet ved å utnytte nye avanserte målemetoder kombinert med bedre statistiske verktøy er essensielt for at NILU skal beholde sin sentrale posisjon på dette feltet i Europa.

Sammendrag av aktiviteter og resultater i 2015

Av nye avanserte instrumenter er det i hovedsak snakk om «Aerosol Chemical Speciation Monitor» (ACSM) som måler konsentrasjoner av partikulært nitrat, sulfat, ammonium, klorid og organisk karbon med høy tidsoppløsning og et «Proton-transfer-reaction mass spectrometry» (PTR-ToF-MS)-instrument som måler flyktige organiske forbindelser (VOC). En ACSM ble installert på Birkenesobservatoriet i 2012 for permanent drift, mens en PTR-ToF-MS har vært brukt i to målekampanjer på Birkenes, sommer 2013 og vinter 2013 (Langebner et al., 2014).

Det har vært stort fokus på å sikre høy kvalitet på målingene som har blitt etablert. Dette innebærer å delta i feltsammenligninger, etablere kalibreringsrutiner og rapportering av data. Det har vært et nært samarbeid med EUs infrastrukturprosjektet ACTRIS på dette. Oppsummering av ulike aktiviteter i 2015:

- I desember 2013 tok ACSM instrumentet fra Birkenes del i en europeisk interkalibrering i Paris med tretten andre laboratorier/stasjoner med tilsvarende instrument. To artikler med resultater fra denne interkalibreringen ble publisert i 2015 (Fröhlich et al. og Crenn et al., 2015).
- For å beskrive kildeopphav av forurensningen benyttes et statistisk verktøy spesielt utviklet for dette (Canonaco et al., 2013). Det har vært opplæring i bruk av verktøyet på en workshop i 2015 (Zürich februar 2015) hvor NILU deltok med to personer.
- Det har vært viktig å få på plass harmonisert europeisk datarapportering av ACSM observasjoner inkludert all relevant metadata. I samarbeid med Paul Scherrer Institute (PSI) ble det i 2014 utviklet et templat for innlevering av data, dette ble videreutviklet og forbedret i 2015.
- Resultater fra Birkenesobservatoriet ble presentert på European Aerosol Conference i Milano i august (Platt et al, 2015). her ble det ble presentert de første resultatene på kildeallokering av organisk materiale, Figur 1. Denne viser at organiske partikler på Birkenes domineres av oksygenerte aerosol partikler (OOA)
- Analyse av levoglugosan fra filtre på Birkenes for 2014 og det er nå totalt 7 år med data. Tidserien skal brukes til å gi et estimat av partiklmengden fra brenning av biomasse, og disse partiklenes relative bidrag til den total konsentrasjonen av karbonholdige partikler.
- Det ble installert et nytt ToF-ACSM instrument på Zeppelin høsten 2015 og er i kontinuerlig operasjonell drift. Videre tolkning av disse dataene vil bli viktig i 2016.



Figur 1. Kildeallokering av karbonholdig materiale målt på Birkenes i 2014. Organiske aerosoler (OA) er målt med en ACSM a) og Ekvivalent Black Carbon (EBC) er målt med en PSAP (sotfotometer) b)

Sammensetning av OA er vist i c). OM= organisk masse, BBOA: organiske materiale fra HOA: hydrokarbonlignende organiske aerosoler.

Videre planer og avslutning av prosjektet

- Det vil bli arbeidet videre med å bestemme kildekategorier ved å bruke observasjoner fra flere instrumenter kombinert med statistiske metoder.
- Trendstudier kombinert med transportmodellering for å bestemme kilderegioner for biomasse brenning ved å bruke levoglukosanmålingene som er gjort på Birkenes
- Beregne hvor stort bidrag lokale biogene utslipp har på sekundære organiske aerosoler (SOA) på Birkenes ved bruk av modeller og målinger fra blant annet PTR-MS-ToF.

Dette arbeidet vil forhåpentligvis resultere i to fagfellevurderte artikler i løpet av 2016 og det vil jobbes for å finne finansiering for å arbeide med tilsvarende studier på de nye observasjonene på Zeppelinfjellet i de neste årene.

TOXROS - Chemical and toxicological characterization of reactive atmospheric species

Duration: 01.01.2013 – 31.12.2016

Budget 2015: 1,2 MNOK

Background and objectives

There has been a need for a reliable and representative *in vitro* model for respiratory exposure to reduce animal testing. Thus, the impact of emerging indoor and outdoor pollutants and newly formed functionalized products on human health have never been comprehensively studied under controlled conditions that are close to the real situation. This requires interdisciplinary expertise from tropospheric, analytical and quantum chemistry, as well as from cell biology and toxicology disciplines.

The objective of this interdisciplinary project is to develop a realistic *in vitro* respiratory model for lung exposure. This model will be applied for toxicity studies by inhalation exposure to study effects of indoor and outdoor air pollutants for human health risk assessment. To obtain knowledge about health effects of emerging pollutants and functionalized mixtures of short-lived organic pollutants, it is essential to develop a combined exposure-effect model, mimicking real exposure on cells of first target, such as lung. The final aim is to develop a reliable model to investigate potential toxicity of various chemical pollutants related to human health by *in vitro* exposure of human cells in an air-liquid interphase (ALI) model. The cells will be exposed in a well-controlled manner to selected pollutants; functionalized particles, nanoparticles and reactive volatile and semi-volatile organic compound. Underlying mechanisms of toxicity and development of disease will also be explored.

Objectives

1. Develop an advanced *in vitro* human lung model for inhalation exposure that is as close as possible to the real situation (Air-Liquid Interphase (ALI)-model)
2. Develop an exposure system (controllable and measurable) for the lung model
3. Study toxicity and underlying mechanisms of toxicity of:
 - a. emerging pollutants
 - b. functionalized particles from reactive volatile and semi-volatile organic compounds
 - c. Nanoparticles

Work progress

Development of ALI model for respiratory exposure

To reduce toxicity testing on animals and at the same time use models as close as possible to humans, *in vitro* human cell models are widely used in toxicology. For inhalation studies, a challenge has been that the cells are cultivated and exposed submerged in cell culture medium. However, *in vivo*, the lung epithelial cells are exposed to liquid on one side and air on the other. Thus, an *in vitro* respiratory model closer mimicking the *in vivo* situation would then be comprised of cells cultivated on the interface between air and liquid, as the lung cells are separated from the air only by a thin aqueous lining layer with a surfactant film at the air–liquid interface.

Therefore, our main aim was to set up an air-liquid interphase (ALI) model based upon CULTEX® exposure system for mimicking atmospheric, respiratory exposure conditions. The ALI-exposure model is technically challenging because: i) the cells must be adapted to new conditions, ii) a defined aerosol at constant composition and flow has to be generated, iii) exposure concentrations must be measurable, and iv) the temperature and humidity conditions for the cells should be at physiological level for the whole exposure period.

Cultivation of human lung cells on membranes at the air-liquid interphase

NILU has so far developed and validated protocols for cultivation of human lung epithelial cells under normal conditions, and we have also adopted the selected A549 human lung epithelial cells for cultivation on transwell membranes for the ALI-system. In this system, the cells are growing at the air-liquid interface (ALI), where the upper part of the cells is directly in contact with air and the basal part of the cells is directly in contact with liquid medium, similarly as *in situ* in the lungs (figure 1). This configuration mimics the conditions found in the human airway, and drives differentiation of the cells towards a mucociliary phenotype. NILU has investigated different media and semi-porous transwell membranes to find optimal conditions for cultivating cells at the air-liquid interphase and for the cells to exhibit morphological and functional characteristics similar to the human epithelium.

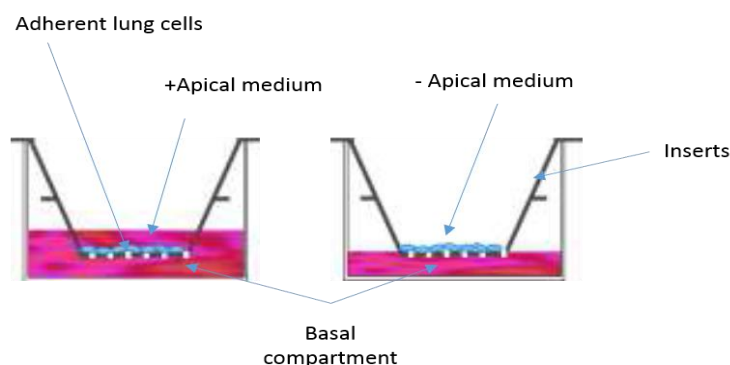


Figure 1. Human adherent lung epithelial cells (A549) were seeded onto porous cell culture inserts (transwell) as submerged cells (medium in both basal and apical part) (left) or at the air liquid interphase (ALI) where cells were directly exposed to air from above (apical medium removed) and fed from the medium below (right).

NILU has also designed a set up for exposure of the cells in the CULTEX chamber. The exposure part is challenging and many aspects has to be considered to have control of what the cells are actually exposed to, as well as the dose level.

CULTEX exposure system for ALI-cells

For exposure of the cultivated ALI-cells, a sort of cultivation chamber is needed. Therefore, NILU developed a protocol for cultivation of A549 cells in the CULTEX device. In this set-up, transwell inserts with cells were transferred from conventional 6-well cultivation plates into their corresponding position inside the CULTEX device (figure 2) before the testing.

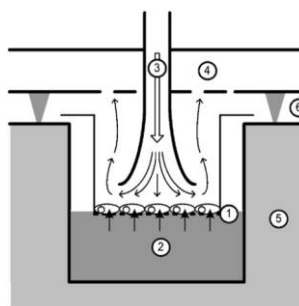


Figure 2. CULTEX device for ALI exposure of lung cells. The nozzle shape ensure even distribution of the aerosol to the cell layer. Circulating water keeps temperature constant.

For adaptation of the cells to ALI conditions before exposure, the cells were cultivated with reduced serum concentration to slow growth before removal of apical medium. In our testing, up to 6 hours, cells cultivated on transwell membranes without apical medium were found to tolerate these conditions, and their viability was above 80%. Cytotoxicity assays were performed and validated for the A549 cells both for conventional cultivation, submerged cultivation on membranes and for cultivation on membranes without apical media (ALI). NILU found no significant differences in cells viability with the different cultivation methods. Standard operating procedure was written for cultivation, adaptation before exposure, as well as for proper cytotoxicity assays.

Exposure of cells in the CULTEX system

The cells cultivated at the ALI need to be exposed to the pollutants and compounds in a controllable manner. It is important to be able to measure what the cells are being exposed to, as well as the exposure concentrations. There are different possibilities for exposure systems for CULTEX, and NILU has visited other laboratories working with the ALI system for getting increased knowledge on this challenging aspect of the model. We have also attended an ALI workshop in Berlin, in which many issues and challenges connected to both cultivation of cells and exposure were discussed efficiently. NILU has designed and are building an exposure system consisting of two main parts. One part is for exposing the cells to aerosolized nanoparticles and the other part is for exposing the cells to common indoor volatile- and semi-volatile organic compounds (VOCs/SVOCs).

Exposure to nanoparticles

For exposing the cells to nanoparticles, the nanoparticles firstly will be dispersed by sonication into solution. Calibration of the sonicator was performed to obtain optimal conditions for dispersing different nanoparticles. Then the nanoparticle dispersion will be aerosolized using an atomizer. When the particles are airborne, they are wet and charged. A diffusion dryer will be used to dry the particles so that only the pure, dried particles will continue in the airstream. As the particles are charged, it is possible to use an electric field for depositing the particles onto the cells. This is necessary as particles in the size range up to 300 nm have very low deposition efficiency. They are too large for diffusion deposition and too small for gravitational deposition or impaction. Exposure concentration will be determined using an open source software quartz microbalance. The microbalance measures a mass variation per unit area by measuring the change in frequency of a quartz crystal resonator. The building of the system is ongoing. Using this approach, it will be possible to define specific exposure concentration using the output of the microbalance as input for the atomizer. The exposure system will additionally have a flow control and a calibration unit. The cells are exposed to synthetic air as a control (figure 3).

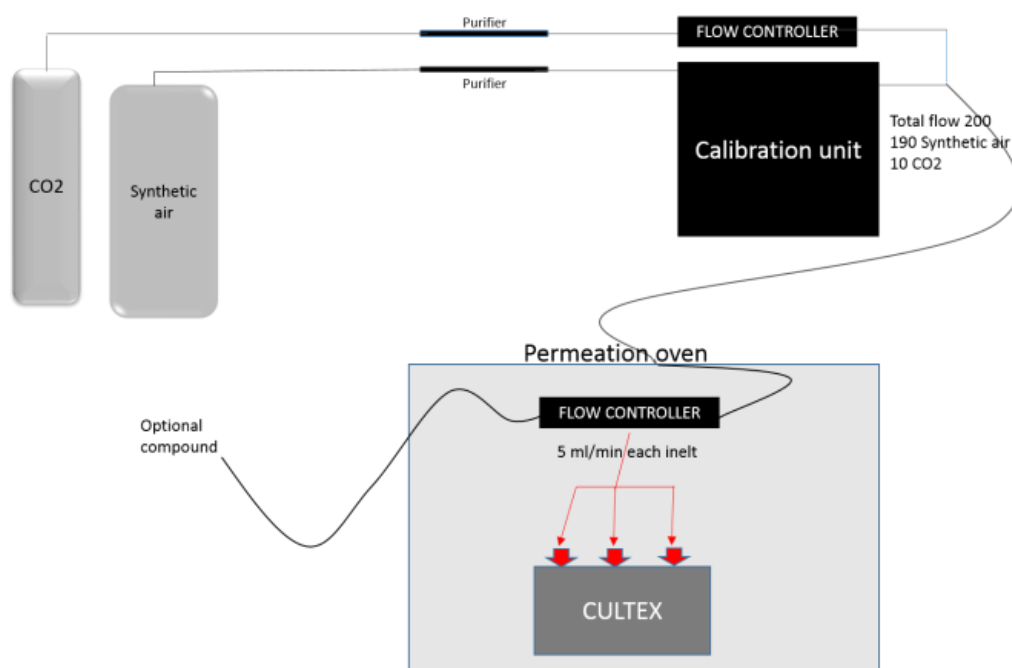


Figure 3. Preliminary exposure set up for exposure of cells in the CULTEX system to aerosolized nanoparticles or gases.

Exposure of the cells to volatile organic compounds (VOCs)

For exposing the cells to VOCs, NILU has built an exposure unit which consists of small vials containing a pure liquid VOC and a capillary. This setup utilizes the same principle as a permeation tube. By using a pure component there will be always some molecules in liquid phase and some in gas phase. The amount of molecules in gas phase is depending on the vapour pressure of the component and is highly influenced by temperature. The molecules in the gas phase will diffuse out of the capillary only by diffusion. The exposure concentration can thus be easily calculated and adjusted as long as the temperature is well monitored and easy to regulate. NILU is currently testing out different temperatures and systems for evaporation of the compounds to find a system that is compatible with exposure of the cells.

Toxicity studies

Cytotoxicity testing of nanoparticles on A549 human lung epithelial cells

NILU has, by submerged exposure, tested cytotoxicity of different engineered nanoparticles on A549 human lung epithelial cells. It is important to validate protocols for testing of potential toxicity of nanoparticles on these cells cultivated conventionally before moving on to ALI exposure. We have established a method and developed a protocol for cytotoxicity testing by colony forming efficiency (CFE), measuring cell survival by colony formation. NILU has tested seven different reference nanoparticles from the European depository (reference laboratory, Joint research Center – EC JRC) by CFE assay on A549 cells to standardize the protocol. Analysis is ongoing. Shown in figure 4 is a dose-response curve for NM300K nanosilver measured by colony forming efficiency. Nanosilver showed cytotoxicity also at low concentrations.

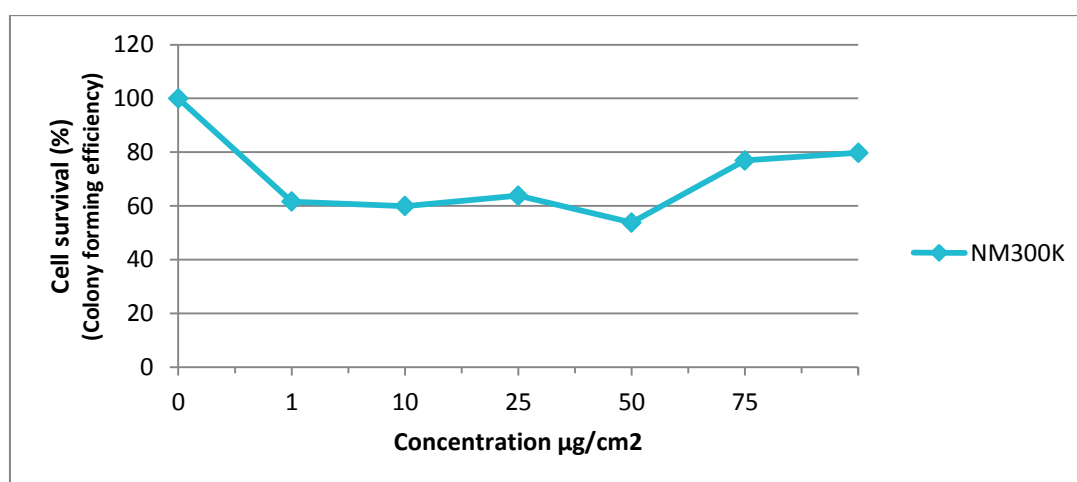


Figure 4. Cytotoxicity of NM300K nanosilver on A549 cells measured as cell survival in % relative to negative control by colony forming efficiency.

NILU has also tested the known toxin staurosporine on A549 cells cultivated conventionally, on transwell membranes with and without apical medium. Protocol for physio-chemical characterization of size, size distribution and stability of the nanoparticles in solution by NanoSight NS500 has been developed. All nanoparticles tested for cytotoxicity have also been characterized by NanoSight.

NILU has also tested removal of the cells from the membranes after exposure for testing of genotoxicity by the Comet assay. The Comet Assay detects strand breaks as well as oxidative base lesions. Specific DNA base lesions can be detected by application of lesion specific endonucleases. For high-throughput analysis, the assay has been miniaturized, testing small number of cells and 12 minigels per slide. The 12-gel comet assay has been shown to be applicable for testing of genotoxicity of nanoparticles, without significant interference between the nanoparticles and the assay (figure 5). Also, it works well with the A549 cells.

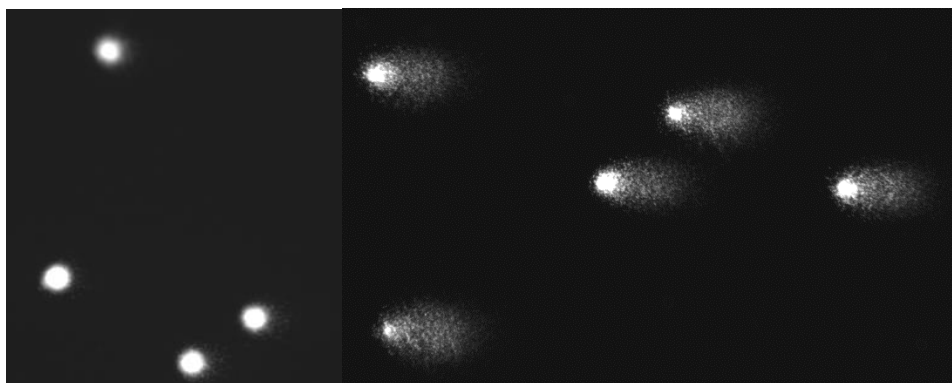


Figure 5. *The picture shows cells with high level of DNA damage, measured as tails (comets) by the Comet assay (right) compared to control cells (left).*

Studies of exposure and uptake of nanoparticles

For exposure of the cells with nanoparticles, uptake of the nanoparticles into the cells is an important issue. NILU performed some preliminary studies with submerged exposure of the A549 cells to e.g. TiO₂ nanoparticles, and studied uptake by our laser scanning microscope. We were able to visualize the nanoparticles, as well as intracellular uptake in some of them. The A549 cells were clearly apoptotic after exposure, showing the cytotoxicity of the nanoparticles tested (figure 6). Procedure for both uptake of nanoparticles and measurement of oxidative stress (ROS production) by live cell imaging using Confocal microscope was developed.

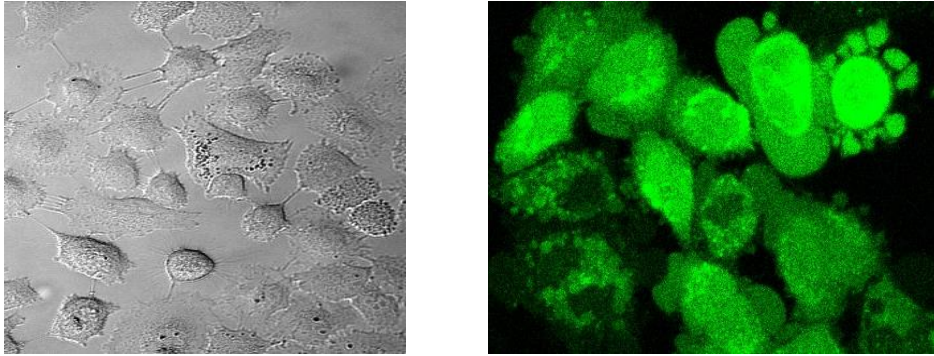


Figure 6. *Uptake of nanoparticles into A549 cells. Images obtained by laser scanning microscope (Zeiss LSM 500 confocal microscope). In the left image, TiO₂ nanoparticles can be seen as black dots on top of and around the cells. Also, it is seen how the cells stretch out filopodia to reach each other in a survival strategy. On the right, the cells are labeled with a fluorescent probe (cell tracker green), and are apoptotic (programmed cell death).*

Summary of results

- Protocols for ALI cultivation of A549 human epithelial lung cells were developed and validated
- Protocols for cytotoxicity assays, oxidative stress and genotoxicity were further developed and validated for A549 and for the ALI model.
- Different systems for exposure of the cells were studied, and exposure system was designed. Building of the exposure system is ongoing
- Exposure of A549 cells to different reference nanoparticles under conventional submerged system was performed. Both cell survival (colony forming efficiency) and genotoxicity were measured.
- Uptake of the nanoparticles into the cells as well as ROS production was studied by confocal microscopy
- Review paper on the ALI model for respiratory exposure was almost completed

Further progress

NILU wants to develop the culture model further, to even more closely resemble the in situ situation in the human lungs, by establishing an advanced and complex co-culture system. Thus, NILU wants to include immune cells (macrophages) in the model, and plan to set-up THP1 cell line (human peripheral blood model - monocyte-macrophage cell line) in co-culture with A549 to closer mimic the real situation. THP-1 cells have been received in the laboratory, and master cell bank is being created.

1. Complete building of controlled exposure system for ALI
2. Test the selected nanoparticles and also volatile pollutants on A549 cells in the ALI exposure system
3. Develop and validate protocols for cultivation of THP-1 cells and co-cultures of A549 and THP-1
4. Selection of atmosphere pollutants to test
5. Further cytotoxicity testing of different chemicals by the CULTEX system

6 Norsk institutt for naturforskning, NINA

Interaksjoner mellom havbruk og vill laksefisk

Varighet:	2013 – 2017
Budsjett:	NOK 4 mill årlig
Prosjektleder:	Ola H. Diserud
Arbeidspakkeledere:	Eli Kvingedal, Sten Karlsson, Peder Fiske, Tor F. Næsje, Odd Terje Sandlund, Bengt Finstad og Ola H. Diserud.

Havbruk er en meget viktig næring i Norge, og er utpekt som en av framtidens økonomiske bærebjelker i kystområdene. En slik utvikling forutsetter at kunnskapen om interaksjonene mellom havbruk og miljøet rundt er etablert og at miljøeffektene er akseptable for samfunnet. Forskning er derfor nødvendig for å finne de beste miljøløsningene for næringen. Med bakgrunn i dette ønsker forvaltningen svar på stadig mer komplekse spørsmål, slik som grader av truethet og de økologiske konsekvensene av konkurranse mellom villfisk og oppdrettsfisk, genetisk innblanding og økt forekomst av lakselus. I denne strategiske instituttsatsingen vil derfor felt- og eksperimentelle studier bli kombinert med økologisk modellering for å gi en bedre forståelse for den samlede effekten av havbruk på ville bestander av laksefisk. SISEn består av seks arbeidspakker (AP):

1. AP1 studerer betydningen av kritiske livsstadier og lokal tilpasning av villaksbestander for den genetiske innblandingen av rømt oppdrettslaks.
2. AP2 studerer seleksjon mot rømt oppdrettslaks i naturlige bestander vha. genetiske markører som kvantifiserer andelen oppdrettsgener i villaksbestander.
3. AP3 tilpasser og videreutvikler metodikken for skjellesing av villaks og oppdrettslaks, samt beskriver rutiner for innsamling og lagring av vev og DNA for å sikre høy kvalitet på prøvene.
4. AP4 undersøker hvordan oppdrettslaks spres i sjø og elv etter rømming, og hvordan oppdrettslaksens fangbarhet i elv er sammenlignet med villaksens.
5. AP5 bestemmer tålegrenser for lakselus på vill laksefisk, og vurderer konsekvenser av ulike nivåer av lakselus på villfiskbestander gjennom vandringsstudier og modellering.
6. AP6 bruker resultater og data fra de ovennevnte aktivitetene til å forbedre de statistisk-økologiske modellene som vurderer konsekvenser av rømt oppdrettslaks og økt forekomst av lakselus. Ved modellsimuleringer vil det da også være mulig å vurdere effekter av alternative forvaltningstiltak.

AP1: Kritiske livsstadier for genetisk innblanding

I 2015 har vi, i samarbeid med Havforskningsinstituttet, utført et forsøk ved NINAs forskningsstasjon på lms med fokus på seleksjon ved predasjon på tidlige stadier. I tillegg har vi arbeidet videre med statistiske og genetiske analyser basert på materiale hentet inn fra forsøkene i 2013 (effekt av skjultilgang) og 2014 (effekt av næringstilgang). Alle disse tre forsøkene ble delfinansiert av, og

koordinert med, NFR-kunnskapsplattformen QuantEscape, og manuskriptene vil bli innsendt til internasjonale journaler. Forsøket som ble gjennomført i 2014 mottok også økonomisk støtte fra Miljødirektoratet. På slutten av året startet vi forberedelsene til et forsøk som ble startet opp ved NTNU i 2016.

I 2015 gjennomførte vi et forsøk i fire kunstige elver (30 m²) på Ims hvor vi undersøkte hvilken konsekvens tilstedeværelse av eldre ørret (mulig predator) hadde for overlevelsen til yngel av villaks og oppdrettslaks som var i konkurranse med hverandre. All fisk som inngikk i dette forsøket ble allokert til familie ved hjelp mikrosatellitter. I følge preliminnære resultater ble oppdrettslaksen mer negativt påvirket av tilstedeværelse av eldre ørret enn villfisken ble, i og med at oppdrettsfisken hadde høyere overlevelse enn villfisken i fravær av ørret og lavere overlevelse enn villfisken da det var ørret tilstede. En mulig fortolkning av dette resultatet er at oppdrettslaks har en adferd som gjør at de er mer utsatt for å bli spist av rovdyr enn villaks er. Dette forsøket ble gjort i samarbeid med, og ledet av Havforskningsinstituttet i Bergen ved Dr. Monica Solberg og Dr. Kevin Glover.

Vi har i 2015 også jobbet videre med data fra forsøket som ble gjennomført på Ims i 2014, hvor vi testet om næringstilgang påvirker hvor sårbar villaksyngel er overfor tilstedeværelse av avkom fra oppdrettslaks. Alle laksene som inngikk i den delen av dette forsøket som ble gjennomført i 40 kunstige bekker (1,25 m²) ble allokert til familie ved hjelp av SNP-analyser i 2015. Preliminære statistiske analyser av disse dataene viser at yngel fra en vill bestand hadde lavere overlevelse da det var hybrider mellom oppdrettslaks og villaks tilstede, enn da det bare var villaks tilstede. Dette mønsteret ble observert både ved god og dårlig næringstilgang og indikerer at avkom av oppdrettslaks kan være sterke konkurrenter for villaks i det kritiske ungfiskstadiet, uavhengig av tilgangen til mat. Vi gjennomførte dette forsøket i samarbeid med både internasjonale og nasjonale institusjoner: Dr. Donald Reid fra Glasgow University, Prof. Ian Fleming fra Memorial University of Newfoundland og Prof. Sigurd Einum ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).

I 2013 gjennomførte vi et omfattende studium for å se i hvilken grad tilstedeværelsen av avkom mellom villaks (fra Surna-bestanden) og oppdrettslaks påvirket avkom av ren villaks på parrstadiet, og hvorvidt mengden skjulplasser påvirket konkurransen mellom dem. To kunstige bekker ble delt inn i seksjoner, der noen seksjoner hadde mange steiner som ga mange hulrom, mens andre bare hadde noen få steiner. I tillegg til å se på vekst og overlevelse, ble også fiskenes bevegelser registrert ved hjelp av PIT-teknologi (PIT: «Passive Integrated Transponder»). Innledende analyser av datamaterialet ble gjort våren 2014, men har blitt mer grundig bearbeidet i 2015. Foreløpige resultater tyder på at vill lakseparr beveger seg på et større areal når det er få skjulstrukturer tilgjengelig, men at dette er tilfelle både med og uten konkurranse fra hybrider. Vi finner ingen klare indikasjoner på at aktivitetene over døgnet endrer seg. I tillegg til å ha målinger på vekst, overlevelse og bevegelser for hver enkelt fisk, har vi også målt metabolsk rate (målt ved ventilasjonsrate) og personlighetstype (målt som høy eller lav respons på stress). Neste skritt i de statistiske analysene, er å undersøke om metabolsk rate og personlighetstype kan forklare mer av forskjellene vi finner i adferd og hvor godt de enkelte fiskene klarer seg (vekst og overlevelse) enn hvorvidt de er hybrider eller ren villaks. Forsøket ble gjort i samarbeid med Prof. Sigurd Einum ved NTNU, Dr. Guro K. Sandvik ved Institutt for molekylær biovitenskap, Universitetet i Oslo og Dr. Tim Burton fra University of Glasgow.

Mot slutten av 2015 startet vi opp forberedelser til et forsøk ved NTNU der vi undersøker effekten av en periode med oksygenfattig vann (hypoksi) på eggstadiet hos totalt 46 laksefamilier. Disse stammer enten fra oppdrettslaks, to populasjoner av vill laks eller de er hybrider mellom fisk fra de ville

populasjonene og oppdrettslaks. Dette forsøket avsluttes i mars 2016 og gjennomføres i samarbeid med Prof. Sigurd Einum ved NTNU.



Figur 1: NINAs forskningsstasjon på Ims, fra forsøket i 2015 på seleksjon ved predasjon på tidlige stadier. (Foto: Line Sundt-Hansen, NINA)

AP2: Seleksjon mot oppdrettslaks i naturlige bestander

I løpet av 2015 ble et stort datasett bestående av individuelle estimater av andel oppdrettsopphav i arvestoffet til cirka 21 000 individer fra 125 laksebestander sammenstilt med tidligere publiserte data fra Havforskningsinstituttet på innkryssning fra 20 bestander (Glover et al. 2013), og publisert som en vedleggsrapport i til temarapport fra vitenskapelig råd for lakseforvaltning (Anon 2016). I denne rapporten klassifiserte vi bestander i fire kategorier: 1. Ingen genetiske endringer observert (44 bestander), 2. Svake endringer indikert (41 bestander), 3. Moderate genetiske endringer påvist (9 bestander), 4. Store genetiske endringer påvist (31 bestander). Resultatene fra arbeidet med å estimere grad av innkryssning av rømt oppdrettslaks i ville laksebestander er skrevet sammen i et manuskript som er sendt til vurdering for publisering i en internasjonal journal. I dette manuskriptet presenterer vi ikke bare nivå av innkryssning, men også analyser av ulike grad av innkryssning i ulike geografiske regioner, innen og utenfor nasjonale laksefjorder og lakseelver, og forholdet mellom grad av innkryssning og andel rømt oppdrettslaks. Analysearbeidet og skrivingen av det innsendte manuskriptet er finansiert av denne SISEn, i samarbeid med NFR-kunnskapsplattformen QuantEscape og den nasjonale satsningen på å kvantifisere genetisk integritet til Kvalitetsnormen for villaks. Datasettet med individuelle estimater av innkryssning med oppdrettslaks inkluderer både ungfisk og voksen laks, innsamlet i ulike år. Ungfiskmaterialet vil bli supplert med nye ungfiskprøver fra flere elver, og bli koplet med prøver av voksen laks fra respektive gytebestander. Dette vil gjøre det mulig å sammenligne relativ overlevelse til individer med oppdrettsgenetisk opphav med fisk med rent villaksopphav under naturlige forhold, ved å sammenlikne grad av innkryssning i en årsklasse som

ungfisk og som voksen laks. Dette arbeidet ble påbegynt i 2015, vil være en hovedoppgave i 2016, og forventes være ferdigstilt i løpet av 2017.

Ett viktig steg videre er å bedre forstå hvilke faktorer som påvirker muligheten for rømt oppdrettslaks til å føre sine gener videre i villaksbestander. Til dette har vi data på andel rømt oppdrettslaks i elvefangster, hvorvidt det er oppdrettslaks som rømt tidlig eller sent i livet, bestandsstatus til ville laksebestander, vassdragets fysiske egenskaper i form av vannføring, vandringshinder, temperatur, etc. Sammenstilling av disse data med estimater av innkrysning er påbegynt og forventes være ferdigstilt og analysert i løpet av 2017.

AP3: Metodeutvikling for skjellesing og bevaring av arvestoff

For å undersøke om våre rutiner for prøvetaking og oppbevaring av DNA fra laks kan forbedres, ble det i 2013 og 2014 tatt prøver av 15 laks med forskjellige metoder. Det ble spesielt undersøkt om Q-tips prøver av laksens slimlag er et alternativ til finneklipp og skjellprøver for å ta prøver av laks uten å gjøre skade på laksen. Det har også blitt undersøkt om hvordan skjellprøven blir tatt i sportsfisket påvirker kvaliteten på DNA.

Resultatene indikerer at slimprøver tatt med Q-tips kan være en god metode for å samle inn DNA fra laks, og at dette er en enkel og effektiv metode å ta en DNA-prøve uten å skade laksen. Resultatene viser også at prøver oppbevart på buffer hadde signifikant høyere utbytte av DNA enn slimprøver oppbevart på etanol, silika eller tørt. Slimprøver tatt fra under gjellelokket hadde høyere utbytte av DNA enn prøver tatt fra munnhulen eller fra fiskens kroppside. Videre viser resultatene at slimprøver oppbevart på buffer hadde høyere genotypingsuksess enn slimprøver oppbevart tørt eller på silika, men det var ingen forskjell mellom slimprøver oppbevart på buffer og slimprøver oppbevart på etanol. Slimprøver oppbevart på silika og etanol hadde høyere genotypingsuksess enn prøver oppbevart tørt, og slimprøver oppbevart på etanol hadde signifikant høyere genotypingsuksess enn prøver oppbevart på silika. Prøver tatt under gjellelokket eller på kroppside på laksen hadde høyere genotypingsuksess enn slimprøver tatt fra munnhulen.

Vi har tidligere også testet ut genotypingsuksessen til slimprøver oppbevart på FTA (slimprøven overføres direkte med Q-tips til en membran på FTA kortet som skal binde DNAet og beskytte mot degradering), men dette fungerte da svært dårlig. I 2015 ble det gjort et nytt forsøk på å teste ut FTA kort med en ny protokoll for behandling av FTA membranen før PCR, og denne gangen fikk vi gode resultater på genotypingsuksessen til slimprøver oppbevart på FTA-kort.

I desember 2015 ble det plukket ut skjellprøver fra sportsfisket i Altaelva som enten var tatt slik veiledningen for skjellprøvetaking anbefaler (uten slim og blod, skjell spredt i konvolutten, skjellprøve tørket før lukking av konvolutt) eller tatt slik det ikke er anbefalt (mye slim og blod i konvolutten, skjell klumpet sammen, konvolutt sammenklistret av fuktighet). De foreløpige resultatene viser at prøver tatt på «feil» måte gir høyere utbytte av DNA enn prøver tatt på «riktig» måte. En NINA-rapport om utprøvingen av prøvetakingsmetoder på laks vil bli ferdigstilt i mai 2016.

Skjellesingsmetodikken som anvendes i dag ble hovedsakelig utviklet på 1980- og 1990-tallet. Siden den gangen har oppdrettsnæringen utviklet seg mye, blant annet er håndteringen av fisken mye mer skånsom noe som fører til minimalt skjelltap i forhold til tidligere. I tillegg settes en større del av smolten ut i merdene om høsten enn tidligere, noe som vil gi et litt annet vekstmønster.

Skjellesing er i dag et viktig verktøy i undersøkelser av effekten av rømt oppdrettslaks på villaksen, men må jevnlig kalibreres etter som praksisen i næringen endrer seg. Da vil vi få en pålitelig metode for å tilbakeberegne lengde ved rømming, for å beskrive vekstmønster i ferskvanns- og sjøfasen for

oppdrettslaks satt ut i saltvann til ulike tider av året, og for å beskrive variasjon i vekstmønsteret mellom ulike oppdrettsanlegg i ulike deler av landet.

Det ble senhøsten 2015 samlet inn skjell fra laks med kjent livshistorie og størrelse fra flere oppdrettsanlegg i Midt-Norge og Nordland, slik at vi kan kalibrere skjellesingsmetoden for å analysere livshistorie for rømt oppdrettslaks mot skjell fra oppdrettslaks med kjent livshistorie. Det har også blitt etablert kontakt med oppdrettsanlegg på Vestlandet og Finnmark slik at vi kan samle inn skjell også fra disse landsdelene i løpet av våren 2016. Skjellanalysen for oppdrettslaksen fra Midt-Norge og Nordland ble startet mars 2016.

Når et nødvendig antall skjell er samlet inn og analysert vil resultatene fra sammenligningen av skjell fra laks fra oppdrettsanlegg og skjell fra rømt oppdrettslaks bli publisert i en NINA rapport i løpet av 2016, og kalibreringen av metoden for å bestemme livshistorien til rømt oppdrettslaks fra skjell vil bli publisert i en internasjonal journal.

AP4: Merketeknologi

Første prioritet i denne arbeidspakken har derfor vært å supplere allerede etablerte studier på 1) andel og adferd til rømt oppdrettslaks i fjord og elv, og 2) forbedring av metoder for å beregne andel oppdrettslaks i lakseelver. Prioriterte undersøkelser har vært «Verifisering av innslag av rømt oppdrettslaks i lakseelver» og «Tiltaksrettet overvåking: Andel oppdrettslaks i Trondheimsfjorden og Trondheimsfjordelvene, og vandringsmønster og fordeling i de viktigste elvene». Fra arbeidet som ble ferdigstilt i 2015 ønsker vi å trekke frem følgende resultater:

1. I både Namsfjorden og Trondheimsfjorden kommer oppdrettslaksen senere inn i fangstene enn villaksen.
2. I Trondheimsfjorden gir andel oppdrettslaks i kilenotfangstene relativt sett en god indikasjon på andel oppdrettslaks i elver i Sør-Trøndelag i samme år.
3. I Namsfjorden var andelen oppdrettslaks i kilenøtene i fjorden relativt lik «årsprosenten» for rømt oppdrettslaks i Namsenvassdraget.
4. Radiomerking av oppdrettslaks og villaks viser at en lavere andel av oppdrettslaksen enn villaksen merket i Trondheimsfjorden går opp i de viktigste lakseelvene, mens en relativt lik andel av radiomerket oppdrettslaks og villaks går opp i Namsen.
5. Merkeforsøkene i Namsen viser at en stor andel av oppdrettslaksen vandrer høyt opp i vassdraget, gjerne til vandringshindret, men før villaksens gyteperiode starter slipper mange seg nedover igjen. Villaksen er mer jevnt fordelt i vassdraget.
6. Fangstene av villaks i kilenøtene i Namsfjorden og Trondheimsfjorden kan forutsi fangster i sportsfisket i nærliggende elver med ca. 1-2 ukers forsinkelse fra kilenot til elv.
7. Fangst per innsats i sportsfisket økte utover i sportsfiskesesongen i Namsen. Fiskeinnsatsen var generelt høyest i begynnelsen av fiskesesongen.
8. Fangst per innsats i høstfisket varierte mellom år og fiskeperiode for rømt oppdrettslaks og villaks. Generelt hadde villaksen større endringer i fangst per innsats mellom fiskeperiode enn oppdrettslaksen.

9. Rømningstidspunktet til oppdrettslaksen varierte fra oppdrettslaks som må ansees som nyrømt (ingen vintersoner i skjellene) til at de hadde oppholdt seg tre vintre i sjøen etter rømning.
10. Basert på informasjon om antatte fangstrater, fangst av laks i sportsfisket, sjølaksefisket og høstfiske samt våre estimat for andel oppdrettslaks var det i størrelsesorden 600-700 rømte oppdrettslaks i Namsen i villaksens gytetid.
11. Basert på fangst per innsats av villaks og oppdrettslaks i våre undersøkelser vil det ta ca. 8750 fisketimer for å fange ca. halvparten av det estimerte antallet oppdrettslaks i Namsen med stangfiske.
12. Bedre overvåking i sjøen vil kunne gi bedre muligheter for tiltak for å hindre innblanding av oppdrettslaks i villaksbestander.

AP5: Effekter av lakselus på villfisk

I denne arbeidspakken er laboratorieforsøk og feltstudier foretatt for å bestemme tålegrenser for lakselus hos sjøørret. Videre er det foretatt vandringsstudier og populasjonsundersøkelser (telemetri/PIT-merkestudier) hos sjøørret for videre modellering av disse effektene. Denne arbeidspakken har blitt samkjørt med ECOCOAST: Human impacts in coastal ecosystems - effects on ecosystem structure and function.

Ved Norsk oppdrettsservice AS sitt anlegg på Ræstadholmen har vi i perioden 2013-2015 foretatt tålegrenseforsøk av lakselus på vill innfanget sjøørret. Prøver av fisk ble tatt før og etter forsøkslutt og analyser av blod (stress/osmoregulering) og vev (genekspresjon: immunrespons og grad av sjøvannstoleranse) har blitt utført. Lusepåslagene på fisk i 2014 var høye og forårsaket stor dødelighet slik at tålegrenseforsøket måtte avsluttes etter 12 døgn. Dette tok vi høyde for i 2015 slik at vi startet tidlig innsamling av fisk i forkant av en eventuell lakselusoppblomstring. Analysene er foretatt og samkjøring av data med våre samarbeidspartnere på Havforskningsinstituttet pågår nå og vil suppleres med data fra feltsesongen 2015. Innsamling av fisk og laboratorieeksperimentet er presentert her: www.youtube.com/watch?v=SqA4PL40ATE&feature=youtu.be



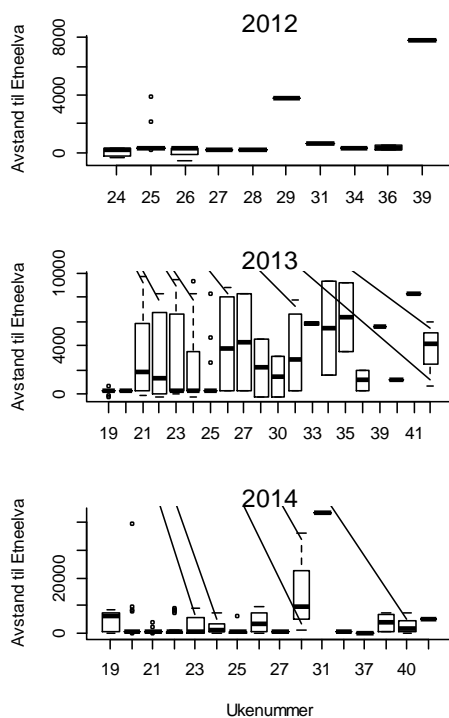
Figur 2: Sjøørret med lakselus. (Foto: Bengt Finstad, NINA).

I perioden 2012-2014 ble det foretatt årlige telemetrieforsøk på sjøørret. Tilsammen ble 310 sjøørret fanget i Etnefjorden, merket og satt ut igjen. Halvparten ble profylaktisk behandlet mot lus. Fisken ble automatisk sporet i et nettverk av lyttestasjoner fra Etnelva og ut Etnefjorden fra mai til oktober. Bakgrunnen for studiet var den pålagte manipulasjonen av infeksjonspress fra lakselus som

soneforskriften om brakklegging av oppdrettsanlegg medfører. Brakkleggingen medførte at infeksjonspresset skulle være høyt, lavt og høyt i henholdsvis 2012, 2013 og 2014. Observasjoner gjennom den nasjonale luseovervåkingen indikerte at infeksjonspresset i disse årene faktisk var høyt, lavt og middels. Sjøørreten har en plastisk sjøvandringsstrategi, og vi forventet å finne forskjeller i flere parametere vi kunne måle med telemetriundersøkelser, blant annet:

1. Sjøørreten vandrer tidligere tilbake til elva ved høyt infeksjonspress (avlusing, «prematur tilbakevandring»).
2. Høyere dødelighet ved høyt infeksjonspress
3. Sjøørret med høy infeksjon ved merking ville være mer påvirket enn sjøørret med lav infeksjon

Sjøørreten viste generelt stor individuell variasjon i atferd, og variasjoner i merketidspunkt mellom år og sted har gitt store utfordringer i analysene. Sjøørreten returnerte til elva noe tidligere (5 dager) i 2014 enn i 2013, i 2012 ble den merket så sent at disse tallene ikke umiddelbart kan sammenlignes. Det gikk imidlertid kortere tid fra merketidspunkt til første retur til elva i 2012 enn i de andre årene. En klar kontrast mellom årene var at den merkede sjøørreten holdt seg lengre ute i fjorden i 2013 (lav infeksjon) enn i 2012 og 2014 (Figur 3). Dette viser at sjøørreten tilbrakte mer tid i habitat assosiert med god vekst i år med lavt infeksjonspress. Vi har også funnet at sjøørret med høy infeksjon ved merking stod noe nærmere overflaten i tiden etter merking enn sjøørret med lav infeksjon. Dette kan være en type avlusingsatferd siden saltholdigheten er lavere og lusedødeligheten dermed høyere nærmest overflaten. Vi har imidlertid ikke funnet klare effekter på dødelighet. Dette kan enten skyldes at effekten er fraværende eller liten, eller at vi ikke har klart å fange dødeligheten opp gjennom klassifiseringen av «skjebne» ut fra deteksjonsmønsteret til den enkelte fisk. Vi vil i tiden framover gjøre detaljerte analyser som viser sjøørretens habitatbruk i forhold til temperatur, salinitet og modellert infeksjonspress. Disse analysene er avhengige av finskala oseanografiske modelleringer fra Havforskningsinstituttet, som forventes være ferdige i løpet av 2016.



Figur 3. Hvert individs gjennomsnittlige avstand til Etneelvas utløp, per uke i 2012, 2013 og 2014.

Videre er midler fra dette delprosjektet brukt til å delfinansiere PIT-merkestudier av sjøørret i Vatne/Oselva i Romsdalsfjorden i perioden 2013, 2014 og 2015. Dette er et område der vi ser at sjøørreten har store lakselusproblemer men vi vet ikke hvilke populasjonseffekter dette medfører. I dette vassdraget har vi installert PIT-antennene, merket sjøørret med PIT-merker og fulgt disse merkede fiskene for å se på populasjonssvingninger som følge av lakselussituasjonen. Populasjonsstudier av denne art er langsiktige og vil pågå over flere år.

Prosjektet er et samarbeid mellom forskere fra Norsk institutt for naturforskning, Havforskningsinstituttet, Veterinærinstituttet, University of Toronto (Canada) og University of St. Andrews (Skottland). En hovedfagsstudent og en postdoc har vært involvert i AP5 i 2015.

AP6: Syntese og modellering

Formålet med denne arbeidspakken er å bruke resultater og data fra de ovennevnte aktivitetene til å forbedre de statistisk-økologiske modellene som predikerer konsekvenser av rømt oppdrettslaks og økt forekomst av lakselus. Mange verdifulle datasett eksisterer allerede så mye av innsatsen i denne arbeidspakken, og i SISEn generelt, settes inn på å få analysert ferdig datasettene og publisert resultatene.

Publikasjonen «Statistical and ecological challenges of monitoring parasite infestations in wild fish stocks» (Helland et al. 2015) ble ferdigstilt i 2015. Dette arbeidet er utført sammen med Havforskningsinstituttet og Veterinærinstituttet. Økologiske overvåkningsprogram skal gi så presis informasjon som mulig til forvaltningen, men datakvaliteten reduseres ofte av metodiske og økonomiske begrensninger. Påslag av parasitter er spesielt utfordrende å overvåke på grunn av komplekse interaksjoner mellom vert, parasitt og miljø. Her sammenlignes variasjon i lakseluspåslag i tid og rom med variasjon i lokale forhold i fjordene, inkludert salinitet, temperatur og infeksjonstrykk fra oppdrettsanlegg. Tre forskjellige mål på lusepåslag, med forskjellige statistiske egenskaper, er vurdert.

Modelleringsarbeidet i en studie av sesongvariasjoner i lakselusangrep på ville sjøørretbestander i oppdrettsområder langs kysten av Vestlandet ble startet i 2015 og vil forhåpentligvis bli fullført i 2016. Oppdrettsanlegg er en kilde for lakselusproduksjon som så kan smitte over på ville bestander i nærområdet. Denne studien ser på romlige og temporære mønstre for lakselusinfeksjoner i Romsdalsfjorden, og sammenhengen med miljøvariable og oppdrettsaktivitet i nærområdet.

Siden sjøørret vil bli brukt som modellart når effekter på populasjoner av vill laksefisk som følge av varierende lakseluspåslag skal studeres, vil det være nødvendig å utvikle en livssyklusmodell for sjøørret under normale betingelser som sammenligningsgrunnlag. En slik modell vil være essensiell også når effekter av andre påvirkningsfaktorer skal evalueres, som f.eks. klimaendringer, vassdragsreguleringer og forurensning. Modellutviklingen drar veksler på eksisterende modell for Atlantisk laks men flere viktige forhold gjør arbeidet mer utfordrende for sjøørret, bl.a. at hunnen ikke nødvendigvis vandrer til havs men også kan utnytte større innsjøer, at sjøørreten oppholder seg i fjorder og kystområder og kan vende tilbake til ferskvann for overvintring før kjønnsmodning, og at repeterte gytinger er mye mer vanlig enn for laks. Effekten av lakselus på sjøørretbestander vil dermed ikke bare være en følge av økt marin dødelighet, men også vekst i sjø, kjønnsmodning og fekunditet osv. vil påvirkes. Resultater fra AP5 vil være viktige for å kunne parametrisere en slik sjøørretmodell.

Publikasjoner

Her presenteres publikasjoner som er hel- eller del-finansiert av SISEn.

Arechavala-Lopez, P., Uglem, I., Berg, M., Bjørn, P.A. & Finstad, B. 2016. Large-scale use of fish-traps for monitoring sea trout (*Salmo trutta*) smolts and sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infestations: efficiency and reliability. *Marine Biol. Res.* **12**(1): 76-84. **(AP5)**

Arechavala-Lopez, P., Thorstad, E.B., Todd, C.D., Uglem, I., Bjørn, P.A., Gargan, P.G., Wiik Vollset, K., Halttunen, E., Kålås, S., Berg, M. & Finstad, B. 2015. Effects of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) on sea trout (*Salmo trutta*) populations from the NE Atlantic coast. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* **50** (3), 411-426. **(AP5)**

Arechavala-Lopez, P., Berg, M., Uglem, I., Bjørn, P.A. & Finstad, B. 2016. Variations in coastal fish species composition captured by traps in Romsdalsfjord, Western Norway. *Int. Aquat. Res.* DOI 10.1007/s40071-016-0127-0. **(AP5)**

Aronsen, T., Næsje, T.F., Ulvan, E.M., Fiske, F., Jørrestol, A., Østborg, G., Krogdahl, R. & Rognes, T. 2016. Tiltaksrettet overvåking av villaks og rømt oppdrettslaks i Trondheimsfjorden og tilsluttende elver. Resultater fra undersøkelsene i 2014, 2013 og 2012. - NINA Rapport 1194. 82 s. **(AP4)**

Helland I., Uglem I., Jansen P., Diserud O. H., Bjørn P. & Finstad B. 2015. Statistical and ecological challenges of monitoring parasite infestations in wild fish stocks. *Aquaculture Environment Interactions* **7**: 267-280. doi: 10.3354/aei00155 **(AP5 og AP6)**

Karlsson, S., Diserud, O.H., Fiske, P., Hindar, K. Widespread genetic introgression of escaped farmed Atlantic salmon in wild salmon populations. Submitted to *ICES Journal of Marine Science* **(AP2)**

Moe, K., Næsje, T.F., Haugen, T.O., Ulvan, E.M., Aronsen, T., Sandnes, T. & Thorstad, E.B.. 2016. Area use and movement patterns of wild and escaped farmed Atlantic salmon before and during spawning in a large Norwegian river. *Aquaculture Environment Interactions* **8**: 77-88. doi: 10.3354/aei00165. **(AP4)**

Nilsen, R., Bjørn, P.A., Serra Llinares, R.M., Asplin, L., Sandvik, A., Johnsen, I.A., Skulstad, O.F., Karlsen, Ø., Finstad, B., Berg, M., Uglem, I., Barlaup, B., Wiik Vollset, K. & Lehmann, G. 2016. Lakselusinfeksjonen på vill laksefisk langs Norskekysten i 2015. En fullskala test av modellbasert varslings og tilstandsbekreftelse. Sluttrapport til Mattilsynet. Rapport fra havforskningen nr. 2-2016 (ISSN 1893-4536 (online)): 1-55+appendiks 4 sider. **(AP5)**

Næsje, T.F., Aronsen, T., Ulvan, E. M., Moe, K., Fiske, P., Økland, F., Østborg, G., Diserud, O., Skorstad, L., Sandnes, T. & Staldvik, F. 2015. Villaks og rømt oppdrettslaks i Namsfjorden og Namsenvassdraget: Fangst, atferd og andeler rømt oppdrettslaks. 2012-2014. - NINA Rapport 1138. 106 s. **(AP4)**

Svåsand, T. et al. 2015. Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2014. Fisken og havet, særnummer 2-2015. 172 s. **(AP5)**

Naturgoder i skog – biomangfold, klimatiltak og næringsressurser

Varighet:	2013-2017
Budsjett:	NOK 1,3 mill årlig
Prosjektleder:	Annika Hofgaard
Prosjektdeltakere:	Björn Nordén, Erik Stange, Henrik Lindhjem, Jarle W Bjerke, Olav Skarpaas, Per Arild Aarrestad, Siri L. Olsen

Assosierte medarbeidere: Erik Framstad, Matthias Schröter, David Barton, Stefan Blumentrath

Skogen i Norge har en nøkkelrolle for bevaring av biomangfoldet, for klimasystemet som karbonlager og karbonbinding, for folks friluftsliv og naturopplevelse, samt for næringer knyttet til utnytting av skogressursene. I regjeringens klimamelding (Meld. St. 21 (2011-2012)) legges det stor vekt på klimatiltak i skog, med potensielle konsekvenser for andre naturgoder (økosystemtjenester). Prioritering mellom ulike naturgoder blir ofte satt opp mot hverandre, der bevaring av biomangfoldet ved bl.a. skogvern, står i motsetning til skogbruk og skogreising. Videre er det ulike syn på om vern av gammelskog (Fig.1) eller aktiv skogsdrift er best for klimaet. Mye tyder på at det ikke nødvendigvis er klare motsetninger mellom skogforvaltning, bevaring av biomangfold og/eller klimatiltak der bevaring av gammelskog på visse arealer ikke trenger å innebære store konflikter med skogbruket. Vi har imidlertid for dårlig kunnskap om hvordan ulike typer skogforvaltning påvirker ulike naturgoder knyttet til biomangfold, karbonlager og skogen som næringsressurs. Kunnskapen er særlig dårlig når skogforvaltningen ses i landskapssammenheng og over tid. Videre trenger man mer kunnskap om hvordan man for eksempel kan gjøre en arealmessig differensiering av skogforvaltningen for å bevare biomangfoldet og bevare karbonlageret best mulig i et landskap med aktiv skogsdrift, og hvordan behovet for ulike naturgoder kan eventuelt avveies i forhold til hverandre, slik at konfliktene blir minst mulig. Her kan en differensiering av hva ulike arealer skal ha som hovedfunksjon være en mulig vei å gå.

Faglige mål

- sammenstille og videreutvikle kunnskapen om hvilke egenskaper ved skogøkosystemene som har størst betydning for biomangfoldet. SIS-en fokuserer her på lokale økologiske kvaliteter som død ved, gamle trær og ulike løvtrær, så vel som til betydningen av fordelingen av disse kvalitetene i landskapet
- sammenstille og videreutvikle kunnskapen om hvordan skogens karbonlager varierer med ulike naturforhold og skogens alder, samt hvilken klimaeffekt karbondynamikken i ulike skogtyper og aldersklasser kan ha sammenholdt med albedo-effekten av ulike areal- og skogtyper. Denne kunnskapen vill bidra til å vurdere hva som er gunstige klimatiltak i skog
- sammenstille metoder for å vurdere betydningen (verdien) av de ulike naturgodene knyttet til biomangfold, karbonlager og skogen som næringsressurs, samt hvordan disse kan avveies i forhold til hverandre. Dette for at forvaltningen av ulike arealer kan optimaliseres for best mulig å tilgodese de ulike målene for skogforvaltningen

- analysere effektene av differensiert forvaltning av ulike skog/arealtyper i et konkret landskap på disse naturgodene. Aktuelle forvaltningstiltak kan være skogvern/ikke-hogst, forlenget omløpstad, mer intensiv skogskjøtsel for økt produksjon pr arealenhet, skogreising, og økt avvirkning på eksisterende skogarealer

Arbeidspakker

- AP1** Skogens rolle i klimasystemet
- AP2** Skogens biomangfold
- AP3** Skogens naturgoder
- AP4** Ulike mål for skogforvaltningen – optimal avveining



Fig. 1. Gamle og døde trær inngår i den naturlige skogen (Foto: A. Hofgaard)

Aktiviteter og betydning i en større sammenheng

Her presenteres aktiviteter som er hel- eller delfinansiert av Skog-SISen.

Grunnet den begrensede økonomiske rammen for Skog-SISen så er hovedfokus lagt til to av arbeidspakkene: AP2 og AP3, med sammenstilling og analyse av eksisterende kunnskap og kompletterende datainnsamling som dominerende aktiviteter. Hovedaktivitetene i 2015 har derfor først og fremst vært knyttet til innsamling og pre-analyse av felldata (AP2, AP3), presentasjon av foreløpige resultater (AP2, AP3), publisering (alle AP), utvikling av nasjonale og internasjonale samarbeidsnettverk (alle AP), og utvikling av søknader rettet mot NFR og EU (alle AP). Store deler av Skog-SISens aktiviteter inkluderer et nært samarbeid med det NFR-finansierte prosjektet ECOSERVICE

(“Approaches for integrated assessment of forest ecosystem services under large scale bioenergy utilization”) som ledes av Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO).

Feltdatainnsamlingen (AP2) ble utført i 2014 og 2015 i samarbeid med Landsskogtakseringen. Studieområdet omfattet Telemark, samt deler av Buskerud og Vestfold. Valg av lokaliteter ble gjort langs en skogbruksgradient fra flatehogst til gammelskog og inkluderer variabler som muliggjør analyser av sammenhengene mellom skogstruktur, skoghistorie, biodiversitet og jordforhold (jordkjemi og karboninnhold). Biodiversitets-inventeringene inkluderer både karplanter, lav, vedboende sopp og markboende sopp (Fig. 2). Data for markboende sopp er DNA-baserte, med fokus på de funksjonelt viktige samfunnene av mykorrhiza-sopp og saprofyttisk sopp i jord. Innsamlet data vil bli brukt for å evaluere graden av overlapp mellom ulike skogbaserte økologiske, økonomiske og klimatiske samfunnsinteresser på bestands- og regional nivå. En sentral problemstilling er om skoger som huser sjeldne og truede arter også er viktig for karbonlagring (både over og under bakken). Begunstiges begge faktorene av at skogen er gammel? Artsinventeringene som ble avsluttet i 2015, viser en tydelig variasjon i artssammensetning med skogalder, og sammenhengen mellom artsrikdom (antall arter) og skogalder varierer mellom organismegruppene (Fig. 3). Innen hver gruppe finnes imidlertid både arter som favoriseres av gammel skog (gammelskogsarter) og arter som har sitt optimum i ung skog (pionérarter) (Fig. 4). To eksemplær på arter som favoriseres av eldre skog, er gubbeskjegg (*Alectoria sarmentosa*) og blåbær (*Vaccinium myrtillus*) (Fig. 5). Om slike arter også indikerer store karbonlagre, kan det være mulig å bevare biologisk mangfold knyttet til gammel skog og optimalisere ulike økosystemtjenester på helt eller delvis overlappende arealer. Jordkjemi og karbonlager kommer til å analyseres ferdig i 2016. Evalueringen vil også inkludere analyser av i hvilken grad mønsteret man får fra empirien vil stemme med modeller for større skala.



Fig. 2. Analyser av skoglokalitet (Foto: Siri L. Olsen)

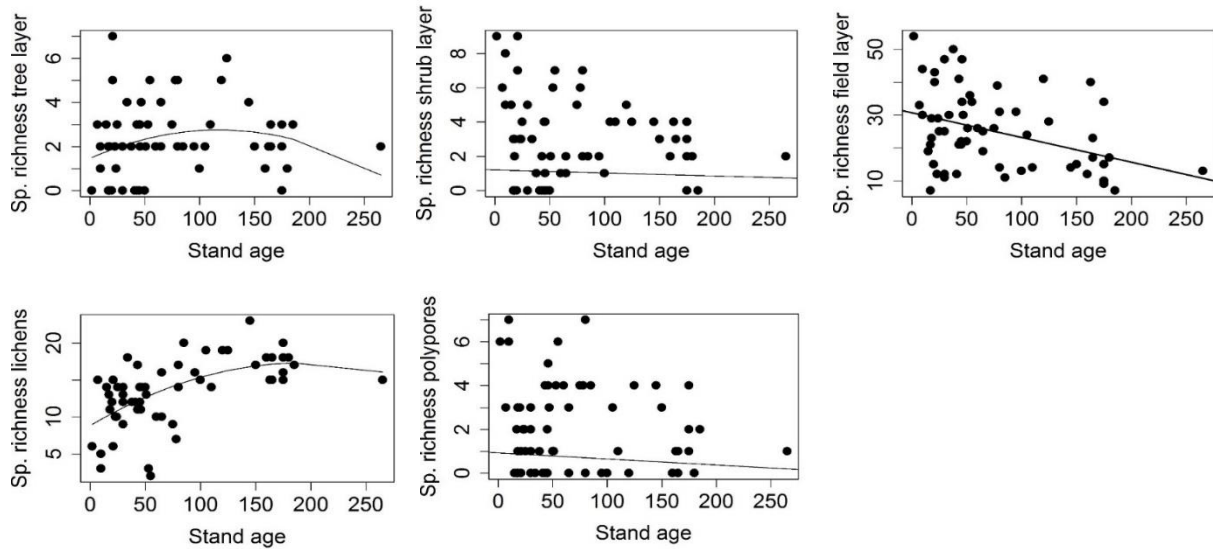


Fig. 3. Sammenhengen mellom skogalder og artsrikdom av karplanter i tresjiktet, busksjiktet og feltsjiktet (øverst), lav og vedboende sopp (nederst). Denne sammenhengen varierer i stor grad mellom de ulike organismegruppene.

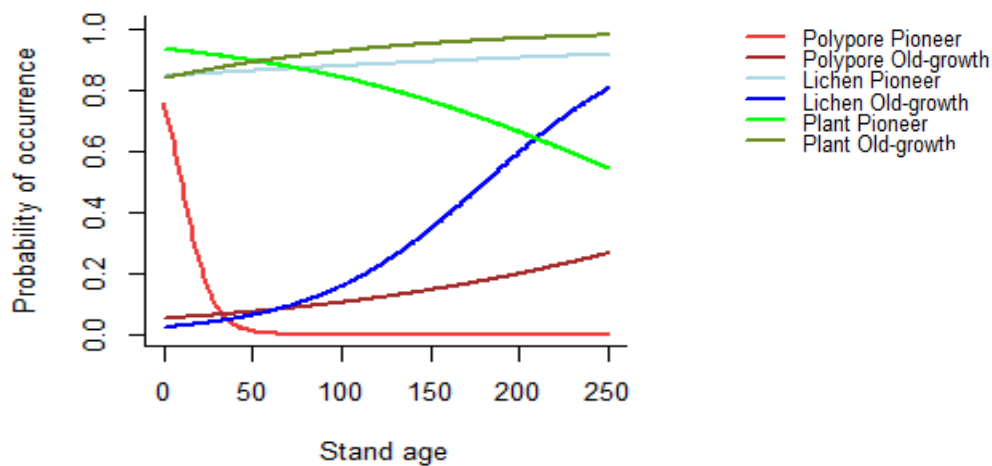


Fig. 4. Sannsynlighet for forekomst av seks arter av vedboende sopp, lav og karplanter med skogalder. Innenfor alle organismegruppene finnes både pionérarter som trives best i ung skog, og gammelskogsarter som har sitt optimum i eldre skog.

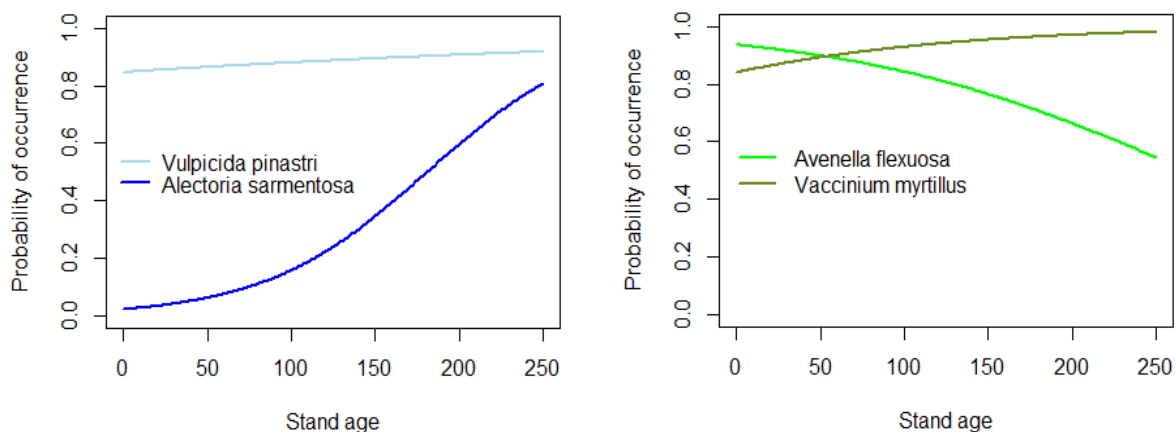


Fig. 5. Sannsynlighet for forekomst av utvalgte lavarter (til venstre) og karplanter (til høyre). Både gullroselav (*Vulpicida pinastri*) og blåbær (*Vaccinium myrtillus*) trives best i gammel skog, og gubbeskjegg (*Alectoria sarmentosa*) er en virkelig gammelskogsart som krever høy skogalder. Motsatt har pionérarten smyle (*Avenella flexuosa*) sitt optimum i ung skog.

Arbeidet innen AP3 og AP4 er nært knyttet til det EU-finansiert prosjekt "Operationalisation of natural capital and ecosystem services" (OpenNESS) og en case-studie som ser på økosystemtjenester i og rundt Oslo ("Oslomarka"). I OpenNESS leder NINA blant annet arbeid med integrering av monetære og ikke-monetære verdsettelsesmetoder for vurdering av økosystemtjenester. Oslomarka-prosjektet inneholder spørreundersøkelser av folks bruk og verdsetting av grøntarealer (som en kulturell økosystemtjeneste), inkludert skogområdene rundt Oslo.

Skog-SISen bruker i tillegg etablerte samarbeid med en rekke innenlandske og utenlandske institutter og universiteter; som for eksempel Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), University of Québec in Abitibi-Témiscamisque (UQAT), University of Barcelona, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), og Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU).

Resultater og videreføring

Skog-SISen er kommet halvveis i det planlagte arbeidet for hele SIS-perioden, og resultater så langt er presentert nedenfor under "Publikasjoner". Arbeidet i 2016 vil ha fokus på AP2-3 og bestå av feltdatainnsamling (AP3), analysearbeid og sammenstilling av primærresultater (AP2). Deretter vil spørsmålene om geografisk og funksjonell fordeling av biodiversitet, andra naturgoder, og skogproduksjon analyseres (AP2-4).

Videre, i samarbeid med ECOSERVICE og UQAT, er sammenhenger i skogproduksjon over store geografiske avstander (teleconnections) inkludert i aktivitetene innen AP1. Arbeidet er hovedkomponent i det dendroklimateiske PhD-prosjektet til Clementine Ols (UQAT & NINA): "Patterns of anomalous growth in boreal forests of the North Atlantic region". Eksamen er planlagt til oktober 2016. Ytterligere har vi gjennom en masteroppgave (Ingvil H. Kålås; NTNU), i samarbeid med NINAs Klima-SIS, evaluert sammenhengen mellom skogproduksjon (diameter- og høydevekst av furu), produksjon målt fra satellitt (NDVI) og klimadata (temperatur og nedbør), og hvordan sammenhengen varierer over tid og rom. Analysene omfatter fire områder i Norge og favner de fire siste tiårene. Masteroppgaven ble levert i juni 2015, og en vitenskapelig artikkel er innsendt til vitenskapelig tidsskrift for evaluering.

AP3 og AP4 planlegges i parallell og vil utnytte case-studie arbeidet i OpenNESS, med vekt på skog rundt Oslo og økosystemtjenestene karbonopptak og lagring, biomangfold, skogbruk og rekreasjon. Det er ønskelig å legge på egne versjoner av spørreskjemaene som kan brukes i Skog-SISen. Aktivitetene vil også bli koordinert med forskningsprosjektene KLIMALAND (NFR-finansiert og ledet av Statistisk Sentralbyrå) og ECOSERVICE, der avveiningen mellom skogbruk og andre økosystemtjenester også er viktige prosjektkomponenter.

Publikasjoner

Foredrag, kronikker og høringsuttalelser

- Bevanger K., Hofgaard A., Finstad A.G., Eide N., Ødegård F. & Bjerke J.W. 2013. Naturen og klimaet. Kronikk i Adressa 2. november 2013. **(AP1)**
- Framstad, E. 2013. Svar til kronikk av Jarle E. Holberg, Allskog, i Stjørdalens Blad 29. juni. Skogsveier som miljøtiltak? Ikke for det biologiske mangfoldet. 13. juli 2013. **(AP2)**
- Framstad, E. 2013. Skogvern som klimatiltak. Debattinnlegg. Dagens Næringsliv 4. oktober 2013. **(AP1, 2)**
- Hofgaard A. 2013. Nordic-Canadian network of forest research – main activities. SNS research project start-up meeting, Hunnebostrand, Sweden. 8. oktober 2013. **(AP1)**
- Hofgaard A. 2015. Warming vs. Grazing Impacts on Birch Growth in the Alpine Tundra. Invited presentation (27 January). Los Alamos National Laboratory (LANL), New Mexico, USA. **(AP1)**
- Hofgaard A. 2015. Subarctic forest advance – empirical-based results vs. modeled predictions. Invited presentation (28 January) Los Alamos National Laboratory (LANL). New Mexico, USA. **(AP1)**
- Hofgaard A. 2015. Rate of tundra disappearance and forest advance – empirical data vs. model prediction. Tømte-symposiet '*Species shifts in relation to climate change*', The Norwegian Academy of Science, Oslo, 1. oktober 2015. **(AP1-2)**
- Hofgaard A. 2015. Rate of forest advance and tundra disappearance – empirical evidence vs. model prediction. NFR seminar 'Vegetasjonsendringer i tregrensen', Oslo, 12. november 2015. **(AP1-2)**
- Hofgaard A. 2015. Skoggrenseforandring – hva skjer, hvorfor og hvilke blir konsekvensene. Botanisk forening Trondheim. 13. april 2015, Trondheim. **(AP1-2)**
- Lindhjem, H., Grimsrud, K., Navrud, S. & Kolle, S.O. 2013. The Social Benefits and Costs of Preserving Forest Biodiversity and Ecosystem Services. Presented by S. Navrud at the workshop "Forest Sector Modelling and Multifunctionality in Forests" at INRA, Nancy, France 31 May - 1 June. **(AP 3-4)**
- NINA 2013. Høringsuttalelse "Planting av skog på nye arealer som klimatiltak" på Miljødirektoratets Rapport M26-2013 "Planting av skog på nye arealer som klimatiltak. Egnede arealer og miljøkriterier". 29. oktober 2013. **(AP1, 2)**
- Olsen, S.L. 2015. Biodiversity in EcoService. Foredrag på prosjektmøte for nasjonale partnere, Gardermoen, 7. desember 2015.

- Skarpaas, O. 2016. Local and regional patterns in biodiversity in relation to forest structure. ECOSERVICE international project meeting, Oslo, 3. mars 2016.
- Stange, E. 2013. Naturgoder i skog – biomangfold, klimatiltak og næringsressurser. Foredrag på NINA-DN Dagen, 28. august 2013. **(AP1, 2, 3, 4)**
- Sverdrup-Thygeson, A. & Framstad, E. 2013. Verdien av veiløs skog. Kronikk i Nationen 13. august 2013. **(AP2)**
- Sverdrup-Thygeson, A., Framstad, E. & Skogen, K. 2013. Gammelskogens fordeler. Kronikk i Klassekampen 17. juni 2013. **(AP2)**

Vitenskapelige publikasjoner

- Arrestad, P.A., Bendiksen, E., Bjerke, J.W., Brandrud, T.E., Hofgaard, A., Rusch, G. & Stabbetorp, O.E. 2013. Effekter av treslagsskifte, treplanting og nitrogen gjødsling i skog på biologisk mangfold. Kunnskapsgrunnlag for å vurdere skogtiltak i klimasammenheng. NINA Rapport 959. 69 s. **(AP1, 2)**
- de Wit, H.A., Bryn, A., Hofgaard, A., Karstensen, J., Kvalevåg, M. & Peters, G. 2014. Climate warming feedback from mountain birch forest expansion: reduced albedo dominates carbon uptake. *Global Change Biology* 20: 2344-2355. **(AP1)**
- Lindhjem, H., Grimsrud, K., Navrud, S. & Kolle, S.O. In press. The Social Benefits and Costs of Preserving Forest Biodiversity and Ecosystem Services. Forthcoming in special issue of *Journal of Environmental Economics and Policy*, summer 2015. **(AP 3-4)**
- Mathisen, I.E., Mikheeva, A., Tutubalina, O.V., Aune, S. & Hofgaard, A. 2014. Fifty years of tree line change in Khibiny Mountains, Russia: advantages of combined remote sensing and dendroecological approaches. *Applied Vegetation Science* 17: 6-16 **(AP1)**
- Mitani, Y. & Lindhjem, H. In press. Forest owners' participation in voluntary biodiversity conservation in Norway: What does it take to forego forestry for eternity? *Land Economics* (Mai 2015). **(AP3)**
- Nordén, B., Dahlberg, A., Brandrud, T.E., Fritz, Ö., Ejrnaes, R. & Ovaskainen, O. 2014. Effects of ecological continuity on species richness and composition in forests and woodlands – a review. *Ecoscience* 21: 34–45.
- Schröter, M., Rusch, G.M., Barton, D.N., Blumentrath, S. & Nordén, B. 2014. Ecosystem services and opportunity cost shift spatial priorities for forest biodiversity conservation. *Plos One* 9(11): e112557. 12pp. **(AP2)**

Management of biodiversity and ecosystem services in spatially structured landscapes

Duration: 2011-2015

Budget: NOK 19 425 000

Project participants: Duncan Halley (coordinator); Graciela Rusch, Bjørn Kaltenborn, Erling Solberg, Stefan Blumentrath (work package leaders); Jens Astrom, Tor Erik Brandrud, Anders Endrestøl, Marianne Evju, Øystein Flagstad, Jan Ove Gjershaug, Dagmar Hagen, Olve Krange, Henrik Lindhjem, John Linnell, Roel May, Manuela Panzacchi, Olav Skarpaas, Ketil Skogen, Erik Stange, Plav Strand, Kristine Westergard, Frode Ødegaard

Description of project and aims

Landscape changes that have resulted in habitat loss and fragmentation, and/or undesirable changes in ecosystem function, represent serious threats to biodiversity both in Norway and globally. The changes themselves have been relatively well documented over the last 50 years. However, a need has been identified to improve knowledge about the functional mechanisms that generate consequences for both species and ecosystems resulting from landscape changes. As landscapes represent a context for how humans experience nature, changes in the landscape as a consequence of land use management decisions are also an area of public interest. Sustainably managing landscapes, and the ecosystem services they provide, in the future thus requires development of a better understanding of these functional mechanisms and how they both interact with and influence essential ecosystem processes; and capacity building to provide the trained personnel to further develop understanding, and to assist management authorities and other stakeholders with its practical application.

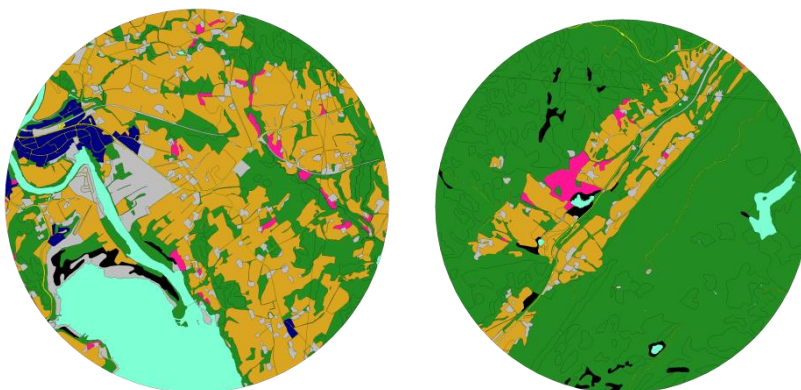


Figure 1. Two examples of rural landscape mosaics in South-eastern Norway with different levels of habitat fragmentation. Green areas: forest, yellow: crop field, pink: grassland, grey: urban area and light green: water.

The main objectives set for the program were therefore to improve knowledge of the processes by which biodiversity and ecosystem services are affected by landscape change, and to enhance NINA's future capacity to provide environmental management authorities and other stakeholders with more robust and precise knowledge and advice in this area. These objectives were addressed by developing expertise in new approaches to landscape ecology through targeted research on biodiversity, ecosystem services, and landscape change, and extending expertise to a wider set of NINA's researchers, including many young scientists, through their active involvement in the program. This was addressed through four related workpackages:

WP1 Spatial dynamics of threatened species and their critical habitat resources

- Study how species assemblages in restricted and critical habitats are affected by the habitat's distribution in space, with specific focus on red-listed species.
- Investigate how species composition in habitat fragments of different sizes and isolation can be predicted from species traits hypothesized to increase sensitivity to fragmentation.
- Investigate to what degree the longevity of different critical habitats is related to the life history traits of species assemblages found there.

WP2 Structural and functional complexity as determinants of provision of ecosystem services

- Using the economically and ecologically important group of pollinators as an example, address how the amount of pollination depends on the interaction between landscape mosaic, the quality of its habitat patches, and the functional attributes of the pollinators.
- Assess the economic importance of pollinator diversity and densities for different pollinator-dependent Norwegian crops.

WP3 Effect of landscape structure on animal movement: directions for landscape planning

- Identify key locations for human-ungulate conflicts due to infrastructures and animal movement.
- Assess current actions aimed at mitigating human-ungulate conflicts.
- Perform economic analysis of the costs of ungulate-vehicle collisions.
- Develop recommendations for sustainable landscape planning and cost-effective mitigation actions.

WP4 Understanding landscapes: Concepts, values and management legitimacy

- Identify the Norwegian public's perceptions/valuations of their environment and how they relate to present landscape management.
- Investigate the power relations that shape the interface between expert and lay knowledge.
- Identify how core concepts are deployed and negotiated in struggles over the right to define and shape landscapes.

Results

WP1 Spatial dynamics of threatened species and their critical habitat resources

Research for this project showed that species assemblages in restricted and critical habitats are affected by both habitat connectivity and the size of habitat patches. Species richness decreased both with decreasing patch size and increasing isolation. These effects – which are cumulative – were strongest for specialised species, of which many are nationally red listed. Effects of patch size and isolation could be clearly linked to species traits. Reduced patch size had the greatest negative effect on plant specialists with traits enhancing population persistence (e.g. longevity), while increased isolation was shown to negatively affect short-lived species and species with limited recruitment or dispersal capacity. Furthermore, findings from this project suggest that patch size and isolation lead to indirect effects through species interactions. For example, fragmentation influenced the species composition of sap-feedingoppers mainly through the plants they feed on. However, habitat quality, stability and history were also shown to have an important effect on the occurrence of specialised species, especially within relatively long-lasting habitats and in landscapes influenced by human activity.

WP2 Structural and functional complexity as determinants of provision of ecosystem services



Figure 2: *Recording pollinators in an apple orchard*

Studies in the project indicated clearly the importance that landscape characteristics have on the abundance and diversity of Norwegian bumblebees, major pollinators of several crops dependent on

pollination for harvest yield. The area of mass-flowering crops, flower-rich land-uses and the amount of linear elements such as forest and crop-field verges have a positive effect on bumblebees, whereas the area of forest and of flower-poor land-uses are negatively associated. In contrast to other studies, we found that road verges have a negative impact on bumblebees, except for small roads. The quality of the local flower resources, i.e. site flower and bumblebee densities and diversity are positively correlated. The project also demonstrated that in rural landscapes dominated by small farms, higher density of flower visits in pollinator-dependent crops resulted in higher yields, highlighting the economic importance of insect pollination, the significance of this ecosystem service for food security, and the relevance of ecological intensification for food production. Our data on apples and red clover also formed part of an important [global study](#). The study demonstrated a positive connection between pollinator densities and crop yields.

WP3 Effect of landscape structure on animal movement: directions for landscape planning



Figure 3. *Moose are tall and heavy animals that may inflict serious damage to the vehicle, the driver and themselves when run over on the road (Photo: Christer M. Rolandsen).*

The project developed a spatio-temporal database to couple animal movement data (GPS-tracking data) and environmental data (climate, infrastructures, etc.), a platform through which advanced analyses of this problem can be based not only within this project, but also applied generally to management problems in this area in Norway, and globally. From it, we analysed the habitat preferences of two species of strong management concern in Norway, moose and reindeer; their movement patterns; and identified the link between movements, habitat preferences, and

population dynamics. This also allowed us to identify key locations for human-ungulate conflicts. From the movement data, we explored how moose and reindeer respond to semi-permeable barriers, such as roads, rivers, power lines and fences, and tried to determine how proximity and habitat preferences affect the probability of crossing barriers. Based on a new approach, we were able to predict corridors and barriers for strategic movements of migratory populations in heterogeneous landscapes. From these models, as well as from other empirical models, we assessed how successful current measures have been in mitigating human-ungulate conflicts, and developed recommendations for better landscape and infrastructure planning. Achievements were above initial expectations for the study period for three of the four identified goals. We have also made advances in the economic analyses of the costs of ungulate-vehicle collisions, though work in the area is not yet complete. In the near future, we plan to perform further economic analyses from the data collected during the study period, and to apply the developed models in several planned infrastructure development projects in Norway.

WP4 Understanding landscapes: Concepts, values and management legitimacy

We have mapped and identified salient dimensions in public attitudes and perceptions on a national level toward environmental change, environmental risk, biodiversity, ecosystem services, ecological restoration, social- and natural drivers of change, and various aspects related to roles and responsibilities of management institutions. Findings show that public attitudes toward key species as well as landscapes exist, and can be differentiated on levels from local to regional to national. We have also demonstrated that important scale-mismatches exist between ecosystems, habitat requirements and management units when landscape level management is considered in a socio-ecological perspective. The findings are highly relevant for improving the multilevel governance system we have for landscape level management in Norway, and can provide important input for wildlife management, and area based planning on municipal and regional levels. Results are also highly useful for improving policies on stakeholder participation in natural resource planning and management.

The project has yielded significant results of clear utility to a range of stakeholders, including management authorities from municipal to national level (and to international organisations such as the FAO), farmers, developers, hunters and hunting organisations, and the scientific community. NINA's profile as a leading international actor in applied research in these areas has been significantly enhanced, widening the scope for international cooperation through, e.g. the European Union funding programmes which are an increasing feature in the funding of the Norwegian R&D system. 36 popular science publications and mass media features were produced, 72 reports, articles and presentations to the general public and to user groups were made; and 29 scientific papers published (to date)

The knowledge and personnel capacity developed by NINA in addressing these issues will be used in a wide range of further applied research programmes, and will be available as a resource for governmental authorities and other stakeholders in designing policy, and solutions for individual on-the-ground cases, in the future management of biodiversity and ecosystem services. In addition to the considerable scale of dissemination activities during the project, several further scientific publications and a further MSc thesis resulting from the project will be submitted. Two NINA Theme Brochures (Temahefter) describing work in the programme, its outcomes, and significance aimed at a general/popular scientific audience are in preparation. The Theme Brochures will be published in 2016.

Developed models from this project will be applied to the planning of a number of identified infrastructural projects and will be available for future infrastructure projects not yet planned. The project results and staff expertise are available for providing input to wider area planning at scales from local to international.

Recent Publications

Reports

Rolandsen, C. M., Solberg, E. J., Van Moorter, B. & Strand, O. 2015. Dyrepåkjørsler på Jernbanen i Norge 1991 - 2014 - NINA Rapport 1145. 112 s.

<http://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/rapport/2015/1145.pdf>

Åström, J., W. Dramstad, M. Debella-Gilo, K. A. Hovstad, S. Åström, and G. M. Rusch. 2014. Assessing Norwegian pollination deficits. Capacity building towards IPBES - implementation and methodological evaluation of the "Protocol to Detect and Assess Pollination Deficits inCrops". Norwegian Institute for Nature Research.

Scientific publications

Bartzke, G. S., R. May, E. J. Solberg, C. M. Rolandsen & E. Røskaft (2015) Differential barrier and corridor effects of power lines, roads and rivers on moose (*Alces alces*) movements. *Ecosphere*: 6: 67.

<http://dx.doi.org/10.1890/ES14-00278.1>.

Boyce, M. S., C. J. Johnson, E. H. Merrill, S. E. Nielsen, E. J. Solberg, & B. van Moorter (2016) Can habitat selection predict abundance? *J. Animal Ecology – Special Issue* doi: 10.1111/1365-2656.12359.

Beyer, H.L., E Gurarie, L Borger, M Panzacchi, M Basille, I Herfindal, B van Moorter, S Lele, J Matthiopoulos (2016). "You shall not pass!": quantifying barrier permeability and proximity avoidance by animals. *Journal of Animal Ecology – Special Issue*, DOI 11/1365-2656.12275

Boyce, M. S., C. J. Johnson, E. H. Merrill, S. E. Nielsen, E. J. Solberg, & B. van Moorter (2016) Can habitat selection predict abundance? *J. Animal Ecology – Special Issue* doi: 10.1111/1365-2656.12359.

Evju M, Blumentrath S, Skarpaas O, Stabbetorp OE, Sverdrup-Thygeson A (2015): Plant species occurrence in a fragmented landscape: The importance of species traits. *Biodiversity and Conservation* 24: 547-561.

Cagnacci F, Focardi S, Ghisla A, van Moorter B, Gurarie E, Heurich M, May R, Nygård T, Myrnes A, Panzacchi M, Merrill E, Rolandsen C, Hebblewhite M. (2016). How many routes lead to migration?

Re-establishing the link between definitions, methods and movement ecology. *Journal of Animal Ecology – Special Issue*, 85, 54–68.

Garibaldi, L.A., Luísa G. Carvalheiro, Bernard E. Vaissière, Barbara Gemmill-Herren, Juliana Hipólito, Breno M. Freitas, Hien T. Ngo, Nadine Azzu, Agustín Sáez, Jens Åström, Jiandong An, Betina Blochtein, Damayanti Buchori, Fermín J. Chamorro García, Fabiana Oliveira da Silva, Kedar Devkota, Márcia de Fátima Ribeiro, Leandro Freitas, Maria C. Gaglianone, Maria Goss, Mohammad Irshad, Muo Kasina,

Alípio J.S. Pacheco Filho, Lucia H. Piedade Kiill, Peter Kwapong, Guiomar Nates Parra, Carmen Pires, Viviane Pires, Ranbeer S. Rawal, Akhmad Rizali, Antonio M. Saraiva, Ruan Veldtman, Blandina F. Viana, Sidia Witter, Hong Zhang (2016). Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science* 351:388-391

Panzacchi, M., Van Moorter, B, Strand O, Saerens M, Kivimäki I, Cassady St. Clair, C, Herfindal I, Boitani (2016). Predicting the continuum between corridors and barriers to animal movements using Step Selection Functions and Randomized Shortest Paths. *L. Journal of Animal Ecology – Special Issue*. 85, 32-42

Van Moorter, B. et al. (2016) Preface: Stuck in Motion: reconnecting questions and tools in movement ecology. *Journal of Animal Ecology – Special Issue*.

Van Moorter, B., Rolandsen, C. M., Basille, M. and Gaillard, J.-M. (2016), Movement is the glue connecting home ranges and habitat selection. *Journal of Animal Ecology – Special Issue*, 85: 21–31.

Direkte og indirekte klimaeffekter på økologiske prosesser i vann og på land: 2011-2015.

Budsjett 2015: 4 mill NOK

Prosjektleder: Bror Jonsson

Arbeidspakkeledere: Nina Elisabeth Eide, Knut Andreas Eikland Bækkeli, Anders G. Finstad, Annika Hofgaard, Ingeborg Palm Helland, Olve Krange, Zlatko Petrin

Formål

Studere virkninger av klimaendringer på bestander, økologiske samfunn og økosystemprosesser og modellere effektene på bestands- og samfunnsnivå.

Delmål

Undersøke bestandseffekter hos utvalgte arter, direkte og indirekte virkninger av temperatur og nedbør på bestander og samfunn i vann og på land, studere interaksjoner mellom klimatiske drivere, gressing og naturbruk, modellere effektene på systemnivå og teste effektene i felt.

2015: Sluttrapportering

Det var få nye resultater i forhold til sluttrapporten som ble presentert ved årsskifte 2015/2016 (Jonsson 2016). Året ble brukt til sluttrapporten samt bearbeidelse av ennå ikke ferdigstilt materiale og publisering av manuskripter fra arbeidet. En kopi av sluttrapporten følger vedlagt. På grunn av permisjon, ble arbeidspakke 2 forsinket. Der har man videreført bearbeidelsen inn i 2016 fram til april.

Økologiske effekter av klimaendringene og vegetasjonsdekke på tvers av økosystemer

Målet med prosjektet i 2016 var å gjøre ferdig gjenstående laboratoriarbeid, analysere data og forberede tre manuskripter til publisering.

De viktigste funnene er at snødybde og vegetasjonsdekket påvirker artsdiversitet og nedbrytning av lauv i kildebekker. Med økende snødybde økte diversiteten av store, virvelløse dyr i bekkene og nedbrytning av lauv i bekkene. Effekten av snødybde var sterkere på tundra sammenlignet med skog. I skogen var graden av skygge viktig. Der økte biodiversiteten og graden av nedbrytning med graden av skygge fra vegetasjonen.

Det arbeides med ferdigstilling av to manuskripter: Det første kalt «Effektene av snødybde og vegetasjonsdekke på nedbrytning av løv i kildebekker» (“Effects of snow depth and vegetation cover on leaf litter decomposition in headwater streams”) er nesten ferdig og skal sendes til «Freshwater Science».

Det andre manuskriptet kalt «Endret snødybde og vegetasjonsdekke påvirker sammensetningen av bentiske makro-invertebrater i kildebekker» (“Snow depth alteration and vegetation cover affect benthic macroinvertebrate assemblages in headwater streams”) krever noe mer arbeid, men har kommet langt

Et tredje manuskriptet, foreløpig kalt «Hvordan tilførsel av detritus og næringsstoffer påvirker mangfoldet og økologisk funksjon hos bentiske makro-invertebrater i fjellbekker, et felteksperiment?» (How do detrital inputs and nutrient enrichment affect benthic macroinvertebrate diversity and functioning in alpine streams, a field experiment?) er også under arbeid. Laboratoriarbeidet er ferdig, men dataanalysen er ikke ferdig.

De andre arbeidspakkene ble sluttrapportert i den vedlagte rapporten.

Publikasjoner og ferdige manuskripter i 2015-2016

Jonsson, B (red.) 2016. Effekter av klimaendringer på arter. Økosystem og samfunn: Sluttrapport fra strategisk instituttsatsing (SIS) 2011-2015. NINA Temahefte 63: 1-23.

Jonsson, B. & Jonsson, N. 2016. Trans-generational maternal effect: temperature influences egg size of the offspring in Atlantic salmon *Salmo salar*. – Innsendt for publisering i Journal of Fish Biology.

Kermagoret, A. 2015. Understanding the characteristics of forest encroachment into tundra ecosystems along environmental gradients in central Norway. - MSc thesis, Université Pierre et Marie Curie, Paris.

Krange, O. and Kaltenborn, B. P. 2016. Cool dudes in Norway: Climate change denial among conservative Norwegian men. – Upublisert manuskript

Kålås, I.H. 2015. Temporal and spatial variation in correspondence between climate proxies and recorded climate data. - MSc thesis, NTNU, Trondheim.

Le Vaillant, M., Elmhagen, B., Erlandsson, R., Hörnfeldt, B., Eide, N.E., Angerbjörn, A. 2015. Spatial distribution in Norwegian lemming in relation to the phase of the cycle. - Oikos (submitted).

Soininen, E.M., Angerbjörn, A., Ecke, F., Eide, N., Framstad, E., Henttonen, H., Hörnfeldt, B., Ims, R.A., Jepsen J.U., Killengreen, S.T., Oksanen, L., Olofsson, J., Yoccoz, N.G. «Unraveling determinants of keystone herbivore population dynamics by a macroecological approach” (in prep).

Watz, J., Bergman, E., Calles, O., Enefalk, Å, Gustafsson, S., Hagelin, A., Nilsson, P.A., Norrgård, J.R., Nyqvist, D., Österling, M., Piccolo, J., Schneider, L., Greenberg, L., & Jonsson, B. 2015. Ice cover alters the behaviour and stress level of brown trout *Salmo trutta*. Behavioral Ecology 26: 820-827.



NINA Temahefte 63
Klima_web.pdf

ECOCOAST: Human impacts in coastal ecosystems -effects on ecosystem structure and function “Kystøkosystemer i endring”

Marin Strategisk Instituttetsatsning, Norsk institutt for naturforskning (NINA)

Varighet: 2012-2015

Budsjett: Totalt 7,6 mill NOK

Prosjektdeltagere (NINA): Per Fauchald (Leder), Ingebrigt Uglem, Bengt Finstad, Kari E. Ellingsen, Sveinn Are Hanssen

Beskrivelse og vitenskapelig målsetning

På verdensbasis er kystøkosystemene i økende grad utsatt for press i form av overutnyttelse av naturressursene, habitatødeleggelse, forurensing og klimaendringer. Disse menneskeskapte påvirkningsfaktorene fører til omveltninger i økosystemene, som igjen har store konsekvenser for tjenestene disse økosystemene yter kystbefolkningen. Forvaltningsplanene for norske havområder peker spesifikt på klimaendringer, høsting, arealbruk, og introduksjon av fremmede arter som de viktigste påvirkningsfaktorene i våre områder. For å forstå hvordan disse faktorene forandrer de marine økosystemene trengs evidensbaserte, integrerte studier som adresserer presise og relevante forsknings spørsmål.

Det **vitenskapelige hovedmålet** for ECOCOAST har vært å undersøke effekten av menneskelige påvirkningsfaktorer på norske kystøkosystemer. Prosjektet har fokusert på to typer drivere: forstyrrelse av habitater og høsting. Innenfor disse to temaene er prosjektet delt inn i fire arbeidspakker (WP) som har undersøkt hvert sitt system:

Tema 1: Forstyrrelse av habitater:

WP 1 Effekten av oppdrettsanlegg på villfisksamfunn

WP 2 Effekten av bunntørling på det biologiske mangfoldet av marine bunndyr

Tema 2: Høsting:

WP 3 Effekten av havklima og fluktuasjoner i høstbare fiskebestander på sjøfuglsamfunn og den romlige organiseringen av pelagiske økosystemer.

WP 4 Effekten av endrede isforhold, predasjon og invasjon av kongekrabbe for havdykkender.

Prosjektgjennomføring og ressursbruk

Ecocoast har vært gjennomført i henhold til planen. En stor andel (80 %) av budsjettet har gått til forskertimer for NINA-forskere. Dette har muliggjort faglig fordypning og kompetanseutvikling på strategisk viktige fagområder. Samtidig har prosjektdeltagerne kunnet bygge opp samarbeidsrelasjoner til andre viktige forskningsmiljøer, og hatt mulighet for å utvikle prosjektideer og forskningssøknader.

Strategisk målsetning og videreføring

Den **strategiske målsetningen** til Ecocoast har vært å integrere NINAs artsspesifikke dataserier og kompetanse i større økosystemorienterte og tverrfaglige samarbeidsprosjekter. Hovedhensikten har vært å gjøre NINAs kompetanse mer relevant for marin økosystembasert forvaltning.

Ecocoast har bidratt til å bygge opp samarbeidsrelasjoner mellom NINA, Havforskningsinstituttet, NIVA, Universitetet i Tromsø og Universitetet i Oslo. Dette samarbeidet har gitt opphav til en rekke søknader til Forskningsrådet og Framsenteret i Tromsø, og utgjort en viktig basis for prosjekter finansiert av Miljødirektoratet, FHF og Sysselembannen på Svalbard. Den strategiske målsetningen har blitt oppnådd i alle de fire arbeidspakkene. I **WP 1**, har vi undersøkt et bredt spekter av miljøeffekter av oppdrettsanlegg, fra fysiologiske responser hos villfisk til effekter på økosystemtjenester for lokale fiskere. Arbeidspakken videreføres gjennom en rekke prosjekter finansiert av miljøforvaltningen, FHF og Norges forskningsråd. I **WP 2** brukes store datasett til å undersøke effekten av bunntørling på biologisk mangfold i marine bunnsamfunn. Dette krever samarbeid mellom økologer, statistikere og marinbiologer. Prosjektet har utgjort en viktig basis for et prosjekt om marint biologisk mangfold i Barentshavet finansiert av Norges forskningsråd, samt prosjekter finansiert av oljeindustrien og miljøforvaltningen. Tilsvarende, har store marine datasett blitt satt sammen i **WP 3**, og dette prosjektet videreføres gjennom prosjekter finansiert av Norges forskningsråd, sjøfuglprogrammet SEAPOP, og prosjekter tilknyttet forskningsflaggskipet MIKON i Framsenteret. **WP 4** undersøker havdykkender som en del av kystøkosystemet, og denne arbeidspakken videreføres i Framsenterets forskningsflaggskip Fjord og kyst, samt i det nye sjøfuglprogrammet SEATRACK.

Formidling og relevans

Ecocoast har bidratt til 25 vitenskapelige publikasjoner i internasjonale tidsskrifter, 10 fagrapporter, en rekke populærvitenskapelig bidrag og mer enn 18 foredrag på konferanser i inn- og utland. Flere vitenskapelige arbeider er under slutføring, og vil bli publisert etter at prosjektet er avsluttet. Resultatene oppnådd i Ecocoast er spesielt relevant for miljøforvaltningen, som nettopp etterspør kunnskap om hvordan ulike menneskelige drivere påvirker de marine økosystemene. Ecocoast har levert ny og relevant kunnskap på disse områdene i alle de fire arbeidspakkene. I tillegg til kunnskap for miljøforvaltningen, har Ecocoast bidratt med relevant kunnskap for havbruksnæringen (WP 1), fiskeriene (WP 2 og 3) og oljeindustrien (WP 2, 3, 4).

WP 1: Oppdrettsanlegg og villfisk

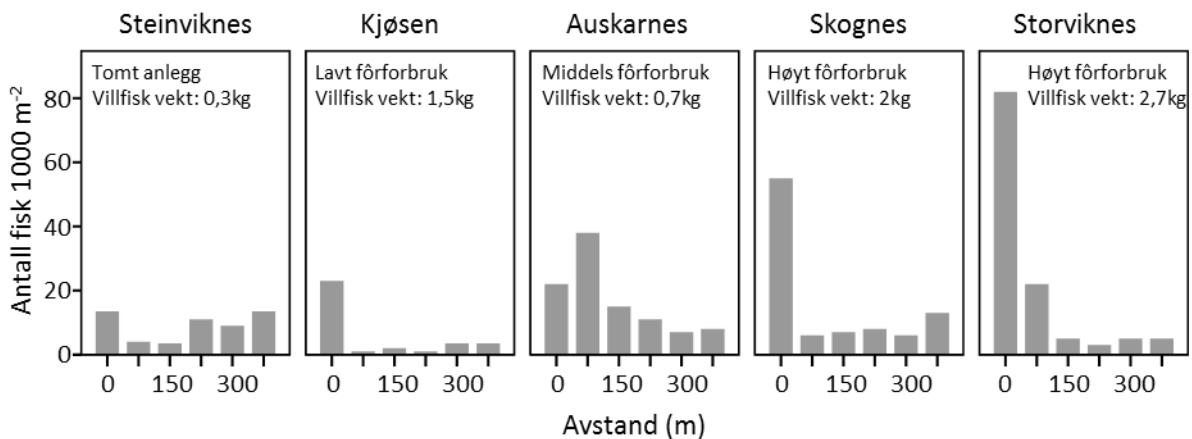
Målsætning: Undersøke effekten av fiskeoppdrett på villfisksamfunn ved bruk av kvasi-eksperimentelle (før-etter, kontroll-virkning) forsøksoppsett.

Fiskeoppdrett er en viktig næring langs Norskekysten. Siden sjømat er sunn og råstoff-effektiv mat forventes det at oppdrett vil bli enda viktigere i framtiden. På samme måte som andre naturbaserte næringer vil imidlertid fiskeoppdrett påvirke økosystemet. Oppdrett av laksefisk har for eksempel ført til at antallet verter for lakselus har økt dramatisk i forhold til det som er naturlig, og spredning av lus fra lakseanlegg med påfølgende effekter på ville laksefiskbestander er ansett som en av de mest negative påvirkningene. Det blir videre hvert år brukt store mengder fôr i lakseoppdrett, og organisk avfall fra lakseproduksjonen kan på flere måter også påvirke kystøkosystemene. Fôr som ikke blir spist av oppdrettsfisken vil enten bli spist av villfisk som tiltrekkes oppdrettsanleggene eller sedimenteres på bunnen sammen med avføring fra fisken. Andre påvirkninger inkluderer uønskede genetiske effekter på ville laksefiskbestander som følge av rømning, samt potensielle effekter av spredning av sykdommer og miljøgifter. Oppdrettsnæringen konkurrerer også med andre næringer om areal, noe som har ført til konflikter blant annet med kystnære fiskerier. Den første arbeidspakken i ECOCOAST, har fokusert på effekter på villfisk og fiskerier som følge av organisk avfall fra lakseoppdrett, inkludert spredning av miljøgifter til marin fisk, samt å øke datagrunnlaget for vurdering av hvordan lakselus fra oppdrett påvirker vil laksefisk. For utnytte bevilgningen optimalt har aktiviteten blitt koordinert med flere andre prosjekter finansiert av FHF, Forskningsrådet og Framsenteret.



Figur 1.1. Mulige effekter av lakseoppdrett på torskefisk (sei, torsk og hyse) og fiskerier.

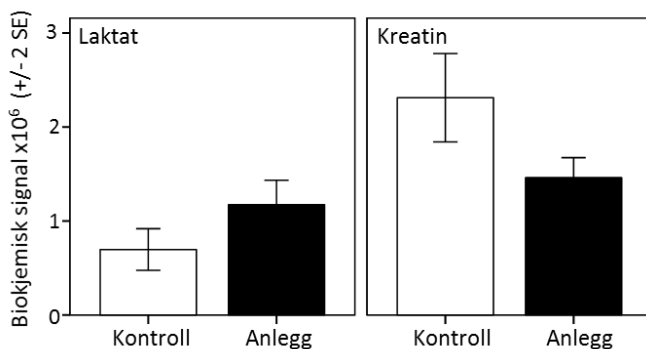
Tiltrekning av torsk og sei til oppdrettsanlegg ble undersøkt i Øksfjord høsten 2012 ved hjelp av ekkolodd (Figur 1.2). Mengden villfisk ble målt ved fem ulike oppdrettsanlegg ut til 400 meter fra anleggene. Siden det var mindre sei i fjorden enn vanlig, ble ikke store mengder fisk funnet. Det var likevel en klar sammenhengen mellom antall villfisk og avstand fra anleggene, spesielt for anlegg med et høyt fôrforbruk, noe som viser at spillfôr er en viktig faktor. Prøvefiske viste også at fisken (torsk og sei) var jevnt over større ved anlegg med høyt fôrforbruk enn ved anlegg med mindre fôrforbruk.



Figur 1.2. Antall villfisk per areal ved fem oppdrettsanlegg i Øksfjord Finnmark målt ved hjelp av ekkolodd.

Kvalitet på sei fisket ved oppdrettsanlegg og på kontroll-lokaliteter mer enn 5 kilometer fra nærmeste lakseanlegg ble undersøkt i perioden 2013-2015 i samarbeid med ProCoEx prosjektet. Det ble ved fire av fem måletidspunkt funnet en marginal men signifikant kvalitetsforskjell som viser at sei fanget ved oppdrettsanlegg er av noe dårligere kvalitet enn sei fanget andre steder. Forskjellen var imidlertid liten og kvaliteten på fisken var generelt god. Forskjellene mellom gruppene bestod i at filet fra oppdrettsassosiert sei var noe bløtere og mer oppsplittet enn filet fra kontrollfisken.

Årsaken til kvalitetsvariasjon ble undersøkt ved å måle ulike biokjemiske komponenter i lever og muskelprøver ved hjelp av kjernemagnetisk resonans metodologi (NMR). Resultatene fra denne undersøkelsen viser at det var en klar forskjell i biokjemisk sammensetning mellom prøver fra kontroll- og oppdrettsassosiert sei, mens fiskemetode ikke var like viktig. Det ble blant annet funnet at det var mere laktat og mindre keratin i filet fra oppdrettsassosiert sei enn i filet fra sei fisket andre steder (Figur 1.3). Økte laktatkonsentrasjon fører til at pH i muskelen går ned, noe som videre kan medføre mykere og mer oppsplittet filet. Redusert keratinkonsentrasjon har tidligere blitt knyttet til redusert kjøttkvalitet hos fisk på grunn av stress.



Figur 1.3. Laktat og kreatin i muskel fra sei fanget under (anlegg) og minst 5 km (kontroll) unna oppdrettsanlegg. Laktat og kreatin er angitt som signalverdier fra NMR analyser og ikke som reelle verdier.

For å undersøke smaksforskjeller mellom oppdrettsassosiert og kontroll -sei, ble to enkle forbrukertester gjennomført ved NINAs kantine i Trondheim i 2013 og 2015. Det var i begge testene klare, men marginale, forskjeller i filet kvalitet mellom de to gruppene. I den første testen ble det servert seikaker, mens det i den andre testen ble servert ovnsbakt sei. Hver person fikk en identiske tilberedt seikake eller et fiskestykke fra begge typer fisk. Den ovnsbakte fisken ble svært lett saltet for ikke å kamuflere eventuelle forskjeller i smak. Det var ingen statistisk signifikant forskjell i preferanse for fiskekaker laget av enten kontroll eller oppdrettsassosiert sei, men det var et signifikant flertall av testpersonene som foretrakk oppdrettsassosiert ovnsbakt (Tabell 1.1). Mange av de som fortrakk oppdrettsassosiert sei mente at denne var best fordi den var saltest. Dette kan tyde på at den fetere oppdrettsassosierte seien tar til seg saltet på en annen måte enn kontrollfisken. Smakstestene var ikke designet for å måle små og detaljerte forskjeller i smak, men store og vesentlige smaksforskjeller ville høyst sannsynlig blitt funnet.

Tabell 1.1. *Resultater fra smakstester i NINAs kantine.*

	Seikaker (N=105)	Ovnsbakt sei (N=82)
Oppdrettsassosiert sei best:	34 %	59%
Kontrollsei best:	40 %	32%
Ingen forskjell	26 %	9%

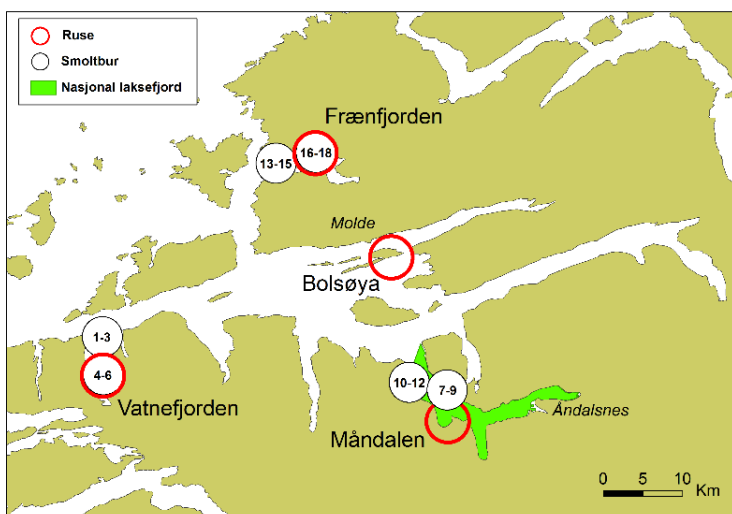
Villfisk som tiltrekkes oppdrettsanlegg kan også tenkes å ha en «biofiltereffekt» i og med at de spiser spillfôr før det sedimenteres. Dette kan redusere negativ påvirkning på bunnfaunaen siden det organiske avfallet bindes i fisken istedenfor at det samles på bunnen under anleggene. I EcoCoast ble totalt 359 sei samlet inn ved oppdrettsanlegg ved Hitra og Ryfylke i samarbeid med ProCoEx prosjektet. Av disse hadde mellom 31% og 70% laksepellet i magesekken. Med tanke på at det i perioder er vist at til dels store mengder sei samles ved oppdrettsanlegg tyder dette på at tiltrukket fisk har en betydelig biofiltereffekt. Dersom en for eksempel tar utgangspunkt i et typisk oppdrettsanlegg i Midt-Norge, med et smoltutsett på 1 000 000 fisk på 100g, vil ca 3500 sei med snittvekt på 3 kg kunne være i stand til å spise anslagsvis tre fjerdedeler av fôrtapet før det sedimenteres fra oppdrettsfisken er rundt kiloet og fram til slakting.

EcoCoast og tilknyttede prosjekter har dermed bekreftet tidligere antagelser om at vill marin fisk tiltrekkes lakseoppdrettsanlegg på grunn av tilgjengeligheten til spillfôr, samt vist at kvaliteten på tiltrukket fisk er noe redusert på grunn av en unaturlig diett. Resultatene tyder imidlertid også på at kvaliteten kan ivaretas og bedres ved god behandling og prosessering av fisken, og at det ikke er vesentlig forskjeller i smak mellom oppdrettsassosiert sei og sei fanget et stykke unna anlegg. Observasjoner vedrørende mengde spillfôr i dietten til seien, indikerer også at tiltrekning villfisk, i hovedsak sei, innebærer en betydelig miljøgevinst siden fisken spiser spillfôret før det sedimenteres under anleggene.

Lakselus fra oppdrett og effekter på vill laksefisk

Norsk oppdrettsnæring produserte i 2014 om lag 1.3 millioner tonn laksefisk. Dette har medført en dramatisk økning i antall verter for lakselus som igjen har påvirket individer og populasjoner av vill laksefisk. Det er tidligere vist at overlevelse og vekst hos laks har blitt redusert som følge av lakselus, og at lakselus har endret atferden til sjørret. På individnivå er det vist at overskridelser av en grenseverdi på 0,1 lus per gram fiskevekt forårsaker negative fysiologiske prosesser hos laksefisk. I ECOCOAST har vi i samarbeid med flere andre prosjekter (bla LicePop, NFR og den nasjonale

luseovervåkingen, Mattilsynet) undersøkt mekanismer for 1) påslag av lakselus på villfisk i felt, 2) effekter av lakselus på fiskens atferd, samt 3) effekten av lakselus på ville laksefisk under laboratoriebetingelser for å definere og fininnstille antatte tålegrenser. Feltundersøkelsene i Hardangerfjorden og Romsdalsfjorden er basisundersøkelsen i dette delprosjektet, og her presenteres data fra 2014 i Romsdalsfjorden som et eksempel. Det ble fanget inn sjøørret ved stasjonene som indikeres av fylte røde sirkler (Figur 1.6). Fisken ble deretter analysert for lakselus. Infeksjonspresset på sjøørret var høyt i Romsdalsfjord-systemet i siste del av mai og begynnelsen av juni 2014, noe som også indikerer økt risiko for utvandrende laks, spesielt seint utvandrende smolt. Med unntak av Frænfjorden var infeksjonen høy i stort sett hele Romsdalsfjordssystemet utover juni. Svært mye av fisken hadde antatt skadelige nivåer av lus, og både prematur tilbakevandring og direkte dødelighet ble observert.



Figur 1.6. Kart over undersøkelsesområdet i Romsdalsfjordssystemet i Møre og Romsdal. Røde sirkler viser undersøkelseslokalteter for sjøørret, fylte sirkler viser plassering av vaktbur (grupper på 3 bur) og grønn farge viser nasjonal laksefjord uten oppdrettsaktivitet.

Innsamling av fisk og laboratorieeksperimentet er presentert her:

www.youtube.com/watch?v=SqA4PL40ATE&feature=youtu.be.

Dette delprosjektet har bidratt til økt forståelse av hvordan lakselus påvirker individer og populasjoner av ville sjøørretbestander. Slike effekter er avdekket gjennom feltundersøkelser og registreringer av lusepåslag på ville sjøørretbestander, atferdsforsøk (hydroakustikk/PIT-merking) vha. individmerket sjøørret med og uten lakselusbeskyttelse og tålegrenseforsøk i laboratoriet på naturlig og kunstig infisert sjøørret. Bare deler av resultatene er presentert i dette delforsøket, mye databearbeiding pågår nå og dette delprosjektet vil i løpet av 2016 føre til flere vitenskapelige publikasjoner og rapporter.

WP 2: Bunntåling og bløtbunnsfauna

Målsetning: Undersøke hvordan ulik intensitet av bunntåling fra fiskefartøyer er relatert til endringer i biologisk mangfold i bunndyrssamfunn.

Bunntåling setter spor og endrer bunndyrssamfunnet

Intensiv bunntåling er en av de største fysiske forstyrrelsene på habitater og organismer på kontinentalsokkelen over hele verden. Fiske med bunntåling setter spor og forstyrrer bunnhabitater

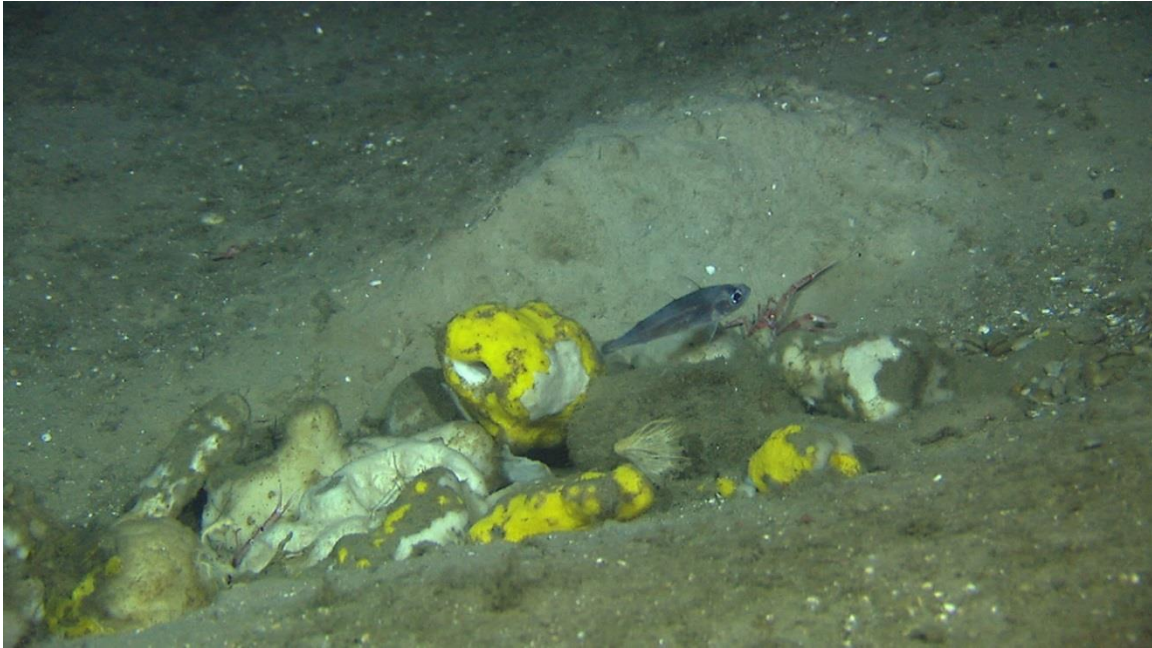
ved at trålingsredskapene blander og virvler opp sedimentene. Bunntråling har den utilsiktede konsekvensen at bunnlevende organismer kan bli ødelagt, begravd, drept eller fjernet. Ved intensivt fiske vil bunntråling kunne medføre endringer i økosystemfunksjoner, inkludert redusert produksjon, samt redusert biodiversitet, habitathomogenisering og endret samfunnssammensetning. Bunntråling ekspanderer nå også til stadig dypere habitater og til høyere breddegrader, men det finnes per i dag ikke så mange studier av hvilken effekt trålingen har i slike områder.



Tråler. Foto: Johan Wildhagen, Norges sjømatråd.

Effekter på de store bunnorganismene

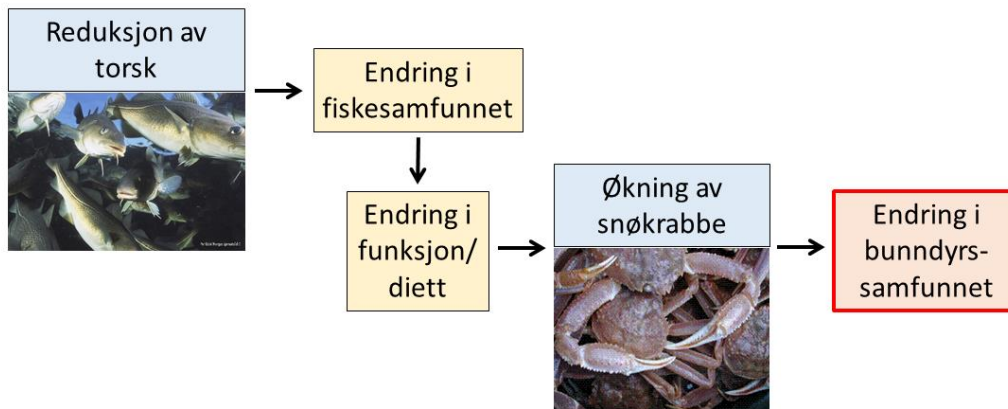
Megabenthos er bunndyr som er større enn 2 cm. Eksempler på slike organismer er svamp, sjøstjerne, sjøpinnsvin og sjøfjær. Det forventes spesielt sterke negative effekter av bunntråling på megabenthos, ettersom denne gruppen omfatter store arter med et langt livsløp. Ved bruk av data fra videotransekter for å kartlegge megabenthos fra MAREANO og VMS-data fra Fiskeridirektoratet fant vi negative sammenhenger mellom trålingsintensitet og totalt antall arter og individer. En rekke faunagrupper og enkeltarter peker seg ut som mulige indikatorer for påvirkning; noen har negativ sammenheng med trålingsintensitet, spesielt flere typer av svamper, mens andre har positiv sammenheng. Våre resultater bidrar til økt kunnskap om effekter av bunntråling på enkeltarter og diversitet i nordområdene, som er et havområde med stadig økende menneskelig aktivitet.



Svamp i trålspar. Fisken er en øyepål. Foto: MAREANO/Havforskningsinstituttet (www.mareano.no).

Endringer i fiskesamfunn kan påvirke bunndyrssamfunnet

I tillegg til at fiskeriene kan ha direkte effekter på bunndyr ved at bunnet eller andre fiskeredskaper slepes bortover bunnen, så kan også fiskeriene endre sammensetningen og antallet av fiskene som lever i havet. Dette kan igjen påvirke bunndyrssamfunnet. Torsken er en dominerende predator, det vil si et rovdyr. Torsken er kjent for å ha en strukturerende rolle i økosystemer i Nord-Atlanteren, der den tidligere var svært dominerende slik den nå er i store deler av Barentshavet. Overfiske og kollaps av torskepopulasjoner i nordvest Atlanteren utenfor kysten av Canada har ført til endringer i resten av fiskesamfunnet. Flere andre kommersielt utnyttete store bunnfisk ble også redusert, mens små planktonspisende fiskearter som lever høyere oppe i vannmassene økte i antall. Det betyr at den funksjonelle karakteristikkene av fiskesamfunnet endret seg dramatisk, for eksempel med hensyn til hvilken diett fiskene i økosystemet hadde. I tillegg økte andelen av krepsdyr betraktelig utenfor kysten av Canada, som for eksempel snøkrabbe og hummer, som også er predatorer. Dette skjedde fordi slike krepsdyr ikke lenger i så stor grad ble spist av de store bunnfiskene. Eksperimentelle studier har vist at slike krepsdyr kan påvirke sammensetningen av andre bunndyr betydelig. Dette betyr at fiskeriene også kan ha indirekte effekter på bunndyrssamfunnet.



Illustrasjon. Overfiske og resulterende endringer i fiskesamfunn kan føre til endringer i bunndyrssamfunnet. Foto av torsk: Per Eide, Norges sjømatråd; foto av snøkrabbe: Canadian Department of Fisheries and Oceans (DFO), Canada (www.dfo-mpo.gc.ca).

Kombinerede effekter av bunntåling og annen menneskelig påvirkning

Oljeindustrien har et omfattende datamateriale av bunndyr (makrobentos: > 1 mm) og sediment i tilknytning til miljøovervåking rundt oljeinstallasjoner på den norske kontinentalsokkelen (samlet i Miljøovervåkingsdatabasen, MOD). I samarbeid med UiT Norges arktiske universitet, University of Auckland og National Institute of Water and Atmospheric Research, New Zealand, har vi undersøkt bunndyrssammensetning og sediment på et sett av regionale stasjoner fra dette datamaterialet fra Nordsjøen (Region I, også kalt Ekofisk-regionen) over både tid og rom. I retningslinjene for miljøovervåkingen heter det at de regionale stasjonene skal være upåvirket av olje- og gassindustrien.

Basert på VMS-data fra Fiskeridirektoratet er det tydelig at det også er betraktelig trålingsaktivitet (bunntåling) i denne regionen. VMS-data fra 2011 viser at fiskeriaktiviteten varierte i rom, men at aktiviteten var relativt høy over ganske store områder. Flere av de regionale overvåkingsstasjonene for petroleumsindustrien er lokalisert i områder med relativt høy fiskeriaktivitet. Basert på trålingsintensiteten i norske farvann, samt kunnskapen som er ervervet i løpet av de siste 2-3 tiårene i en rekke studier internasjonalt om effekter av bunntåling på bunndyrssamfunn, tilsier dette at bunntåling er en viktig driver for bunndyrdiversiteten i store havområder i norske farvann. Vår anbefaling er at både miljøovervåking og forskning bør betrakte de kombinerte effektene av ulike menneskeskapt forstyrrelser (som f. eks. fra petroleumsindustrien og fiskeriene), samt klimaendringer, i et gitt område.

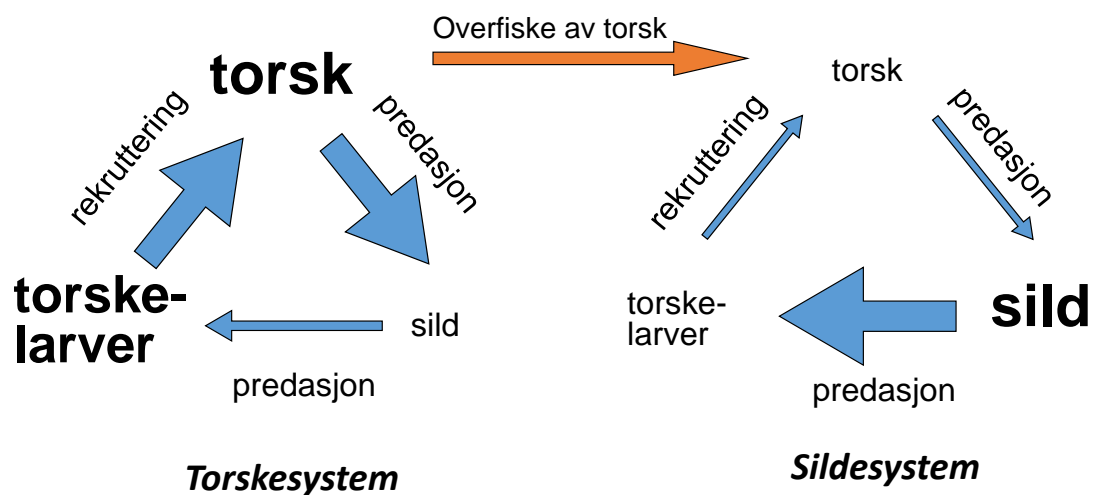
WP 3: Havklima og toppredatorer

Målsetning: Undersøke hvordan fordelingen av pelagisk fisk er påvirket av bestandsvariasjoner og havklima, og hvordan dette igjen påvirker toppredatorer som rovfisk, sjøpattedyr og sjøfugl.

Hvordan påvirker predasjon fra pelagisk fisk overlevelsen til fiskelarver i Norskehavet?

De store fiskebestandene av torsk, hyse, sild og sei i Barentshavet og Norskehavet gyter alle langs norskekysten, og om våren og sommeren vokser fiskelarver og fiskeyngel opp i kyststrømmen mens de driver nordover langs kysten av Nord Norge. Oppvekstmiljøet i kyststrømmen, og da spesielt predasjonstrykk og næringsgrunnlag, er viktig for overlevelsen til yngelen og dermed rekrutteringen til disse viktige kommersielle bestandene. De siste tiårene har de pelagiske bestandene av makrell og sild vært store i Norskehavet. Makrell og sild kan sette til livs store mengder fiskelarver og fiskeyngel. Samtidig konsumerer sild og makrell store mengder rauåte, som er en helt sentral del av dietten til fiskelarvene. Makrell og sild kan derfor være både predatorer og konkurrenter til fiskeyngel i kyststrømmen. Slike negative effekter av pelagisk fisk på rekruttering av fiskebestander som torsk har blitt vist i en rekke marine pelagiske økosystemer, blant annet i Nordsjøen.

I Nordsjøen fant vi for eksempel en sterk negativ sammenheng mellom rekruttering av torsk og mengde Nordsjø-sild, noe som sannsynligvis skyldes at en stor sildestamme konsumerer store mengder torskelarver. Dermed vil en stor bestand av sild holde bestanden av sin viktigste predator nede ved å konsumere avkommet dens. Denne mekanismen kalles predator-byttedyr reversering (byttedyret blir til predator), og kan, sammen med overfiske føre til skift i økosystemet fra et system dominert av torsk til et system dominert av sild (Figur 3.1).



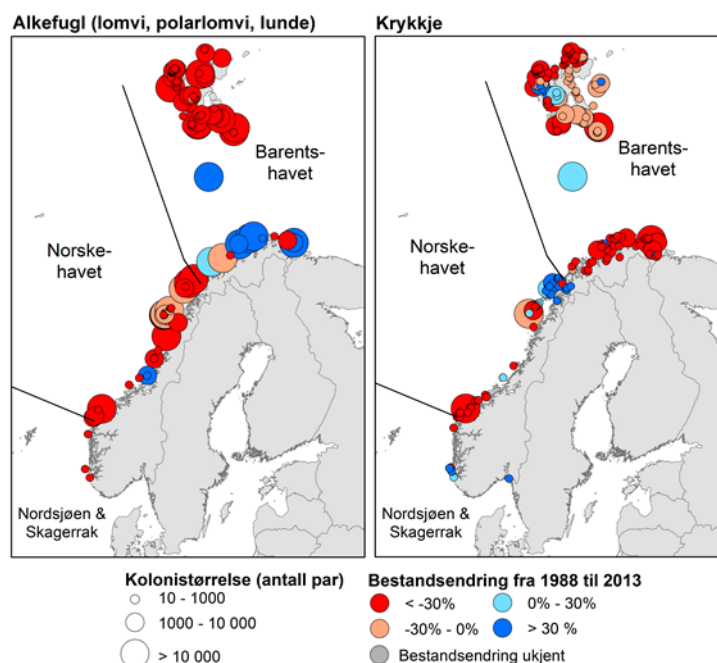
Figur 3.1. Predator-byttedyr reversering mellom torsk og sild i Nordsjøen. I et torskedominert system (venstre side) vil torsken holde de pelagiske fiskebestandene nede, noe som sikrer liten predasjon på yngelen og god rekruttering. Hvis torskebestanden reduseres gjennom for eksempel overfiske, vil de pelagiske fiskebestandene vokse og øke predasjonstrykket på torskelarvene. Dermed vil torskebestanden holdes nede selv om overfisket opphører. Man har med andre ord fått en overgang til et nytt «stabil» sildedominert system (høyre side) hvor silde kontrollerer rekrutteringen til sin viktigste predator.

I samarbeid med Havforskningsinstituttet og Universitetet i Oslo har vi, på samme måte som for Nordsjøen, analysert eksisterende tidsserier for å finne ut om predasjon og konkurranse fra pelagisk fisk kan påvirke overlevelsen til fiskelarver som driver nordover langs kysten av Nord Norge. Vi fant liten evidens for slike negative sammenhenger. Årsaken til dette ligger sannsynligvis i at sild og makrell ikke overlapper i tilstrekkelig grad med fiskeyngelen i tid og rom. Silda legger ut på beitevandring mot vest, ut i Norskehavet etter gyting, og vil derfor i begrenset grad overlapse med yngelen som driver med kyststrømmen. Makrellen migrerer nordover om sommeren, men er sannsynligvis for sent ute til å påvirke fiskeyngelen i stor grad. Migrasjon og fordeling av fisk påvirkes imidlertid av klimaendringene, og et viktig forskningstema fremover vil derfor være å undersøke hvordan endringer i fordeling og migrasjonsmønster kan påvirke interaksjonene mellom fiskeyngel og pelagisk fisk i dette systemet.

Mange sjøfuglbestander synker

Overvåkingsstudier i regi av overvåkingsprogrammet SEAPOP viser at mange bestander av norske sjøfugl har gått tilbake de siste årene. I samarbeid med et prosjekt finansiert av Miljødirektoratet, har vi sammenstilt alle overvåkings- og kartleggingsdata for norske sjøfugl, og gjennomført statistisk modellering av bestandsdynamikk for 17 arter på regional og nasjonal skala fra 1988 til 2013. Resultatene viser store artsvisse og regionale forskjeller (se for eksempel Figur 3.3). Flere måkearter går kraftig tilbake i Nordsjøen, Skagerrak og Barentshavet. Bestandene av krykkje har gått ned på Spitsbergen og fastlandet, mens den store kolonien på Bjørnøya er mer stabil. De store bestandene av polarlomvi på Spitsbergen gått tilbake fra 1.15 millioner til 522 000 par de siste 25 årene. Lomvi og lunde øker imidlertid i Barentshavet mens de går tilbake i Norskehavet.

Vi har parallelt arbeidet med å sammenstille studier og tidsserier som kan forklare bestandsendringene i sjøfuglbestandene. Samtidig som mange sjøfuglbestander synker, har et mer bærekraftig fiske ført til vekst i mange fiskebestander. Man observerer også tiltagende endringer i de marine økosystemene som følge av klimaendringer. Årsaken til endringene i sjøfuglbestandene er derfor sammensatte, og i hovedsak knyttet til storskala endringer i det marine miljø. Klimaendringer påvirker tilgangen til fiskelarver for de store sjøfuglkoloniene fra Mørkysten til Troms. Samtidig må sjøfuglene i Norskehavet konkurrere med økende bestander av pelagisk fisk. På Spitsbergen fører klimaendringer til store endringer i det arktiske næringsnett, noe som ser ut til å ha konsekvenser for arktiske sjøfugl som polarlomvi og alkekonge.



Figur 3.3. Fordeling og bestandsutvikling av pelagiske sjøfugl i Norge. Til venstre: Pelagisk dykkende sjøfugl (alkefugl). Hekkebestander av polarlomvi, lomvi, og lunde er slått sammen, og bestandsendringer representerer endringer i totalantallet av disse artene. Polarlomvi finnes hovedsakelig på Spitsbergen og Bjørnøya, lomvi finnes hovedsakelig på Bjørnøya og langs norskekysten, og lunde dominerer langs norskekysten. Til høyre: Pelagisk overflatebeitende sjøfugl (krykkje). Krykkje er den dominerende pelagisk overflatebeitende arten i Norge.

Årsaken til nedgangen er sammensatt

Vi har parallelt arbeidet med å sammenstille studier og tidsserier som kan forklare bestandsendringene i sjøfuglbestandene. Samtidig som mange sjøfuglbestander synker, har et mer bærekraftig fiske ført til en kraftig vekst i mange fiskebestander. Man observerer også tiltagende endringer i de marine økosystemene som følge av klimaendringer. Årsaken til endringene i sjøfuglbestandene er derfor sammensatte, og i hovedsak knyttet til storskala endringer i det marine miljø. Klimaendringer påvirker tilgangen til fiskelarver for de store sjøfuglkoloniene fra Mørkekysten til Troms. Samtidig må sjøfuglene i Norskehavet konkurrerer med økende bestander av pelagisk fisk. På Spitsbergen fører klimaendringer til store endringer i det arktiske næringsnett, noe som ser ut til å ha konsekvenser for arktiske sjøfugl som polarlomvi og alkekonge.

WP 4: Predasjon, klima og sjøender

Målsetning: Undersøke hvordan beiting fra sjøender, endrede isforhold og invasjon av kongekrabbe påvirker predasjon i bunnsamfunnene i den sublittorale sonen.

Ærfugl - bestandsutvikling og predasjon

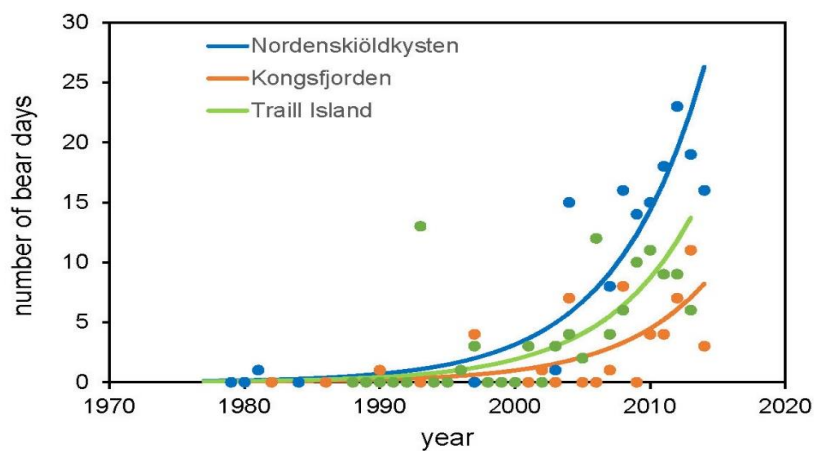


Figur 3.5 Ærfugl hunn *Somateria mollissima* som ruger på sine egg i Kongsfjorden, Svalbard. Foto: Børge Moe

Ærfuglbestanden på Svalbard teller i dag mellom 13 500 og 27 500 par. Ukontrollert høsting av dun og egg på begynnelsen av 1900-tallet antas å ha påvirket bestanden i negativ retning. På fastlandet har ærfuglbestanden hatt en negativ trend de siste 10-20 årene. Årsakene til den negative bestandstrenden kan være at antall eggspisende predatorer har økt, og at folk har flyttet fra de tradisjonelle dunværene der ærfuglene har vært beskyttet av lokalbefolkningen i hekkeperioden.

Mindre havis kan føre til flere isbjørn i fuglekolonier

Oppvarmingen av Arktis og reduksjon i havisens utbredelse er antatt å presse isbjørner på land og dermed til å jakte på alternativ mat i stedet for sel, for eksempel egg i fuglekolonier. Forskere fra NINA har deltatt i en studie som har analysert sommerforekomster av isbjørn ved Vest-Spitsbergen og Øst-Grønland. Sommerforekomstene av isbjørn på land har økt betydelig siden 1970/80-tallet samtidig som lengden på is-sesongen har gått ned (Figur 3.4). Overvåkning av reir i fuglekolonier ved én av studielokalitetene, Nordenskiöldkysten, viste at isbjørnpredasjon på reir kan ha stor påvirkning på hekkesuksess av hvitkinngås, ærfugl og polarmåke. Reirpredasjon var høyest i år der isbjørnen ankom kolonien i god tid før klekking, med mer enn 90% av alle reir spist i slike år. Isbjørnene har også framskyndet ankomst i løpet av de siste årene, for å få tilgang til mest mulig egg. Resultatene fra studien er et godt eksempel på at klimaendringene kan gi såkalte kaskade-effekter i de arktiske økosystemene. Kortere is-sesong gir mindre leveområder for isbjørn, som igjen påvirker



Figur 3.4 Antall isbjørn observert på Sørvestsvalbard (blå), nordvest-Svalbard (orange) og Grønland (grønn) fra 1979-2013.

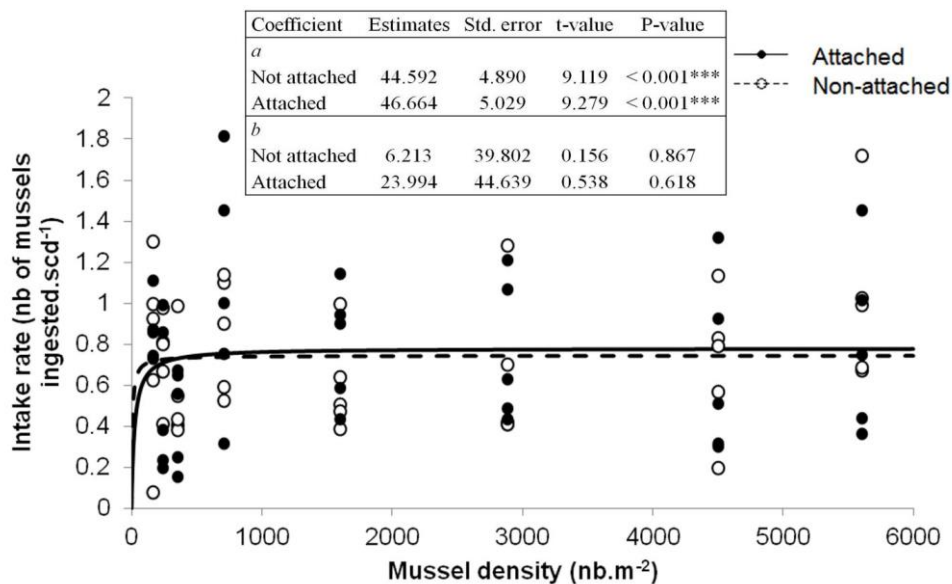
hekkesuksessen til bakkehekkende gjess og sjøfugler.

Migrasjon hos ærfugl

Arktis er kjennetegnet med stor variasjon mellom årstider, et kaldt klima og variert utbredelse av havis om vinteren. Som en konsekvens av dette trekker (migrerer) de fleste sjøfugl som hekker i Arktis sørover om vinteren til mer varmere klimatiske forhold. God kunnskap om trekkruiter og vinterområder er svært viktig i forvaltningen av disse fuglene. Vi har instrumentert ærfugl fra Kongsfjorden, Svalbard, med lys-loggere for å kunne følge fuglenes bevegelser utenom hekkesesongen. Vi klarte å få tilbake loggere fra 47 fugler i perioden 2009-2013, og bruke dataene på loggerne til å kartlegge trekkruiter og overvintringsområder. Trettiseks individer (77%) overvintret langs kysten av Island, mens 11 individer (23%) oppholdt seg langs kysten av Nord-Norge (Figur 3.5). Selve trekket (ca 1700km til Island og 1300km til Nord-Norge) tok ca 4 dager om høsten og tre dager om våren. Senere ankomst om våren førte til senere egglegging, noe som indikerer en såkalt «carry over effect» av vinterforhold på påfølgende hekkforsøk. Fugler som trakk til Norge forlot Svalbard senere enn fuglene som skulle til Island, og som følge av dette hadde disse fuglene et kortere opphold på overvintringsområdet enn fuglene som trakk til Island. Siden det er bare to nasjoner, Norge og Island, som sammen er vintervertskap for hele Svalbardbestanden av ærfugl, medfører dette at man bør søke bilateralt samarbeid i forvaltningen av denne viktige bestanden av arktiske ærfugl.

Ærfugls beiteadferd og utnyttelse av næring

Mange planteetere og marine bunndyrspisere er representanter for en næringsstrategi hvor de inntar føde som opptrer i høye tettheter og er lett tilgjengelig, men hvor føden inneholder relativt lave konsentrasjoner av energi og næringsstoffer. Ærfugl er en typisk bunndyrspisende art hvor hovedføden, blåskjell, inneholder svært lite energi. Vi forventet at ærfugl skulle klare å ha en høy inntaksrate av blåskjell selv i situasjoner der det var lave blåskjelltettheter. Videre, der det var stor variasjon i størrelse og kvalitet på blåskjell forventet vi at de skulle velge blåskjell av høyest kvalitet,



Figur 3.6 Antall blåskjell spist per sekund i forhold til tetthet av blåskjell (antall blåskjell per m²). Figuren viser at ærfugl klarer å ha høy inntaksrate selv ved svært lave tettheter av blåskjell.

noe som kunne øke inntaksraten og forbedre fordøyelsen. Ærfugl kan være et stort problem for blåskjeloppdrettere, vi ønsket derfor å få et mål på den mulige effekten de kan ha på blåskjellanlegg. Vi ønsket også å forstå sporadisk opptreden i blåskjeloppdrett ved å sammenligne næringsutbytte fra slike kunstige habitater med utbytte fra «naturlige» forekomster av blåskjell. Til slutt vet vi at ærfugl er effektive predatorer i blåskjeloppdrett, vi testet derfor flere typer nett som man tenker seg kan brukes for å fysisk hindre ærfugl i å spise i blåskjeloppdrett. I designet av disse nettene forsøkte vi å både redusere arbeidet for oppdretterne selv, og å minimere sjansen for fastsetting og drukning av fugl i nettene. For å få svar på disse spørsmålene gjorde vi flere eksperimenter i store tanker med ærfugl i fangenskap ved Universitetet i Québec, Canada. Dette gjorde at vi i hvert eksperiment kunne kontrollere flere miljøfaktorer som for eksempel byttedyrskvalitet, mengde og tetthet. Det vi fant var, som forventet, at ærfugl var i stand til å opprettholde høye inntaksrater selv ved lave byttedyrtettheter (Figur 3.6). Dette forklarer at man ofte observerer at havdykkender kan nesten fullstendig renske havbunnen for blåskjell og andre bentiske (bunnlevende) i løpet av en relativt kort beitesesong. I tillegg var de i stand til å skille ut og velge små blåskjell som var plassert sammen med større blåskjell og blåskjell med tykkere skall. Denne evnen til å velge føde gjorde at ærfugl kunne øke inntaksraten av næring uten at fordøyelsestiden økte. I tillegg ble oppdrettsblåskjell som har mer kjøtt i forhold til skjellmengde, høyere energitetthet og tynnere skall, fordøyd på vesentlig kortere tid enn store «ville» blåskjell.

Ærfugl var svært effektive når de spiste av blåskjeloppdrett, hvert individ spiste og slo løs 5.8 kg blåskjell hver dag. Imidlertid var det forskjell i daglig energetisk utbytte mellom ærfugl som beitet på naturlige skjell og på oppdrettede skjell, og hvis de naturlige skjellene var av god kvalitet og i høye tettheter var interessen for blåskjeloppdrett lavere. Det betyr at om man overvåker naturlige forekomster i nærheten av blåskjeloppdrett vil man ha mulighet til å forutsi sannsynligheten for, og dermed minimere, «angrep» på oppdrettsblåskjell. I situasjoner hvor det er stor fare for «angrep» på blåskjeloppdrett anbefaler vi at man setter opp nett med en maksimal maskestørrelse på 6 tommer og stor relativ tykkelse for å effektivt ekskludere havdykkender fra anleggene. God kunnskap om ærfuglens adferd og status på den naturlige føden er sannsynligvis svært viktig i forhold til å utvikle effektive tiltak og forutsi faren for skade på blåskjeloppdrett.

For en mer fullstendig og detaljert rapport fra Ecocoast, vises til Temahefte fra NINA, som vil bli publisert i løpet av nær framtid.

Publikasjoner fra ECOCOAST

Vitenskapelige

Andersson M, Waldeck P, Hanssen SA, Moe B. 2015 Female sociality and kin discrimination in brood parasitism: unrelated females fight over egg-laying. In press Behavioral Ecology

Arechavala-Lopez P, Sæther BS, Marhuenda-Egea F, Sanchez-Jerez P, Uglem I. 2015. Assessing the Influence of Salmon Farming through Total Lipids, Fatty Acids, and Trace Elements in the Liver and Muscle of Wild Saithe *Pollachius virens*. Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science 0:1–9, 2015.

Arechavala-Lopez, P, Uglem, I., Berg, M., Bjørn, P.A. & Finstad, B. 2015. Large-scale use of fish-traps for monitoring sea trout (*Salmo trutta*) smolts and sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infestations: efficiency and reliability. Marine Biology Research.

- Buhl-Mortensen L, Ellingsen KE, Buhl-Mortensen P, Skaar KL, Gonzalez-Mirelis G, Breen M. Trawling disturbance on megabenthos and sediment in the Barents Sea: chronic effects on density, diversity, and composition. *ICES Journal of Marine Science*.
- Chittenden CM, Fauchald P, Rikardsen AH. 2013. Important open-ocean areas for northern Atlantic salmon—as estimated using a simple ambient-temperature approach. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 70: 101-104.
- Fenstad AA, Jenssen BM, Moe B, Hanssen SA, Bingham C, Herzke D, Bustnes JO, Krøkje Å. 2014. DNA double-strand breaks in relation to persistent organic pollutants in a fasting seabird. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 106, 68–75.
- Gjelland KØ, Serra-Llinares RM, Hedger RD, Arechavala-Lopez P, Nilsen R, Finstad B, Uglem I, Skilbrei OT, Bjørn PA. 2014. How does salmon lice infection affect the marine phase of sea trout behaviour? *Aquaculture Environment Interactions* 5: 221–233.
- Hanssen SA, Erikstad KE. 2013. The long-term consequences of egg predation. *Behavioral Ecology* 24:564-569.
- Hanssen SA, Moe B, Bårdsen BJ, Hanssen F, Gabrielsen GW. 2013. A natural antipredation experiment: predator control and reduced sea ice increases colony size in a long-lived duck. *Ecology and Evolution*.
- Hanssen SA, Gabrielsen GW, Bustnes JO, Bråthen VS, Skottene E, Fenstad A, Strøm H, Bakken V, Phillips RA, Moe B. 2016 Migration strategies of common eiders from Svalbard: Implications for bilateral conservation management. *Polar Biology*.
- Johannesen E, Lindstrøm U, Michalsen K, Skern-Mauritzen M, Fauchald P, Bogstad B, Dolgov A. 2012. Feeding in a heterogeneous environment: spatial dynamics in summer foraging Barents Sea cod. *Marine Ecology Progress Series* 458: 181-197.
- Krkošek M, Revie CW, Gargan PG, Skilbrei OT, Finstad B, Todd CD. 2012. Impacts of parasites on salmon recruitment in the Northeast Atlantic Ocean. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* , <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2012.2359>.
- Maruhenda Egea FC, Toledo-Guedes K, Sanchez-Jerez P, Uglem I. 2015. A metabolic approach to detect effects of salmon farming on wild saithe (*Pollachius virens*) populations. *Metabolics*.
- Møller AP, Merino S, Soler JJ, Antonov A, Badás EP, Calero-Torralbo MA, de Lope F, Eeva T, Figuerola J, Flensted-Jensen E, Garamszegi LZ, González-Braojos S, Gwinner H, Hanssen SA, Heylen D, Ilmonen P, Klarborg K, Korpimäki E, Martínez J, Martínez-de la Puente J, Marzal A, Matthysen E, Matyjasiak P, Molina-Morales M, Moreno J, Mousseau TA, Nielsen JT, Pap PL, Rivero-de Aguilar J, Shurulinkov P, Slagsvold T, Szép T, Szöllősi E, Török J, Vaclav R, Valerac F, Ziane N. 2013 Assessing the Effects of Climate on Host-Parasite Interactions: A Comparative Study of European Birds and their Parasites. *PLoS ONE* 8(12): e82886. doi:10.1371/journal.pone.0082888.
- Prop J, Aars J, Bårdsen B-J, Hanssen SA, Bech C, Bourgeon S, de Fouw J, Gabrielsen GW, Lang J, Noreen E, Oudman T, Sittler B, Stempniewicz L, Tombre I, Wolters E, Moe B. 2015. Climate change and the increasing impact of polar bears on bird populations. *Frontiers in Ecology and Evolution* 3:33.
- Serra-Llinares, RM, Bjørn PA, Finstad B, Nilsen R, Harbitz A, Berg M & Asplin L. 2014. Salmon lice infection on wild salmonids in marine protected areas: an evaluation of the Norwegian 'national salmon fjords'. ? *Aquaculture Environment Interactions* 5: 1-16.

Taranger GL, Karlsen Ø, Bannister RJ, Glover KA, Husa V, Karlsbakk E, Kvamme BO, Boxaspen KK, Bjørn PA, Finstad B, Madhun AS, Craig Morton H, Svåsand T. 2014. Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. ICES Journal of Marine Sciences doi:10.1093/icesjms/fsu123

Tartu S, Angelier F, Bustnes JO, Moe B, Hanssen SA, Herzke D, Gabrielsen GW, Verboven N, Verreault J, Labadie P, Budzinski H, Wingfield JC, Chastel O. 2015 Polychlorinated biphenyl exposure and corticosterone levels in seven polar seabird species. Environmental Pollution 197, 173–180.

Thorstad EB, Todd CD, Bjørn PA, Gargan PG, Wiik Vollset K, Halttunen E, Kålås S, Uglem I, Berg M & Finstad B. 2015. Effects of salmon lice on sea trout - a literature review. Aquaculture Environment Interactions 7: 91-117.

Thrush SF, Ellingsen KE, Davis K. 2015. Implications of fisheries impacts to seafloor biodiversity and Ecosystem-Based Management. ICES Journal of Marine Science.

Uglem I, Karlsen Ø, Sanchez Jerez P, Sæther P-S. 2014. Impacts of wild fish attracted to open-cage salmonid farms in Norway- Aquaculture Environment Interactions 6: 91–103

Varenes É, Hanssen SA, Bonardelli J, Guillemette M. 2015. Functional response curves of avian molluscivores: high intake rates are maintained even at low prey density. In press Marine Ecology Progress Series.

Varenes É, Hanssen SA, Bonardelli J, Guillemette M. 2015. Blue mussel (*Mytilus edulis*) quality of preferred prey improves digestion in a molluscivore bird (Common Eider, *Somateria mollissima*). Canadian Journal of Zoology 93, 783-789.

Varenes É, Hanssen SA, Bonardelli J, Guillemette M. 2015 A large molluscivore bird (*Somateria mollissima*) is able to discriminate quality of blue mussels (*Mytilus edulis*) based on size and provenance. Canadian Journal of Zoology 93, 655-663

Varne R, Kunz KL, Johansen T, Westgaard J-I, Uglem I, Mork J. 2015. Farmed cod escapees and net-pen spawning left no clear genetic footprint in the local wild cod population. Aquaculture Environment Interactions.

Rapporter etc.

Berg M, Finstad B, Kvalvik A, Uglem I, Bjørn PA & Nilsen R. 2012. Laksefisk og luseovervåking i Romsdalsfjorden. NINA Rapport 779: 1-43.

Berg M, Finstad B, Kvalvik A, Uglem I, Bjørn PA, Nilsen R. 2013. Laksefisk og luseovervåking i Romsdalsfjorden – del 2. NINA Rapport 919: 1-42.

Fauchald P, Barrett RT, Bustnes JO, Erikstad KE, Nøttestad L, Skern-Mauritzen M, Vikebø FB. 2015. Sjøfugl og marine økosystemer. Status for sjøfugl og sjøfuglenes næringsgrunnlag i Norge og på Svalbard. - NINA Rapport.

Fauchald P, Anker-Nilssen T, Barrett RT, Bustnes JO, Bårdsen B-J, Christensen-Dalsgaard S, Descamps S, Engen S, Erikstad KE, Hanssen SA, Lorentsen S-H, Moe B, Reiertsen TK, Strøm H, Systad GH (2015) The status and trends of seabirds breeding in Norway and Svalbard – NINA Report.

Finstad, B. 2014. Film: Salmon lice on sea trout and Atlantic salmon
<https://www.youtube.com/watch?v=SqA4PL40ATE&feature=youtu.be>

Nilsen R, Bjørn PA, Serra Llinares RM, Asplin L, Johnsen IA, Skulstad OF, Karlsen Ø, Finstad B, Berg M, Uglem I, Barlaup B & Wiik Vollset K. 2014. Lakselusinfeksjonen på vill laksefisk langs Norskekysten i

2014. Sluttrapport til Mattilsynet. Rapport fra havforskningen nr. 36-2014 (ISSN 1893-4536 (online)): 1-42+appendiks 11 sider.

Otterå H, Karlsen Ø, van der Meeren T, Uglem I, Sæther BS. 2013. Interaksjon mellom havbruk, fiskeressurser og gyteplasser (2013) I: Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2013 (Red.: GL Taranger, T Svåsand, BO Kvamme, T Kristiansen, K Kroon Boxaspen). Kap. 9, 125-131 Fisken og havet, særnummer 2-2014.

Sæther BS, Uglem I, Karlsen Ø. 2013. Interaksjoner mellom havbruk og ville marine organismer, en kunnskapsoppsummering. NOFIMA RAPPORT 65pp.

Taranger et al. 2014. Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2013. Fisken og havet, særnummer 2-2014. 158 s.

Thorstad EB, Todd CD, Bjørn PA, Gargan PG, Vollset KW, Halttunen E, Kålås S, Uglem I, Berg M & Finstad B. 2014. Effects of salmon lice on sea trout - a literature review. NINA Report 1044: 1-162.

7 Norsk institutt for vannforskning, NIVA

Klimaeffekter fra fjell til fjord

Varighet: 1.1.2011-31.12.2015

Totalt budsjett alle år: 15,7 mill NOK

Bakgrunn og mål

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har i perioden 2011-2015 hatt en strategisk instituttsatsing (SIS) knyttet til klimaeffekter på vann fra fjell til fjord ("Climate effects from mountains to fjords"). Instituttsatsingen har hatt en solid forankring i «NIVAs strategi mot 2020», hvor klimaeffekter knyttet til vann er én av tre prioriterte forskningsområder. I tillegg har satsingen tatt utgangspunkt i «Miljøvernforvaltningens prioriterte forskningsbehov 2010-2015». Den vitenskapelige produksjonen og kunnskapsformidlingen fra SISEn har i løpet av disse 5 årene gitt viktige bidrag til å oppfylle både instituttets strategiske mål og forvaltningen behov for mer kunnskap om klimaendringers betydning for vannmiljøet. Utover dette har satsingen også vært et viktig springbrett for å skaffe nye, relaterte forskningsprosjekter, samt et virkemiddel for å oppnå mer tverrfaglig samarbeid både innad på instituttet og med de andre miljøinstituttene. Arbeidet innenfor SISEn har resultert i 37 vitenskapelige artikler i tidsskrifter med referee-ordning, 77 foredrag på nasjonale og internasjonale møter og konferanser, og i tillegg formidlet resultater gjennom en rekke populærvitenskapelige artikler, avisoppslag og intervjuer i radio/TV.

Hovedmålet med SISEn har vært å studere integrerte effekter av klimaendringer på fysiske, kjemiske og biologiske forhold i økosystemer fra fjell til fjord, og vurdere konsekvenser og mulige tilpasninger for viktige sosiale og økonomiske sektorer. SISEn har vært delt opp i fire arbeidspakker:

1. Karbon- og nitrogenomsetning i utmarksområder
2. Nitrogen- og fosforavrenning i lavlandsvassdrag

3. Interaksjoner mellom ferskvann og fjorder
4. Vurdering av samfunnseffekter og aktuelle tilpasningsstrategier

På tvers av alle tema har vi studert:

- Effekter på ulik tidsskala (langsomme endringer, så vel som ekstreme hendelser)
- Koplinger mellom ulike økosystemkomponenter; terrestrisk, ferskvann, marint
- Koplinger mellom fysiske, kjemiske & biologiske forhold/faktorer

Viktige metodiske verktøy har vært analyse av overvåkingsdata med ulik tidsoppløsning fra lange dataserier (>25 år) til høyoppløselige sensordata (timesnivå), gjennomføring av eksperimenter for å teste spesifikke hypoteser, samt bruk av matematiske modeller for å kombinere miljøinformasjon og prosesskunnskap i tid og rom og for å simulere mulig fremtidig utvikling ved endring av ytre, klimarelaterte miljøbetingelser.

Satsingen har vært organisert i delprosjekter som har adressert ulike problemstillinger innenfor, eller på tvers av de fire arbeidspakkene. Prosjektene har generert ny kunnskap om samspillet mellom terrestriske og akvatiske økosystemers respons på klimavariasjon og endringer og hvordan dette i neste omgang kan påvirke viktige økosystemtjenester som drikkevann, badevann og energiproduksjon. Det er tatt i bruk ny sensorteknologi for å dokumentere korttidsendringer av miljøvariable i forbindelse med ekstremvær og videreutviklet. Videre har flere av prosjektene benyttet seg av, tilpasset eller videreutviklet matematiske modeller for å simulere hvordan fremtidige klimaendringer kan påvirke hydrologi, vannkvalitet og økologiske forhold i vannforekomstene.

Resultater

Resultater fra 8 av delprosjektene ble presentert under avslutningsseminaret for KlimaSISen, som ble holdt i CIENS-Forskningsparken, Oslo, den 12. januar 2016. Foredragene var:

- Karbonlagring i terrestriske økosystemer - hvilken rolle spiller eksport av karbon i bekker og retensjon av karbon i innsjøer? *Heleen de Wit*
- Klimaendringer og spredning av stillehavsvøsters i kystområder i Sør-Norge. *Eli Rinde*
- Effekt av nedbørsepisoder på badevannskvalitet i Indre Oslofjord. *Ingun Tryland*
- Greener rivers in a changing climate? Effects of climate and hydrologic regime on benthic algae assemblages in pristine streams. *Susi Schneider*
- Krepsen som ble kanarifugl. *Markus Lindholm*
- Kortidsvariasjon i DOM på Langtjern - bruk av sensorer til å studere effekten av klimafaktorer. *Kari Austnes*
- Hvordan påvirker klimaendringer dynamikken i planktonsamfunn? Analyse av 40 års tidsserier fra Mjøsa. *Jannicke Moe*

- Effekter av klimaendringer på dypvannsmiljøet i Oslofjorden. *Dag Hjerermann*

Se for øvrig <http://www.niva.no/sis-klimaeffekter-og-sis-nye-miljoegifter-er-avsluttet>

I det følgende er det gitt noen eksempler på resultater fra delprosjekter som er generert gjennom et utvalg prosjekter som har vært helt eller delvis finansiert av KlimaSISen og som i oversikten nedenfor er sortert under de ulike arbeidspakkene (WP1-4). Utvalget er begrenset til ett delprosjekt per arbeidspakke (WP):

WP 1: Karbon- og nitrogenomsetning i utmarksområder

Bruk av sensorer til å studere kortidsvariasjon i vannets humusinnhold

Løst organisk materiale (DOM) i vann stammer fra nedbrytningsprosesser i jorda og har betydning for økosystemene, drikkevannsbehandling og karbonbudsjettet. Mengden og typen DOM påvirkes blant annet av klimafaktorer som temperatur og nedbør. DOM-konsentrasjonen er generelt høyere i vekstsesongen, når nedbrytingen går raskere og tilgangen på ferskt organisk materiale er høyere, og den avtar under snøsmeltingen pga. fortykning. Men DOM varierer også på kort tidsskala. For å kunne studere denne variasjonen er det etablert sensorovervåking i innløpet og utløpet av Langtjern i Buskerud, som er NIVAs klimastasjon for vann (<http://www.niva.no/langtjern>). Det benyttes optiske sensorer, som gir et tilnærmet mål på konsentrasjon av DOM. Resultatene viser blant annet at kraftig regnvær om sommeren og tidlig på høsten gir økt utvasking av DOM, mens regn seint på høsten, når nedbrytingen er lav har mindre effekt. Smelteperioder om vinteren gir også økt DOM-konsentrasjon. Den høye tidsopløsningen ved sensorovervåking gir oss unike muligheter til å forstå hvordan terrestriske og akvatiske økosystemer responderer på raske endringer i klimafaktorer, for eksempel ved kraftige nedbørepisoder. Det vil samtidig gi oss bedre innblikk i prosesser som styrer mobilisering og transport av DOM, noe som i neste omgang vil være basis for modellering av DOM i et framtidig klima.

WP2: Nitrogen- og fosforavrenning i lavlandsvassdrag

Hvordan påvirker klimaendringer dynamikken i planktonsamfunn? Analyse av tidsserier fra Mjøsa.

Endret klima kan gi viktige økologiske effekter i innsjøer, men disse kan være vanskelig å påvise, særlig når innsjøen også er utsatt for andre miljøpåvirkninger. Lange, regelmessige tidsserier er verdifulle for analyse av økologiske effekter av klimaendringer i slike situasjoner. For Mjøsa finnes unike tidsserier fra 70-tallet til i dag, for bl.a. vannkjemi, vanntemperatur (dybdeprofiler) og plante- og dyreplankton (arter og mengde). Trendanalyser viser at klimaendringer har medført høyere vanntemperatur, høyere termisk stabilitet og tidligere temperaturstratifisering med lenger varighet. I samme periode er også vannkjemien sterkt endret; konsentrasjonen av fosfor har sunket betraktelig, mens bl.a. nitrogen og silikat har økt. Det er derfor vanskelig å skille effekter av endret klima fra effekter av endret vannkjemi. Analyser av sesongdynamikk for biomasse-topper viser at planteplankton generelt har fått lavere og senere topper gjennom tiårene, mens dyreplankton generelt har lavere og tidligere topper. For planteplankton er redusert fosforkonsentrasjon den beste forklaringsvariabelen for både mengde (lavere) og tidspunkt (senere) for biomassetoppene. For dyreplankton er redusert planteplanktonbiomasse den beste forklaringen for redusert mengde, mens tidspunkt for topper (tidligere) derimot best forklares ved høyere temperatur. Plante- og

dyreplankton i Mjøsa har altså vist ulike endringer i sesongdynamikk gjennom tiårene, og økt temperatur ser ut til å ha spilt en rolle, særlig for dyreplankton.

WP3: Interaksjoner mellom ferskvann og fjorder

Klimaendringer og spredning av stillehavstøsters i Sør-Norge

Stillehavstøsters er en svartelistet og uønsket art langs norskekysten. Den er en økosystemingeniørart som lager sitt eget økosystem, og som dermed er i stand til å endre det naturlige økosystemet. Arten er også en ettertraktet delikatess og er introdusert for oppdrett til over 70 land. Egenskaper som tidlig kjønnsmodning, rask vekst, høyt eggantall og langvarig planktonisk larvestadium gjør at arten har en svært stor spredningsevne. Rask og stor spredningsevne, samt høy levealder medfører at arten kan etablere seg i høye tettheter i nye områder. Innen SIS-prosjektet KlimAlien har NIVA undersøkt hvordan framtidig klima vil påvirke spredningspotensialet til arten. Vi har også undersøkt hvordan temperaturendringer siden 1990 og fram til i dag har påvirket potensialet for spredning av arten fra danske og svenske kystområder. Problemstillingene er undersøkt ved å analysere hvordan temperaturforholdene gitt ulike år eller klimascenarier påvirker larvedrift og etablering av kolonier ved simulering av larvespredning i 3D havstrømmodeller. Studien viser at 1990-tallet var for kaldt til at svenske og danske larver kunne utvikle seg og slå seg ned på norskekysten. Høyere sommer-temperatur etter årtusenskiftet gir år med tilstrekkelig lange, varme perioder til larveutvikling og nedslag av larver fra våre naboland. Undersøkelsene viser at framtidig varmere vann vil øke artens spredningsevne.

WP4: Vurdering av samfunnseffekter og aktuelle tilpasningsstrategier

Effekt av nedbørsepisoder på badevannskvalitet i Indre Oslofjord

Prosjektet “Water Quality Tools” (2012-2015) har hatt som mål å fremskaffe ny kunnskap, analysemetoder og modellverktøy som kan være til nytte i arbeidet med å sikre god badevannskvalitet på lokaliteter der det i dag er eller planlegges å tilrettelegge for friluftsbading i Indre Oslofjord. Gjennom flere case-studier ble det dokumentert hvordan nedbørsepisoder kan påvirke den hygieniske vannkvaliteten i ulike elver og på ulike lokaliteter i Indre Oslofjord. Det ble satt opp en 3-D hydrodynamisk strøm- og spredningsmodell for Indre Oslofjord for simulering av transport av *E. coli* og patogener i fjorden. En slik modell kan være nyttig for å vurdere effekt av ulike større kloakkutslipp på ulike badeplasser, til hjelp for å prioritere tiltak. Ved et case-studie i Sandvika-området ble det demonstrert hvordan denne type modeller kan være nyttig i kvantitativ mikrobiell risikovurdering (QMRA) for å vurdere helserisiko ved å bade i dagene etter kraftige nedbørsepisoder / kloakkutslipp. Størst risiko knyttes til virus-infeksjoner, men for å gjøre gode estimat av infeksjonsrisiko mangler det fortsatt gode nok analysemetoder for å dokumentere hvor godt virus beholder evnen til å skape infeksjoner etter utslipp til sjøvann. “Water Quality Tools” prosjektet har vært finansiert via Regionalt Forskningsfond Hovedstaden og NIVAs KlimaSIS.

Videre oppfølging

Selv om NIVAs Klima-SIS nå er avsluttet vil NIVAs forskning på klimaeffekter bare intensiveres i tiden framover. Vi står ovenfor store samfunnsutfordringer og spørsmålene som rettes til forskerne står i kø. Klimaeffekter vil blant annet være et tverrgående tema i alle de 4 SISene som NIVA jobber videre med fra 2016: (1) Havforsuring, (2) Land-hav interaksjoner, (3) Urbane vannutfordringer og (4) Restaurering av akvatiske økosystemer.

Klimaendringene og utfordringene dette representerer for natur og samfunn ser dessverre bare ut til å øke i tiden framover. Vi er nærmest blitt vant til at temperatur- og nedbørrekorder blir slått og at vi stadig oftere opplever naturskader som følge av vind, flom og skred. Det er naturlig at materielle ødeleggelser og trusler mot liv og helse er i hovedfokus i forbindelse med slike ekstreme hendelser, men det som kanskje ikke får like store avisoverskrifter er både de kortsiktige og langsiktige konsekvensene klimaendringene kan ha for balansen i naturen og for økosystemtjenester som vi er avhengige av. Det kan være langsomme effekter som f.eks. at temperaturen i en rekke innsjøer i verden (deriblant Mjøsa) har økt de siste 25 år (O'Reilly et al. 2015. Geophysical Research Letters, DOI: 10.1002/2015GL066235). Det trenger ikke å virke dramatisk i utgangspunktet, men vi vet fra tidligere at dette kan ha alvorlige følger på økosystemenes funksjon ved at: nøkkelarter kan forsvinne, nye kan vandre inn og forandre økosystemene, vi kan få økt oppblomstring av giftige alger, oksygenvinn, mv. Det kan også være effekter av kortvarige episoder som f.eks. flom i byer, som i sin tur kan forurense vassdrag og sjøområder med næringssalter, miljøgifter og sykdomsfremkallende bakterier og virus.

Nye miljøgifter

Varighet: 1.1.2011 - 31.12.2015

Totalt budsjett alle år: 19,125 mill NOK

Bakgrunn og mål

NIVA har i perioden 2011-2015 hatt en strategisk instituttsatsing (SIS) med tema nye miljøgifter i alle typer vann og akvatiske systemer. Hovedmålet har vært å styrke kunnskapen om kilder, spredning og effekter av nye miljøgifter og sette viktige kunnskapshull knyttet til de tradisjonelle miljøgiftene. Styrket forståelse av risiko knyttet til nye miljøgifter og hvorledes miljøgiftene opptrer i naturen har også stått sentralt.

Satsingen tok utgangspunkt i de forskningsbehov som var identifisert og beskrevet i dokumentet Miljøvernforvaltningens prioriterte forskningsbehov 2010-2015. Der ble en rekke forskningsbehov knyttet til nye så vel som klassiske miljøgifter nevnt. Satsningen har hatt fokus på at effektiv miljøforvaltning knyttet til miljøgifter krever god forståelse av hvilke trusler de ulike miljøgiftene kan utgjøre. Forståelse av risiko og mulige tiltak for å redusere effekter av miljøgifter i og via det akvatiske miljøet, er sentralt for å kunne oppnå målsetningen om et giftfritt miljø. En rekke internasjonale konvensjoner, avtaler og direktiver spiller en vesentlig rolle i bekjempelse av

spredning av miljøgifter. Imidlertid er det mye som er ukjent om miljøeffektene av de antatt én million kjemiske stoffer som finnes og som kan spres i miljøet. Stadig rapporteres det internasjonalt om forekomster av nye, menneskeskapt stoffer i naturen. Hvordan disse stoffene opptrer i naturen og hvilke effekter de kan ha er ofte ukjent.

SISen har gjennomført forskning innen fire temaer:

1. Utvikling av nye og innovative metoder for overvåkning og vurdering av miljøfare
2. Effekter på alle nivå, fra gener til økosystemer
3. Miljøgifter i samspill med klimaendringer
4. Utvikling av regional-skala modellverktøy for risikovurdering.

Satsningen har vært organisert i delprosjekter som har adressert ulike problemstillinger innenfor og på tvers av de fire hovedelementene. Forskingen har resultert i nye innovative metoder for prøvetagning, analyser av nye miljøgifter og mikroplast, effektstudier, inkludert nyutviklet infrastruktur for å studere effekter av miljøgifter og ny potensiell renseteknikk for kommunale renseanlegg. Satsningen har også resultert i ny kunnskap om effekter av både nye og klassiske miljøgifter observert på gener, celler eller test-organismer og komplekse naturlige økosystemer, og den har utviklet en ny type modell som kan simulere transport og omdanning av mange miljøgifter simultant på nedbørfeltskala som kan bidra til forståelse av langtidseffekter og prioritere tiltak.

Arbeidet innenfor SISen har ved utgangen av 2015 resultert i 32 publiserte vitenskapelige artikler i tidsskrifter med referee-ordning, 84 konferansebidrag (67 foredrag og 17 postere) på nasjonale og internasjonale møter og konferanser og i en rekke ulike formidlingstiltak i form av oppslag i media og populærvitenskapelige artikler samt organisering av konferanser og seminarer der NIVA har vært arrangør eller medarrangør.

Resultater

Resultater fra åtte av delprosjektene ble presentert under avslutningsseminaret for MiljøgiftSISen, som ble holdt i CIENS-Forskningsparken, Oslo, den 12. januar 2016. Foredragene var:

- Suitability of passive sampling in monitoring. *Ian Allan*
- Suspect/Non-target screening – A powerful tool for selecting emerging environmental contaminants. *Malcolm Reid*
- Plast i fiske mager. *David Pettersen Eidsvoll*
- Lakselus kjemikalier og effekter. *Ailbhe Lisette Macken*
- Bioaccumulation and responses – The chemostat project. *Luca Nizzetto, David Pettersen Eidsvoll, Adam David Lillicrap*
- Applicability of membrane filtration processes for the post-treatment of municipal wastewater treatment plant (WWTP) effluent. *Pawel Krzeminski*

- Climate-mediated increases in organic matter export to coastal waters: Effects on lower food web structure and contaminant bioaccumulation. *Amanda Poste*
- INCA-TOX – a new model for the organic contaminants transport studies. *Luca Nizzetto*

Se for øvrig <http://www.niva.no/sis-klimaeffekter-og-sis-nye-miljoegifter-er-avsluttet>

I det følgende er det gitt noen eksempler på resultater fra tre av satsningens delprosjekter som har vært helt eller delvis finansiert av MiljøgiftSISen og som i oversikten nedenfor er sortert under ulike hovedelementer.

Utvikling av nye og innovative metoder for overvåkning og vurdering av miljøfare

Suspect/Non-target screening – A powerful tool for selecting emerging environmental contaminants

Videreutvikling av metoder og verktøy for hensiktsmessig og kostnadseffektiv overvåkning av nye miljøgifter har stått sentralt i satsningen. Dette har blant annet resultert i etablering av den avanserte analyseteknologien hypotesefri miljøscreening, også omtalt i fagmiljøene som "ikke-spesifikk screening" eller "non-target screening". Med denne metoden kan man identifisere miljøgifter uten at man allerede på forhånd velger hvilke stoffer man vil se på og man kan få informasjon om tilstedeværelse av potensielle miljøgifter som har uønskede toksiske, bioakkumulerende og/eller persistente egenskaper, og således vil ha alvorlige effekter på miljø eller helse. Verktøyet har også bidratt i satsningens arbeid med å forbedre aktive og passive prøveinnsamlingsteknikker til robuste overvåkningsmetoder. Satsningen har med dette utviklet en fleksibel og innovativ verktøykasse for fremtidig overvåkning og kartlegging av miljøgifter.

Et delprosjekt i satsningen har vist at hypotesefri miljøscreening generer en stor mengde potensiell verdifull informasjon. Per i dag er den tilgjengelige teknologien for dataprosessering, filtrering og prioritering av alle funnene ikke tilstrekkelig utviklet slik at denne jobben er svært tidkrevende. En annen viktig observasjon er at det er vanskelig å skille naturlig forekommende stoffer fra stoffer av antropogen opprinnelse. Her var det nødvendig å fjerne tusenvis av naturlig forekommende stoffer manuelt. For å kunne utnytte det fulle potensiale av hypotesefri miljøscreening er det nødvendig å tilpasse og optimalisere software-hardware kombinasjonen som brukes til databehandlingen.

Hypotesefri miljøscreening er en analyseteknikk som benyttes i økende grad i miljøovervåking. På oppdrag fra Miljødirektoratet i 2014 og via prosjekt finansiert av denne satsingen, ble forskjellige former av hypotesefri miljøscreening gjennomført for utvalgte prøver fra to akvatiske næringskjeder (Oslofjord og Mjøsa) samt for fem prøver av rotter fra Oslo. I næringskjeden fra Oslofjord var det mulig å påvise og identifisere fem forskjellige stoffer i alle nivåer av næringskjeden og i næringskjeden fra Mjøsa var det mulig å påvise og identifisere ni forskjellige stoffer. I rotter ble et stoff identifisert. Resultatene indikerer flere tentative og sannsynlige kandidater, og teknikken utvikles nå videre for å øke identifiseringsgraden i fremtidige screeningprogrammer.

<http://www.miljodirektoratet.no/no/Publikasjoner/2016/Februar-2016/Screening-program-2014/>

Effekter på alle nivå, fra gener til økosystemer

Lakselus kjemikalier og effekter

Evaluering av risiko knyttet til nye miljøgifter har også vært et sentralt tema i satsningen. Her er det blant annet avdekket at risikovurderinger av veterinærmedisin i akvakultur kan ha undervurdert effekten på organismer utenfor målgruppen. Overvåking i og rundt oppdrettsanlegg har påvist legemidler mot lakselus i det marine miljøet. Satsningen har bidratt til økt fokus på de potensielle miljøkonsekvensene bruk av veterinærmedisin medfører og utviklet bedre retningslinjer for miljørisiko av veterinærmedisin i akvakultur.

Satsningen har gjennomført et delprosjekt for å vurdere den potensielle risikoen av legemidlene diflubenzuron og teflubenzuron på miljøet samt utvikle en metode for å identifisere effekten de har på viktige organismer utenfor målgruppen. Disse to stoffene brukes i veterinærmedisin innen havbruk for å holde lakselusen under kontroll. Selv om den eksakte virkningen ikke er kjent, er de antatt å hemme stoffet kitin i hudskjelettet til kreps og insekter. Det gjør midlene svært effektive i kampen mot larver og tidlige livsstadier hos lakselus. I kraft av disse egenskapene er imidlertid midlene antatt å ha betydelige effekter også på andre arter, som for eksempel krepsdyr og tanglopper.

Hensikten med studiet var å optimalisere en eksperimentell metode for å studere larvenes utvikling, ved bruk av hoppekrepsen *Tisbe battagliai*. Metoden ble brukt til å vurdere effektene av diflubenzuron og teflubenzuron, samt en blanding av de to. Resultatene av disse utviklingsstudiene ble deretter sammenlignet med resultatene av akutte kortvarige studier med de samme forbindelser og testartene. Standard akuttstudier med voksne hoppekreps (som per internasjonale standarder brukes i regulering og risikovurdering) viste liten eller ingen akutt giftighet ved milligram per liter nivåer. Derimot viste studier av larver at miljørelevante nivåer (nanogram per liter) forårsaket et fullstendig opphør av skallskifte og til slutt død. Disse resultatene har alvorlige implikasjoner i risikovurderingen av disse veterinærmedisinene siden et stort antall miljørisikovurderinger har involvert å beregne kroniske giftighetsdata fra akutte data ved hjelp av en vurderingsfaktor. Men i tilfeller med flubenzuroner ville ikke denne tilnærmingen forutsett kronisk toksisitet, og undervurdert virkningene betraktelig. Dette viser at flubenzuroner ikke reguleres hensiktsmessig eller i tilstrekkelig grad innenfor oppdrettsnæringen. For å forbedre miljø sikkerheten rundt havbruksnæringen trengs ytterligere forskning slik at en ny klassifiseringsordning for vurdering av hvor pålitelig data, som også omfatter ikke-standardiserte tester, kan utvikles å få en mer realistisk risikovurdering av bruken av midler mot lakselus.

<http://www.niva.no/varsko-om-veterinaermedisin>

<http://www.niva.no/uskyldige-ofre-i-kampen-mot-lakselusen>

Utvikling av regional-skala modellverktøy for risikovurdering

INCA- contaminants – a new model for the organic contaminants transport studies

Modellering av transport, omsetning og avsetning av miljøgifter i det akvatiske miljø har også stått sentralt i satsningen. Hvordan forurensende stoffer påvirker miljøet rundt er avhengig av en lang rekke faktorer, slik som vann og næringsstoffers kretsløp, klima og menneskelig inngripen. Å ta høyde for så mange ulike faktorer av ulik størrelse krever komplekse analyser og er bakgrunnen for at modellverktøyet INCA- contaminants er utviklet. Verktøyet er en ny og avansert datasimulator, som

er i stand til nettopp å forutsi dagens og fremtidens fordeling av miljøgifter i realistiske omgivelser. Verktøyet kan benyttes til å presentere miljøgiftbudsjetter for Norge og således bli et nyttig verktøy for forvaltningen både for å visualisere risikoområder og den generelle miljøstatus, og for å prioritere mellom tiltak regionalt.

Utslipp av forurensende stoffer i et gitt område, deres videre skjebne i miljøet og til slutt deres potensiale for å påvirke miljøet, avhenger i stor grad av naturlige prosesser som vannets kretsløp og syklusen av næringsstoffer og organisk materiale. Disse prosessene henger videre sammen med klima og menneskelig inngripen. *INCA-contaminants* er en høyoppløselig simulator bygget på tidligere versjoner av modellen "INCA", en familie av modeller for å beregne vannkvalitet i nedbørfelt som er utviklet i løpet av de siste 15 årene. Dette nye modellverktøyet er viet til høyoppløselig simulering av hydrologi og biogeokjemiske sykluser i bestemte miljøer. *INCA-contaminants* gir nye muligheter gjennom en omfattende tverrfaglig integrasjon av vannkvalitetsmodeller som gjør det mulig å kombinere kjemikalienes generelle egenskaper med områdets spesifikke trekk og egenskaper og se dette i sammenheng. Simulatoren kan modellere syklus av organisk materiale, jorderosjon, sedimenttransport og forurensning i realistiske scenarier som tar hensyn til langt flere faktorer enn tidligere modeller. *INCA-contaminants* kan også simulere et vilkårlig antall stoffer samtidig, og hvordan disse stoffene kan reagere med hverandre eller brytes ned til nye stoffer. Dette er en viktig funksjon siden stoffer kan gjennomgå kjemiske reaksjoner som produserer nedbrytningsprodukter som kan være mer giftig og vedvarende enn det opprinnelige molekylet.

I løpet av en tre-års utviklingsperiode ble modellen konfigurert til å simulere forurensning og distribusjon i Sandvikselvas nedbørfelt utenfor Oslo, Moravaelven - en stor sideelv til Donau som renner mellom Tsjekkia, Østerrike og Slovakia, Themsen i Storbritannia, og Ganges i India. Dette ga INCA muligheten til å prøve seg på vidt forskjellige vassdrag der ulike typer forurensningsspørsmål ble adressert, og under testkjøringer for Sandvikselva og Themsen, simulerte *INCA-contaminants* hvordan flere persistente organiske miljøgifter (for eksempel Polyklorerte bifenyler - PCB) ble konsentrert og hopet seg opp i jordsmonnet over tid. Under testkjøringer ble simulatoren matet med numerisk informasjon som beskriver området og dets egenskaper. Dette inkluderte trekk som høyde, elvenettverksstruktur, jordegenskaper, og andelen av land som består av landbruk, boligområder, industri, eller skogsområder. For å kjøre realistiske simuleringer ble klimadata som deponering av snø, regn, lufttemperatur og vindhastighet lagt inn. Videre ble et antall parametere som beskriver de grunnleggende egenskapene i de kjemiske stoffene som skal simuleres inkludert i *INCA-contaminants*, herunder også data om utslipp til jord eller vann, luftkonsentrasjoner og atmosfærisk avsetning. Ved hjelp av denne informasjonen kjørte *INCA-contaminants* simuleringen og leverte grundige analyser om konsentrasjon og transport av de utvalgte miljøgifter i jord, vann og sedimenter fra dag til dag, og også på vilkårlige punkter i nedbørsfeltet og i elveløpet.

<http://forskning.no/forurensning-klima-data/2016/02/nytt-verktoy-kan-simulere-og-forutsi-forurensning>

Videre arbeid

Satsningen har også, i samarbeid med den parallelle strategiske instituttsatsingen «Klimaeffekter», initiert forskning på land-hav interaksjoner. Et sentralt tema her er hvordan klima, klimaendringer og andre typisk norske miljøforhold kan påvirke spredning, omsetning og effekter av miljøgifter i kystsonen. Forskingen har benyttet NIVAs infrastruktur i Storelva-Sandnesfjorden hvor mobilisering, transport og transformasjoner av organiske miljøgifter studeres for å øke kunnskapen om årsakssammenhenger, herunder kombinasjonseffekter av flere stressorer, til observerte tilstander og

endringer. Resultatene så langt viser sterke gradienter i saltholdighet, næringsstoffer, organisk materiale og nivåer av miljøgifter, og har initiert parallelle studier i nord og utvidelse av studiet i Storelva-Sandnesfjorden-systemet. Dette initiativet vil således gi økt innsikt i hvordan klimaendringer kan øke miljøgifttrusselen i kystøkosystemene i Norge.

Som et resultat av denne satsningen ser vi fortsatt kunnskapshull og utstrakt behov for bred forskning på miljøgifter. Vårt miljø er under økende press fra flere sider. Klimaendringer, urbanisering og ulike næringsaktiviteter etterlater seg ulike fotavtrykk som må analyseres i sammenheng. Det er nødvendig med en bedre forståelse av hvordan de samlede lokale og globale menneskeskapte pressfaktorer påvirker vårt akvatiske miljø. Vi ser derfor behov for forskning på tvers av faggrenser og satsningen har resultert i at forskning på tema nye miljøgifter nå er integrert i nye strategiske instituttsatsninger på NIVA med temaene i) urbane vannutfordringer, ii) land-hav interaksjoner og iii) restaurering av akvatiske økosystemer.

En viktig intensjon med denne strategiske instituttsatsingen har vært å styrke samarbeidet mellom fagretninger som tradisjonelt har samarbeidet lite, og gjennom det utvikle ny kunnskap. Satsningen har integrert en rekke ulike fagdisipliner som miljøkjemi, analytisk kjemi, biogeokjemi, økotoksikologi og økologi og har resultert i økt synergi og også utradisjonelle prosjektsamarbeid på miljøgifter som nå videreføres i de nye strategiske satsninger på NIVA.

Marin forsurening/Ocean Acidification

Varighet: 1.1.2013 - 31.12.2016

Totalt budsjett alle år: 11, 9 mill NOK

Introduction

The common aim of the ocean acidification SIS (OASIS) is a strengthening of the institutional and national capacity for understanding of the effects of ocean acidification on marine ecosystems through cooperation at the highest national and international level. Marine acidification is becoming a major issue on both the political and scientific agenda. The project will prepare for activity on a global scale, with the first stage focus being the Northern areas and Norwegian coast and shelves. The SIS will also strengthen collaborations with the flagship partners in the Fram Centre as well as other national and international competence centers.

OASIS will provide new understanding of the coupled climate change and ocean acidification effects on marine ecosystems, in a global setting with special focus on the Norwegian fjords and coastal waters, the Arctic Ocean, and selected regions of high relevance (i.e. upwelling regions). OASIS will deliver assessments of the natural variability of the marine carbonate system in the specified region. It will deliver assessments of the effects of ocean acidification on marine organisms and the structure and functioning of marine ecosystems in response to rising carbon dioxide concentrations. The project will enhance national capacity and standing in the important and emerging research field of

ocean acidification. OASIS will study acidification effects in linked studies from the atmosphere, through ecosystems to the sediments.

The main goal is to develop a world class capacity to study ocean acidification, provide improved understanding of the changes in biogeochemistry and its effects on marine ecosystems.

The following sub-goals were identified:

- Build capacity in instrumentation, platforms, models and personnel.
- Advance our understanding of natural variability of the marine carbonate system in the OASIS regions using advanced measuring platforms.
- Develop and study scenarios of ocean acidification relevant to key ecosystems.
- Advance understanding of the effects of ocean acidification on targeted marine organisms and ecosystems.
- Determine the response of target organism and ecosystems to ocean acidification and climate scenarios.
- Develop indicators on changes in marine acidification and effects on ecosystems.
- Advise policymakers on likely responses to facilitate management of ecosystem change.

2015: Activity and results

The activities supported by OASIS in 2015 widened in focus from observations, instrumentation, scenarios, and models to also include ecosystem and organism effects of ocean acidification, as well as the socioeconomic impacts of ocean acidification. Activities continued in observing and understanding ocean acidification, modeling the future scenarios of ecosystem and socioeconomic change, and employing multiple experimental designs for assessing ecosystem and organismal response to ocean acidification. The regions of study covered diverse and unique ecosystems of the North Sea, the Norwegian coastal zone, the Norwegian Sea, the Barents Sea opening, and the fjords of both Svalbard and Norway.

Observations

Observations on ships of opportunity lines from Oslo-Germany, Bergen-Kirkenes, and Tromsø-Svalbard have continued to employ new, state-of-the-art instrumentation for seawater pH and pCO₂ measurements. A large effort was made in 2015 towards these “FerryBox” based observations to design quality control and quality assurance routines for the vast amounts of data collected by these sensors. Results thus far indicate that there is large variability in carbonate chemistry in most of the waters adjacent to Norway. On a seasonal basis, the most stable carbonate chemistry conditions are during winter in the offshore waters of the North Sea and the Norwegian Sea. Some instances of low pH were observed in some coastal/fjord locations, likely due to the reduction in buffering capacity of seawater due to freshwater input and/or higher rates of respiration relative to photosynthesis. Some technical work was also carried out to improve the design and operation of these sensors, including a carbonate ion sensor, with the long-term goal of providing cost-efficient and low maintenance ocean acidification observations.

Model development, validation, and OA scenarios

Projections of how marine acidification will impact future oceans depend on ocean models that are optimized and validated with real observations. Development of biogeochemical models for both the ocean and seafloor was undertaken in 2015. This work focused on coupling physical and biogeochemical models through a common numerical framework, known as the Framework for Aquatic Biogeochemical Modelling, therefore allowing for interoperability between models that are physical and biogeochemical in nature, as well as models that are specialized for the surface ocean and those that are specialized for the seafloor. NIVA has now fully adopted the European Regional Seas Ecosystem Model (ERSEM) for the Norwegian Sea and the Arctic/subarctic Ocean (including the Kara Sea) regions allowing for a much improved representation of ecosystem response and feedback to OA. Model validation against a new, regional dataset of carbonate chemistry and other oceanographic data has shown that the model performs very well. Work is underway to represent taxa-specific response to ocean acidification and climate change. Validated and relevant biogeochemical model projections of ocean acidification and other environmental stressors (temperature, salinity, nutrient availability) are crucial for providing ecosystem-specific future ocean scenarios for activities addressing the effects of OA on ecosystems/organisms and on ecosystem services and socioeconomic issues.

Biological and ecosystem response to OA

The 2015 activities related to the theme of the effects of OA on ecosystems and organisms included efforts on laboratory-based single species experiments for phytoplankton and zooplankton using traditional liter-scale CO₂ manipulation experimental setups as well as a novel microscale (100-1000 µl) high-throughput, multiple stressor CO₂ manipulation experimental chambers. These chambers are designed to test the effects of variable CO₂, photosynthetically and ultraviolet light, nutrients, and contaminants. Preliminary experiments were successfully completed for the microscale experimental chambers.

Community-level experiments using field-collected natural plankton assemblages were also part of OASIS 2015 activities. This included collaboration on a ~50 day floating mesocosm experiment in Raunefjorden, Bergen and a ~25 day mesocosm/microcosm experiment at Ny-Ålesund, Svalbard. The Bergen mesocosm experiment consisted of four unamended 40 m³ mesocosms (~2 m diameter x ~15 m deep) and four 40 m³ mesocosms to which CO₂ was manipulated to CO₂ conditions projected for some coastal regions by year ~2150. Preliminary results indicated that while some phytoplankton species and gelatinous zooplankton were favored under high CO₂ conditions, calcifying organisms like coccolithophores and pteropods did not do as well. The Ny-Ålesund mesocosm/microcosm experiment included two phases with 1 m³ and 0.02 m³ containers in which the effects of projected ocean acidification (year ~2100 conditions), increased dissolved organic carbon, and increased zooplankton grazers on the microbial and phytoplankton communities was assessed. Dissolved organic carbon input into coastal oceans have increased over recent decades, and this external input of carbon into the oceans can result in a microbially-driven “acidification” of coastal oceans through increased respiration. A shift in heterotrophy: autotrophy balance and an acidification effect of dissolved organic carbon additions were two significant findings from the Svalbard experiments.

Ecosystem services

In addition to addressing the fundamental question of how ocean acidification will progress and how it will affect ocean ecosystem structure and function, it is also important within the OASIS framework to address how ocean acidification will affect ecosystem services and socioeconomic issues. This link is necessary for supporting informed actions by managers and policymakers. This past year's activities included efforts towards addressing how climate change, including ocean acidification, affects ecosystem services provided by kelp forests that populates much of the southern coast of Norway. This was assessed in terms of how the projected increase in temperature could affect interactions between kelp and sea urchins, identification of potential hotspots, and the subsequent projected increase in carbon storage and the cost valuation of sequestered carbon.

National and international cooperation

OASIS projects continued to cooperate with other national and European research projects funded by the Research Council of Norway, European Commission, and other funding agencies. New funding has been successfully acquired by OASIS in 2015 including Fram Centre OA flagship projects on OA observations and modelling in the Arctic, a RCN-funded project on seafloor effects of jellyfish blooms and aquaculture in fjords, and two Horizon 2020 projects, one on coastal observing infrastructure (JERICO-NEXT) and another on spatial planning of sustainable aquaculture operations (TAPAS), both of which include carbonate chemistry observations.

OASIS has positioned NIVA in key roles in organizing committees during the year. This includes participation in the AMAP Ocean Acidification working group, the Scientific Committee for Antarctic Research Action Group on Ocean Acidification, the Global Ocean Acidification Observation Network. OASIS and NIVA have also organized sessions at international meetings related to ocean acidification including the Transatlantic Science Week, and given invited key talks to the Antarctic Treaty Consultation Conference and the Pre-COP conference *The Arctic as an Early Warning Sentinel of Climate Change* with Prince Albert II of Monaco at the Maison des Océans in Paris.

8 Norsk institutt for bioøkonomi, NIBIO (Bioforsk jord og miljø)

In Situ Site Preservation of Archaeological Remains in the Unsaturated Zone (In Situ SIS)

Samarbeid: NIKU-NIBIO

Varighet: 2011-2015

Budsjett 2015: NOK 287 000 (NFR)

Totalbudsjett NIBIO (NFR): NOK 1 073 000

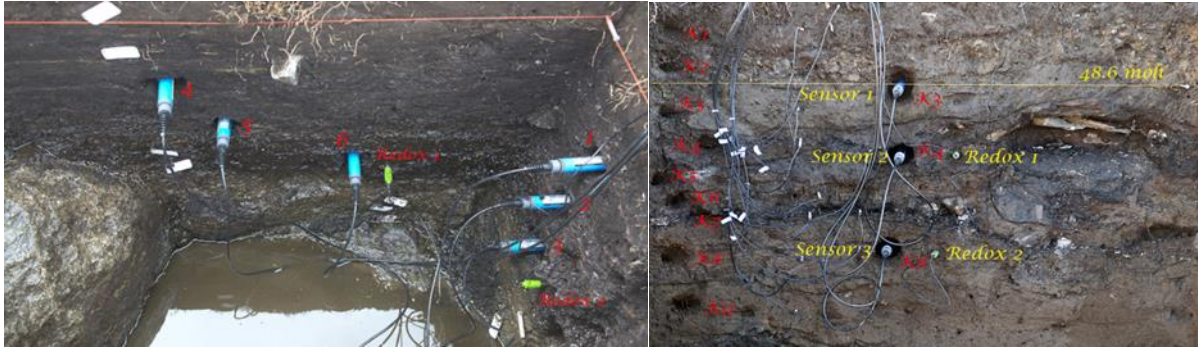
Prosjektleder: Ove Bergersen

In situ SIS forskning og overvåking av kulturminner i umettet sone på tre lokaliteter i Avaldsnes, Trondheim og Harstad

Overalt i Norge finnes det skjulte kulturminner i jorda, ofte lokalisert til spesielle kulturlag. For at disse ikke skal gå tapt for ettertiden, er det viktig at de blir oppdaget, kartlagt og overvåket. I samarbeid med arkeologer i Norsk institutt for kulturminneforskning, NIKU, undersøker forskere fra NIBIO kulturlag på gårdshauger og utbyggingsområder i middelalderbyer for å finne ut om kulturminnene best kan bevares på funnstedet (in situ) eller om de bør graves ut. Et utvalg av disse undersøkelsene inngår i Strategiske instituttsatsing (SIS): *In situ bevaring av arkeologiske kulturminner og lokaliteter i umettet sone* (In Situ SIS).

I følge norsk lov skal kulturminner fra middelalderen oppbevares *in situ* hvis forholdene ligger til rette for det. Oppbevaring *in situ* vil si at kulturminnene bevares for ettertiden der de er, det være seg i kulturlag i jord eller på havets bunn. For å få mer kunnskap om hvordan kulturminner fra middelalderen kan bevares i umettet jord ble det strategiske instituttprogrammet (SIS) etablert i samarbeid med NIKU, og tre ulike lokaliteter ble valgt ut for spesielle undersøkelser ut fra arkeologiske kvaliteter, geografisk spredning og mulighet for tilleggsfinansiering fra andre kilder.

Kunnskap og overvåking av kulturminner på kongsgården Avaldsnes (Karmøy) er et samarbeid med et større utgravingsprosjekt i regi av Kulturhistorisk museum UiO og Arkeologisk museum UiS for å få mer kunnskap om bevaringen av kulturminner på gårdshauger i et typisk kystklima. Det samme gjelder to typisk gårdshauger ved Harstad hvor kulturlagene har ulik andel av organisk materiale og bevaringsforhold. Disse lokalitetene er derfor viktig å kunne sammenligne med hverandre. NIBIO har også analysert prøver og overvåker to forskjellige tufter fra steinalder i Varangerområdet. Figur 1 viser overvåkingsutstyr plassert i profilvegg på utgravet profil i to ulike gårdshauger. Disse overvåkingsstedene har NIKU og NIBIO planer om å hente data fra fremover i tid, så lenge utstyret som er satt ned gir representative og logiske data.

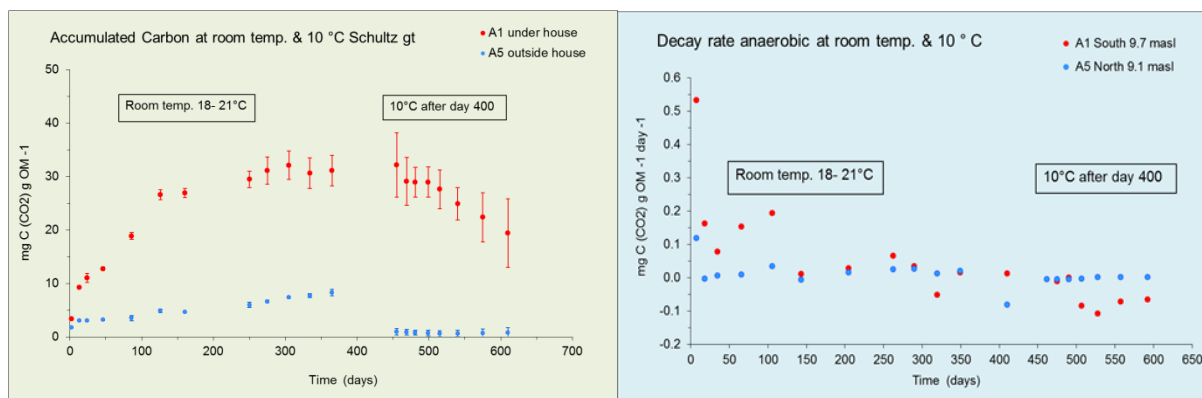


Figur 1 viser sensorer plassert i profilveggen som måler redokspotensiale, jordfuktighet og temperatur på Vollstad gård (venstre) og Sauerbekken (høyre) i Harstadregionen.

Tilstanden og bevaringsforholdene til kulturlagene i middelalderbyen Trondheim er også viktig å få mer kunnskap om. Her viser undersøkelser og forskning at kulturlagene blir dårligere i både øvre og nedre lag. Kulturlagene er nå mye tynnere enn på 1960 - 70 tallet og ligger som små isolerte kulturperler. I et område av Trondheim hvor det fortsatt er mulig å finne godt bevarte kulturlag, viser våre forskningsresultater at nedbryting og bevaringsforholdene i kulturlagene er forskjellige på en og samme byggetomt. NIBIO har satt i gang miljøovervåking av kulturlagene for å kunne vurdere en ny bevaringsstrategi som Riksantikvaren har etterspurt.

Et lignende overvåkingsprosjekt i Harstad viser at kulturlagene i gårdshaugen er svært godt bevart med rikt organisk materiale. Overvåkingen viser stabile gode forhold uten telesvingninger og oksygenfrie soner. Nedbrytingsstudier på lik måte som i Trondheim, har også vist lav nedbrytingsrate målt som frigjort oksidert karbon uten luft, målt som CO₂ og CH₄. Takket være disse SIS-studiene vil NIBIO implementere slike nedbrytingsundersøkelser på andre steder hvor

I 2015 har NIBIO videreutviklet laboratorieforsøksmetoder for å klarlegge om kulturlagsprøver som overvåkes *in situ* kan bevares i atmosfærer uten oksygen til stede og i hvilken grad ulike temperaturforhold har innvirkning. Det ble tatt ut jordprøver for å kunne undersøke nedbrytningshastigheter av organisk materiale uten tilgang på luft over lang tid. Resultatene har vist at nedbrytingsraten av organisk materiale er 3 til 4 ganger høyere i dårlig bevarte jordprøver (oksidierende forhold) sammenlignet med bedre bevarte jordlag (reducerende forhold) ved romtemperatur. Hvis disse kulturlagene stabiliseres uten lufttilgang, vil nedbrytingraten i begge tilfeller likevel kunne stoppe opp over tid (figur 2). Resultatene viser at nedbrytningshastigheter for organisk materiale over tid blir like lav både for oksiderte og reduserte kulturlagsprøver når de oppbevares i en anoxisk atmosfære. Når temperaturen reduseres, får en enda bedre beskyttelse av kulturlagsprøvene, uavhengig om de er godt eller dårlig bevart i utgangspunktet (figur 2).



Figur 2 Left: Comparing accumulated decay of mg carbon per organic matter in poor preserved sample A1 (profile oxidised) and good preserved sample A5 (profile reduced) at room temperature in 350 days and at 10 °C after day 400. The data is shown with STEDV (n=3). Right: Comparing the decay rate of mg carbon per organic matter in the samples after 600 days.

Resultatene fra InSitu SIS danner grunnlag for informasjon om in situ bevaring av kulturminner i Norske middelalderbyer som er etterspurt av bevaringsmyndighetene. Riktig bevaringsstrategi *in situ* vil være å beskytte kulturlagene mot tilførsel av luft og unngå temperaturer over 10 °C. Dette viser nytten av at SIS midler benyttes til anvendte forsøk som fremskaffer ny kunnskap om kulturlagsovervåking, kunnskap som Riksantikvaren vil kunne benytte i forvaltningen av våre kulturminner. Endret klima med økt nedbør langs kysten og nordover i landet kan være positivt for bevaringen av kulturlag i gårdshauger, mens økt temperatur kan bidra til økt nedbrytning av organisk materiale. En god kulturlagsovervåking med moderne sensor- og datateknologi vil kunne vise hvordan endret klima kan påvirke bevaringsforholdene forskjellige steder i landet.

In Situ SIS prosjektet har gitt 3 trykte vitenskapelige publikasjoner i samarbeid mellom NIBIO og NIKU. I april 2015 ble mye av forskningsdataene fra In Situ SIS presentert på en konferanse med hovedtyngde "Miljøovervåking av arkeologiske kulturminner" PARIS 5 i Kreutzlingen, Sveits. Denne konferanse har medført at det er skrevet ytterligere 2 nye vitenskapelige publikasjoner i 2015 som er akseptert og trykkes i disse dager. I tillegg er det skrevet flere vitenskapelige rapporter i samarbeid med NIKU. Det er holdt flere foredrag og aktiviteten er beskrevet med nyhetsoppslag på NIBIOs websider og arbeidene er blitt presentert på www.forskning.no.

Report 2015 for the SIS project: «Miljøvennlig karbonlagring i jord – JORDKARBON»

Coordinator: Daniel P. Rasse

Duration: January 2015 to December 2019

Budget: 2015: 550 KNOK (following years 900 NOK for a total of 4150 KNOK)

The year 2015 has been an exciting one for scientific and politic progress towards using carbon storage in soils as a crucial method for climate mitigation. The French Agricultural Ministry launched the "4‰ initiative", which states that if we can increase by 4‰ (0.4%) a year the quantity of carbon

contained in soil, we can halt the annual increase in CO₂ in the atmosphere. These higher-level efforts throughout 2015 culminated with the Paris Agreement, a new legally-binding framework for an internationally coordinated effort to keep global warming well below 2°C on pre-industrial averages. In Norway, these efforts were mirrored at multiple levels. For example, the Agricultural Ministry ordered a progress report on how the agricultural sector can meet climate changes (*Utrekning om klimautfordringene i landbruket*), for which the Section for Soil Quality and Climate Change at NIBIO contributed with a section on soil carbon in a climate perspective. The science base for this report was developed at NIBIO with help of SIS JORDKARBON. We also had consultation meetings with both the Norwegian Environmental Agency (Miljødirektoratet) and the Ministry of Agriculture and Food (Landbruks- og Matdepartementet) about the importance of carbon stocks in Norwegian peat soils, conservation measures and knowledge gaps.

In 2015, we have worked intensely on the dissemination of biochar technology towards implementation by practitioners. We completed five chapters in the new book published by Routledge in 2016 entitled “Biochar in European Soils and Agriculture: Science and Practice” (see chapters titles in publication list below). In this work, we addressed both the science of carbon storage and reduced greenhouse gas emission with biochar (two chapters, see list below), as well as field applications, legal aspects (see chapter: The legality of biochar use: regulatory requirements and risk assessments), and “current and future application for biochar”. In the general dissemination work, we also wrote the chapter on biochar of the new “Encyclopedia of Soil Science, 3rd edition”, which will be released in June 2016 (see reference).

The SIS JORDKARBON proved an important support to summarize, disseminate and start publishing much of work we have conducted on our biochar field experiments in Norway since 2010 (one article submitted, 3 articles in preparation). Biochar for carbon storage and soil improvement is by definition a long-term measure, therefore it is crucial that we can keep monitoring the field experiments we initiated on now-completed projects. This work was presented at multiple conferences in 2015 (see list below). The key findings of our long-term experiments, as synthesized in this project, were that: 1) field applied biochar has a mean residence time > 100 years, thereby matching the definition of permanent carbon storage, 2) N₂O reduction in the field were observed but less so than in the lab and did not appear permanent, 3) even at high dosage, untreated biochar had little effects on plants, generating only marginal increase in plant biomass. The conclusion from these five years of field research is therefore that biochar is a safe and appropriate technology to store large amount of C in soils. Our results also point to the fact that new types of biochar and application methods must be developed in order to also make greater gains in term of reduced N₂O emission and increased yields. We initiated some strategic work on this in 2015, which has resulted in the submission of scientific proposals in that direction in 2016.

In 2015, we also initiated the development of new methods for tracing biochar in soils and predicting its stability properties, which is a key activity planned in the SIS JORDKARBON. Mainly, we have worked on using biomarkers, so called BPCA, to evaluate the quality of biochar and trace their presence in soils. This work is conducted in consulting with the University of Zurich. We expect the method to be fully operational at NIBIO in 2016. The SIS KARBON has also helped us publish some of our previous work with other methods, such as isotopic and hyperspectral (see publication list). It is our ambition to also further develop these methods, especially as it is now clear that there will be a sustained need for tracing the fate of carbon sources in the field, whether from biochar or from other sources (root carbon, compost, sludge, ..). Verification methods for carbon sequestration will remain a key component of implementation.

In summary, in 2015 we have used the SIS JORDKARBON to combine and synthesize knowledge from previous projects, which has resulted in highly productive dissemination (conferences in 2015) and publication (published in 2016) work. We have also initiated the development of the new tracing methods for carbon forms in soils. We have also had many contacts with the industry and private actors who are increasingly showing interest in carbon sequestration products and implementation methods.

Publications (published 2016, resulting from work in 2015; NIBIO authors in bold):

Book chapters:

Elisa Lopez-Capel, Kor Zwart, Simon Shackley, Romke Postma, John Stenstrom, **Daniel P Rasse, Alice Budai**, Bruno Glaser. 2016. Biochar Properties In *Shackley, Simon, et al., eds. Biochar in European Soils and Agriculture: Science and Practice. Routledge, 2016.*

Ruysschaert, G, Nelissen, V, Postma, R, Bruun, E, **O'Toole, A**, Hammond, J, Rödger, J-M, Hylander, L, Kihlberg, T, Zwart, K, Hauggaard-Nielsen, H & Shackley, S. Field applications of pure biochar in the North Sea region and across Europe. In *Shackley, Simon, et al., eds. Biochar in European Soils and Agriculture: Science and Practice. Routledge, 2016.*

Bruun, E., A. Cross, J. Hammond, V. Nelissen, **D.P. Rasse** and H. Hauggaard-Nielsen. Biochar stability and effect on greenhouse gas emission. In *Shackley, Simon, et al., eds. Biochar in European Soils and Agriculture: Science and Practice. Routledge, 2016.*

Hammond, J., H.-P. Schmidt, L. van Scholl, G Ruysschaert, V Nelissen, R Ibarrola, **A. O'Toole**, S. Shackley and T. van Laer. The legality of biochar use: regulatory requirements and risk assessments. In *Shackley, Simon, et al., eds. Biochar in European Soils and Agriculture: Science and Practice. Routledge, 2016.*

O'Toole A., D. Anderson, A. Gerlach, et al. Current and future application for biochar. In *Shackley, Simon, et al., eds. Biochar in European Soils and Agriculture: Science and Practice. Routledge, 2016.*

O'Toole A. and **D.P. Rasse.** (in press) Biochar for soil carbon and fertility. In: *Encyclopedia of Soil Science.* (ed Lal R). CRC Press. 2016

Peer reviewed international journals:

Budai, A., D.P. Rasse, A. Lagomarsino, T.Z. Lerch., **L. Paruch.** 2016. Biochar persistence, priming and microbial responses to pyrolysis temperature series. *Biology and Fertility of Soils.* DOI: 10.1007/s00374-016-1116-6

Ma, X., B. Zhou, **A. Budai, A. Jeng,** X. Hao, D. Wei, Y. Zhang, **D.P. Rasse.** 2016. Study of biochar properties by scanning electron microscope – energy dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDX). *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* DOI: 10.1080/00103624.2016.1146742

Burud, I., **C. Moni,** A. Flø, C. Futsaether, M. Steffens, and **D.P. Rasse.** 2016. Qualitative and quantitative mapping of biochar in a soil profile using hyperspectral imaging. *Soil & Tillage Research.* 155, 523-531

Grønne byer: Multifunksjonelle grøntmiljø for å begrense forurensninger og flommer i byer og tettsteder

Varighet: 2015-2019

Budsjett: 2015: 550, 2016: 1100, 2017: 1100, 2018: 1100, 2019: 1100 i tusen NOK.

Til sammen 4,95 mill NOK

Aktiviteter 2015

Prosjektet har 6 arbeidspakker:

1. Bruk av grønne tak til fordrøyning av nedbør
2. Vegetasjon i spesialiserte infiltrasjonssystemer og fordrøyningsbed
3. Infiltrasjonskapasitet, rense- og fordrøyningseffekt av urbane gressarealer anlagt på konstruerte jordtyper og med ulik bruksfrekvens
4. Flomdemping og rensing gjennom infiltrasjons- og dreneringssystem i grøntanlegg
5. Konstruerte våtmarker og dammer som flomdempende tiltak og retensjon av urbant overvann
6. Modellering av økosystemtjenester

Begrensede midler i 2015 gjorde at vi prioriterte aktivitet på arbeidspakkene 1, 2 og 3. Ettersom 2015 var oppstartsåret, har vi foreløpig ikke ferdigbehandlede resultater.

Bruk av grønne tak til fordrøyning av nedbør

I arbeidspakke 1 gjennomførte vi et forsøk der vi så på hvordan samspeilet mellom sammensetning av vekstmedium til grønne tak og eksponering for vind påvirket tørkeresponser i alternative arter til tak (*Hieracium pilosella*, *Festuca rubra* og *Plantago maritima*). Vi kjørte en full eksperimentell tilnærming der vi rigget kanalvifter på tidsstyring og fulgte fluorescensparametre, visningssymptomer, bladtemperatur, vannforbruk over tid i en tørkeperiode der plantene ble fulgt til visning (Bilde 1). Datasettet er under sammenstilling og gjøres klart for analyser. I forsøket bygger vi også opp metodikk og erfaring med kombinerte og varierende stressfaktorer.

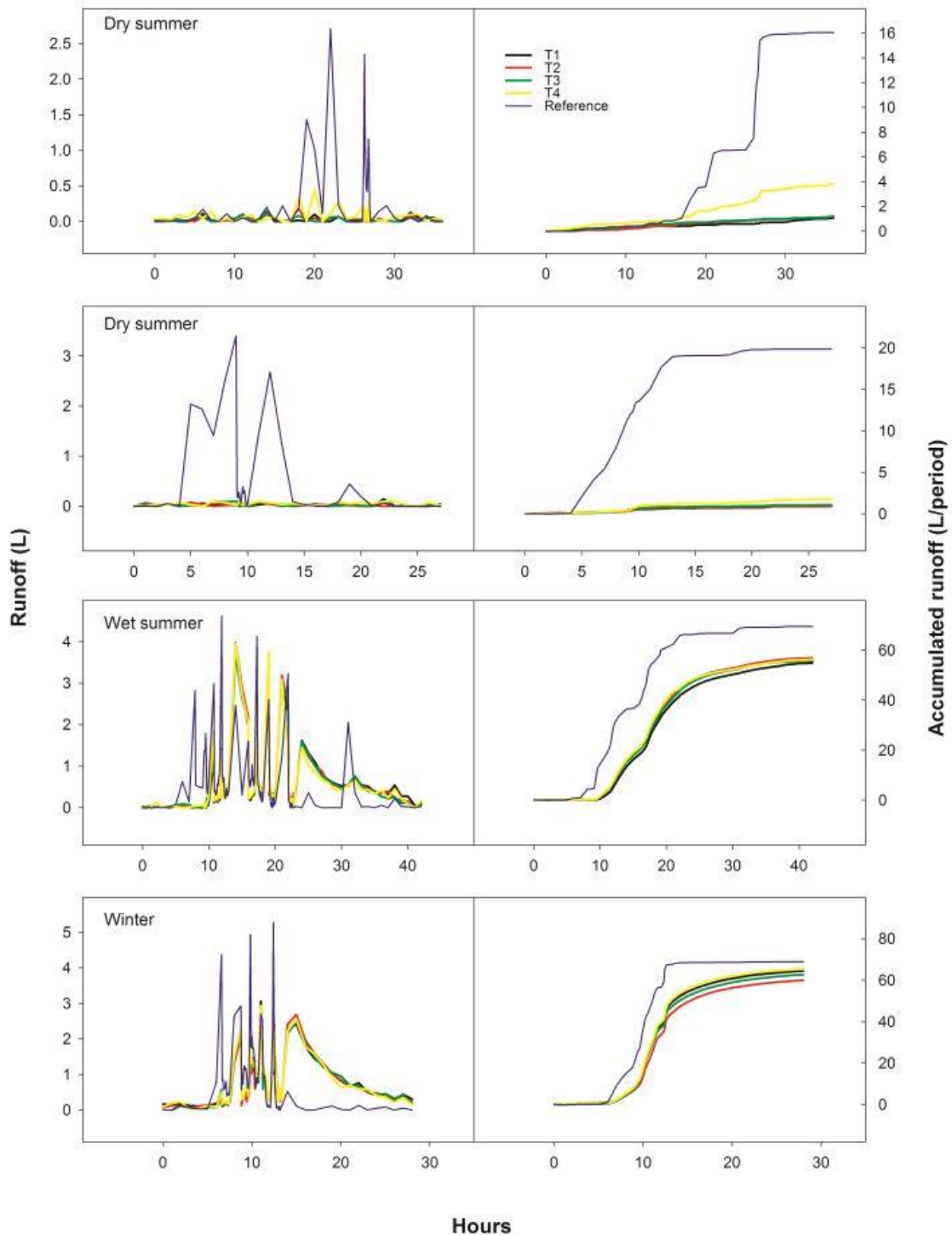
I et prosjekt delfinansiert av RFF Vestlandet har vi etablert forsøksstak til å teste avrenning fra grønne tak. I 2015 testet vi ut hvordan ulik sammensetning av vekstmediet påvirker retensjon og avrenning fra takene ved å sammenligne 4 ulike blandinger basert på mineralske komponenter, biokull og kompost. Foreløpig har vi ikke analysert hele tidsserien. I et samarbeid med NTNU ser vi på automatisering av analysene. Til illustrasjon har vi tatt ut noen enkeltperioder for å vise funksjon under ulike klimaforhold (Bilde 3). Foreløpige analyser viser at takene har en svært god effekt på retensjon når de er tørre, mens effekten reduseres betydelig når takene er fuktige.



Bilde 1. Gjennomføring av forsøk med samspillet mellom vind og oppbygning av substrat på tørkerespons hos aktuell takvegetasjon



Bilde 2. Forsøkstak etablert på Jæren for måling av retensjon og avrenning ved forskjellig oppbygning av takene. Vann fra hvert tak samles opp i nedgravde dunker der en trykksensor gir informasjon om avrenning.



Bilde 3. Avrenning fra grønne tak under ulike klimaforhold, to med tørre tak om sommeren, et med vått tak om sommeren og et med vått tak om vinteren. Takareal er 6 m². Referansen er avrenning fra et svart tak.

Vegetasjon i spesialiserte infiltrasjonssystemer og fordrøyningsbed

I arbeidspakke 2 er det gjennomført et forsøk og lagt til rette for et annet. Først gjennomførte vi et forsøk der vi kvantifiserte hvordan rottybden hos takrør var i stand til å følge ulike endringer i

grunnvannvannstand (bilde 4). Både amplituden på nivåendringene (40, 80, 120 cm) og frekvens (1 eller to ganger per uke) ble testet ut i to substrater i en fullfaktoriell design. Forsøket varte 17 uker og er ferdig høstet. Flere responsparametre ble undersøkt (rotedybde, rot og rhizombiomasse, skuddbiomasse, spesifikt bladareal, rot diameter, fordeling fine og grove røtter, forekomst av aerenchym osv). Dataanalyse er gjennomført og utkast til deler av et manuskript er ferdig. Hovedkonklusjonen er at takrør kan tilpasse seg store svingninger i vannnivå under bakken, men responsen påvirkes av vekstmediet. Arten er derfor godt egnet til mer spesialisert anlegg for vannhåndtering. Forsøket har allerede vært omtalt i Stavanger Aftenblad.



Bilde 4. Detaljer fra forsøket med rotvekst hos takrør, høsting og et tverrsnitt av rot med luftkanaler.

Det ble også gjort klart til et forsøk der vi ser på hvordan vannmetning/neddykking påvirker respons på salt i vinterperioden for vegetasjon som er aktuell til bruk i våtmarksanlegg langs veg og noen kandidater som kan egne seg bedre. Planter av *Phragmites australis*, *Phalaris arundinacea*, *Puccinellia* sp., *Festuca rubra*, *Bolboschoenus maritimus* og *Iris pseudacorus* ble etablert i pletter og herdet gjennom høsten. Saltbehandlinger ble gjennomført januar-april 2016.

Infiltrasjonskapasitet, rense- og fordrøynings-effekt av urbane gressarealer anlagt på konstruerte jordtyper og med ulike bruksfrekvenser

Aktiviteten har fokusert på virkning av grasmattas alder/filt dannelse og type organisk materiale i rotsonen på overflateavrenning og infiltrasjon/reinsing av plantevernmidler, gjødsel og andre kjemikalier fra urbane grønntanlegg på antropogen, sandbasert jord.

Forsøkene forutsatte ombygging og tilpasning av 'lysimeter nord'- anlegget på Landvik ble gjennomført fra slutten av september til begynnelsen av november. (Bilde 5).

Etter utlegging og planering av vekstmassen ble den gamle grasmatta av rødsvingel tilbakeført. Dette ble gjort som et midlertidig tiltak for å kunne teste anlegget og for å beskytte mot erosjon gjennom vinteren. Våren 2016 vil den gamle rødsvingeltorva bli fjerna og erstatta med krypkvein, i halvparten av kara ved dirkete såing og i den andre halvparten ved innkjøp av vaska ferdiggras.

En prøve på forholdet mellom infiltrasjon og overflateavrenning ble utført 19. november og 23. november. Siste dato etter en natt med frost (Bilde 6). Frost har stor effekt på infiltrasjonskapasiteten, og overflateavrenningen øker markant. Nye tester vil bli utført etter etablering av krypkvein våren 2016 for å se på effekten av ulike grasarter.



Bilde 5. Utlegging og komprimering av vekstmasse, okt. 2015. Vekstmasse med torv har lysere farge enn vekstmasse med kompost. Foto: Trygve S. Aamlid



Bilde 6. Testing av anlegget 23.nov., etter en natt med frost. Foto: Trond Pettersen

Populærvitenskaplig rapport 2015 for SIS “Effects of climate change on nutrient losses from agricultural ecosystems”

Varighet: 2011-2015

Budsjett NIBIO (NFR): NOK 645 000 i 2015, NOK 3 114 000 totalt.

Prosjektleder: Per Stålnacke

Kort beskrivelse av bakgrunnen og målsettingene for prosjektet

Hovedmålet med denne SIS har vært å øke kunnskapen om effekter av klimaendringer på romlig og tidsmessig variasjon i næringsstofftap og jorderosjon til vann fra jordbruket sett i et nedbørfelt perspektiv.

Mer spesifikt så var prosjektet knyttet til følgende problemstillinger:

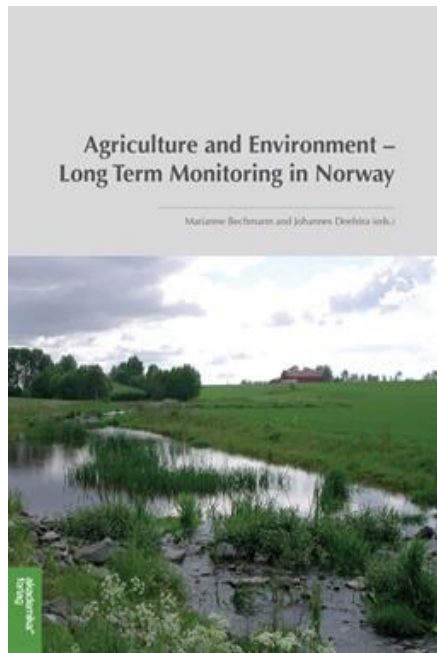
1. Effekten av klima- og arealbruksendringer på næringsstofftap i jordbruks dominerte nedbørfelt
2. Utvikling og tilpasning av modeller for tap av næringsstoffer i landbruksdominerte nedbørfelt
3. Studier av den potensielle effekten av klimaendringer på nitrogen avrenning og lystgass utslipp fra jordbruksdominerte nedbørfelt.
4. Retensjon og tilbakeholdelse fra jord til bekk og utløp av elv

Prosjektet har vært svært suksessfull og muliggjort svært stor vitenskapelig publisering og forvaltningsrettet informasjon. Den økonomiske ressursbruken på 3,14 millioner har dermed vært svært tilfredsstillende. Resultatoppnåelse har vært særlig stor på vitenskapelige fagfelles vurderte publikasjoner med totalt 33 publikasjoner.

Redegjørelse for resultater som er oppnådd i prosjektet sammenliknet med målsettingen

Næringsstofftap fra landbruket i Norge

AGRI-LOSS-prosjektet har bidratt til at de viktigste resultater fra de 20 års overvåking har blitt samlet til en engelsk-språklig fagfellevurdert publikasjon. Boka har tittelen *‘Agriculture and Environment – Long Term Monitoring in Norway’*, og den retter seg mot forskere og forvaltning innen jordbruk og miljø som har interesse for samspillet mellom jordbruk og miljø. Jord- og vannovervåking i landbruket ble igangsatt i 1992 for å dokumentere avrenning av næringsstoffer fra jordbruket og effekter av tiltak og driftsendringer på vannkvaliteten i jordbruksbekker. Fra 1996 ble plantevernmidler inkludert i programmet.

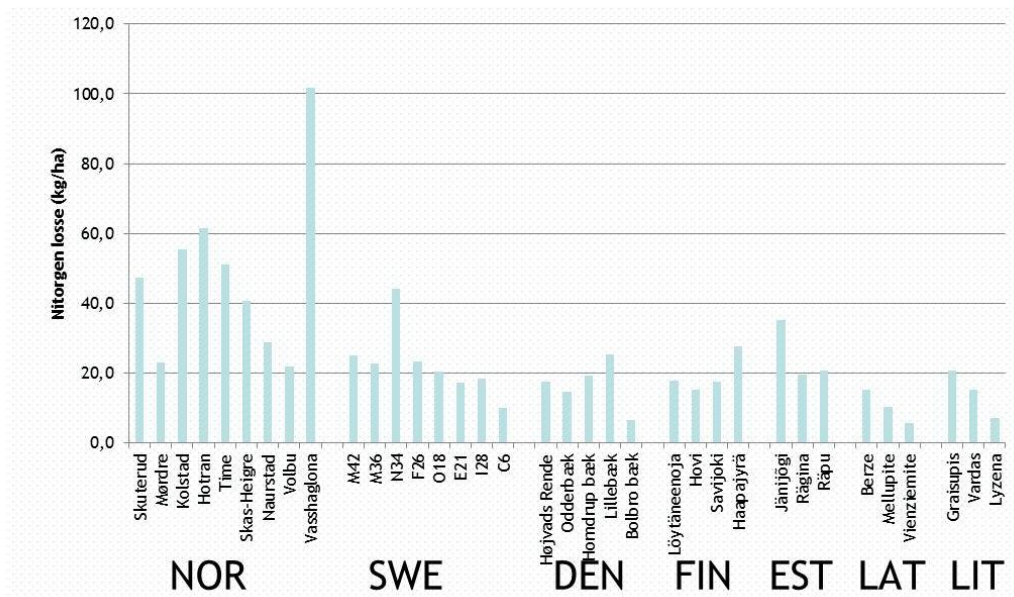


Boken oppsummerer resultater fra 20 års overvåking med fokus på følgende tematiske områder:

- Overvåkingemetoder
- Vannets veier i små jordbruksdominerte nedbørfelt
- Trender i tap av jord, næringsstoffer, tungmetaller og pesticider i jordbruksbekker
- Endringer i jordbrukspraksis gjennom de siste 20 årene
- Modellering av avrenningsprosesser og tap
- Overvåkingens rolle i samfunnet.

En sammenligning av næringsstofftap fra landbruket i Norden og Baltikum

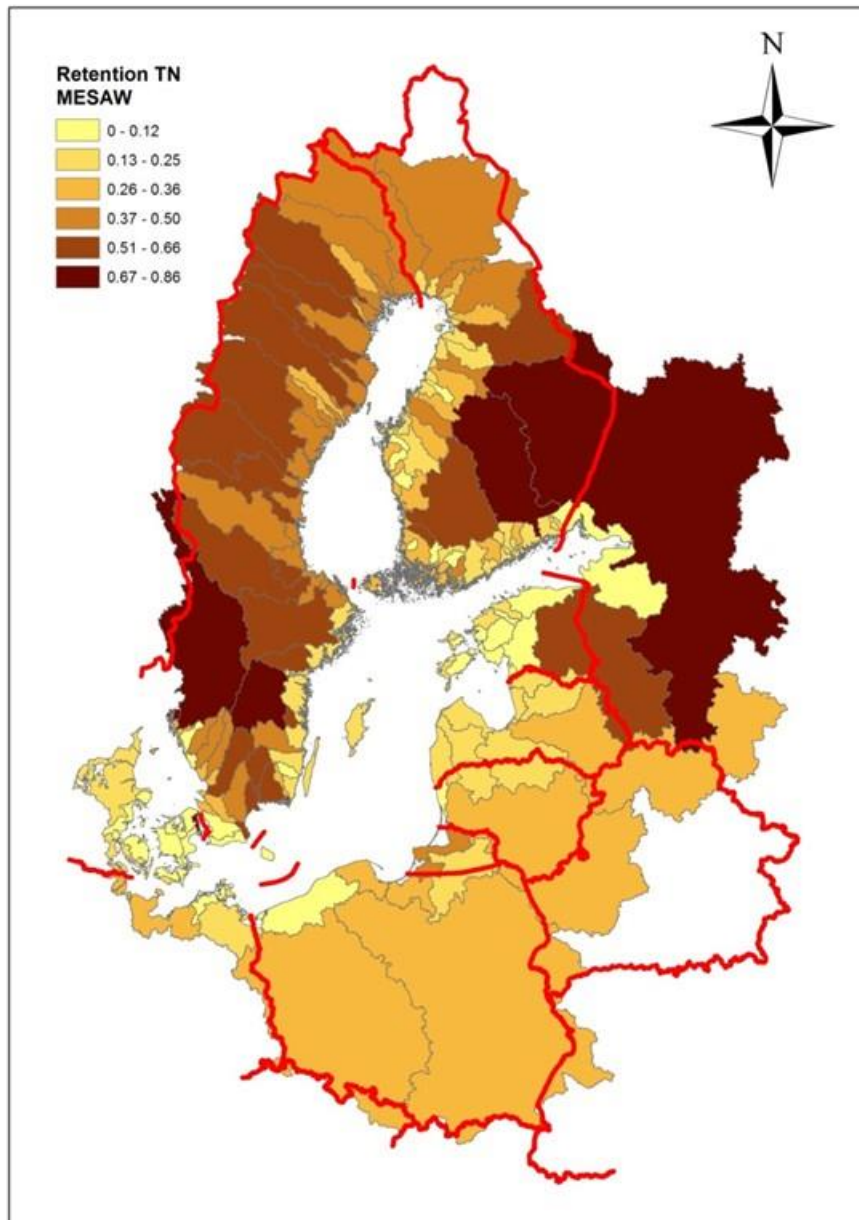
AGRI-LOSS-prosjektet har også initiert et spesialnummer av et vitenskapelig tidsskrift om nitrogen-avrenning fra landbruket i de Nordiske og Baltiske land. Bechmann og Stålnacke (fra Bioforsk) utgjør 2 av 3 redaktører for dette spesialnummer, som består av 13 artikler publisert i tidsskriftet *Agriculture, Ecosystems & Environment (AGEE)* i desember 2014. Resultatene, indikerer store forskjeller i tap av nitrogen til vann mellom de 35 nedbørfeltene i Nordiske og Baltiske land. En del av forskjellene kan forklares av vannføring og klimaforhold. En analyse av langtidsutviklingen i klima-normaliserte N-tap viser imidlertid forbausende få statistisk signifikante trender til tross for det økte fokus på redusert næringsstofftap som har vært i de siste 20 årene i disse områdene. Det er imidlertid vist en sammenheng mellom redusert N-gjødsling og N-tap etter kraftige N-gjødslingsrestriksjoner i Danmark (Bechmann et al., 2014). Spesialnummeret av AGEE diskuterer dessuten problemstillingene rundt nitrogentap til vann fra landbruket ut fra klima, drenering, gjødsling, nitrogenbalanser, drift og jordtypeforhold. Analysene av de 35 nedbørfelt i de Nordisk-Baltiske land har gitt forskerne en større innsikt i de kompliserte sammenhenger for nitrogentap fra jord til vann.



Nitrogen-tap i landbrukspåvirkede bekker i Nordiske og Baltiske land. Tallene viser årstap som gennemsnitt over mange år. Kilde: modifisert fra Stålnacke et al (2014)

Retensjon av næringsstoffer

Tilbakeholdelse av næringsstoffer fra jord via bekker til elver har også blitt analysert i prosjektet. En statistisk modell som ble brukt for nedbørfeltet til hele Østersjøen viste at 40 % av nitrogenet som tilføres bekker og elver blir tilbakeholdt (først og fremst i innsjøer) før det når Østersjøen (Stålnacke et al., 2015). Disse resultatene har vekket oppmerksomt i forbindelse med revideringen av HELCOMs Baltic Sea Action Plan. Dette fordi det har vært stor usikkerhet knyttet til metodikk for å kvantifisere tilbakeholdelse av næringsstoffer i nedbørfelt.



Andelen tilbakeholdt nitrogen i Østersjøens nedbørfelt (fra Stålnacke et al. 2015)

Modellering av næringsstofftap

Videre har AGRI-LOSS fokusert på bruk av hydrologiske modeller for å simulere tidsdynamikk i små norske landbruksdominerte nedbørfelt. Preliminære resultater viser at mange modeller utviklet for større vassdragsområder er mindre egnet i små nedbørfelt og at det er vanskelig å skille nettoeffekter av landbruksdrift og klimaforhold på næringsstofftap til vann.

9 Transportøkonomisk institutt, TØI

CIENS-SIS Sustainable Transport: Drivers, Changes, Impacts, Policies

Navn: Bærekraftig transport: drivkrefter, endringer, virkninger og politikk

Varighet: 2011-2015

Budsjett:

TØI 3660 CIENS-SIS	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Sum
Timekostnader	503949	960035	905129	615296	127333	49720	430746
Eksterne utlegg	646	16516	17334	600	720		35816
Sum kostnader	504595	976550	922463	615896	127405	49720	434327
Finansiering - Eksternt	449595	976550	922463	615896	120183	-1340	416500
Finansiering - Grunnbev.	55000						55000
Finansiering -					72215	51060	123275
Sum finansiering	504595	976550	922463	615896	127405	49720	434327
Sum bevilget	700000	880000	880000	880000	952215	51060	434327

Denne miljø-SISens hovedmål har vært å styrke tverrfaglig forskning på bærekraftig transport på tvers av de natur- og samfunnsvitenskapelige fagmiljøene i CIENS/Miljøalliansen. CIENS-SISen har derfor gjennomgående vært opptatt av tverrfaglig teori- og metodeutvikling.

Transport er et klart tverrfaglig anliggende som favner bredt og dekker hver av de grunnleggende bærekraftdimensjonene - så vel velferd og økonomi som klima og lokalmiljø. Transportsektoren er i et særlig søkelys som spesielt avgjørende for utslipps- og fossilfrie byer. Transport er kort sagt et hovedmål for miljøpolitikken slik miljø er et hovedmål for transportpolitikken.

CIENS-SISen har vært tredelt med følgende mål og partnere:

1. Å studere sentrale *samfunnsmessige drivkrefter* bak transport, for å påpeke hvilke mekanismer som ser ut til å kunne frambringe – eller framtvinge – mer bærekraftige, miljøvennlige mobilitetsmønstre (TØI)
2. Å vurdere transportens *bymiljøkonsekvenser* i sammenheng med andre hensyn for en bærekraftig byutvikling, der konkret en ny og lite studert sammenheng undersøkes nærmere - hensynet til kulturminner satt opp mot målet om å få fram mer bærekraftige transportløsninger i byutviklingen (TØI og NIKU)

3. Å studere betydningen av *politiske prosesser* for en bedre måloppnåelse i arbeidet for mer bærekraftig transport (TØI) og CICERO)

I tillegg har NILUs SIS om et klimapolitisk virkemiddel i bytransporten som bruk av bio-etanol og effekter på luftkvalitet i by (Biebus), vært løselig koblet til denne CIENS-SISen.

Drivkrefter for bærekraftig transport

I CIENS-SIS1 om *Drivers for Sustainable Transport* har kobling av indikatorer og datakilder for å dokumentere og analysere utviklingen mot mer bærekraftig bytransport vært i søkelyset. Vi har arbeidet med helt nye koblingsmuligheter for data – med å kombinere ulike datakilder som TØIs reisevaneundersøkelser (RVU) med SSBs KOSTRA (kommune-stat-rapporteringssystem) og andre registerdata. Basert på denne koblingen ble først et integrert indikatorsett for miljøvennlig bytransport utviklet. En populærvitenskapelig artikkel «*Urban, mobil og miljøvennlig – sentrale indikatorer for den grønne byen?*» ble utgitt i tidsskriftet PLAN 2/2013.

Artikkelen «*Home, car use, and vacation. The structure of environmentally significant behavior*» (Bratt, C, Stern, P, Matthies, E. & Nenseth, V.) ble antatt for publisering i februar 2014 tidsskriftet 'Environment and behavior'. Artikkelen påpeker at ulike typer atferd med miljøkonsekvenser vanskelig kan ses som resultat av én generell miljøorientering, men snarere er utpreget sektorisert og kontekstspesifikk. Når det gjelder transport, er det interessant å merke seg at ulike typer transportatferd havner i tre distinkte handlingskontekster: å kjøpe bil henger sammen med husholdsforbruk generelt: å bruke bil i det daglige er en egen kategori, mens flyreiser for ferier er en tredje.

Arbeidet med kobling av ulike datakilder er videreutviklet i forbindelse med artikkelen: «*The effects of sustainable transport policies on the choice of bicycling to work: A multilevel analysis of travel survey data from 50 urban municipalities in Norway*». Dette arbeidet er basert på analyse av RVU-data for 50 bykommuner fra siste tiårsperiode, for årene 2005, 2009 og 2013, med kobling til flere kommunenivåvariable. Artikkelen tester betydningen av lokalpolitisk tilrettelegging for sykling opp mot faktorer som litteraturen ellers finner å påvirke sykkelbruk: individuelle bakgrunnsvariable (som kjønn, alder, inntekt, transportressurser) og kontekstuelle faktorer på bynivå (bystruktur, vær, bratthet, o.a.). Denne kombinerte tidsserie – og flernivå-analysen av pendling med sykkel representerer et nytt metodologisk inntak til å forklare variasjonen i sykkelpendling mellom norske byområder. Den viser hvor viktig det er å forstå at sykkelbruk verken alene er strukturelt styrt eller bare et resultat av individuelle preferanser. Artikkelen er klar for innsending til tidsskriftet Transport Policy.

Som ledd i å se nærmere på hvordan målet om å møte all transportvekst som følge av vesentlige samfunnsmessige drivere som befolkningsvekst og velferdsutvikling med miljøvennlige løsninger viser paperet «*Meeting urban growth with sustainable transport?*» hvordan drastiske endringer i transportmiddelfordelingen i Oslo-området kan oppnås. Dette paperet ble presentert på NECTAR-konferansen på Azorene i juni 2013.

Transportens bymiljøkonsekvenser

I CIENS-SIS3 (samarbeid NIKU/TØI) om transportens bymiljøkonsekvenser ble artikkelen «*Understanding the Geographies of Transport and Cultural Heritage: Comparing Two Urban Development Programs in Oslo*», antatt i tidsskriftet *Sustainability* 6/2014. Artikkelen finner positive synergier, vinn-vinn, mellom transportløsninger og kulturattraksjoner der også næringslivet er på banen – som i utviklingen av Bjørvika. Derimot påviser artikkelen at hensynet til lokalmiljø og sosial inkludering vies langt mer oppmerksomhet enn transport og kultur der næringslivet i liten grad er involvert – som innenfor Groruddalssatsingen.

Politikk for bærekraftig bytransport

CIENS-SIS4 har også hatt et særlig søkelys på sykkel som bærekraftig transportløsning – ved å se nærmere på framveksten av sykkelpolitiske prosesser. Rapporten «*Norsk sykkelpolitikk – på vei*» er nylig ferdigstilt. Ut fra et hovedsakelig historisk politisk-institusjonelt perspektiv viser rapporten utviklingen av norsk sykkelpolitikk de siste femti årene gjennom studier av policydokumenter og informantintervjuer sentralt og lokalt, fra offentlig og frivillig sektor. Studien har sett nærmere på tilrettelegging for sykkel i tre større norske byer, Bergen, Kristiansand og Trondheim. Vi konstaterer at sykkel har fått et retorisk gjennomslag i norsk politikk, særlig det siste tiåret. Gjeldende policydokumenter har sterke, konkrete og tallfestede målformuleringer både sentralt og lokalt. Samtidig er det et stadig større gap mellom mål og realisering av en sykkelandel fra fem til åtte prosent innen åtte år. Svak organisering, manglende planproduksjon og lav prioritering av investeringsmidler er viktige faktorer bak svak iverksetting. Et mer samlet blikk på teknisk sykkelinfrastruktur og nye meningssammenhenger sykkel inngår i, kan bidra til å normalisere sykkel som en vesentlig transportform, særlig i byene.

I CIENS-SIS4 er det også samarbeidet med CICERO ved å se på politisk integrasjon og politiske prosesser som virkemiddel for en mer bærekraftig transport. Her blir Oslo sykkelprosjekt studert nærmere. Her foreligger det et artikkelutkast «*New forms of networks and narratives in the sustainable transport policy field – the case of cycling policy in Oslo*».

En artikkel i det populærvitenskapelige tidsskriftet KLIMA har tatt for seg *de*

klimapolitiske målene i Nasjonal transportplan 2014-2013, og påpeker at planen ikke lenger opererer med konkrete måltall for reduksjon i transportens klimagassutslipp. En vanlig policyanalytisk tese er at konkrete måltall forplikter, mens vage og flertydige mål både kan kamuflere manglende framgang. Samtidig er det en klar forståelse for at mer vage og løse formulerte mål kan gi et visst politisk handlingsrom som kan sikre bredere oppslutning om mål og nødvendige kursendringer. Denne artikkelen var også utgangspunkt for et innlegg på den politiske møteplassen 'Arendalsuka' i august 2013.

Artikkelen «*Policy packages and state engagement – comparing car-use reduction policy in two Norwegian cities*» viser blant annet både at det statlige engasjementet varierer mellom byene, at det inspirerer til økte lokale klimapolitiske ambisjoner og at bystørrelse henger positivt sammen med klimapolitisk ansvarlighet. Hvordan nyere policy-pakker for redusert bilbruk ser ut, er avhengig av tidligere politikk på området.

Tverr- og transfaglighet for mer bærekraftige byer

CIENS-SISen har gjennomgående vært opptatt av tverrfaglig teori- og metodeutvikling. Et paper om «*The Knowledge-Policy Interaction for Sustainable Transport – Eased by Interdisciplinarity?*» drar veksler på CIENS-erfaringen og peker på tverrfaglighetens potensialer og paradokser. Hovedpoeng herfra ble innarbeidet i søknad til Miljø2015-programmet der prosjektet «*Urbanization, Knowledge-policy and cross-disciplinary interaction for sustainable cities (UrbaKnow)*» fikk gjennomslag som et treårig CIENS-prosjekt (TØI i samarbeid med NIBR, SUM, TIK/UiO og eksperter fra UCL (University College London)).

Etter at CIENS i 2013 lanserte bærekraftig byutvikling som en nøkkelstrategi, har arbeidet med tverr- og etter hvert *transfaglig byforskning* blitt intensivert. I regi av CIENS Forskningsforum deltok syv CIENS-forskere (fra CICERO, NIBR, NILU, NIVA og TØI) på 'International Transdisciplinarity Conference' (ITD) som i 2015 ble holdt i Basel i regi av det sveitsiske 'transdisciplinary network for transdisciplinary research' – td-net. CIENS bidro her med å organisere en egen workshop om «*Transdisciplinarity for Urban Sustainability*».

SIS-en har også fungert som en koordineringsmekanisme innen CIENS, spesielt de siste par årene da prosjektleder også har vært leder av CIENS Forskningsforum.

Publikasjoner:

Bratt, Christopher, Paul. C. Stern, Ellen Mathies, Vibeke Nenseth. 2014. "Home, Car Use, and Vacation: The Structure of Environmentally Significant Individual Behavior." *Environment and Behavior*. Sage Journals.

Nenseth, Vibeke og Berge, Guro. 2013. Urban, mobil og miljøvennlig sentrale indikatorer for den grønne byen?. *Plan 2/2013*, Universitetsforlaget

Nenseth, Vibeke. 2013. Ny plan uten klimamål. *Klima 3/2013*, CICERO

Strand, Arvid; Vibeke Nenseth og Petter Christiansen. 2015. *Norsk sykkelpolitikk – på vei*. TØI-rapport 1153/2015. Oslo: Transportøkonomisk institutt

Strand, Arvid. 2016. "8 prosent sykkelandel i 2023. En kanskje vel stor ambisjon». *Samferdsel*. Publisert 12.1.2016

Tønnesen, A. (2015). Policy packages and state engagement: Comparing car-use reduction policy in two Norwegian cities. *Journal of Transport Geography*, 46, 8998.

Tønnesen, A; K. Larsen, J. Skrede, V. Nenseth. 2014. Understanding the Geographies of Transport and Cultural Heritage: Comparing Two Urban

Development Programs in Oslo. *Sustainability*, 2014, 6(6), 3124-3144

Veisten, K, V.Nenseth, A. Fyhri. (in prep.) "The effects of sustainable transport policies on the choice of bicycling to work: A multilevel analysis of travel

survey data from 50 urban municipalities in Norway". (to be submitted)

Nenseth, V.& H. Amundsen (in prep.) «New forms of networks and narratives in the sustainable transport policy field – the case of cycling policy in Oslo»
(to be submitted)

Foredrag

Nenseth, V., H. Westskog, L. Tarrasòn, 2015. «Transdisciplinarity for Urban Sustainability», Workshop-organisation, *td-net International Transdisciplinary Conference*, Basel, 5.-8.9. 2015

Nenseth, V. 2015. *Et skråblikk på Oslo kommunes djerpe og dristige klima- og energistrategi*. Debatt om Oslos grønne framtid, UiO-festivalen 2015. 25.4.2015. Universitetet i Oslo

Nenseth, V. 2015. Urban Environmental Equality, PEER-seminar on Urban Sustainability, DG Research, Brussels, 19.3.15

Nenseth, V. 2015. *Byutvikling - i kommuneplan og klima- og energistrategi*. Innspillsmøte

om kommuneplanen "Oslo mot 2030 - Smart, trygg og grønn". Aps bystyregruppe, 1.6.2015

Nenseth, V. 2014. "The Knowledge-Policy Interaction for Sustainable Transport – Eased by Interdisciplinarity?», *3rd European Environmental Evaluators Network (EEEN) Forum 'Linking evaluation findings to enhancing sustainability'*, Helsinki, 28.-29.4. 2014

Nenseth, Vibeke: *Green Sustainable Cities*. PEER (Partnership for European Environmental Research) Scientific Seminar, Paris, 3.09.2013

Nenseth, Vibeke: *Nasjonal transportplan – store spørsmål, spinn og orakelsvar?* Klimaforum - Nasjonal transportplan, CICERO, CIENS toppsenter, 30.04.2013

Nenseth, Vibeke: *Promotion of urban sustainable mobility: Best Practices in Norway. Sustainable mobility; towards an environmentally compatible movement in urban areas* - The first Greek application in Thessaloniki, Regional of Central Macedonia/Hellenic Institute of Transport, Thessaloniki, 26.05.2012

Nenseth, Vibeke: *Transisjonsperspektiv på bærekraftig byutvikling*. Klimaforsk - idémyldring, NFR, Oslo, 27.02.2013

Nenseth, Vibeke: *Vil NTP bidra til utslippskutt fra transport?* Arendalsuka: De nordiske landene er klimaverstinger når det gjelder transport – hvordan snur vi utviklingen? Arendalsuka/Foreningen Norden, Arendal, 12.08.2013

Strand, A., V. Nenseth. 2012. "Meeting urban growth by sustainable transport", NECTAR-Conference, Azorene 18.-19.6 2013

Tønnesen, A., J.Skrede, V.Nenseth, K.Larsen. Sustainable urban transport and cultural heritage, comparing two urban districts of Oslo. EURA (European Urban Research Association) Conference. *Urban Europe – Challenges to meet the urban future*, Vienna, 20.-22.9. 2012

SIS - Future Sustainable Transport for Industry and Trade in Norway

Navn: Future Sustainable Transport for Industry and Trade in Norway

Varighet: 2011-2015

Budsjett: 8,7 mill. Kroner

Bakgrunn og målsetting for prosjektet

Prosjektet har vært en strategisk instituttsatsning (SIS) for tre av fagområdene ved TØI i perioden 2011-2015, og har vært inndelt i følgende tre tema:

- Godstransport i transnasjonale verdikjeder
- Passasjertransport i den globaliserte økonomien
- Forbedring av det nasjonale modellsystemet for analyse av persontransport og godstransport

Hovedmålsettingen med prosjektet har vært å bidra til utvikling av kunnskap om hvordan økt effektivitet, fleksibilitet og pålitelighet for bærekraftige transportformer kan fremme industriell og regional utvikling i Norge.

Det var også definert en rekke delmål ved prosjektet:

- Økt kontakt med næringslivet for å bedre forstå deres transportbehov
- Utvikle et vitenskapelig rammeverk for transporttettersspørsmål i næringsklynger og globale verdikjeder
- Utvikle et bedre verktøy for prognoser og scenarier
- Utvikle tiltak som kan fremme bærekraftig transport som ivaretar behovene i næringslivet
- Avstandskostnader og kostnadsnivå
- Varestrømmer
- Logistikkstruktur og -organisering
- Godstransportens rolle i verdiskapingen
- Transportvolumer og transportmiddelfordeling
- Bærekraftig transportutvikling
- Bedre teoretisk rammeverk for våre analyser

Resultater som er oppnådd i prosjektet sammenliknet med målsettingen

I prosjektperioden har det vært en økt kontakt med næringslivet. Dette

dokumenteres gjennom de mange foredrag som er holdt for næringslivsaktører. TØI opplever også en økt grad av forespørsler fra næringslivet. To av medlemmene i den ene faggruppen er blitt tildelt prisen som «Årets transport og logistikkforsker» av DB Schenker i 2014 og 2015 (hhv andre og tredje gang prisen er utdelt i Norge), noe som illustrerer relevansen av forskningen som utføres.

De viktigste målbare resultatene av arbeidet som er utført, er:

- En generell likevektsmodell som bl a benyttes til regionalisering av nasjonale prognoser for næringsøkonomisk vekst
- En modell for beregning av mernytte av større infrastrukturinvesteringer
- En aktivitetsbasert modell for å simulere trafikk i byer
- Et metodisk rammeverk for å beregne drivstofforbruk, CO₂- og NO_x-utslipp basert på SSBs lastebilundersøkelse
- En teoretisk modell for å analysere lange arbeidsreisere betydning for «work-life balance»
- Empiriske og teoretiske arbeider rettet mot å forstå drivkreftene bak utviklingen av internasjonale forretningsreiser i Norske virksomheter, samt betydningen disse reisene har for kunnskapsutvikling og innovasjonsevne
- Aktiv deltakelse i SSBs arbeid med en ny varestrømsundersøkelse slik at TØIs erfaringer fra anvendelse av den foregående undersøkelsen fra 2009 er tatt hensyn til slik at den nye undersøkelsen blir betydelig forbedret.

SISen er benyttet til delfinansiering av vitenskapelig publisering, deltakelse på konferanser og å holde foredrag for brukerne. Vitenskapelig publisering og deltakelse på konferanser er et viktig element for å få en ekstern kvalitetssikring av den forskningen som utføres. Under publiseringsinformasjonen finnes en oversikt over de vitenskapelige artiklene som er publisert i prosjektperioden. Dette har vært et fagområde med liten vitenskapelig publisering i utgangspunktet, og der SIS-finansieringen har gjort det mulig å heve kompetansen innenfor fagområdet slik at man har lyktes i å komme i gang med vitenskapelig publisering innenfor alle de tre faggruppene.

De viktigste FoU-oppgavene som er utført, og hvilke miljøer som har vært mest sentrale i gjennomføringen

To av delmålene for SISen var å utvikle et vitenskapelig rammeverk for transporttettersspørsmål i næringsklynger og globale verdikjeder, samt å utvikle et bedre verktøy for prognoser og scenarier. Det er derfor satset relativt mye midler i en tidlig periode av SISen til å utvikle en geografisk generell likevektsmodell, såkalt SCGE-modell. Dette er en videreføring av et modelleringsarbeid som TØI var sterke på for ca 10 år siden, men der ressurspersonene sluttet og der det ikke var noen til å overta kompetansen. Det er satset midler fra SISen til å gjenoppbygge kompetansen med faglig assistanse fra TNO Inro i Nederland. Dette er nå blitt et område der Transportetatene ser viktigheten av arbeidet og der det er bevilget finansiering til å øke den geografiske detaljeringsgraden i modellen og å utvikle modellen til å ta hensyn til ulike markedsimperfeksjoner slik at den kan benyttes til å beregne mernytte av infrastrukturiltak. Modellen er nå operativ og er benyttet i Transportetatenes NTP-arbeid til kvantifisering av bl a næringslivets mernytte av store infrastrukturinvesteringer. Modellen benyttes også i forenklet versjon til å regionalisere økonomiske vekstbaner i arbeidet med godstransportprognoser til Transportetatenes NTP-arbeid.

Omfanget av langpendling rundt de store byene er økende, og utbygging av infrastruktur rundt kan bidra til å utvikle velfungerende bo- og arbeidsmarkeds-

regioner. Det har blitt utviklet en modell for beregning av potensial for regionforstørring, og det er studert hvordan tjenestetilbudet i bo- og arbeidsmarkedsregionene samvarierer med befolkningsgrunnlaget og sentrumstettstedets funksjon i stedshierarkiet.

Det er også blitt utført analyser av pendleres reisevaner og betydningen av

langpendling for familier og arbeidstakere. Det er etablert en modell for å analysere arbeidsreisenes betydning for hvordan arbeidstakere klarer å håndtere balansen mellom arbeid og privatliv («work-life balance»). Empiriske studier gjort i en større norsk bedrift indikerer at kvaliteter ved arbeidsreisene har stor betydning på dette feltet.

Næringslivets reiser blir stadig mer globalisert med økt bruk av elektronisk kommunikasjon. Innenfor SISEn har det blitt gjort empiriske og teoretiske arbeider rettet mot å forstå drivkreftene bak utviklingen av internasjonale forretningsreiser i Norske virksomheter, samt betydningen disse reisene har for kunnskapsutvikling og innovasjonsevne. Det er gjort studier av hvordan forretningsreisende benytter ny mobilkommunikasjon for å håndtere uforutsette endringer underveis på sine reiser («mobilitetskriser»), samt betydningen av videomøter for å dempe omfanget av lange flyreiser.

Varestrømsanalyser og analyser av transportmiddelfordeling i ulike delmarkeder og regioner er et sentralt arbeidsområde både knyttet til utviklingen av transport-modellen og i spesifikke analyser. Utfordringen med transportstatistikken er at den er mangelfull og at man derfor må sette sammen informasjon fra mange kilder for å skaffe en komplett oversikt. Det har derfor vært jobbet innenfor SISEn med å utforske nye muligheter for informasjonskilder. Eksempler på dette er AIS-data, grunnlagsdata fra SSBs havnestatistikk, informasjon fra Havbase, SafeSeaNet, etc. Vi har også fulgt SSBs arbeid med en ny varestrømsundersøkelse, der TØIs oppgave særlig har vært knyttet til erfaringer fra foregående varestrømsundersøkelse og har kommet til mange forslag til forbedringer i den nye undersøkelsen.

Et viktig premiss for transportpolitikken er å bedre framkommelighet og redusere avstandskostnader for å styrke konkurransekraften i næringslivet. Det er derfor viktig med gode anslag på hva som er næringslivets kostnader. På den annen side er informasjon om transportpriser svært sensitiv informasjon og derfor vanskelig tilgjengelig. Gjennom nært samarbeid med Sitma har TØI nå tilgang til detaljerte kostnadsmodeller for alle transportformer og ved hjelp av Significance i Nederland er det etablert et opplegg, basert på kostnadsfunksjoner og nettverksinformasjon i transportmodellen, til å beregne transportkostnader ved alle alternative transportkjeder mellom relasjonspaar under ulike forutsetninger om sendingsstørrelse.

Den nasjonale godstransportmodellen er videreutviklet med en ettermodell for bruk ved samfunnsøkonomiske vurderinger av ulike tiltak. Ettermodellen beregner de eksterne kostnadene ved de ulike transportmidlene og har gjort at transportetatene har fått et bedre verktøy til å vurdere de samfunnsøkonomiske virkningene av ulike tiltak og derfor kan vurdere effektene av ulike tiltak på en mer enhetlig måte. Det er også utviklet en modell for beregning av CO₂- og NO_x-utslipp fra lastebilparken basert på grunnlagsdata fra SSBs lastebilundersøkelse. Til å lage anslag på fremtidig

NO_x-utslipp er det viktig å kunne forutsi hvordan nye kjøretøy fases inn og gamle fases ut. Dette er også innarbeidet i beregningsmodellen.

Et viktig element knyttet til næringslivets transport er tidsbruk knyttet til kø, spesielt i byområdene. Å kunne forutse og forstå hvordan og hvor køer dannes i vegnettverket, er viktig for å kunne avvikle trafikken på en best mulig måte. En ny simuleringsmetode er prøvd ut for vegene i Trondheimsområdet. Denne metoden kalles aktivitetsbasert mikrosimulering, og definerer et system hvor trafikken genereres ut fra hver enkelt reisendes behov for å komme seg fra aktivitet til aktivitet gjennom dagen. I motsetning til i dagens transportmodeller så kan også valg av avreisetidspunkt endres bl.a. basert på køsituasjonen foregående dag. Hver enkelt bil i systemet simuleres på en slik måte at man i større grad fanger opp danning av kø og andre dynamiske effekter enn i de modellene som hittil har vært brukt i Norge. I Trondheim er metoden testet ut i ulike case for bompengeløsninger, med lovende resultater.

Vurdering av prosjektgjennomføring og ressursbruk

SISen har vært benyttet først og fremst som støttende aktivitet til prosjektporteføljen innenfor fagområdene, og har gitt mulighet for faglig fordypning, vitenskapelig publisering og annen formidlingsaktivitet der det har vært behov. De første årene av SISen har det vært et underforbruk, men dette er tatt igjen med høy aktivitet i prosjektets siste år.

Betydning/nytteverdi resultatene forventes å ha

Vi vil oppsummere de viktigste nytteeffektene av prosjektet i følgende punkter:

- Forbedret prognoseverktøy i form av en SCGE-modell (geografisk likevektsmodell) for regionale godsprognoser
- Modell for beregning av mernytte av større infrastrukturprosjekt
- Metodikk for å beregne energibruk og klimagassutslipp fra godstransport bottum-up basert på transportytelser
- Flere kilder til informasjon om godstransport er tatt i bruk og satt i system
- Bedre forståelse av hvordan elektronisk kommunikasjon brukes for å redusere reiseomfanget i næringslivet
- Bedre verktøy for å beregne samfunnsøkonomiske virkninger av infrastrukturtiltak og virkemiddelbruk
- Økt kunnskap om arbeidsreisenes betydning for arbeidstakers psykososiale velferd, og aktuelle tiltak for forbedringer
- En teoretisk modell for å analysere lange arbeidsreisens betydning for «work-life balance»

Planer for formidling og utnyttelse av resultatene

Pr 31. januar 2016 er det en rekke artikler og papers som har vært delfinansiert gjennom SISEn som er innlevert til journaler eller konferanser, men der reviewprosessen fortsatt pågår. I tillegg er det noen artikler som har vært innsendt, men som i første runde er avslått og derfor må bearbeides noe mer før de kan sendes til ny review. Under følger en liste over de artikler som er i reviewprosess pr 31/12/2016:

Aarhaug, J. & M. Dotterud Leiren. 2016. "Taxis and non-taxis: Sharing as a private activity and public concern". *Internet Policy Review*. Forthcoming.

Aarhaug, J. 2016. "Returning to the Black economy? Technology and the taxi." *European Transport Research Review*. Currently in review process.

Aarhaug J. 2016. "Shared taxis". *Transport Policy*. Special issue. Currently in review process.

Fridstrøm, L., Steinsland, C. and Østli, V. 2015. "Policy instruments for greenhouse gas abatement in transport." *European Transport Research Review*. Currently in review process.

Fridstrøm, L., Østli, V. and Johansen, K.W. 2015. "A stock-flow cohort model of the national car fleet." *European Transport Research Review*. Currently in review process.

Fridstrøm, L., Østli, V., Johansen, K.W. and Yin-yen, T. 2015. "A generic discrete choice model of automobile purchase." Paper delivered to WCTR in Shanghai.

Julsrud, T. Christiansen P. Denstadli, J. M. 2016. "Commuting time – an emerging threat to work-family balance?" *Transportation Research Part A*. Special Issue; Life – oriented Travel Behaviour Analysis. Forthcoming.

Julsrud, T. Christiansen P. Denstadli, J. M. 2016. "Commuting time and work-family balance?" *The Annual meeting of the Association of American Geographers 2016*, San Francisco, California. March 29- April 2. Accepted abstract.

Priya Uteng, T. 2016. "Fast forward 2050: Challenges related to commuting in the Oslo region". Forthcoming.

Resultater som forventes ferdigstilt etter prosjektets slutt

Det legges opp til at artikler som er innsendt til review vil bli fulgt opp til de er publisert.

SIS - Back on Track, the institutional and financial underpinnings of rail travelling

Navn: Back on Track, the institutional and financial underpinnings of rail travelling

Varighet: 2011-2015

Budsjett: 3,427 mill. Kroner

Bakgrunn og målsetting for prosjektet

Prosjektet har vært en strategisk instituttsatsing (SIS) for TØI i perioden 2011-2015, med en samlet økonomisk ramme på 3,427 millioner. Formålet med satsingen har vært tredelt: For det første å undersøke hvilke faktorer som bidrar til økt etterspørsel etter jernbanetjenester i Norge og internasjonalt, med spesiell vekt på de institusjonelle, organisatoriske og finansielle faktorenes rolle i den sammenheng. For det andre å bidra til enkeltforskernes individuelle kompetanseutvikling og akademisk merittering innen jernbaneforskningen, og slik sett styrke TØIs samlede kompetanse og internasjonale/nasjonale nettverk på området. Og for det tredje å styrke koplingen mellom akademisk kunnskap og brukere av forskningen gjennom deltakelse i ulike brukergrupper, seminarer og den offentlige debatt. Rent konkret hadde prosjektet målsettinger om 4 vitenskapelige publikasjoner og flere populærvitenskapelige /brukerrettede artikler, kronikker og foredrag.

Prosjektet er delt inn i fem arbeidspakker. Den første studerer organisatoriske endringer i jernbaneforvaltningen, den andre deregulering av markedsadgangen og innføringen av konkurranse innen persontransport, den tredje analyserer ulike finansieringsmodeller for investeringer og drift innen skinnegående transport, og den fjerde analyserer hvilke faktorer som påvirker etterspørselen etter slik transport i Norge og Europa. Den siste arbeidspakken studerer hvilke implikasjoner funnene kan sies å ha for fremtidig politikkutforming i Norge og faglig utvikling på feltet.

Resultater som er oppnådd i prosjektet sammenlignet med målsettingen

Prosjektet kan vise til følgende målbare resultater:

- > 9 publiserte vitenskapelige artikler: 3 i bokantologier, 4 i nivå1-tidsskrift og 2 i nivå2
- > 6 populærvitenskapelige artikler: 5 artikler i tidsskriftet Samferdsel og 1 kronikk i Jernbanemagasinet
- > Synteserapport med kunnskapsstatus om organisering og finansiering av europeisk jernbane med mulige lærdommer og overføringsverdier til Norge (TØI-rapport)
- > Over 20 brukerrettede foredrag, inkludert to inviterte innlegg til regjeringens arbeid med den pågående jernbanereformen

- > Arrangement av heldags jernbaneseminar med 56 eksterne deltakere fra Samferdselsdepartementet, Jernbaneverket, Statens Vegvesen, NSB, fylker og kommuner, samt deltakelse i flere andre (som Jernbaneforum)
- > Deltakelse i flere internasjonale nettverk: Fast deltaker i de årlige forskerforumene *Florence School of transport regulation* og *ECTRI*, samt flere internasjonale konferanser

Prosjektet har etter vår mening overoppfylt målsettingene som ble definert i oppstarten av SISen: Gjennom analysene som ligger til grunn for de vitenskapelige artiklene har vi fått økt kunnskap om hvordan institusjonelle, organisatoriske og finansielle forhold påvirker utviklingen av persontransport på jernbane i Norge og internasjonalt, gjennom artikkelskrivningen og deltakelse i internasjonale forskerfora har vi styrket enkeltforskeres akademiske merittering og med det TØIs samlede kompetanse på området, og gjennom den høye prioriteringen av brukerrettet formidling og seminardeltakelse har vi knyttet sterkere kontakt med relevante brukermiljøer innen norsk jernbanesektor.

De viktigste FoU-oppgavene som er utført, og hvilke miljøer som har vært mest sentrale i gjennomføringen

De viktigste FoU-oppgaver som har blitt gjennomført som følge av SISen kan deles inn i fem tematiske områder:

- *Forvaltningsorganisering av jernbanen*: Syntetisering av eksisterende litteratur, erfaringsinnhenting og teoretiske arbeider for å forstå hvordan jernbanens organisering og ansvarsdeling påvirker jernbanens kostnadseffektivitet og måloppnåelse. Krogstad (2013) viser at organiseringen av norsk jernbanesektor skiller seg ut fra resten av Europa, og både hun og Strand (2013) argumenterer for at det statlige forvaltningsansvaret for norsk jernbanetransport har bidratt til en underprioritering av den lokale jernbanetransporten til fordel for interregional jernbane. Dette til tross for at den lokale jernbanen trolig har høyest potensial for fremtidig passasjervekst gitt den kommende befolkningsveksten rundt og omkring de store byene.
- *Desentralisering og markedstilpasning*: Syntetisering av eksisterende litteratur og teoretiske studier av hvordan endringen i retning av markedsorientering har påvirket togselskapenes autonomi. Dette diskuteres i bokkapitlet «Commercialization and managerial independence» (Olsen, Krogstad og Fearnley, 2015), som viser hvordan jernbanesektoren har beveget seg bort fra statlig intervensjon og mot mer autonome enheter og engasjement fra den private sektor som følge av EU-direktiver. Studien viser at det er en økende kompleksitet i jernbanesektoren, der samhandling foregår på flere organisatoriske nivåer. I artikkelen «Gradual change towards re-integration. Insights from local public transport in Norway» (Krogstad og Leiren 2016) følges slike perspektiver gjennom analyser av hvordan et økt antall profesjonelle aktører skaper utfordringer knyttet til politisk styring og demokratisk innsyn i beslutningsprosessene. Artikkelen diskuterer utfordringene ut fra empiriske studier i norske fylkeskommuner.

- *Finansieringsmuligheter og overførbarhet til norske forhold:* Gjennomgang av internasjonale erfaringer og teoretiske analyser av ulike måter å finansiere investeringer i infrastruktur på, samt intervjuer med norske aktører om deres overførbarhet til norske forhold. Artikkelen «Policy Transfer of Public Transport Funding Schemes: The case of Norway» (Olsen og Fearnley 2014) diskuterer under hvilke betingelser en finansieringsform kan overføres fra et land til et annet. Artikkelen presenterer ulike alternative finansieringsformer som blir benyttet internasjonalt, og kategoriserer hver enkelt finansieringsform ut fra hvilke og hvor store barrierer som må overvinnes før de kan tas i bruk i norsk sammenheng.
- *Etterspørsel etter kollektivtransport og betydningen av universell utforming:* Empiriske og teoretiske arbeider for økt kunnskap om etterspørselen etter kollektivtransport og betydningen av universell utforming i den sammenheng. Det har blitt gjennomført undersøkelser både blant brukere av jernbanen og dagens ikke-brukere, samt samfunnsøkonomiske beregninger av hvilken nytte slike tiltak har for samlet etterspørsel etter kollektivtransport. Dette har lagt grunnlaget for tre vitenskapelige artikler (Aarhaug og Elvebakk 2015, Fearnley mfl 2015, Elvebakk og Aarhaug 2015 og Fearnley mfl 2011).
- *Langtidsplanlegging og håndtering av usikkerhet:* Empiriske og teoretiske studier av kompleksiteten og usikkerheten forbundet med planleggingen av store investeringer i ny infrastruktur og utformingen av tiltakspakker for langsiktige endringer i kollektivbruken. Dette er behandlet i to artikler (Ramjerdi og Fearnley 2014 og Justen, Fearnley, Givoni and Macmillan 2014). Usikkerheten forbundet med store tiltakspakker og investeringer i infrastruktur 10-20 år frem i tid stiller store krav til fleksibilitet i plan- og iverksettingsfasen, med rom for justeringer og evalueringer underveis for å imøtekomme ikke-intenderte effekter. Dette har konsekvenser for behandlingen av usikkerhet i transportmodeller, for gjennomføringen av konkrete planleggingsprosesser og for oppbygning av institusjonell kapasitet for å takle endringer underveis. Artiklene gir eksempler på hvordan dette kan gjøres i praksis.

Vurdering av prosjektgjennomføring og ressursbruk

SISen har i hovedsak vært benyttet som støttende aktivitet til prosjektporteføljen innenfor fagområdene, og har gitt mulighet for faglig fordypning, vitenskapelig publisering og annen, mer brukerrettet formidlingsaktivitet. Dette har medført at SISen kan vise til høy produksjon av artikler og formidlingsaktiviteter innenfor de angitte økonomiske rammene.

Betydning/nytteverdi resultatene forventes å ha

Vi vil oppsummere de viktigste nytteeffektene av prosjektet i følgende punkter:

- > Økt kunnskap om konkurranse som virkemiddel for å effektivisere norsk jernbane til bruk for bedre utforming av fremtidige konkurranse innen for jernbanesektoren

- > Bedre forståelse av hvilke tiltak som kan bidra til passasjervekst i jernbanen, og hvordan dette henger sammen med arealbruk og samordning med lokal kollektivtransport. Dette kan bidra til bedre fremtidig samordning av regional kollektivtransport og arealutvikling.
- > Tettere kopling til brukermiljøene og med det bedre og mer kunnskapsbasert utforming av jernbanereformen
- > Økt kunnskap om hvordan man skal behandle usikkerhet ved offentlig planlegging av tiltakspakker og store infrastrukturinvesteringer. Dette kan igjen bidra til å forbedre fremtidig langtidsplanlegging innen jernbanesektoren i Norge
- > Faglig meritterende kompetanseutvikling og deltakelse i internasjonale nettverk som øker sannsynligheten for deltakelse i fremtidige EU-prosjekter på området

Planer for formidling og utnyttelse av resultatene

Resultatene har vært gjenstand for løpende formidling både til et akademiske orientert publikum gjennom artikler og konferansebidrag og konkrete brukere av forskningen via deltakelse i brukerrettede seminarer og populærvitenskapelige publikasjoner. Deler av dette vil videreføres også i etterkant av SISen gjennom årlig foredragsvirksomhet på eksempelvis TØI-kurset og ulike brukerrettet opplæringsvirksomhet og ekspertdeltakelse i offentlige fora. Vi vil også understreke at sentrale elementer kunnskapen vil bli videreført i ny SIS om regulering og effektivitet innen persontransportmarkedene som løper fra 2016-2020.

Resultater som forventes ferdigstilt etter prosjektets slutt

Pr 31. januar 2016 er en artikkel inne til andregangsreview hos tidsskriftet Public Policy and Administration. Dette gjelder artikkelen «Gradual change towards re-integration. Insights from local public transport in Norway» som diskuterer styring av kollektivtransporten på regionalt nivå (Krogstad og Leiren 2016). Artikkelen tar utgangspunkt i den internasjonale trenden med egne profesjonelle innkjøpsorgan i kollektivtransporten, noe vi også ser utstrakt bruk av i Norge. Dette skaper igjen utfordringer knyttet til politisk styring og demokratisk innsyn i beslutningsprosessene, som analyseres ut fra empiriske studier i norske fylkeskommuner

Trafikksikkerhet

Navn: Trafikksikkerhet

Varighet: 2011-2015

Budsjett: 8,7 mill. Kroner

Den strategiske instituttsatsingen innen trafikksikkerhet har vært delt i tre hovedområder:

1. Grunnlagproblemer og metodeproblemer
2. Samspill mellom trafikanter, teknologi og øvrige elementer i trafikksystemet
3. Faktorer som påvirker trafikksikkerhet og trafikksikkerhetspolitikk

Innenfor det første området var viktige temaer knyttet til utvikling og tolkning av ulykkesmodeller, økonomisk verdsetting av trafikksikkerhet og bruk av nyttekostnadsanalyser for å prioritere trafikksikkerhetstiltak, samt metoder for å evaluere virkninger av trafikksikkerhetstiltak og oppsummere kunnskap om virkninger av slike tiltak ved hjelp av meta-analyse. Denne resultatrapporten oppsummerer de viktigste resultater som er oppnådd på de tre hovedområdene. Av praktiske grunner er referanselisten ført opp etter delrapporten om hvert hovedområde (de tre hovedområdene har vært organisert som selvstendige prosjekter). SIS-en har pågått fra og med 2011 til og med 2015.

Grunnlagsproblemer og metodeproblemer

Det er gjort svært mange undersøkelser om virkninger av trafikksikkerhetstiltak. Disse undersøkelsene blir løpende oppsummert og presentert i Trafikksikkerhets-håndboken. Et problem er at kvaliteten på studiene varierer en god del. Det har på bakgrunn av dette vært behov for å utvikle metoder for på en så systematisk og objektiv måte som mulig å bedømme kvaliteten på studier om risikofaktorer og trafikksikkerhetstiltak.

I en tidlig fase ble det utviklet en sjekklister for kvaliteten på studier om bilføreres helse og trafikksikkerhet (Elvik 2011). Sjekklisten bestod av ti punkter. Den er senere innlemmet i American Psychological Associations bibliotek over standard psykologiske tester.

Rammevilkårene for forskningen er noen ganger slik at man ikke kan benytte den beste eller mest anerkjente metoden i studier av virkninger av trafikksikkerhetstiltak. Spørsmålet er da om det er forsvarlig å bruke en form for «nest-beste» metode, der man gir avkall på noen av metodekravene i de beste metodene. Dette ble undersøkt med norske studier som eksempler. Det ble konkludert (Elvik 2012A) med at man kan få store skjevheter i resultatene dersom man benytter en nest-beste metode. Dette ble derfor frarådet.

Et spørsmål som ofte stilles, er om resultater av studier gjort i ulike land kan sammenlignes og generaliseres. Eller mer konkret: Hvis det ikke er gjort noen undersøkelser i Norge om et bestemt trafikksikkerhetstiltak, kan vi da bygge på utenlandske undersøkelser, eller kan vi bare stole på undersøkelser som er gjort her i landet? I mange land stiller man seg det samme spørsmålet. Det ble utviklet en enkel statistisk metode som kan gi støtte når man vurderer den internasjonale overførbarheten av resultater av undersøkelser om virkninger av trafikksikkerhetstiltak (Elvik 2012B). Metoden er både presentert i form av en vitenskapelig artikkel og i en OECD-rapport (Sharing road safety, OECD, 2012).

Studier både av risikofaktorer og av trafikksikkerhetstiltak byr noen ganger på overraskende eller nesten paradoksale resultater. I 2013 ble en del eksempler på dette gjennomgått.

For det første: Mange undersøkelser viser at et stort flertall av bilførere svarer at de er bedre og sikrere enn gjennomsnittsføreren. Dette funnet har vært latterliggjort og tolket som et tegn på at mange bilførere har et overdrevent positivt selvbilde. Noen har til og med hevdet at det er umulig at mer enn halvparten kan være sikrere enn gjennomsnittet. Studier av hvordan ulykker vanligvis er fordelt i en populasjon av førere, viser at det som regel er slik at et klart flertall av førerne – 80-90 prosent – faktisk er sikrere enn gjennomsnittet (Elvik 2013A).

For det andre: Kan et trafikksikkerhetstiltak både virke og ikke virke samtidig? Det lyder umiddelbart umulig at et tiltak både kan bidra til å redusere ulykkene og ikke bidra til dette. En spillteoretisk modell av virkninger av kjøreløst kjøring på dagtid, basert på Schelling-diagrammer, viser imidlertid at det er logisk og matematisk fullt mulig at biler med kjøreløst kjøring har lavere ulykkesrisiko enn biler uten kjøreløst kjøring, samtidig som økt bruk av kjøreløst kjøring i trafikken ikke reduserer antall ulykker (Elvik 2013B).

For det tredje: Mye oppmerksomhet er de siste årene rettet mot fenomenet «Safety-in-numbers», som betyr at når antallet trafikanter øker, går risikoen for den enkelte trafikanter ned. Man kan imidlertid også tenke seg det motsatte: når antall trafikanter øker, øker antall ulykker mer enn antall trafikanter, det vil si at risikoen for den enkelte trafikanter øker. Kan man påvise begge disse tendensene i ett og samme datasett? Svaret er ja. En safety-in-numbers effekt og det omvendte, hazard-in-numbers, kan forekomme i samme datasett (Elvik 2013C).

Problemer knyttet til økonomisk verdsetting av trafiksikkerhet og prioritering av trafiksikkerhetstiltak på grunnlag av nyttekostnadsanalyser ble studert i 2013 og 2014. Det ble blant annet spurt om hva som kunne skje dersom man forsøkte å tilpasse tilbudet om bedre trafiksikkerhet strengt til «etterspørselen» etter dette, slik den fremkommer i studier av betalingsvillighet for redusert risiko i trafikken (Elvik 2013D). Det ble påvist at man da kunne havne i situasjoner som fremstod som paradokser. Med andre ord: Dersom man prøver å tilpasse bruken av trafiksikkerhetstiltak best mulig til betalingsvilligheten for bedre trafiksikkerhet, kan man havne i situasjoner hvor de valg som gjøres fremstår som paradoksale.

Et beslektet problem er om det er mulig å finne den optimale bruken av trafiksikkerhetstiltak. Med optimal menes en bruk der summen av kostnader til tiltakene og ulykkeskostnader minimeres. En studie av mulighetene for optimal bruk av trafiksikkerhetstiltak kom til at dette i praksis neppe er mulig i streng forstand (Elvik 2014).

I siste år av SIS-en er det arbeidet med begrepet eksponering i trafikken, og spesielt hvilke muligheter det gir å definere eksponering som enhver hendelse som kan ha en ulykke som et av sine utfall. En typologi av hendelser er utviklet. Det er i mange sammenhenger fruktbart å definere eksponering som hendelser, men en slik definisjon kan ikke dekke alt som kan føre til trafikkulykker. Ulykker kan skje også uten at det har inntruffet en bestemt hendelse på forhånd (Elvik 2015A).

Det er også arbeidet med metodiske retningslinjer for utvikling av funksjoner som beskriver virkninger av trafiksikkerhetstiltak. Det blir i økende grad erkjent at virkningene av trafiksikkerhetstiltak varierer systematisk. Spørsmålet er hvordan man best skal beskrive disse variasjonene. En måte å gjøre det på, er å utvikle funksjoner som beskriver variasjon i virkninger. De metodiske retningslinjene gir råd om hvordan man bør gå fram for å utvikle slike funksjoner (Elvik 2015B).

II - Samspill mellom trafikanter og teknologi mv

Test på fareoppfattelse blant barn og ungdom

I forbindelse med Forskningsdagene i 2011, 2012 og 2013 ble det samlet inn data med TØIs videotest på fareoppfattelse i trafikken, og analysene viser systematiske sammenhenger mellom alder og reaksjonstid på faresituasjoner sett fra en bilførers perspektiv. Mens testen tidligere har vært benyttet bare på voksne, har vi nå også brukt den på barn og ungdom, og vi finner at de yngste oppfatter færre situasjoner som farlige og bruker lengre tid på å reagere. Det ser ut til barn under 13 år først og fremst oppfatter situasjoner med motoriserte kjøretøy i bevegelse som farlige, mens

de i mindre grad oppfatter fare forbundet med stillestående trafikanter som kan utgjøre potensiell fare, og hvor farepotensialet avhenger av den øvrige trafikksituasjonen. Resultatene er publisert i en artikkel (Meyer m.fl., 2015).

Samarbeid forskningsprosjekt om trafiksikkerhet og kjørestil

Dette er et samarbeidprosjekt mellom TØI, Chalmers og Volvo innenfor rammen av SAFER-samarbeidet. Arbeidet har omfattet en gjennomgang av forskningslitteratur om sammenheng mellom trafiksikkerhet og individuelle forskjeller i kjørestil. Arbeidet er publisert i *Human Factors* (Sagberg m.fl., 2015) Basert på tidligere definisjoner presenteres en definisjon av kjørestil som «en relativt permanent (vanemessig) måte å kjøre på, som kjennetegner visse førere eller grupper av førere». Det identifiseres både risikøøkende og risikoreduserende kjørestiler, eksemplifisert ved *aggressiv vs. defensiv* kjøring. Det vurderes hensiktsmessig å skjelne mellom *globale* og *spesifikke* kjørestiler. Eksempelvis er aggressiv kjøring en global kjørestil, som kan bestå av flere ulike spesifikke kjørestiler, som høy fart, kort avstand til forankjørende, brå akselerasjon, ureglementert tuting og blinking med lys, etc. Det presenteres en foreløpig modell over sammenhenger med ulike bakgrunnsfaktorer, som egenskaper ved førerne, samt sosiale og kulturelle faktorer, og modellen vurderes ut fra eksisterende forskningsresultater. Kjørestil måles dels ved hjelp av selvrappport-skalaer og dels ved atferdsobservasjon, og forskningen viser rimelig bra samsvar mellom disse metodene. Det er også påvist klare sammenhenger mellom kjørestil og ulykkesinnblanding. Naturalistiske studier er en lovende metode for å få enda bedre kunnskap om disse sammenhengene. Kunnskapen om kjørestil kan ha flere praktiske anvendelser, bl.a. når det gjelder opplæringstiltak, incentivbasert forsikring, samt individuell tilpasning av førerstøttesystemer i bil.

Spørreundersøkelse om distraksjon og uoppmerksomhet blant bilførere

Det er gjennomført en spørreundersøkelsen blant ulykkesinnblandede bilførere om distraksjon og uoppmerksomhet som medvirkende faktorer ved ulykkene de hadde rapportert til forsikringsselskapet. Resultatene bekrefter bl.a. tidligere studier som viser at bruk av håndholdt telefon gir en betydelig økning i ulykkesrisikoen. I tillegg er det en effekt av betjening av bilradio og av forstyrrelser utenfor bilen (bl.a. reklameskilt og –plakater). Den formen for uoppmerksomhet som er forbundet med størst økning i risiko er imidlertid såkalt «indre distraksjon», dvs. å dagdrømme eller å være opptatt av tanker eller bekymringer om forhold utenfor trafikksituasjonen – i stedet for å konsentrere seg om kjøreoppgaven – formuleringen i spørreskjemaet var «konsentrasjon på egne tanker, bekymringer eller hendelser utenfor trafikksituasjonen». De som svarte at dette hadde forekommet umiddelbart før uhellet, hadde ca. 15 ganger høyere odds for å være skyldig part i uhellet enn dem som ikke rapporterte denne typen uoppmerksomhet. Resultatene er publisert i TØI-rapport 1464 (Sagberg, 2016). Foreløpige resultater er presentert på en konferanse (Sagberg, 2015).

Samarbeid forskningsprosjekt om utvikling i andel unge som tar førerkort

De siste par tiårene har det vært en nedgang i andelen unge som tar førerkort. I dette prosjektet har vi fulgt flere alderskohorter og vist at dette ser ut til å være en relativt varig tilpasning, ved at svært få av dem som ikke har tatt førerkort før de er 25 år, tar det senere, dvs. at andelen av befolkningen som har førerkort er bare ubetydelig høyere blant aldersgruppen 35-40 år enn den var for den samme gruppen da de var 25 år. En analyse av sammenhenger med ulykkestall tyder på at nedgangen i førerkortandel ikke har påvirket trafikksikkerheten. Foreløpige resultater er publisert i et konferansepaper (Nordbakke, 2015). Endelige resultater vil bli publisert i en TØI-rapport og muligens en artikkel.

Hvilke faktorer påvirker trafikksikkerhetspolicy og -tiltak

Målsettinger

1. Undersøke hvilke forhold som påvirker folks aksept av trafikksikkerhetstiltak
2. Undersøke hvordan sikkerhetsstyring og organiseringen av trafikksikkerhetsarbeid foregår i praksis, inkludert en sammenligning av hvordan dette gjøres på nasjonalt nivå i Norden.
3. Kartlegge om, og eventuelt i hvilken grad teorier og metoder for sikkerhetstenkning og -tiltak kan overføres mellom transportgrener.

Aksept for sikkerhetstiltak

Som en del av prosjektet ble det gjennomført en survey om holdninger til paternalisme og aksept av sikkerhetstiltak som griper inn i individers frihet. En pilotsurvey ble gjennomført via sosiale medier vinteren 2014-15. Statens vegvesen ble informert om dette og bidro med finansiering til et eget prosjekt som startet opp i 2015 og som fremdeles pågår.

Resultatene er rapportert i form av et teoretisk arbeid om paternalisme (Elvebakk, 2014) som er videre bearbeidet til en artikkel i Safety Science (Elvebakk, 2015).

Vi har også gjennomført en analyse av ungdoms utvikling av sikkerhetsholdninger og sikkerhetskultur i løpet av den første tiden med førerkort for bil. Studien viser at de i *mindre* grad aksepterer og følger sikkerhetsregler, og blir mer pragmatiske i sin atferd de første to årene med førerkort. Studien ble presentert på den store internasjonale transportkonferansen «Transportation Research Arena» (TRA) i Paris i 2014 (Bjørnskau og Backer-Grøndahl, 2014). Studien er sendt inn til Transportation Research Part F, og en revidert versjon vil bli sendt inn våren 2016.

Sikkerhetsstyring og organisering

Vi har analysert data fra en omfattende undersøkelse av arbeidsmiljø og sikkerhet blant bussjåførere. Data ble samlet inn av Yrkestrafikkforbundet og analysert av TØI. Resultatene er publisert i TØI-rapport 1279/2013, og på <<The International Symposium on Shiftwork and Working Time>> i Danmark i 2015 (Phillips & Bjørnskau 2015).

Vi har også jobbet videre med temaet sikkerhetskultur, som er et stadig viktigere begrep innenfor moderne sikkerhetsstyring. Vi har benyttet ett og samme spørsmålsbatteri om dette i surveyer til ulike transportbedrifter, blant annet i en survey til tre bedrifter som transporterer gods på vei og til en survey i Oslostrikken.

I tillegg har vi arbeidet med å legge til rette for og utvikle et verktøy for sikkerhetsstyring for bedrifter og organisasjoner der ansatte kjører i forbindelse med jobben. Vi har vært i dialog med bedriftshelsetjenester og Arbeidstilsynet for å utvikle dette. Tanken er å lage et enkelt web-basert verktøy som er mindre ambisiøst enn f. eks.

trafikksikkerhetsstandarden 39001 og som kan være enkelt å bruke for små og mellomstore virksomheter. Som et ledd i dette arbeidet har vi blant annet gjennomført en vurdering av belastningen som delte skift gir i forhold til vanlige <<to-skift>> for Transportarbeiderforbundet og LO. Til dette har vi brukt HSEs Fatigue Risk Index Tool.

Teorier og metoder på tvers av transportgrener

Vi har gjennomført en omfattende litteraturstudie av sammenhengen mellom målt sikkerhetskultur og faktisk sikkerhet i ulike transportgrener. Studien er foreløpig publisert som et arbeidsdokument (Bjørnskau og Nævestad 2013), og vi tar sikte på å publisere en lettere revidert versjon som en artikkel i et internasjonalt tidsskrift, f. eks. Transport Reviews.

Vi har også studert effekter av å samorganisere ulike transportetater i en felles organisasjon, slik man har gjort i Finland og Sverige. Dette arbeidet er publisert som et TØI Arbeidsdokument (Elvebakk 2012). Samordning av sikkerhetsarbeidet i ulike transportsektorer var også temaet for en presentasjon om <<.. paradoxes and challenges in transport safety>> på TRA i Paris 2014 (Bjørnskau 2014).

Andre studier som handler om å benytte teorier og metoder på tvers, har vært relatert til forholdet mellom <<safety>> og <<security>>. Vi har studert forholdet mellom safety og security i en studie fra norsk luftfart (kortbanenettet), og en viktig innsikt her var at mange av prinsippene for moderne sikkerhetsstyring og for god sikkerhetskultur, i liten grad blir etterfulgt når det gjelder hensyn til security, som er strengt regel- og prosedyrestyrt. Studien er publisert i Safety Science (Pettersen og Bjørnskau 2015).

Vi har i tillegg også jobbet med security-relaterte spørsmål mer generelt i forbindelse med utforming av byrom og <<gatemøbler>> og trukket veksler på teorier og metoder innenfor <<crime prevention>>. Dette arbeidet er blant annet publisert i Crime Science (Meyer, 2013), og sendt inn til International Journal of Criminology and Sociological Theory.

Det er flere temaer som er relevante på tvers av transportgrener. Ett slikt tema er «fatigue» der vi har hatt et stort prosjekt for Forskningsrådet innenfor TRANSIKK-programmet. Et annet tema er «atferdstilpasning», dvs. at operatører benytter sikkerhetstiltak til andre formål enn økt sikkerhet. Her har vi benyttet SIS-midler til å studere nærmere hvordan dette forholder seg når det gjelder passive sikkerhetstiltak (beskyttelse), eksemplifisert med sykkelhjelm. Hypotesen har vært at slike tiltak, i motsetning til aktive sikkerhetstiltak (bedre bremses, lys osv.), ikke er gjenstand for atferdstilpasning. Resultatene fra studien av sykkelhjelm bekrefter hypotesen. Studien ble presentert på den internasjonale forskningskonferansen om sykkelsikkerhet (ICSC 2015) (Sundfør mfl. 2015).

Referanser

Referanser del I

Elvik, Rune. A framework for a critical assessment of the quality of epidemiological studies of driver health and accident risk. *Accident Analysis and Prevention*, 43, 2011, 2047-2052.

Elvik, Rune. Analytic choices in road safety evaluation. Exploring second-best approaches. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 173-179, 2012A.

Elvik, Rune. The range of replications technique for assessing the external validity of road safety evaluation studies. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 272-280 2012B.

Elvik, Rune. Can it be true that most drivers are safer than the average driver? *Accident Analysis and Prevention*, 59, 301-308, 2013A.

Elvik, Rune. Can a road safety measure be both effective and ineffective at the same time? A game-theoretic model of the effects of daytime running lights. *Accident Analysis and Prevention*, 59, 394-398, 2013B.

Elvik, Rune. Can a safety-in-numbers effect and a hazard-in-numbers effect co-exist in the same data? *Accident Analysis and Prevention*, 60, 57-63, 2013C.

Elvik, Rune. Paradoxes of rationality in road safety policy. *Research in Transportation Economics*, 43, 62-70, 2013D.

Elvik, Rune. Problems in determining the optimal use of road safety measures. *Research in Transportation Economics*, 47, 27-36, 2014.

Elvik, Rune. Some implications of an event-based definition of exposure to the risk of road accident. *Accident Analysis and Prevention*, 76, 15-24, 2015A.

Elvik, Rune. Methodological guidelines for developing accident modification functions. *Accident Analysis and Prevention*, 80, 26-36, 2015B.

Referanser del II

Meyer, S., Sagberg, F., Torquato, R. (2014). Traffic hazard perception among children. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour* 26, 190-198.

Nordbakke, S. (2015). Young adults and driving license acquisition: A trend and cohort analysis. AAG Annual Meeting, Chicago, April 2015.

Sagberg, F. (2015). Selvrapportert uoppmerksomhet blant uhellsinnblandede bilførere: En case-control studie. Statens vegvesens seminar «Hva er distraksjon i trafikken og hvordan reduserer vi den?». Lillehammer, 4. september 2015.

Sagberg, F. (2016). Betydningen av distraksjon og uoppmerksomhet for innblanding i trafikkulykker. Spørreundersøkelse blant kunder hos Gjensidige forsikring. TØI-rapport 1464. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

Sagberg, F., Selpi, S., Piccinini, G.F.B., Engström, J. (2015) A review of research on driving styles and road safety. *Human Factors* 57 (7), 1248-1275.

Referanser del III

Bjørnskau, T. & Nævestad T-O., 2013. Safety culture and safety performance in transport – a literature review. TØI Working paper 50267, Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Bjørnskau, T. 2014. Some paradoxes and challenges in transport safety. Transportation Research Arena, Paris.

Bjørnskau, T. 2015. The Zebra Crossing Game – using game theory to explain a discrepancy between road user behaviour and traffic rules. *Safety Science* (accepted)

Bjørnskau, T., Backer-Grøndahl, A. 2014. Youths' development in attitudes, driver behaviour and accidents – a cohort study. Transportation Research Arena, Paris.

Elvebakk, B. 2012. Factors influencing road safety and road safety policy. TØI Working paper 50279, Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Elvebakk, B. 2015. Paternalism and acceptability in road safety. *Safety Science*, vol. 79, 298-304.

Elvebakk, B. 2015. Paternalistic Creep in Road safety? Transportation Research Arena, Paris.

Meyer, S. 2013. Impeding lone-wolf attacks: lessons derived from the 2011 Norway attacks. *Crime Science* 2013, 2:7 doi:10.1186/2193-7680-2-7

Nævestad, T-O., Bjørnskau, T., Hovi, I. B. and Phillips, R. O. 2014. Safety outcomes of internationalization of domestic road haulage: a review of the literature. *Transport Reviews* 34, 691-709.

Nævestad, T-O., Elvebakk, B. & Bjørnskau, T. Traffic safety culture among bicyclists – Results from a Norwegian study. *Safety Science*, 70, 29-40.

Pettersen K. A. & Bjørnskau, T. 2015. Organizational contradictions between safety and security – Perceived challenges and ways of integrating critical infrastructure protection in civil aviation. *Safety Science*, 71, 167-177.

Phillips, R. & Bjørnskau T. 2013. The effect of work stressors on bus driver health and safety behaviour. TØI-rapport 1279/2013, Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Phillips, R.O & Bjørnskau, T. 2015. Health, safety and bus drivers. Poster presentert på 22nd International Symposium on Shiftwork and Working Time, Elsinore, Denmark, 8-12 June 2015.

Phillips, R.O. 2014. Can and should organisations improve safety by influencing life outside work? Working on Safety, Scotland, UK, 30. Sep – 3. okt 2014.

Phillips, R.O., Nævestad T-O., Elvebakk, B. & Bjørnskau, T. 2014. På veiene, til sjøs og i luften: Leting etter effektive tiltak mot arbeidsrelaterte transportulykker. Samferdsel, 6, 10-11.

Sundfør, H.B., Fyhri, A., Phillips, R. and Weber, C. 2015. Still no risk compensation for bicycle helmets – results from an experiment of cycling speed and short terms effects of habituation. Proceedings, International Cycling Safety Conference, Hannover, 15-16 September 2015.

Reisevaner og mobilitet

Navn: Reisevaner og mobilitet

Varighet: 2013-2017

Budsjett: 4,8 mill. kroner

Reisevaner og mobilitet – trender og utfordringer

Befolkningsvekst i de største byregionene gir trafikkvekst i de områdene der trafikken allerede er tett. Andelen eldre i befolkningen vil øke, samtidig som det tyder på at de .nnye>> eldre vil ta med seg sine reisevaner og kanskje særlig sine bilvaner fra yngre år. For de .eldste>> eldre vil behovet for et tilpasset transporttilbud ville kunne øke. På den andre siden av aldersskalaen kan det se ut til at det å ta førerkort når man fyller 18 år er mindre viktig for dagens unge enn det var for 15-20 år siden.

For å kunne planlegge og tilrettelegge på best mulig måte, er det viktig å få kunnskap om de utfordringene disse trendene og utviklingstrekkene skaper, og om hva som påvirker befolkningens mobilitet og de valgene de foretar seg.

Reisevaner og mobilitet er en basisaktivitet ved TØI. Kunnskap om befolkningens reiser og mobilitet er viktig for nasjonal, regional og lokal transportplanlegging.

Formålet med en strategisk instituttsatsning (SIS) innenfor dette feltet er først og fremst å øke kompetansen og det nasjonale - og internasjonale samarbeidet. Denne strategiske instituttsatsningen er tilknyttet fagfeltet Reisevaner og mobilitet. Programmets formål er å studere de samfunnsmessige betingelsene for reiseaktivitet, utvikle teorier til forståelse av slik aktivitet, forbedre metoder for å kartlegge persontransport og å undersøke befolkningens mobilitet og reisevaner. Kunnskapsutvikling innenfor dette programmet danner grunnlag for tiltak innenfor samferdsels- og miljøpolitikk.

Programmet omfatter studier av alle typer reiser, både private og næringstilknyttede, korte og lange. Det tar også opp samspillet mellom den fysiske og den virtuelle mobiliteten. Sentrale temaer i programmet som en SIS støtter opp om, er:

- Metodeutvikling, gjennomføring og analyser av reisevaneundersøkelser, spesielt de nasjonale, som TØI har hatt ansvaret for siden de startet i 1985. I den kontinuerlige RVU som startet nå i 2016 er TØI engasjert som faglig ekspert.
- Studier av mobilitet og reiser som resultat av dagliglivets og næringslivets aktiviteter og organisering. Dette inkluderer også samspillet mellom fysisk reiseaktivitet og bruk av informasjons- og kommunikasjonsteknologi, f.eks bruk av mobil kommunikasjonsteknologi underveis på reisen.
- Studier av samfunnsmessige drivkrefter av betydning for reiseaktivitet. Hvilke utviklingstrekk har betydning for hvordan mobilitet og reiser utvikler seg?
- Transportstatistikk, markedes- og konkurranseanalyser. Dette er kunnskapsgrunnlag for politikkutvikling på samferdsels- og miljøfeltet.

Varighet og budsjett

SIS for Reisevane og mobilitet startet i 2013 og skal gå i fem år til utgangen av 2017. I 2013 var budsjettet på kr 800 000, i 2014 og 2015 var det kr 1 000 000. For de resterende årene er det søkt om kr 1 000 000.

Resultater og aktiviteter

I 2015 er det:

Skrevet *sju vitenskapelige artikler* innenfor fagfeltet. Tematisk dreier de seg om bruk av el-biler, ulike aspekter ved eldres mobilitet og transportbehov, analyser av parkeringsforhold på arbeidsplasser og en fremtidsorientert undersøkelse av bytransport ved hjelp av en Delphi-undersøkelse.

Figenbaum, E., Fearnley, N., Pfaffenbichler, P., Hjorthol, R., Kolbenstvedt, M., Jellinek, Emmerling, B., Bonnema, G. M., Ramjerdi, F., Vågane, L., Møller Iversen, L. (2015) Increasing the competitiveness of e-vehicles in Europe. *Eur. Transp. Res. Rev.* 7:28. DOI 10.1007/s12544-015-0177-1.

Hjorthol, R., Nordbakke S. (2015) Old age and importance of the car in maintaining activity patterns in Scandinavia. In Hickman, R., Givoni, M., Bonilla, D. Banister, D. (eds) *Handbook on Transport and Development*. Edward Elgar: Cheltenham.

Julsrud, T. E., Uteng, T. Priya (2015) Technopolis, shared resources or controlled mobility? A net-based Delphi-study to explore visions of future urban daily mobility in Norway. *Eur J Futures Res*, 3:10. DOI 10.1007/s40309-015-0069-6

Krogstad, J. R., Hjorthol, R., Tennøy, A. (2015) Improving walking conditions for older adults. A three-step method investigation. *European Journal of Ageing*, DOI 10.1007/s10433-015-0340-5. Published online 27 February 2015.

Nordbakke, S., Schwanen, T. (2015) Transport, unmet activity needs and wellbeing in later life: exploring the links, *Transportation*, 2015, 42(6):1129-1151

Christiansen, P. (2015) «A case study of parking charges at work places – effects on travel behaviour and acceptance” i *Udvalgte artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet (Selected Proceedings from the Annual Transport Conference at Aalborg University 2015)* ISSN 1903-1092

Siren, A., Hjorthol, R., Levin, L. (2015) Different types of out-of-home activities and well-being amongst urban residing old persons with mobility impediments. *Journal of Transport & Health*, 2, 14-21.

Videre er det skrevet *seks populærvitenskapelig artikler* som tar opp ulike tema knyttet til reisevaner og mobilitet:

Denstadli, J. M. Wethal, A. W. (2015) Små varebiler med stor betydning. *Samferdsel*, 2015, 54(4):6-7

Denstadli, J. M. Thune-Larsen, H. (2015) Til og fra jobben med fly. *Samferdsel*, 2015, 54(1):10-11

Engebretsen, Ø. Christiansen, P., Strand, A. (2015) Bybanen i Bergen: Positiv faktor for transport- og arealutviklingen. *Samferdsel*, 2015, 54(12):4-5

Hjorthol, R., Julsrud, T.E. (2015) Oslos ytterområder: Dårlig kollektivtilbud og gratis jobbparkering forhindrer klimagevinst. *Samferdsel* 6, 10-11.

Hjorthol, R., Nordbakke, S. (2015) Barn kjøres mer til organisert sport enn til skolen. *Samferdsel* 5, 10-11.

Julsrud, T. E. (2015) Persontransport i fremtidens byer: Mer teknologistyrt, mer kollektivbasert. *Samferdsel*, 2015, 54(6):12-13.

Medlemmer av faggruppen har deltatt i COST-samarbeid og i ECTRI (European Conference of Transport Research Institutes). COST – gruppen, Social networks and travel behaviour, startet sitt arbeid i 2014. Gruppen har ellers god kontakt med nordiske transportfaglige forskningsmiljøer. Gjennom deltakelse i ECTRI, mobilitetsgruppen, er det internasjonale kontaktnettet også stort.

Innovasjon miljø og klima

Navn: Innovasjon miljø og klima

Varighet: 2013-2017

Budsjett: 3,7 mill. Kroner

Utslipp fra dieseldkjøretøy og Diesелgate

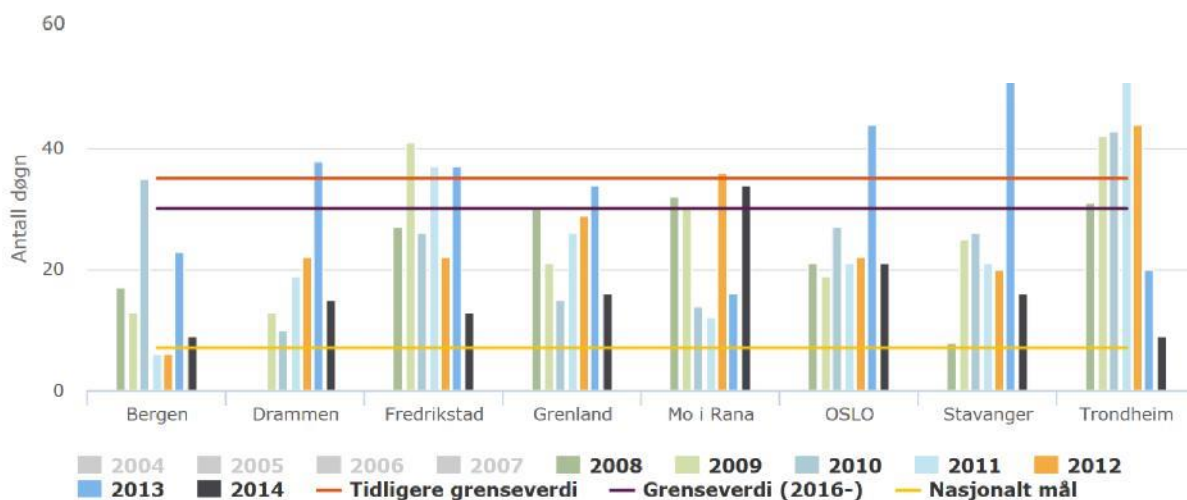
SIS'en Innovasjon for bedre miljø og klima traff i 2015 «planken» da verdenspressen fikk øynene opp for diskrepansen mellom nominelle utslipp fra dieseldbiler i hht typegodkjenning og reelle utslipp i virkelig trafikk. «Dieselgate» viste at dette for flere dieselmotorer også skyldes ulovlige tilpassinger. Skandalen aktualiserte innsatsen TØI i samarbeid med leverandører av kjøretøy og Statens vegvesens etatsprogram EMIROAD har gjort og fortsatt gjør for å få oversikt over reelle utslipp fra ulike kjøretøy under nordiske klimatiske forhold.

The Norwegian team concluded: "Test results have shown by effective removal of NOx from the exhaust gases of heavy vehicles that it is possible with Euro 6 engines. This means that it is technically possible to achieve the same positive results for new generations of cars with diesel engines." They also found that in

cold weather the NOx from diesel cars soared to 11 time official levels.

Det hører til sjeldenhetene at TØI siteres i the Guardian, men påvisningen av at EURO VI busser og tunge kjøretøy slipper ut mindre NOx enn EUR-6 personbiler er jo bemerkelsesverdig (Carrington 2015)

Interessen for utslipp fra dieseldbilene har også vært stor i Norge. Flere av byområdene sliter med overskridelser av luftkvalitetsnormen - jfr figur 1.



Kilde: Sentral database for lokal luftkvalitet (SDB) Lisens: NLOD

Figur 1: Overskridelser av luftkvalitetsnormene. (Miljøstatus 2015)



SIS'en og fagfeltet har nytt godt av over 100 mediaoppslag og godord utenom det vanlige (Storeng 2015).

Området er i stor utvikling og det er viktig fortsatt å følge godt med, slik at politikken ikke baseres på foreldete «sannheter».

SIS'en har vært strategisk viktig for å sikre rekruttering på dette viktige området, for i samarbeid med vegmyndighetene ha en fleksibel organisering av arbeidet slik at en kan tilpasse innsatsen til endringene i utslippsbildet, og gjøre bruk av de mulighetene for å kapre tak i de nyeste motortypene og få disse under lupen. Jfr også *konferansebidrag*: Sørensen, Michael: SVV FoU program og TØI-SIS – Eksempel på strategisk FoU samarbeid forut sin tid: Teknologidagene 2015 Trondheim.

Norge laboratorium for elektromobilitet

Norge har ingen egen produksjon av elektriske biler, men myndighetene har vridt avgiftssystemet slik at elektriske biler i en overgangsfase premieres spesielt sterkt, og Norge er landet hvor el-bilene derfor først har fått fotfeste. Lokale subsidier av ladestasjoner, bruk av kollektivfelt og avgiftsletter kommer i tillegg. Norske erfaringer, og kartlegging av erfaringer og holdninger til norske el-bil eiere og el-bilkjøpere er interessante for internasjonale el-bil produsenter og myndigheter som ønsker å fremme elektrifisering av bilparken.

SIS'en har hatt som et viktig mål å sikre internasjonal publisering av innsatsen på miljøteknologiområdet, noe som er viktig både for å formidle resultatene og for å kvalitetssikre resultatene. Innsatsen er viktig også for å etablere grunnlag for TØI å gå inn som partner, eller ta ledelsen i H2020 satsinger på elektromobilitet i 2017.

En undersøkelse av befolkningsreaksjoner på vindmøllestøy viste langt sterkere reaksjoner enn det som er rapportert internasjonalt. Resultatene tilsier at estetiske hensyn og holdninger til fornybar energi og landbaserte vindkraftverk har betydning. Det synes for snevert å vurdere nyanlegg kun ut fra støyhensyn.

En undersøkelse av befolkningsreaksjoner på skytestøy fra lette våpen ved militære skytefelt viser at grenseverdiene synes satt for strengt. Plageomfanget kan variere med hvilket område man undersøker.

Det synes som det generelt kan være behov for å evaluere hvor godt støyretningslinjene virker, og hvilke tiltak som virker og ikke virker. Blir skjermete uteområder faktisk tatt i bruk, og hvor godt fungerer de? For at det ikke skal brukes millionbeløp på skjerming der det ikke er behov for det, og at områder som har behov for det overses, er det nødvendig å modernisere beregningsverktøyene.

Innovasjon, infrastruktur og regional næringsutvikling

Navn: Innovasjon, infrastruktur og regional næringsutvikling

Varighet: 01.01.2014 - 31.12.2018

Budsjett: 4,1 mill kr, 815 000,- i 2015

Mål

Målet for denne strategiske instituttsatsingen (SIS) er å styrke og utvikle TØIs kompetanse på områdene innovasjon, infrastruktur og regional næringsutvikling. Satsingen skal framskaffe kunnskap om hvordan transportsystemet kan bidra til å styrke næringslivets konkurransekraft, skape bedre bymiljø og fremme regional utvikling. For å få til det må transportsystemet både bli mer effektivt og mer miljøvennlig.

SIS tar utgangspunkt i to sentrale områder - i) innovasjon, transport og grønn vekst der det anvendes et gjennomgående innovasjonssystemperspektiv med fokus på transportsektoren og grønn vekst, ii) regional utvikling, tilgjengelighet og mobilitet, infrastruktur og ringvirkninger der søkelyset rettes mot geografisk interaksjon mellom by og omland samt regional utvikling knyttet til transportrelaterte næringer som opplevelsesnæringer og reiseliv. Som en integrert del av disse to områdene arbeides det også med å utvikle databaser og modellverktøy for analyser av innovasjon, infrastruktur og regional utvikling.

Resultater 2015

Arbeidet med SIS har i 2015 vært knyttet til litteraturstudier, ferdigstilling av SIS-relevant vitenskapelig og brukerrettet publisering og formidling samt utviklingsarbeid med modeller og databaser. En regnskapsdatabase er etablert og koplet med bedrifts- og foretaksdatabasen og dette gir grunnlag for studier av regionalutvikling og næringsliv, både av strukturutvikling og økonomisk utvikling. Det har også vært arbeidet med Big data.

SIS-arbeidet har dannet grunnlag for nye prosjekter og flere søknader til Forskningsrådet i 2015. To store prosjekter knyttet til innovasjon og transport (SHIFT og TEMPEST) fikk tilsagn i 2015 fra hhv. Nordic Energy Research og Forskningsrådet. Det å utløse større prosjekter med utgangspunkt i kompetansebyggende arbeid i SIS har vært en klar målsetting. Både SHIFT (2014-2019) og TEMPEST (2016-2019) handler begge om innovative løsninger i transportsektoren, som deleløsninger, nye forretningsmodeller på tilbudssiden og endrede atferdsendringer på etterspørselssiden (Disse prosjektene er særlig viktige for utvikling av SIS-temaene i arbeidspakke 1 knyttet til innovasjon, transport og grønn vekst). Denne typen langsiktige prosjekter gir også større muligheter for dypere

empirisk og teoretisk arbeid, og det gir muligheter for økt publisering både i vitenskapelige og populærvitenskapelige tidsskrifter som er et uttrykt mål for SIS-arbeidet.

Det har i perioden også vært god kontakt med relevante myndigheter og aktuelle aktører i samferdselssektoren i SIS-arbeidet.

Artikler og bokkapitler

Artikkel av Jens Kristian Steen Jacobsen i *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism* 2015: "Migrant Tourism Entrepreneurs in Rural Norway". Bokkapittel av Jens Kristian Steen Jacobsen i boken "Turisme: Destinasjonsutvikling". Gyldendal Akademisk 2015. (Disse arbeidene er særlig relatert til arbeidspakke A2, regional utvikling, tilgjengelighet og mobilitet i SIS, spesifikt AP 2.2 regional næringsutvikling og reiseliv). Artikkel i *Samferdse* 5/2015, av Eivind Farstad og Jørgen Aarhaug om .xReisevaner i Vest-Finnmark og mange andre steder i Norge: Der bilen likevel er løsningen>>. Jørgen Aarhaug har også bidratt i to andre artikler om kollektivtrafikk i *Samferdse* i 20105.

Avisartikler og kronikker

Kronikk i Aftenposten 16.01.2015 av Jørgen Aarhaug "Når veien blir viktige enn målet" om samferdsel utvikling av togtilbud, pendling og arbeidsmarkeder, regional utvikling. (Relatert til arbeidspakke A2, regional utvikling, tilgjengelighet og mobilitet i SIS).

Kronikk i Nationen 12.03.2015 av Jan Vidar Haukeland om næringsutvikling og turisme i randsonene til nasjonalparkene "Reiseliv rundt nasjonalparkene". (Relatert til arbeidspakke A2, regional utvikling, tilgjengelighet og mobilitet i SIS, spesifikt AP 2.2 regional næringsutvikling og reiseliv).

Brukerformidling og foredrag

Det har også vært en rekke presentasjoner, foredrag og forelesninger i perioden. Tre bidrag på vitenskapelige konferanser og rundt 15 foredrag på brukerseminarer og konferanser samt artikler/kronikker i media og forelesninger på universiteter. Mye av denne formidlingen har vært SIS-relevant, knyttet til innovative transportløsninger og regional utvikling, tilgjengelighet og mobilitet.

TØI rapporter

Det er publisert flere TØI-rapporter i 2015 som har tilknytning til arbeidet i SIS (særlig for aktiviteter relatert til arbeidspakke A2, regional utvikling, næringsutvikling, tilgjengelighet, mobilitet og reiseliv).

1) *Det er vegen som tel: Næringsliv og regionforstørring i Sogn og Fjordane* av Frants Gundersen, Ove Langeland og Jørgen Aarhaug, TØI rapport 1431/2015. Ser på mulige effekter av oppgradering av E39 for Sogn og Fjordane fylke, for næringsliv, betydning for regionforstørring og dermed sentralisering av arbeidsplasser, tjenester og bosetting i fylket.

2) *Fakta om transport, næring og arbeidspendling i Buskerud*, TØI rapport 1423/2015 av Jørgen Aarhaug, Njål Nore, Frants Gundersen. Ser på transport, næringsutvikling og pendling i regionen og utfordringer knyttet til å bedre kollektivtilbudet samt å utvikle

mer urbane bolig- og tettstedskvaliteter for å redusere bilavhengigheten og å utvikle et tilpasset boligtilbud.

3) *Investeringer i infrastruktur – muligheter for Vest-Finnmark*, TØI rapport 1416/2015 av Jørgen Aarhaug, Eivind Farstad og Frants Gundersen. Ser på infrastrukturinvesteringer og potensial for regionforstørring i regionen. De største utfordringene for næringslivet er knyttet til framføringssikkerhet og pålitelighet i godstransportene.

4) *Cruisetraffikk til norske havner - Oversikt, historie og prognoser fram til 2060*, TØI rapport 1388/2015 av Petter Dybedal, Eivind Farstad, Per-Erik Winther, Iratxe Landa-Mata. Ser på cruisetraffikk til norske havner og mellom norske havner fram til 2060 og drøfter ulike utviklingsmuligheter.



Norges forskningsråd

Drammensveien 288

Postboks 564

1327 Lysaker

Telefon +47 22 03 70 00

post@forskningsradet.no

www.forskningsradet.no

Omslagsdesign: Design et cetera AS

Oslo, juni 2016

ISBN 978-82-12-03528-7(pdf)

Publikasjonen kan lastes ned fra

[www.forskningsradet.no/
publikasjoner](http://www.forskningsradet.no/publikasjoner)