

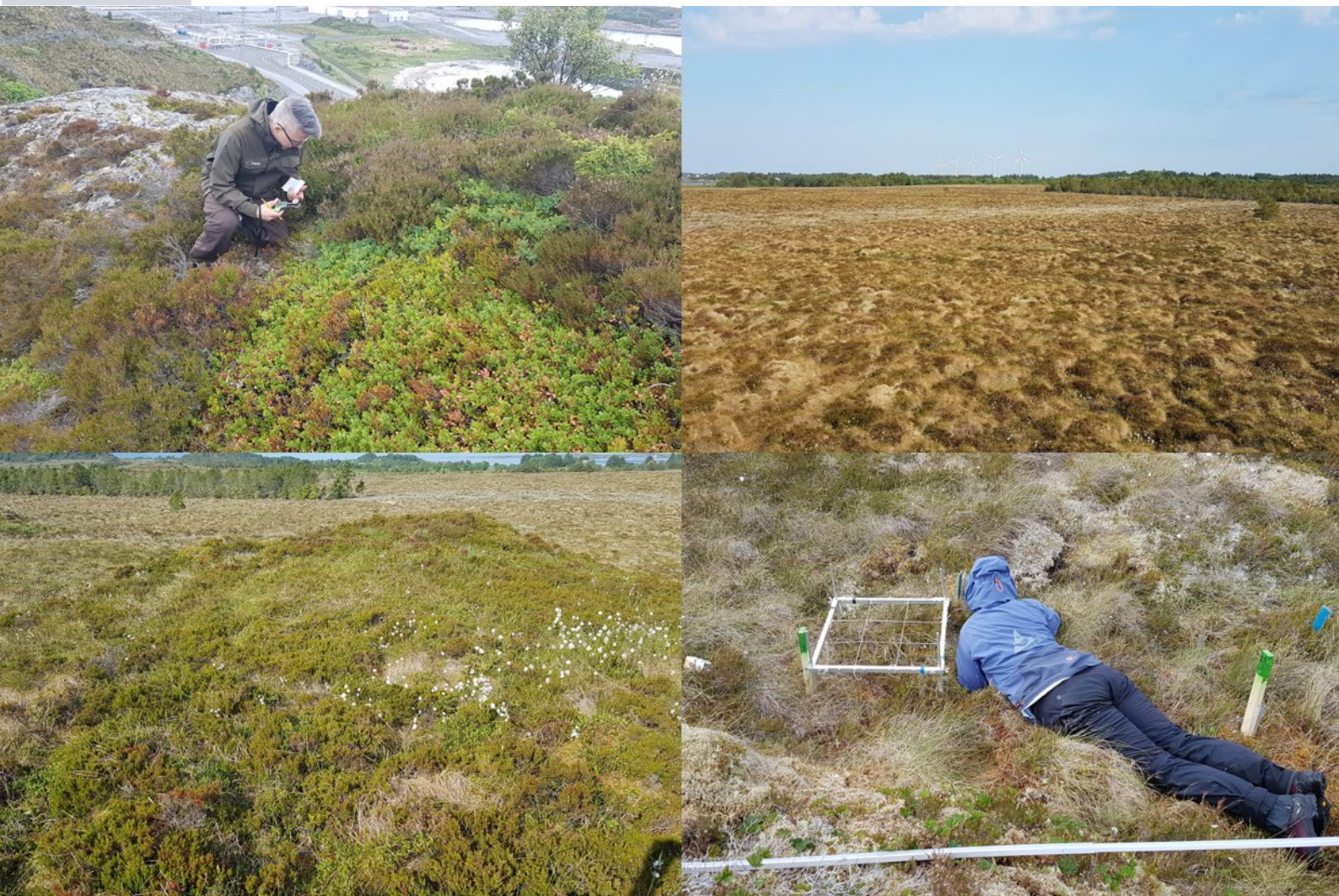
1615

NINA Rapport

## Miljøovervåkingsprogram for Ormen Lange landanlegg – Nyhamna, Gossa

Overvåking av vegetasjon og jord – endringer i kjemiske parametere fra 2008 til 2018 og oppretting av ny referanselokalitet i Lomstjønna naturreservat, Harøya

Mari Jokerud, Tessa Bargmann, Jarle Werner Bjerke & Per Arild Aarrestad



## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

Dette er NINAs ordinære rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig..

### **NINA Temahefte**

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

### **NINA Fakta**

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

### **Annen publisering**

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

# Miljøovervåkingsprogram for Ormen Lange landanlegg – Nyhamna, Gossa

Overvåking av vegetasjon og jord – endringer i kjemiske parametere fra 2008 til 2018 og oppretting av ny referanselokalitet i Lomstjønna naturreservat, Harøya

Mari Jokerud  
Tessa Bargmann  
Jarle W. Bjerke  
Per Arild Aarrestad

Jokerud, M., Bargmann, T., Bjerke, J.W., & Aarrestad, P.A. 2019.  
Miljøovervåkingsprogram for Ormen Lange landanlegg – Nyhamna, Gossa.  
Overvåking av vegetasjon og jord – endringer i kjemiske parametere fra  
2008 til 2018 og oppretting av ny referanselokalitet i Lomstjønn  
naturreservat, Harøya. NINA Rapport 1615. Norsk institutt for  
naturforskning.

Bergen, mars 2019

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3357-6

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Joachim Töpper

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Cathrine Henaug (sign.)

OPPDRAUGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

AS Norske Shell

KONTAKTPERSON HOS OPPDRAGSGIVER

Siv Kristoffersen

FORSIDEBILDE

Øverst til venstre: Optiske målinger av planter.

Øverst til høyre: Kystnedbørsmyra ved Lomstjønn.

Nederst til venstre: Kystlynghei ved Lomstjønn.

Nederst til høyre: Vegetasjonsanalyse i fastmattevegetasjon ved  
Lomstjønn.

© Per Arild Aarrestad

NØKKELOD

Gossa, Harøya, Fræna, Møre & Romsdal fylke, oljeindustri, prosessanlegg,  
miljøovervåking, luftforurensing, nitrogen gjødsling, eutrofiering, forsuring,  
vegetasjon, artssammensetning, nedbørsmyr, lynghei, plantekjemi,  
jordanalyser, jordvannanalyser, tungmetaller, gjen-analyser.

KEY WORDS

Gossa, Harøya, Fræna, Møre & Romsdal county, oil industry, process plant,  
environmental monitoring, air pollution, nitrogen fertilization, eutrophication,  
acidification, vegetation, species composition, bogs, heathland, plant  
chemistry, soil analyses, ground water analyses, heavy metals, re-analyses.

#### KONTAKTOPPLYSNINGER

##### **NINA hovedkontor**

Postboks 5685 Torgarden  
7485 Trondheim  
Tlf: 73 80 14 00

##### **NINA Oslo**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Tlf: 73 80 14 00

##### **NINA Tromsø**

Postboks 6606 Langnes  
9296 Tromsø  
Tlf: 77 75 04 00

##### **NINA Lillehammer**

Vormstuguvegen 40  
2624 Lillehammer  
Tlf: 73 80 14 00

##### **NINA Bergen**

Thormøhlensgate 55  
5006 Bergen  
Tlf: 73 80 14 00

[www.nina.no](http://www.nina.no)

## Sammendrag

Jokerud, M., Bargmann, T., Bjerke, J.W., & Aarrestad, P.A. 2019. Miljøovervåkingsprogram for Ormen Lange landanlegg – Nyhamna, Gossa. Overvåking av vegetasjon og jord – endringer i kjemiske parametere fra 2008 til 2018 og oppretting av ny referanselokalitet i Lomstjønna naturreservat, Harøya. NINA Rapport 1615. Norsk institutt for naturforskning.

A/S Norske Shell sitt landanlegg i Nyhamna på øya Gossa i Aukra kommune mottar ubehandlet gass og lettolje (kondensat) fra Ormen Lange-feltet i Norskehavet. Ved produksjon av salgsgass og kondensat slipper landanlegget ut CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, NMVOC (inklusive BTEX), SO<sub>2</sub> og mindre mengder tungmetaller etter utslippstillatelse gitt av Miljødirektoratet. Utslipp av nitrogen og svovelholdige gasser kan generelt påvirke terrestriske økosystemer ved forsurening og gjødsling av jordsmonn og vegetasjon. For å kunne dokumentere eventuelle effekter av utslipp til luft av forurensende stoffer, ble det i 2008 etablert en overvåking av vegetasjon og jord i influensområdet fra Ormen Lange landanlegg. Overvåkingen er videreført med noen justeringer i metodikk siden oppstart.

Det ble opprettet to overvåkingsområder, ett med relativt høy avsetning av nitrogen nord for anlegget innenfor Gule-Stavikmyrane naturreservat i Fræna kommune (lokalitet Gulmyran), og ett sør for landanlegget på øya Gossa (lokalitet Aukra). Etter siste analyseår (2016) ble det anbefalt nedleggelse av lokalitet Aukra, fordi den ikke lengre egnet seg som referanseområde med minimale avsetninger fra utslipp fra prosessanlegget på Nyhamna. I samråd med oppdragsgiver etablerte vi derfor i 2018 en ny referanselokalitet innenfor Lomstjønna naturreservat på Harøya i Sandøy kommune. Lokaliteten ligger 26 km vest-sørvest for landanlegget, og nedfallet fra landanlegget er særdeles lite. Innen hvert område utføres en integrert overvåking av vegetasjonens artssammensetning og kjemisk innhold i planter, jord og jordvann i tre ulike næringsfattige vegetasjonstyper: 1) tørr røsslynghei, 2) tuemyr og 3) fastmattemyr, begge de to siste på nedbørsmyr. Disse vegetasjonstypene anses å ha lave tålegrenser for forurensing og er følsomme for forurensing og eutrofiering. I tillegg har oppdragsgiver for 2018 bedt om undersøkelser av eventuelle effekter av utslipp av NO<sub>x</sub> på planter fra en dieseldrevet brannvannspumpe og utslipp av NMVOC ved lasting fra kai i Nyhamna. Det ble derfor utført flere målinger av økofysiologiske egenskaper som samlet gir et godt grunnlag for å vurdere helse-tilstanden til omkringliggende vegetasjon.

Her rapporteres grunnlagsundersøkelsen på den nye referanselokaliteten Lomstjønna og resultater fra de kjemiske målingene av jord og jordvann på Gulmyran. Vegetasjonen, samt plante-, jord- og vannkjemi på de to lokalitetene er også blitt sammenlignet for å vurdere om Lomstjønna er et velegnet referanseområde.

For tuemyr og fastmattemyr viser analysene av vegetasjon at artssammensetningen på disse to lokalitetene er ganske like. Kystlyngheiene er imidlertid noe ulike ved at Lomstjønna representerer en tørr utforming av naturtypen og Gulmyran en fuktigere utforming. Vi anbefaler derfor å etablere ett nytt felt i et tørrere område på Gulmyran. Analysen av plantekjemi viser at nivåene for de fleste grunnstoffene er omtrent like på begge lokalitetene. Innholdet av tungmetaller er generelt noe lavere i plantevevsprøver fra Lomstjønna, som er et bra utgangspunkt for referanselokaliteten. Det ser således ut til at utvalget av de nye analysefeltene på Lomstjønna er representative, og at området er en velegnet referanselokalitet til Gulmyran.

Kjemiske analyser av jordvann og humusjord fra lokaliteten Gulmyran viser kun små endringer 2008 til 2018, og det er foreløpig liten grunn til å tro at disse endringene skyldes utslipp fra Ormen Lange landanlegg. Utslipp av forsurende stoffer fra landanlegget kan imidlertid ha bi-dratt til en svak forurensing av jordhumus og jordvann. Vi kan heller ikke se bort fra at utslippene fra prosessanlegget kan være årsak til at mengden av kvikksølv og nikkel i jordvann fra Gulmyran har økt etter landanleggets oppstart. Økningene er imidlertid relativt beskjedne og i siste overvåkingsperiode (2016 -2018) har konsentrasjonene vært relativt stabile. De plante-fysiologiske forskjellene mellom Nyhamna og Lomstjønna var svært beskjedne. Det er svært liten grunn til å anta at

disse forskjellene er forårsaket av utslipp av NO<sub>x</sub> og NMVOC og dannelse av ozon ved landanlegget.

Mari Jokerud, NINA, Thormøhlensgate 55, 5006 Bergen. ([mari.jokerud@nina.no](mailto:mari.jokerud@nina.no)).

Tessa Bargmann, NINA, Thormøhlensgate 55, 5006 Bergen.

Jarle W. Bjerke, NINA, Framsenteret, N-9296 Tromsø.

Per Arild Aarrestad, NINA, Thormøhlensgate 55, 5006 Bergen.



## Abstract

Jokerud, M., Bargmann, T., Bjerke, J.W., & Aarrestad, P.A. 2019. The environmental monitoring program for the Ormen Lange Onshore Processing Plant – Nyhamna, Gossa. Monitoring of vegetation and soil – changes in chemical parameters from 2008 to 2018 and establishment of the new reference site Lomstjønnna. NINA Report 1615. Norwegian Institute for Nature Research.

Shell has an onshore processing plant in Aukra municipality which receives unprocessed gas and condensate from the Ormen Lange field in the Norwegian Sea. During processing of sales gas and condensate, the plant emits CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, NMVOC (including BTEX), SO<sub>2</sub> and small amounts of heavy metals, as specified in the discharge permit issued by the Norwegian Environment Agency. In general, emissions of nitrogen and sulphur containing gasses may affect terrestrial ecosystems through acidification and fertilization of soil and vegetation. To be able to document the effects of emissions to air on terrestrial ecosystems, a monitoring program for vegetation and soil was established in 2008. Monitoring has continued with certain adjustments in methodology since the start of the program.

In 2008 two monitoring sites were established, one with a relatively high deposition of nitrogen north of the plant within the Gule-Stavmyrane nature reserve in Fræna municipality (site Gulmyran) and one south of the plant on the island Gossa (site Aukra). After the last analyses in 2016, it was recommended that the Aukra site be shut down because it was no longer suitable as a reference site with minimal deposition levels due to emissions from the processing plant on Nyhamna. In consultation with Shell, we therefore established a new reference location in 2018 within the Lomstjønnna nature reserve on Harøya in Sandøy municipality. The site is located 26 km west-southwest of the land plant, and the deposition from the land plant is extremely small.

Within each site, an integrated monitoring of the species composition of the vegetation and chemical content in plants, soil and groundwater is carried out in three different nutrient-poor vegetation types: 1) dry oligotrophic *Calluna vulgaris* dominated heathland, 2) hummocks and 3) wet oligotrophic lawns, both on raised bogs.

These types of vegetation are considered to have low critical loads for air pollution, and are sensitive to both acidification and eutrophication. In 2018 Shell requested that the potential effects on plants of NO<sub>x</sub> emissions from a diesel-driven fire pump, and emissions of NMVOC from loading activities at the Nyhamna quay be assessed. Various measurements of ecophysiological changes are therefore carried out, which together give indications about the vitality of plants at the study sites.

This report presents the first data from the new reference site Lomstjønnna, and reports results from the chemical analyses of soil and groundwater from Gulmyran. The vegetation, plant, soil and water chemistry of the two sites is also compared in order to determine if Lomstjønnna is a suitable reference site.

The hummocks and wet oligotrophic lawns at both sites have a relatively similar species composition. The heathlands, however, are somewhat dissimilar in that Lomstjønnna represents a relatively dry heath whereas the Gulmyran heath is a wet heath. We therefore recommend that a new plot is established in a drier area on Gulmyran. The analysis of plant chemistry shows that the concentration of most chemical elements is roughly similar between sites. The heavy metal content is generally lower in plant tissue samples taken from Lomstjønnna, which is a good starting point for the reference site. Therefore It looks as though the new plots established on Lomstjønnna are representative, and that the site is a suitable reference site for Gulmyran.

The chemical analyses of soil and groundwater show small changes in the monitored parameters on Gulmyran from 2008 to 2018, but so far there is little reason to believe that these changes are due to emissions from the processing plant. However, emissions of acidifying substances may have contributed to a weak acidification of the soil and groundwater. Even though the

changes in mercury and nickel content are relatively small and have remained relatively stable in recent years, it is also possible that emissions from the processing plant can have caused an increase in these metals in the groundwater after the beginning of production. There is little reason to assume that the plant physiological differences between Nyhamna and Lomstjønnå are caused by emissions of NO<sub>x</sub>, NMVOC and ozone formation at the processing plant.

Mari Jokerud, NINA, Thormøhlensgate 55, 5006 Bergen. Mail to: [mari.jokerud@nina.no](mailto:mari.jokerud@nina.no).  
Tessa Bargmann, NINA, Thormøhlensgate 55, 5006 Bergen.  
Jarle Werner Bjerke, NINA, Framsenteret, N-9296 Tromsø.  
Per Arild Aarrestad, NINA, Thormøhlensgate 55, 5006 Bergen.



# Innhold

<b>Sammendrag .....</b>	<b>3</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>5</b>
<b>Innhold .....</b>	<b>7</b>
<b>Forord .....</b>	<b>8</b>
<b>1 Innledning .....</b>	<b>9</b>
<b>2 Områdebeskrivelse .....</b>	<b>10</b>
2.1 Overvåkingsområder, naturgrunnlag og vegetasjon .....	10
2.2 Ytre påvirkningsfaktorer .....	12
2.3 Forurensingsbelastning .....	12
<b>3 Overvåkningsdesign, materiale og metoder .....</b>	<b>13</b>
3.1 Analyser av vegetasjon .....	14
3.2 Plantefysiologiske målinger .....	14
3.3 Kjemiske analyser av plantevev fra lav og moser .....	16
3.4 Kjemiske analyser av jordvann .....	17
3.5 Kjemiske analyser av humusjord .....	18
3.6 Statistisk bearbeiding av data .....	19
<b>4 Resultat .....</b>	<b>20</b>
4.1 Flora og vegetasjonens artssammensetning .....	20
4.1.1 Vegetasjonstyper .....	20
4.1.2 Forskjeller i artssammensetning av vegetasjon .....	20
4.2 Plantefysiologi .....	21
4.2.1 Grønnhet (NDVI) .....	21
4.2.2 Innhold av klorofyll, nitrogen og flavonoler .....	22
4.2.3 Klorofyllfluorescens (Fv/Fm) .....	23
4.3 Kjemiske analyser av lav og moser .....	24
4.4 Kjemiske analyser av jordvann .....	25
4.4.1 Ledningsevne, pH og nitrogenkomponenter i jordvann .....	25
4.4.2 Tungmetaller i jordvann .....	26
4.5 Kjemiske analyser av humusjord .....	27
4.5.1 Glødetap, pH og nitrogenforbindelser i humusjord .....	27
4.5.2 Tungmetaller i humusjord .....	28
<b>5 Diskusjon og konklusjon .....</b>	<b>29</b>
5.1 Vegetasjon .....	29
5.2 Plantefysiologi .....	29
5.3 Kjemisk innhold i planter .....	30
5.4 Kjemisk innhold i jordvann .....	30
5.5 Kjemisk innhold i humusjord .....	31
5.6 Hovedkonklusjon .....	31
<b>6 Referanser .....</b>	<b>33</b>
<b>7 Vedlegg .....</b>	<b>35</b>

## Forord

A/S Norske Shell har utarbeidet et miljøovervåkningsprogram for drift av Ormen Lange landanlegg som bla. omhandler effekter av utslipp til luft på naturmiljøet i influensområdet til bedriften. I overvåkningsprogrammet inngår en langsiktig studie av vegetasjon og jordsmonn av utslipp til luft fra prosessanlegget på Nyhamna. NINA har hatt ansvaret for overvåkningsstudiet fra oppstart i 2008. Denne rapporten omhandler innsamlede data fra 2018, samt en ny vurdering av mulige effekter på naturmiljøet.

I løpet av overvåkningsperioden har det vært et godt samarbeid med A/S Norske Shell, Fylkesmannen i Møre og Romsdal, og kommunene Aukra, Fræna og Sandøy. Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO, tidligere Norsk institutt for skog og landskap) og Norsk institutt for luftforskning (NILU) har alle år bidratt med kjemiske analyser av planter, jord og jordvann.

Kontaktperson ved Norske Shell ved oppstart var Mark Silverstone, og fra 2013 har vår kontakt vært Siv Kristoffersen. I en tidlig fase var også Statnett ved Trygve Bersås en av oppdragsgiverne.

Vi takker oppdragsgiver, institusjonene NILU og NIBIO for et godt samarbeid gjennom overvåkningsperioden.

Bergen, 27.03. 2019

Per Arild Aarrestad  
Prosjektleder

# 1 Innledning

Utbyggingen av landanlegget for Ormen Lange på Nyhamna på øya Gossa i Aukra kommune ble startet i 2003, og anlegget ble ferdigstilt for drift i 2007. Her mottas ubehandlet gass fra Ormen Lange-feltet i Norskehavet ca. 120 km vest for Kristiansund, og gassen tørkes og komprimeres før den sendes ut på markedet.

Et program for å overvåke mulige effekter av utslipp til luft på det terrestriske naturmiljøet ble opprettet i 2008 på lokalitetene Aukra og Gulmyran.

Følgende tema inngår i overvåkingsprogrammet for vegetasjon og jord:

- Vegetasjonsovervåking av arter, individer og plantesamfunn inkludert kjemiske forbindelser i utvalgte planter.
- Endringer i jord- og jordvannskjemi, særlig med tanke på tungmetaller og nitrogenforbindelser.

En grunnlagsundersøkelse med alle komponenter ble utført i 2008 (Aarrestad et al. 2009). Denne ble re-analysert i 2010 (Aarrestad et al. 2011) og i 2016 (Aarrestad et al. 2017). I tillegg har deler av grunnlagsanalysen vært utført ved årlige analyser av plantevekst og kjemiske parametere i jord og jordvann fra 2011 til 2015 (Aarrestad & Bakkestuen 2012, 2014, 2015, Aarrestad et al. 2013, 2014).

Etter reanalysen i 2016 ble det anbefalt å legge ned lokalitet Aukra da den ikke lengre egnet seg som referanseområde da den kun har minimale avsetninger fra utslipp fra prosessanlegget på Nyhamna. Begrunnelsen for nedlegging var bl.a. ytre påvirkninger som sterkt beitepress fra hjortedyr, grøfting og større urban bakgrunns-forurensing enn lokalitet Gulmyran (Aarrestad et al. 2017). Det ble derfor i 2018 på oppdrag fra Shell etablert en ny referanselokalitet på Harøya ved Lomstjønna, sørvest for Gossa der nedfall fra bedriften høyst sannsynlig er særdeles lite. Lokaliteten har blitt analysert etter samme metodikk som overvåkingen på Gulmyran. Samtidig er de årlige kjemiske undersøkelsene av jord og vann utført på Gulmyran.

I tillegg har Shell for 2018 bedt om undersøkelser av eventuelle effekter av utslipp av NO<sub>x</sub> fra en dieseldrevet brannvannspumpe og utslipp av NMVOC ved lasting fra kai i Nyhamna på planter. Ved samtidige utslipp av NO<sub>x</sub> og NMVOC dannes bakkenært ozon. Ozon påvirker planter og kan føre til fysiologiske endringer som redusert fotosyntese, nekrose (aldring og celledød), klorose (nedgang i klorofyllinnhold) og redusert plantevekst. NO<sub>x</sub> kan i seg selv ved høye doser også føre til fysiologiske endringer hos planter. Det er derfor utført flere målinger av fysiologiske endringer som til sammen vil si noe om plantenes helsetilstand, både på Nyhamna og referanselokaliteten Lomstjønna.

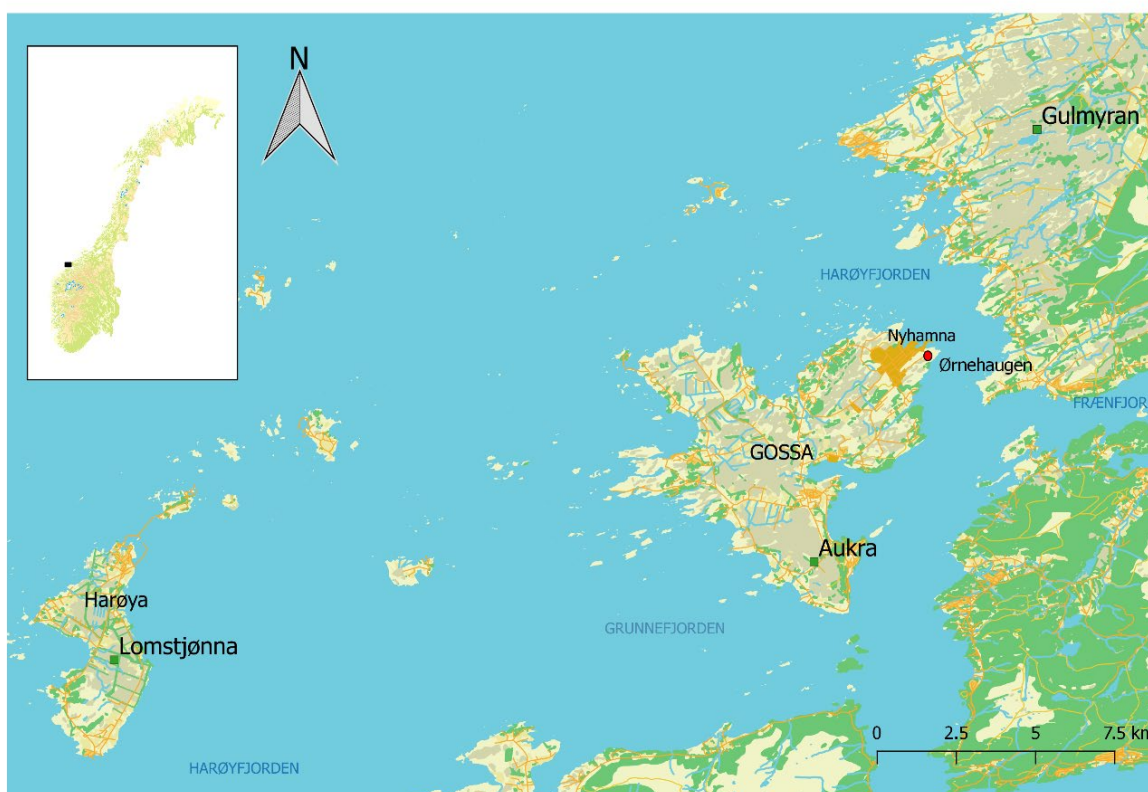
Her rapporteres grunnlagsundersøkelsen på den nye referanselokaliteten Lomstjønna, samt resultater fra de kjemiske målingene av jord og jordvann på Gulmyran. Vegetasjonen, plante-, jord- og vannkjemi på de to lokalitetene blir også sammenlignet for å vurdere om Lomstjønna er et velegnet referanseområde.

## 2 Områdebeskrivelse

### 2.1 Overvåkingsområder, naturgrunnlag og vegetasjon

Kriteriene for utvelgelse av overvåkingsområder var forekomst av vegetasjon følsom for eutrofiering (gjødsling) ved økt nitrogennedfall og områder med ulik belastning av forurensende stoffer fra utslipp fra landanlegget (jf. Aarrestad et al. 2009). Etter befaring i 2008 ble det valgt ut to overvåkingsområder, ett sør på øya Gossa i Aukra kommune mellom Aukrasanden og Hjertvika – lokalitet Aukra, og ett ved Gulevatnet på Gule-Stavikmyrane i Fræna kommune – lokalitet Gulmyran (**Figur 1**). Etter 2016 ble lokaliteten Aukra lagt ned og en ny lokalitet, Lomstjønnna på Harøya, ble valgt ut i 2018 (**Figur 1**). Både Gulmyran og Lomstjønnna består av atlantisk høymyr som tilsvarer naturtypen nedbørsmyr (V3) og kalkfattige kystlyngheier (T34-C2) i Natur i Norge, NiN2.1 (Bratli 2017) (**Figur 2 og 3**). Naturtypen nedbørsmyr er delt inn i to enheter etter mikrostruktur på myr, tue og fastmatte, heretter kalt tuemyr og fastmattemyr. Kystlyngheiene på Gulmyran har en litt mer fuktig utforming enn ved Lomstjønnna med flere fuktighetskrevede arter som heisiv, rome, torvull og torvmoser.

I følge avsetningsverdier for nitrogen modellert ved Norsk institutt for luftforskning (McInnes et al. 2008) er begge lokalitetene påvirket, men avsetningene er høyest på Gulmyran.



**Figur 1.** Kart med overvåkingslokalitetene Gulmyran og Lomstjønnna, den gamle overvåkingslokaliteten Aukra, lokaliteten som ble brukt for plantefysiologiske målinger ved Nyhamna (Ørnehaugen) og plassering av Ormen Lange landanlegg på Gossa (Nyhamna). Kartgrunnlag N50 kartdata. Brukstillatelse gjennom Kartverket.





**Figur 2.** Overvåkingsområde på Harøya – lokalitet Lomstjønna. Foto: Per Arild Aarrestad.



**Figur 3.** Overvåkingsområdet ved Gulevatnet i Fræna kommune – lokalitet Gulmyran. Foto: Per Arild Aarrestad.

## 2.2 Ytre påvirkningsfaktorer

Lokaliteten Lomstjønna (**Figur 2**) ligger ca. 700 meter fra vei og delvis innenfor et vernet område (Lomstjønna naturreservat). Ytre påvirkninger er minimale, men området beites noe av hjortevilt og det store myrkomplekset som lokaliteten ligger på er noe påvirket av tilplantet korridorer med gran. Lokalitet Gulmyran (**Figur 3**) ligger ca. 600 meter fra vei i et vernet område (Gule-Stavikmyrane naturreservat). Ytre påvirkninger er minimale, men området beites noe av hjortevilt.

## 2.3 Forurensingsbelastning

Ormen Lange prosessanlegg på Aukra slipper ut CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, NMVOC (flyktige organiske forbindelser unntatt metan), inklusiv BTEX (bensen, toluen, etylbensen og xylene) og SO<sub>2</sub> som alle er regulert gjennom utslippstillatelsen. Det har vært gjennomført et modifiseringsprosjekt på varmoljekjelene på Nyhamna, som har bidratt til nærmere en halvering av historiske NO<sub>x</sub> utslipp. Prosjektet var ferdigstilt 2016, og bekreftelsesmålinger ble gjennomført høst 2016. Utslippene er på nivå med kravene i tillatelsen.

Utslippene fra landanlegget var ved oppstart beregnet til å ligge under gjeldende kritiske nitrogen tålegrenseverdier for terrestriske naturtyper i influensområdet. Tålegrensen for nitrogen er satt til 1000 mg N/m<sup>2</sup> pr år for kystlynghei og 500 mg N/m<sup>2</sup> per år for nedbørsmyr (se Bobbink & Hetteling 2011). Hvis denne grensen blir overskredet, kan det skje endringer i økosystemet. Dagens nitrogenavsetning i nærområdet til landanlegget, basert på estimerte avsetninger i EMEPs rutenett på 50 x 50 km ligger på 574 mg N/m<sup>2</sup> pr år på Gulmyran og 494 mg N/m<sup>2</sup> pr år ved Lomstjønna (Aas et al. 2017). Den antatte maksimale totale nitrogenbelastningen fra anlegget er på 10 mg N/m<sup>2</sup> pr år og gjelder områdene nord for anlegget (Knudsen et al. 2002). Oppdatert konsekvensutredning fra 2008 (McInnes et al. 2008) har estimert enda lavere verdier med maksimal N-nedfall til 0,09 mg N/m<sup>2</sup> pr år nord for anlegget. Lokaliteten Lomstjønna er således forventet å ha mindre avsetninger fra Ormen Lange anlegget enn lokaliteten Gulmyran. Gulmyran overskrider N-tålegrensen for nedbørsmyr på 500 mg N/m<sup>2</sup> pr år (Austnes et al. 2018) og utslipp fra Ormen Lange anlegget kan således påvirke dette økosystemet. Lomstjønna ligger imidlertid i grenseområde for overskridelse av N-tålegrensen for nedbørsmyr på 500 mg N/m<sup>2</sup> pr år (Austnes et al. 2018) og små avsetninger kan således påvirke økosystemet i mindre grad.



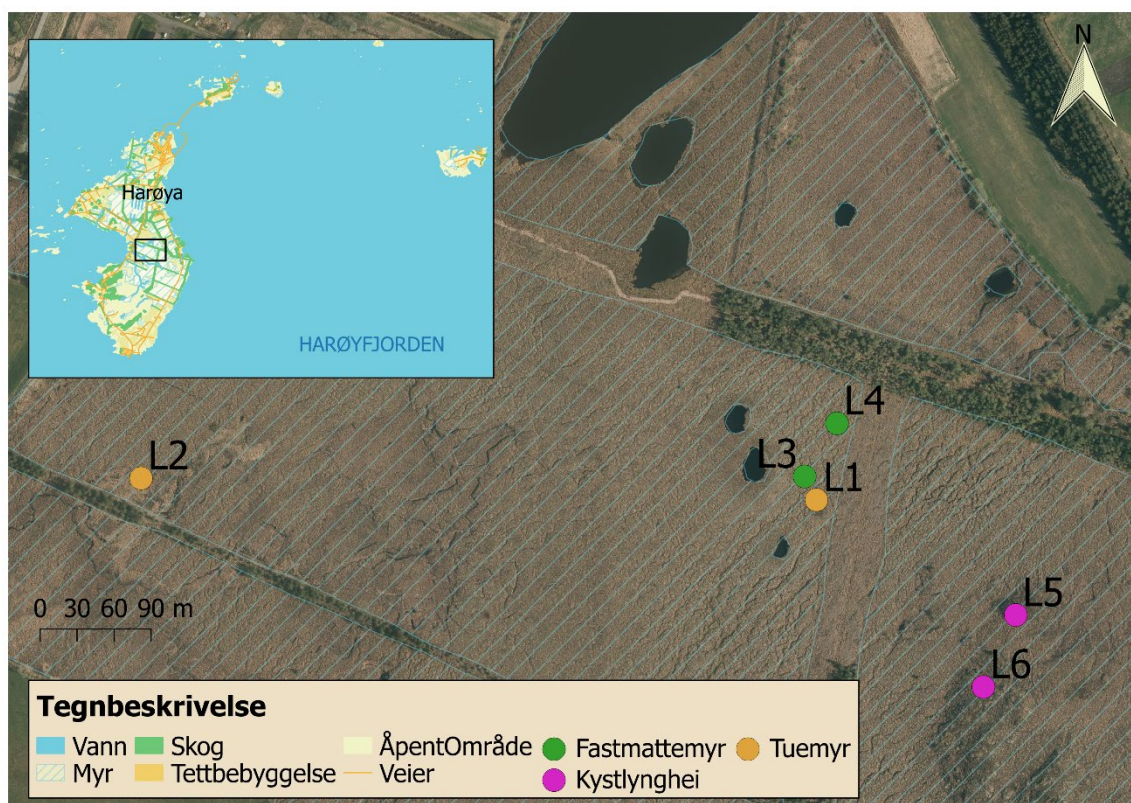
### 3 Overvåkningsdesign, materiale og metoder

Innen hvert område utføres det en integrert overvåking av vegetasjonens artssammensetning i tre vegetasjonstyper (kystlynghei, tuemyr og fastmattemyr) og kjemisk innhold i planter og jord og jordvann (økosystemanalyse). Overvåkingsparameterne er valgt ut med tanke på at de skal kunne respondere på forurensningstilstanden i området med tanke på utslipp fra bedriften. For nærmere beskrivelse av felter, analyseruter og målepunkter for innsamling av jordprøver, vannprøver og plantevevsprøver på Gulmyran se Aarrestad et al. (2011, 2017, 2009). **Figur 4** viser lokaliteten Lomstjønnna med posisjonene til de seks analysefeltene som ble lagt ut i 2018 (se **Vedlegg 1-3** for en skjematisk oversikt av feltoppsettet ved Lomstjønnna).

I perioden 18-22 juni i 2018 ble det utført en full økosystemanalyse ved Lomstjønnna, mens Gulmyran ble analysert kun for kjemiske parametere i jord og jordvann.

#### Nomenklatur

Navn på lav, moser og karplanter følger Artsdatabankens navnsetting både for norske og latinske navn ([www.artsdatabanken.no/](http://www.artsdatabanken.no/)) fra 2017.



**Figur 4.** Kart over lokaliteten Lomstjønnna på Harøya, samt posisjonen av de seks analysefeltene. Kartgrunnlag N50 kartdata og Ortofoto Sandøya 2016. Brukstillatelse gjennom Kartverket og Geovekst/Norge Digitalt.

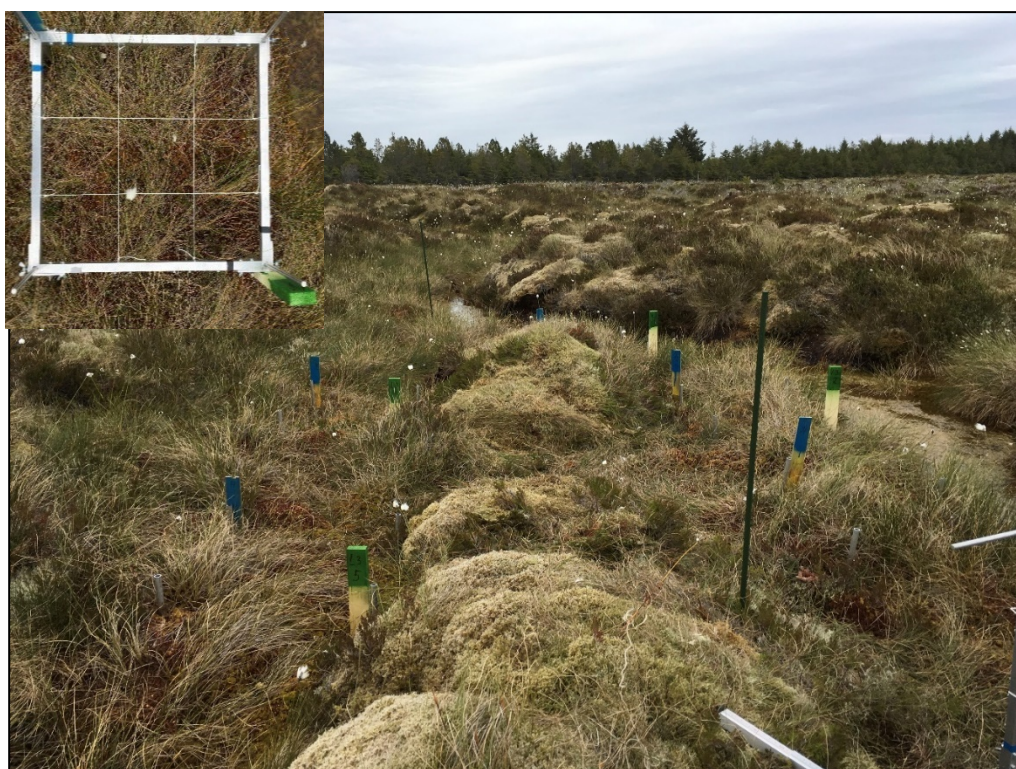


### 3.1 Analyser av vegetasjon

#### Endringer av artsforekomster og artsmengder

Fem analyseruter på 0,5m x 0,5m innen ett analysefelt ble undersøkt ved hjelp av analyserammer som var delt inn i ni like store småruter (eksempel på analyseramme **Figur 5**). I hver av de 9 smårutene ble forekomst og fravær av alle arter av karplanter, moser og lav registrert. De ni smårutene ble analysert med start i øverste venstre hjørne av analyseruta, fortløpende mot høyre. Disse registreringene danner grunnlag for utregning av artenes smårutefrekvens, som brukes som kvantitativ angivelse for hver art i analyseruta. I tillegg ble dekkningen (projeksjonen i horisontalplanet) av hver art innen analyseruta angitt i prosent. Over lengre tid kan disse to dekningsmålene vise ulike trender.

Totalt overvåkes ti analyseruter i kystlynghei, ti i tuemyr og ti i fastmattemyr på hver av de to lokalitetene, totalt 60 analyseruter.



**Figur 5.** Utlegging av analysefelt i fastmatte på Lomstjørna i 2018 med fem analyseruter. Analyseramme av aluminium delt i 9 småruter. Foto: Mari Jokerud.

### 3.2 Plantefysiologiske målinger

Vi utførte plantefysiologiske målinger på vegetasjon på to steder. Ved Ormen Lange prosessanlegg i Nyhamna på Gossa valgte vi ut et område så nær kaianlegget som mulig. Nærmeste lokalitet utenfor gjerdet heter Ørnehaugen og ligger omtrent 80 m fra strandlinja og omtrent 100 m fra kaianlegget (**Figur 1**). Tilsvarende målinger som utført på Ørnehaugen ble også utført ved Lomstjønna på Harøya, som er omtalt ovenfor. Formålet med disse målingene er å få indikasjoner på om vegetasjonen nær prosessanlegget kan vise reduksjon i plantefysiologisk aktivitet som følge av lokale utslipp av NO<sub>x</sub> og NMVOC, som sammen danner ozon. En slik indikasjon vil eventuelt manifestere seg som en betydelig forskjell i plantefysiologisk aktivitet mellom disse to lokalitetene. Samlet gir disse plantefysiologiske målingene et godt grunnlag for å vurdere

vegetasjonens helsetilstand. En stor forskjell mellom lokalitetene trenger likevel ikke være forårsaket av prosessanlegget. Utgangspunktet er først å vurdere om det er forskjeller. Hvis slike forskjeller detekteres, bør det gjøres nærmere vurderinger om disse skyldes prosessanlegget eller andre forhold.

### **Optiske målinger av grønnet (NDVI)**

NDVI (normalized difference vegetation index) er en indeks som er utviklet for optiske målinger av vegetasjonens grønnet. Den har en skala fra  $-1$  til  $+1$ , hvor negative verdier i all hovedsak er is og vann samt stein og sand helt uten fotosyntetiske organismer. Positive verdier indikerer tilstedeværelse av fotosyntetiske organismer, og de høyeste verdiene nær  $1$  oppnås gjerne i tropiske områder og i tempererte grasenger. Tradisjonelt er NDVI blitt målt fra satellitter. I nyere tid er det blitt utviklet håndholdte instrumenter for optiske målinger på nært hold. Vi benyttet et instrument av merket GreenSeeker (Trimble Navigation Ltd., California, USA) for måling av NDVI fra omtrent  $1$  m høyde. Hver måling gjøres uten ytterligere forberedelser og er gjennomført på et par sekunder. Vi valgte ut vegetasjonsflater dominert av én art, f.eks. en kvadratmeterrute dominert av røsslyng, dette for å oppnå verdier per art. Det er tilnærmet umulig å finne flater med kun én art til stede. Vårt kriterium var derfor at den dominerende arten skulle dekke minst  $70\%$  av ruten og at øvrige arter skulle ha lite bladverk. Basert på disse kriteriene fant vi åtte arter som vi kunne foreta målinger på. Disse var karplantene blokkebær, blåbær, melbær, molte, røsslyng, skrubbebær og torvull, samt mosen furutorvmose (med innslag av andre torvmoser).

### **Optiske målinger av innhold av klorofyll, nitrogen og flavonoler**

Det håndholdte instrumentet Dualex Scientific 4 (Force-A, Orsay, Frankrike) ble benyttet for målinger av konsentrasjon av klorofyll, nitrogen og flavonoler i enkeltblader (**Figur 6**). Instrumentet har et rundt optisk måleområde på  $6$  mm diameter (Cerovic et al. 2012). Kun arter med blader breiere enn  $6$  mm ble valgt til disse målingene. Karplantene vi da valgte var bjørk, blåbær, melbær, molte og rome. Molte overvintres med ett grønt blad per jordrenning. På Lomstjønnna testet vi ut forskjellene mellom fjorårsblader og årets blader. Forskjellene i innhold av klorofyll, nitrogen og flavonoler mellom de ulike år var store. Vi gjorde derfor sammenligninger mellom lokalitetene kun for årets blader. Vi målte også på mosen etasjemose. Skuddene er breiere enn  $6$  mm, men det er mange åpninger mellom de mange frynsene på etasjemose. Derfor må data for etasjemose vurderes med forsiktighet. Det vil si at eventuelle forskjeller mellom lokaliteter kan være forårsaket i ulikheter i skuddenes tetthet. Etter måling ble klorofyllinnhold for karplantene konvertert til konsentrasjoner basert på de lineære kurvene for tofrøbladete og enfrøbladete planter utarbeidet av Cerovic et al. (2012). Nitrogeninnhold og flavonoler presenteres i produsentens enheter.



**Figur 6.** Instrument for optiske målinger av innhold av klorofyll, nitrogen og flavonoler. Foto: Per Arild Aarrestad.

### Målinger av klorofyllfluorescens på utvalgte planter

Klorofyllfluorescens er et mye brukt mål på planters helsetilstand (nærmere sagt tilstanden på fotosystem II). Målinger foretas på mørketilpassede blader. Blader er gjerne maksimalt mørketilpasset etter en time i mørke. Vi samlet blader i felt og oppbevarte dem mørkt og fuktig, men ikke i flytende vann, fram til måling ble foretatt i mørkt rom så snart som mulig etter innsamling, dog ikke før det var gått en time. Temperatur ved måletidspunkt var ca. 18 °C. Instrumentet måler først minimums-fluorescens med en lysintensitet som er for lav for å drive fotosyntese (alle reaksjonssentre i fotosystem II forblir åpne), for så å måle maksimums-fluorescens etter et sterkt lyssignal som stenger alle reaksjonssentre i fotosystem II. Ut fra disse målingene beregnes  $F_v/F_m$  som er forholdet mellom den variable fluorescensen ( $F_v$  = forskjell mellom min- og maks-fluorescens) og maksimumsfluorescens. Verdier over 0,84 er svært usedvanlig. Verdier mellom 0,76 og 0,83 anses gjerne som et mål på blader med svært god helse, mens verdier mellom 0,70 og 0,75 anses som god helse (DeEll & Toivonen 2003). Dette er en skala basert på tempererte treslag. Boreale arter, spesielt arter med flerårige blader, vil ha en noe lavere minimumsnivå for hhv. «svært god» og «god» helse. For enkelte fotosyntetiske organismer, spesielt moser og lav som har lavere fluorescenskapasitet, er kriteriene for 'god helse' satt langt lavere. Verdi på rundt 0,7 kan angi svært god helse, mens verdier på 0,6 og lavere vil indikere noe svakere helse, eventuelt for kort tid til tilpasning til mørke (Jensen 1994). Se Nybakken et al. (2000) for generell informasjon på norsk om klorofyllfluorescens og Aarrestad et al. (2008) for detaljer om teknikken vi benyttet. Vi gjorde målinger med instrumentet PEA (Hansatech Instruments, King's Lynn, Norfolk, Storbritannia). Artene vi målte på var bjørk, blåbær, etasjemose, lys reinlav, melbær, molte, rome og røsslyng.

## 3.3 Kjemiske analyser av plantevev fra lav og moser

### Innsamlingsmetodikk

Det ble samlet inn fem prøver av heigråmose (*Racomitrium lanuginosum*) (**Figur 7a**) og fem prøver av furutorvmose (*Sphagnum capillifolium*) (**Figur 7b**) i 2008, 2010 og 2016 fra hver av de to overvåkingsområdene (Aukra og Gulmyran) til kjemisk analyse av miljøgifter (tungmetaller) og like mange prøver til analyse av kjemisk næringsinnhold (Kjeldahl-nitrogen og elementanalyse). I forbindelse med utlegging av tuemyrfelter i 2010 og i 2016 ble det også samlet inn 5 plantep prøver av lys reinlav (*Cladonia arbuscula*) (**Figur 7c**) fra hver av de to



overvåkingsområdene. I 2018 ble det samlet inn fem prøver av heigråmose, furutorvmose og lys reinlav fra Lomstjønnna, totalt 15 prøver, men ikke fra Gulmyran, da denne lokaliteten ikke hadde full reanalyse i 2018.

Prøvene fra heigråmose (øverste 2 cm av moseskuddene) ble samlet inn fra tuer på myr innen et avgrenset felt på ca. 5 m x 5 m på hver lokalitet. Prøvene fra furutorvmose (øverste 0,5 cm, torvmosehodet) ble samlet inn fra utvalgte tuer og benyttet til målinger av lengdevekst av samme art. Alt plantemateriale ble samlet inn ved bruk av latekshansker som ble skiftet for hver prøve. Plantep prøver til kjemisk analyse av miljøgifter ble oppbevart på lukkede glassflasker, mens prøvene til kjemisk analyse av næringsstoffer ble oppbevart i plastposer.



**Figur 7a.** Heigråmose.



**Figur 7b.** Furutorvmose.



**Figur 7c.** Lys reinlav.

Foto: Per Arild Aarrestad.

### Kjemiske analyser

Plantevevsprøver til analyse av kjemisk innhold ble satt i tørkeskap ved 25 °C ved NINA en til to dager etter innsamling og deretter homogenisert ved maling gjennom sikter med maskevidde på 1 mm. Prøvene ble så analysert ved NIBIO for totalt innhold av kationer/elementer (Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sc, Se, Sr, Ti, V, Y, Zn) ved ICP (inductively coupled plasma emission spectroscopy) etter oppslutning med 72 % HCl og 70 % HNO<sub>3</sub> (i forholdet 1:5) i lukkede teflonbeholdere. Totalt nitrogen ble analysert etter Kjeldahl-metoden (alle metoder etter Ogner et al. 1999).

Innhold av tungmetallene Pb, Ni, Cu, Zn og Hg ble utført ved NILU etter metode NILU-U-111 (forskrift for bestemmelse av elementer i biologisk materiale med ICPMS). I 2008 og i 2010 ble Hg prøvene analysert med CV-AFS teknikk (NILU-U-65 Forskrift for bestemmelse av biologisk materiale ved kalddampgenerering) og i 2016 og 2018 med ICPMS. Metodene er sammenlignbare, men de nyere metodene har lavere deteksjonsgrense.

## 3.4 Kjemiske analyser av jordvann

Jordvann fra åpne holer (**Figur 8**) har alle år blitt samlet inn under samme værforhold på de to lokalitetene (Aukra og Gulmyran) for å unngå ulikheter knyttet til mengde regnvann mellom lokalitetene; fem prøver fra hver lokalitet i 2008, ti prøver fra 2010 og 2012 og 15 prøver fra 2013, 2014, 2015 og 2016. I 2018 ble det også samlet inn 15 prøver fra Gulmyran og 15 fra Lomstjønnna. I 2018 ble det samlet inn tilsvarende antall prøver fra Gulmyran og fra Lomstjønnna.

Prøvene er analysert for ledningsevne, pH, elementer, nitrogen (N) som ammonium-N (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) og total Kjeldahl-N, i henhold til metoder i Ogner et al. (1999). Innhold av tungmetallene Pb, Ni, Cu og Zn ble utført ved NILU etter metode NILU-U-110 (Forskrift for bestemmelse av elementer i vann med ICPMS) og Hg etter metode NILU-U-60 (Forskrift for bestemmelse av Hg i nedbør og analyse med kalddampgenerering/ atomfluorescensspektrometri). Pb, Ni, Cu og Zn analysene ble gjort med ICP-MS, og Hg med CV-AFS i alle år.



**Figur 8.** Område for vegetasjonsanalyse på fastmattemyr og prøvetaking av jordvann på Gulmyran. Foto: Per Arild Aarrestad.

### 3.5 Kjemiske analyser av humusjord

I 2008 ble det samlet inn fem humusprøver fra det øverste 1 cm tykke laget av eksponert jord mot luft fra hver av lokalitetene Aukra og Gulmyran (**Figur 9**). I 2010, 2012, 2013, 2014 og 2016 ble antallet økt til ti prøver fra hver lokalitet. Det ble samlet inn 15 prøver fra Gulmyran og 15 prøver fra Lomstjønnå i 2018. På Gulmyran ble prøvene samlet inn fra samme prøvested hvert år. Alle jordprøver ble samlet inn under samme værforhold både før og under innsamling på begge lokalitetene. Prøvene til analyser av nitrogenforbindelser ble umiddelbart lagt på frysela-ger og senere transportert til laboratorium i frossen tilstand pakket i tørris.

Innhold av tungmetallene Pb, Ni, Cu, Zn og Hg ble utført ved NILU etter metode NILU-U-112 (Forskrift for bestemmelse av elementer i geologisk materiale med ICPMS). I 2008, 2010 og 2012 ble Hg prøvene analysert med CV-AFS teknikk (NILU-U-65) og i 2013, 2014, 2015, 2016 og 2018 med ICPMS. Metodene er sammenlignbare, men de nyere metodene har lavere detek-sjonsgrense.

Fra 2013 til 2018 ble jordprøvene hvert år også analysert for glødetap, pH, og nitrogen, total Kjeldahl N, ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) og nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), i henhold til metoder i Ogner et al. (1999).





**Figur 9.** Innsamling av humusprøve fra torvjord eksponert for luftforurensing. Foto: Per Arild Aarrestad.

### 3.6 Statistisk bearbeiding av data

#### Vegetasjon

Analyserutene fra Gulmyran i 2016 ble sammenlignet med analyserutene fra Lomstjønnå i 2018 for å se om naturtypene på lokalitetene er noen lunde lik i artssammensetning. Undersøkelsen ble utført ved en multivariat analyse (ordinasjon), som illustrerer ulikheter mellom prøvene gjennom beregningen av forskjell i artssammensetning basert på forekomst og abundans av artene i prøvene. Disse forskjellene er som regel flerdimensjonal men kan vises grafisk gjennom en projeksjon på to dimensjoner. I denne projeksjonen vil så ruter med lignende artssammensetning ligge nært hverandre og ruter med i sterkere grad forskjellig artssammensetning vil ligge lengre fra hverandre. Vi brukte non-metric multidimensional scaling (NMDS) som ordinasjonsteknikk. Analysene ble utført med statistikkprogramvaren R versjon 3.5.1 (R Core Team 2018).

#### Plantefysiologi

En standard t-test ble brukt for å teste for signifikante forskjeller i plantefysiologiske parameterne mellom lokalitetene. Levenes test ble benyttet for å sjekke konstans av varians. Ved avvik fra normalfordeling er detp-verdi som tar høyde for dette avviket lagt til grunn for vurderingen. De statistiske analysene er gjennomført i SPSS versjon 25 (IBM Corp. 2017).

#### Kjemiske parametere

For å teste om kjemivariablene på Gulmyran varierer systematisk over tid (mellom 2008-2018), ble det brukt lineare regresjonsmodeller med «år» som kontinuerlig forklarende variabel. Analysene ble utført med statistikkprogramvaren R versjon 3.5.1 (R Core Team 2018).

## 4 Resultat

### 4.1 Flora og vegetasjonens artssammensetning

#### 4.1.1 Vegetasjonstyper

Kystlyngheiene på begge lokalitetene (Gulmyran og Lomstjønnna) er karakterisert av et feltsjikt dominert av røsslyng (*Calluna vulgaris*) og et bunnsjikt med relativ stor dekning av etasjemose og heiflette (*Hylocomium splendens* og *Hypnum jutlandicum*). Konstante arter med mindre dekning er klokkeling, rome, bjørneskjegg, furumose og heigråmose (*Erica tetralix*, *Narthecium ossifragum*, *Trichophorum cespitosum*, *Pleurozium schreberi* og *Racomitrium lanuginosum*). Vegetasjonen på de to lokalitetene har nokså lik artsrikhet men de er ulike da de har 17 felles arter og 37 arter som er forskjellige (**Tabell 1 og Vedlegg 4**). Gulmyran skiller seg imidlertid noe fra Lomstjønnna ved tilstedeværelse av mer fuktkrevende arter som torvull, heisiv, rome, bjørneskjegg og torvmoser (*Eriophorum vaginatum*, *Juncus squarrosus*, *Narthecium ossifragum*, *Trichophorum cespitosum* og *Sphagnum* spp.).

Fastmattevegetasjonen på begge de ombrotrofe myrene er dominert av torvull, bjørneskjegg og torvmoser. Konstante arter med mindre dekning er hvitlyng, røsslyng, rundsoldogg, klokkeling og rome (*Andromeda polifolia*, *Calluna vulgaris*, *Drosera rotundifolia*, *Erica tetralix* og *Narthecium ossifragum*), heigråmose (*Racomitrium lanuginosum*) og levermosene rødmslingmose og sveltskovmose (*Mylia taylorii* og *Odontoschisma* spp.). Vegetasjonen på de to lokalitetene har nokså lik artsrikhet og har 20 felles arter og 30 arter som er forskjellige (**Tabell 1 og Vedlegg 4**). Lomstjønnna skiller seg imidlertid noe fra Gulmyran ved større forekomst av lyngarter som røsslyng, klokkeling og hvitlyng. Fastmattevegetasjonen domineres av vortetormose (*Sphagnum papillosum*) ved Lomstjønnna mens kysttormose (*Sphagnum austinii*) er dominerende torvmose på Gulmyran.

Tuevegetasjonen på begge de ombrotrofe myrene er dominert av røsslyng, heigråmose og reinlav (*Cladonia arbuscula* coll.). Konstante arter med mindre dekning er torvull, heiflette, furumose og gråreinlav (*Cladonia rangiferina*). Vegetasjonen på de to lokalitetene har ganske lik artssammensetning og har 17 felles arter og 12 arter som er forskjellige (**Tabell 1 og Vedlegg 4**). Lomstjønnna skiller seg imidlertid noe fra Gulmyran ved større forekomst av krekling (*Empetrum nigrum*), torvull og furumose, samt at klokkeling er funnet her, men ikke på Gulmyran.

**Tabell 1.** Antall arter innen ulike artsgruppe i analyserutene fra kystlynghei, fastmatte- og tuevegetasjon på Gulmyran og Lomstjønnna.

Lokalitet	Kystlynghei		Fastmattemyr		Tuemyr	
	Gulmyran	Lomstjønnna	Gulmyran	Lomstjønnna	Gulmyran	Lomstjønnna
År	2008	2018	2008	2018	2010	2018
Karplanter	14	18	14	13	9	9
Bladmoser	12	8	9	12	6	7
Levermoser	8	2	11	6	2	1
Lav	5	4	3	2	7	5
<b>Totalt</b>	<b>39</b>	<b>32</b>	<b>37</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>22</b>

#### 4.1.2. Forskjeller i artssammensetning av vegetasjon

Ordinasjon med non-metric multidimensional scaling (NMDS) viser fordeling av arter langs to akser (**Figur 10**). Den første aksene (NMDS1) viser mest sannsynlig en fuktighetsgradient, til venstre ligger kystlyngheia ved Lomstjønnna som har en tørrere utforming enn kystlyngheia på





(gjennomsnitt av begge lokalitetene), tett etterfulgt av skrubbær, blåbær og blokkebær. Torvull hadde laveste verdi med et gjennomsnitt for begge lokalitetene på 0,53. Torvull er generelt lite grønn i juni. Mange tørre fjorårsstrå bidrar til redusert grønnslett ovenfra.

Tre arter hadde signifikant høyere verdier ved Lomstjønnå enn ved Nyhamna (**Tabell 2**). Dette gjelder, med differanse i parentes, melbær (0,12), molte (0,07) og furutorvmose (0,12). Én art hadde signifikant høyest verdi ved Nyhamna. Dette er torvull (0,07). De fire øvrige artene, dvs. røsslyng, blokkebær, blåbær og skrubbær, hadde like verdier på de to lokalitetene.

**Tabell 2.** Grønnhet (NDVI) av planter ved Nyhamna og ved Lomstjønnå. Verdier oppgis som gjennomsnitt  $\pm$  1 standard avvik. Signifikante forskjeller er angitt med fet skrift. P-verdier under 0,05 er ansett som signifikante.

Art	Nyhamna	Lomstjønnå	Differanse	p-verdi
Blokkebær	0,775 $\pm$ 0,047	0,792 $\pm$ 0,060	-0,017	0,485
Blåbær	0,768 $\pm$ 0,057	0,759 $\pm$ 0,056	0,009	0,723
Furutorvmose	0,481 $\pm$ 0,049	0,601 $\pm$ 0,070	<b>-0,120</b>	<b>&lt;0,001</b>
Melbær	0,627 $\pm$ 0,072	0,746 $\pm$ 0,033	<b>-0,119</b>	<b>&lt;0,001</b>
Molte	0,768 $\pm$ 0,057	0,842 $\pm$ 0,048	<b>-0,074</b>	<b>0,006</b>
Røsslyng	0,734 $\pm$ 0,052	0,678 $\pm$ 0,076	0,056	0,072
Skrubbær	0,776 $\pm$ 0,063	0,797 $\pm$ 0,033	-0,021	0,361
Torvull	0,567 $\pm$ 0,033	0,497 $\pm$ 0,045	<b>0,070</b>	<b>0,001</b>

#### 4.2.2 Innhold av klorofyll, nitrogen og flavonoler

Innholdet av klorofyll og nitrogen er på nivåer som er typiske for tidlig vekstsesong. Molte og bjørk hadde signifikant høyere innhold av klorofyll og nitrogen ved Lomstjønnå (**Tabell 3 og 4**). Blåbær hadde høyere innhold av nitrogen ved Lomstjønnå, mens klorofyllinnholdet skilte seg ikke mellom de to lokalitetene. De øvrige tre artene melbær, rome og etasjemose, viste ikke signifikante lokalitetsforskjeller for klorofyll og nitrogen. Innholdet av flavonoler var likt mellom de to lokalitetene for fire av seks arter (**Tabell 5**). De to artene som viste signifikante lokalitetsforskjeller var molte og blåbær som begge hadde høyest innhold av flavonoler ved Nyhamna. Flere blåbærplanter på begge lokalitetene hadde blader med svakt rødlig eller gul kant. Blad med rødlig farger har gjerne høyere konsentrasjoner av flavonoler.

**Tabell 3.** Klorofyllinnhold ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) i planter ved Nyhamna og ved Lomstjønnå. Cerovic mfl. (2012) har ikke utarbeidet lineære regresjonslinjer for forholdet mellom målerverdi og klorofyllinnhold for moser. Derfor oppgis verdier for etasjemose i instrumentets absorbansverdier. Verdier oppgis som gjennomsnitt  $\pm$  1 standard avvik. Signifikante forskjeller er angitt med fet skrift. P-verdier under 0,05 er ansett som signifikante.

Art	Nyhamna	Lomstjønnå	Differanse	p-verdi
Bjørk	21,99 $\pm$ 4,18	29,23 $\pm$ 8,55	<b>-7,25</b>	<b>0,020</b>
Blåbær	16,67 $\pm$ 6,39	19,63 $\pm$ 5,04	-2,96	0,225
Etasjemose	11,5 $\pm$ 7,4	7,1 $\pm$ 2,0	4,4	0,172
Melbær	28,14 $\pm$ 7,15	31,47 $\pm$ 4,97	-3,33	0,231
Molte	18,95 $\pm$ 2,23	22,78 $\pm$ 4,09	<b>-3,83</b>	<b>0,031</b>
Rome	35,03 $\pm$ 14,38	23,77 $\pm$ 9,99	11,26	0,059

**Tabell 4.** Nitrogeninnhold i planter ved Nyhamna og ved Lomstjønnå. Verdier oppgis i produsentens indeksverdier kalt NBI (Nitrogen Balance Index). Verdier oppgis som gjennomsnitt  $\pm$  1 standard avvik. Signifikante forskjeller er angitt med fet skrift. P-verdier under 0,05 er ansett som signifikante.

Art	Nyhamna	Lomstjønnå	Differanse	p-verdi
Bjørk	12,0 $\pm$ 1,9	15,2 $\pm$ 3,8	<b>-3,2</b>	<b>0,025</b>
Blåbær	8,5 $\pm$ 2,3	10,7 $\pm$ 1,9	<b>-2,2</b>	<b>0,033</b>
Etasjemose	9,5 $\pm$ 5,5	5,9 $\pm$ 1,5	3,6	0,137
Melbær	15,0 $\pm$ 3,7	17,2 $\pm$ 2,7	-2,2	0,114
Molte	10,3 $\pm$ 1,1	14,6 $\pm$ 2,6	<b>-4,3</b>	<b>&lt;0,001</b>
Rome	31,7 $\pm$ 11,7	26,2 $\pm$ 7,6	5,5	0,228

**Tabell 5.** Flavonolinnhold i planter ved Nyhamna og ved Lomstjønnå. Verdier oppgis i instrumentets absorbansverdier. Verdier oppgis som gjennomsnitt  $\pm$  1 standard avvik. Signifikante forskjeller er angitt med fet skrift. P-verdier under 0,05 er ansett som signifikante.

Art	Nyhamna	Lomstjønnå	Differanse	p-verdi
Bjørk	1,80 $\pm$ 0,05	1,76 $\pm$ 0,10	0,04	0,301
Blåbær	2,11 $\pm$ 0,52	1,89 $\pm$ 0,11	<b>0,21</b>	<b>0,043</b>
Etasjemose	1,18 $\pm$ 0,20	1,21 $\pm$ 0,18	0,03	0,763
Melbær	1,82 $\pm$ 0,18	1,72 $\pm$ 0,25	0,10	0,234
Molte	1,89 $\pm$ 0,05	1,55 $\pm$ 0,21	<b>0,34</b>	<b>0,004</b>
Rome	1,34 $\pm$ 0,33	1,15 $\pm$ 0,21	0,19	0,134

#### 4.2.3 Klorofyllfluorescens (Fv/Fm)

Fluorescens i mørketilpassede blader viser høye verdier for alle arter (**Tabell 6**). Karplantene har gjennomsnittsverdier på over 0,7. Dette er en indikasjon på god helse. Mosen og laven viser noe lavere verdier enn karplantene. Moser og lav har generelt noe lavere fluorescens enn karplanter, og verdiene for mosen og laven er høye for disse organismegruppene. Kun to arter, lys reinlav og bjørk, viser forskjell mellom lokalitetene. Begge hadde høyere verdier ved Lomstjønnå enn ved Nyhamna. Differansen for begge arter er rundt 0,1. Dette betraktes som en relativt stor differanse.

**Tabell 6.** Klorofyllfluorescens (Fv/Fm) i mørketilpassede planter fra Nyhamna og Lomstjønnå. Verdier oppgis som gjennomsnitt  $\pm$  1 standard avvik. Signifikante forskjeller er angitt med fet skrift. P-verdier under 0,05 er ansett som signifikante.

Art	Nyhamna	Lomstjønnå	Differanse	p-verdi
Bjørk	0,699 $\pm$ 0,050	0,779 $\pm$ 0,060	<b>-0,081</b>	<b>0,002</b>
Blåbær	0,734 $\pm$ 0,051	0,681 $\pm$ 0,087	0,054	0,184
Etasjemose	0,576 $\pm$ 0,08	0,626 $\pm$ 0,617	-0,049	0,274
Lys reinlav	0,554 $\pm$ 0,062	0,654 $\pm$ 0,059	<b>-0,100</b>	<b>0,005</b>
Melbær	0,776 $\pm$ 0,037	0,720 $\pm$ 0,058	0,056	0,053
Molte	0,733 $\pm$ 0,046	0,769 $\pm$ 0,021	-0,036	0,118
Rome	0,794 $\pm$ 0,017	0,801 $\pm$ 0,010	-0,006	0,394
Røsslyng	0,794 $\pm$ 0,035	0,768 $\pm$ 0,043	0,026	0,201

### 4.3 Kjemiske analyser av lav og moser

I denne analyserunden ble det bare tatt planteprøver ved Lomstjønnå (Se **Vedlegg 5 & 8** for grunnlagsdata). Disse prøvene blir derfor sammenlignet med prøver tatt på Gulmyran det første analyseåret (2008), ett år etter oppstart av anlegget. Det ble ikke tatt prøver av *Cladonia* i 2008, derfor blir *Cladonia* prøvene fra Lomstjønnå sammenlignet med prøver tatt fra Gulmyran i 2010. Flere av de analyserte grunnstoffene hadde verdier som var under eller nær deteksjonsgrensen, og ble derfor utelukket fra videre analyser. Dette gjelder arsen (As), beryllium (Be), kadmium (Cd), kobolt (Co), krom (Cr), gallium (Ga), litium (Li), molybden (Mo), nikkel (Ni), bly (Pb), scandium (Sc), selen (Se), vanadium (V) og yttrium (Y).

Generelt har plantevevsprøvene fra Lomstjønnå et lavere gjennomsnittlig innhold av tungmetaller enn plantevevsprøvene tatt fra Gulmyran i 2008 og 2010 (**Tabell 7**). Dette gjelder alle tungmetallene unntatt nikkel i alle tre artene, og kobber i prøver av *Sphagnum*, som har en høyere gjennomsnittlig konsentrasjon i plantevevet fra Lomstjønnå.

Gjennomsnittlig innhold av jern (Fe), mangan (Mn) og Kjeldal nitrogen (Kj-N) er også lavere i plantevevsprøvene fra alle tre artene ved Lomstjønnå. Gjennomsnittlig innhold av magnesium (Mg), natrium (Na) og strontium (Sr) i plantevevsprøvene av alle tre artene er høyere ved Lomstjønnå enn Gulmyran. For aluminium (Al), bor (B), barium (Ba), kalsium (Ca), kalium (K), fosfat (P), svovel (S) og titan (Ti) er gjennomsnittlig konsentrasjon i plantevevet nokså lik mellom lokalitetene.

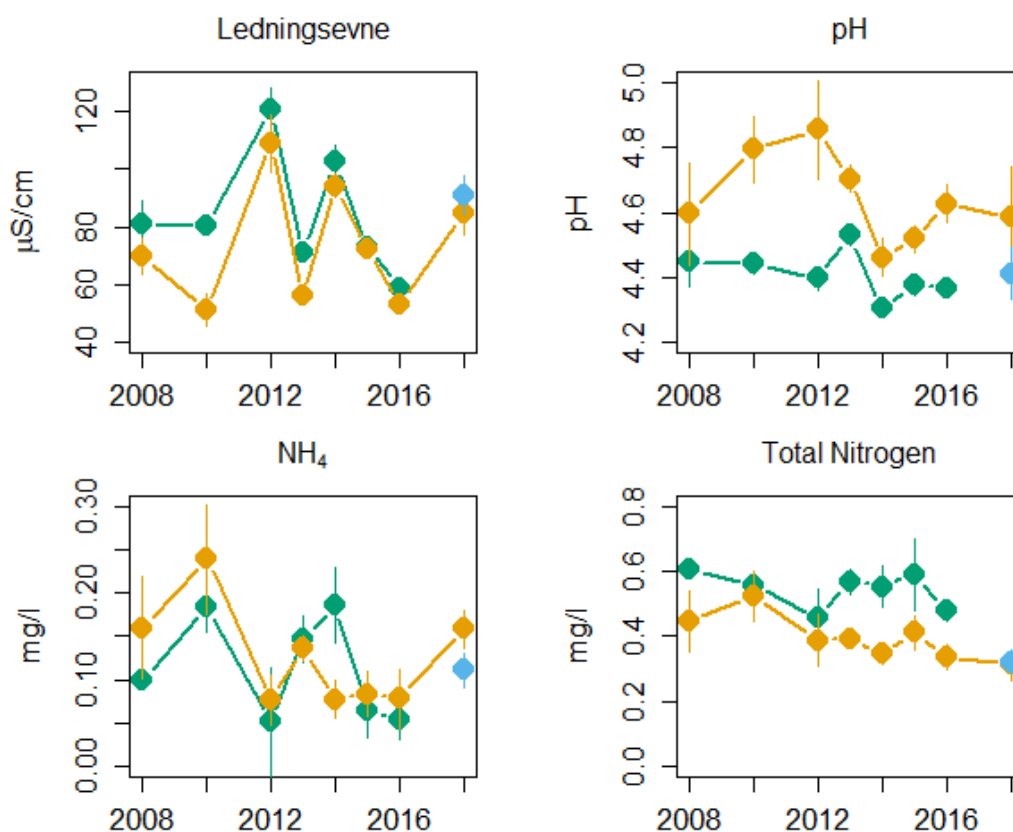
**Tabell 7.** Gjennomsnittlig innhold av grunnstoffer og tungmetaller i plantevevsprøvene fra Gulmyran (Gul) og Lomstjønnå (Lom). Gjennomsnittene vist i tabellen er fra fem prøver av hver art tatt i 2018 for Lomstjønnå, og i henholdsvis 2008 og 2010 for moseartene og *Cladonia* på Gulmyran. Dette er fordi det ikke ble tatt prøver av *Cladonia* i 2008.

	<i>Cladonia</i>		<i>Racomitrium</i>		<i>Sphagnum</i>	
	Lom 2018	Gul 2010	Lom 2018	Gul 2008	Lom 2018	Gul 2008
Al (mmol/kg)	4,30	3,35	5,12	5,81	9,29	7,35
B (µmol/kg)	140,00	131,2	156,20	149,3	256,40	296,6
Ba (µmol/kg)	10,40	9,3	10,80	11,3	29,80	27,2
Ca (mmol/kg)	14,30	13,72	18,90	24,24	49,60	76,70
Cu (µmol/kg)	28,80	60,3	40,80	68,5	54,40	48,9
Fe (mmol/kg)	1,51	2,41	2,08	3,41	1,93	3,33
K (mmol/kg)	21,24	23,59	23,14	22,80	79,92	73,77
Mg (mmol/kg)	31,04	23,24	60,82	46,03	118,38	86,55
Mn (mmol/kg)	0,20	0,26	0,05	0,14	0,54	1,59
Kj-N (mmol/kg)	255,20	280,4	237,40	271,8	358,40	392,4
Na (mmol/kg)	16,05	12,07	25,12	12,70	79,42	72,04
P (mmol/kg)	7,56	7,22	5,68	7,16	9,48	11,50
S (mmol/kg)	12,60	13,90	10,60	9,62	26,52	26,36
Sr (µmol/kg)	72,80	54,5	150,80	131,9	236,00	190,0
Ti (µmol/kg)	197,20	175,9	224,20	266,3	190,40	215,5
Zn (µmol/kg)	194,00	370,5	108,60	191,9	183,60	1415,8
Cu (mg/kg)	0,93	1,06	1,32	2,99	1,53	1,48
Hg (mg/kg)	0,03	0,04	0,04	0,04	0,02	0,03
Ni (mg/kg)	0,15	0,14	0,22	0,21	0,37	0,08
Pb (mg/kg)	0,29	0,45	0,40	0,99	0,44	0,52
Zn (mg/kg)	10,09	10,88	6,53	7,29	13,97	54,25

## 4.4 Kjemiske analyser av jordvann

### 4.4.1 Ledningsevne, pH og nitrogenkomponenter i jordvann

Ledningsevnen i jordvann på Gulmyran varierer veldig fra år til år, og det er ingen signifikant endring fra 2008 til 2018 (se **Figur 11** og **Tabell 8**, se **Vedlegg 6** for grunnlagsdata). pH derimot, har hatt en signifikant nedgang over tid. Det har også vært en signifikant nedgang i innhold av både ammonium og total nitrogen i jordvann. Gjennomsnittlig ledningsevne for den nye lokaliteten Lomstjønna er på samme nivå som for Gulmyran, mens gjennomsnittlig pH ligger noe lavere. pH var også konstant lavere på Aukra enn Gulmyran i alle analyseår. Innhold av total nitrogen i jordvann er også på samme nivå ved Lomstjønna som for Gulmyran, men innholdet av ammonium er noe lavere ved Lomstjønna.



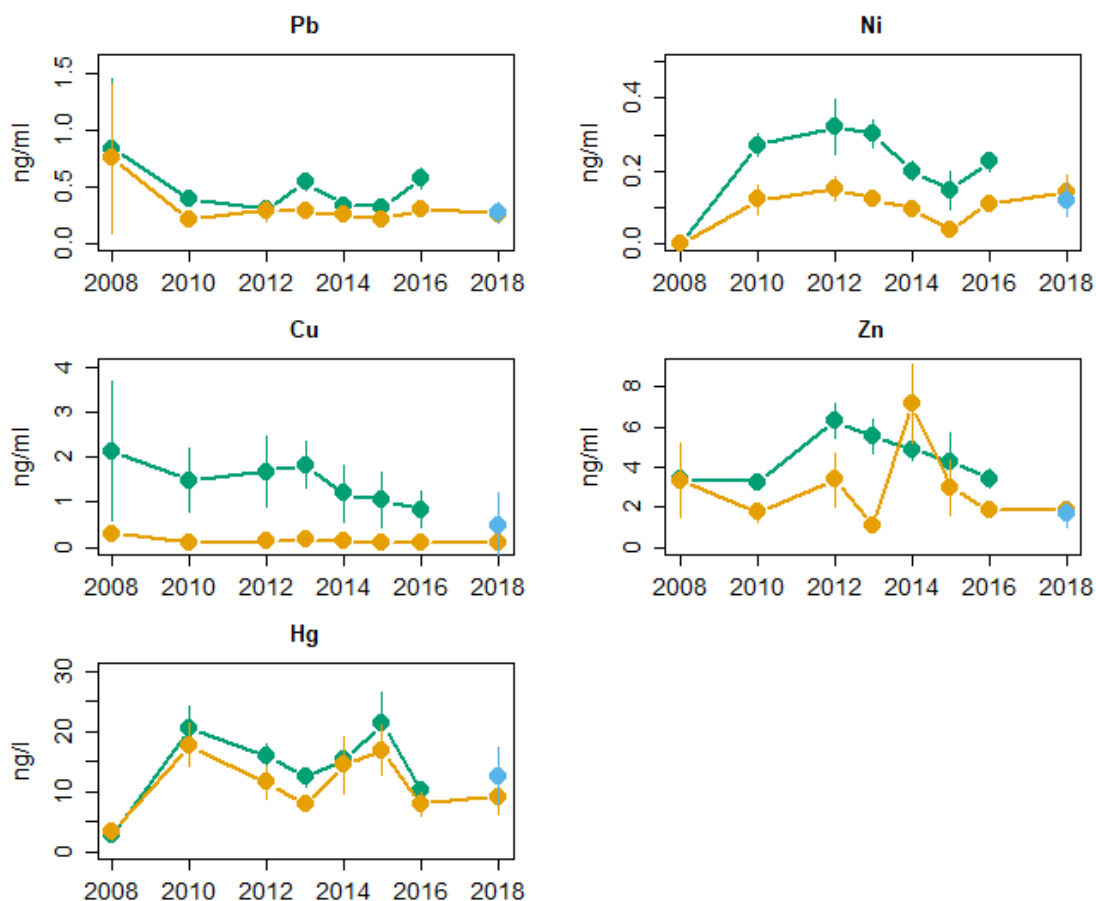
**Figur 11.** Ledningsevne, pH, ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) og total nitrogen i jordvann på Gulmyran (gul), Aukra (grønn) og Lomstjønna (blå) fra 2008 til 2018. Punkter viser gjennomsnittsverdier i det respektive året og vertikale streker indikerer 95% konfidensintervaller for det respektive gjennomsnittet (=  $\pm 2$  standardfeil).

**Tabell 8.** Modellestimater for forskjeller i ledningsevne, pH,  $\text{NH}_4^+$ , og totalt nitrogen i jordvann på Gulmyran over tid. «Skjæringspunkt» er modellens utgangsverdi på år 1 av tidsserien (2008). «År» er den årlige forskjellen mellom 2008 og årene etter. P-verdier: \*\*\* < 0,001, \*\* < 0,01, \* < 0,05.

Variabel	Skjæringspunkt	År	P
Ledningsevne	68,73	0,83	
pH	4,76	-0,02	**
$\text{NH}_4^+$	0,17	-0,01	**
Total nitrogen	0,50	-0,02	***

#### 4.4.2 Tungmetaller i jordvann

Det har vært en signifikant nedgang i både bly (Pb) og kobberinnholdet (Cu) i jordvann på Gulmyran fra 2008 til 2018 (Se **Figur 12** og **Tabell 9**, og **Vedlegg 9** for grunnlagsdata). Både nikkel (Ni) og kvikksølv (Hg) økte direkte etter oppstart av prosessanlegget, men gjennomsnittlig innhold av nikkel, sink (Zn) og kvikksølv har ikke endret seg signifikant over tid på Gulmyran. Gjennomsnittlig innhold av tungmetaller i jordvannet var generelt høyere på den opprinnelige referanselokaliteten Aukra, men den er på omtrent samme nivå som for Gulmyran på den nye referanselokaliteten Lomstjønnå.



**Figur 12.** Gjennomsnittsverdiene av tungmetallene bly (Pb), nikkel (Ni), sink (Zn) og kvikksølv (Hg) i jordvann på Gulmyran (gul), Aukra (grønn) og Lomstjønnå (blå) fra 2008 til 2018. Punkter viser gjennomsnittsverdier i det respektive året og vertikale streker indikerer 95% konfidensintervaller for det respektive gjennomsnittet (= +/- 2 standardfeil).

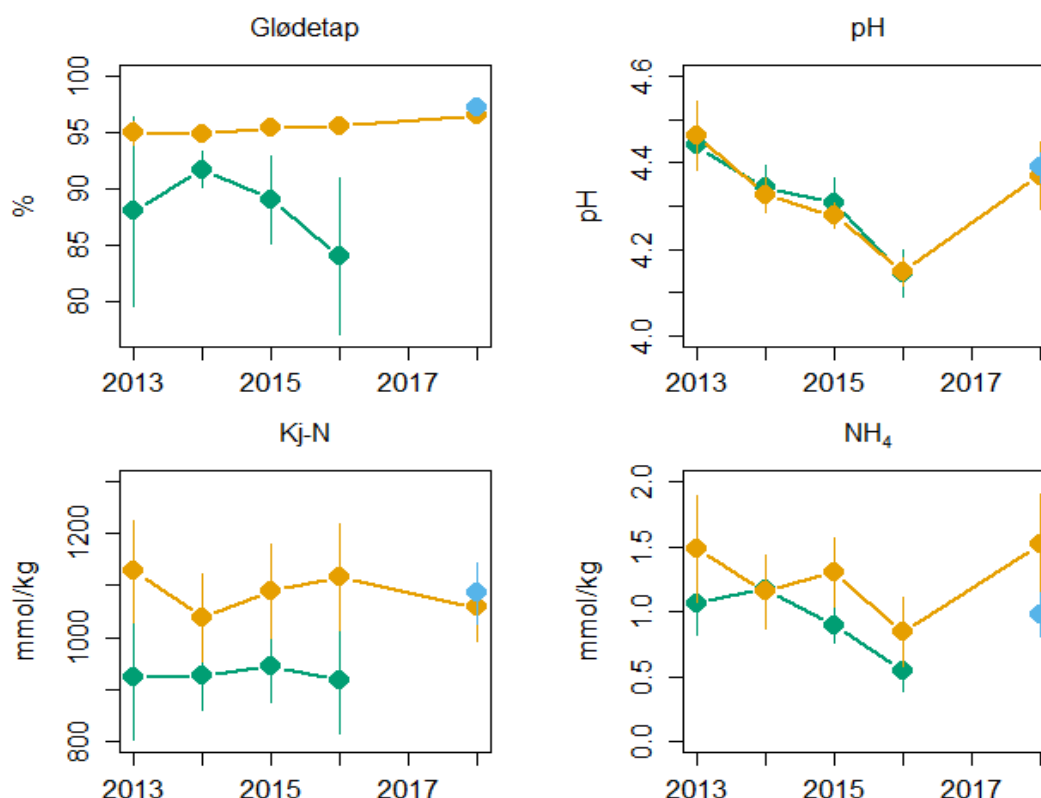
**Tabell 9.** Modellestimater for forskjeller i tungmetallene bly (Pb), nikkel (Ni), sink (Zn) og kvikksølv (Hg) i jordvann på Gulmyran over tid. «Skjæringspunkt» er modellens utgangsverdi på år 1 av tidsserien (2008). «År» er den årlige forskjellen mellom 2008 og årene etter. P-verdier: \*\*\* < 0,001, \*\* < 0,01, \* < 0,05.

Tungmetall	Skjæringspunkt	År	P
Pb	0,41	-0,02	*
Ni	0,08	0,00	
Cu	0,20	-0,01	***
Zn	3,15	-0,04	
Hg	12,35	-0,13	

## 4.5 Kjemiske analyser av humusjord

### 4.5.1 Glødetap, pH og nitrogenforbindelser i humusjord

Det har vært en signifikant økning i glødetap i humusjord fra Gulmyran fra 2008 til 2018 (se **Figur 13** og **Tabell 10**, og **Vedlegg 7** for grunnlagsdata). pH har hatt en signifikant nedgang, men selv om det ellers har vært en lineær nedgang fra 2013 til 2016, er gjennomsnittsverdien i 2018 nesten på samme nivå som i 2013. Hverken Kjeldal nitrogen eller ammonium har endret seg signifikant over tid på Gulmyran. Gjennomsnittlig glødetap, pH og Kjeldal nitrogen er på omtrent samme nivå som på Gulmyran på den nye lokaliteten Lomstjønna, mens gjennomsnittlig innhold av ammonium er noe lavere ved Lomstjønna.



**Figur 13.** Gjennomsnittsverdiene av glødetap, pH, ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), og totalt nitrogen (Kj-N) i humusjord på Gulmyran (gul), Aukra (grønn) og Lomstjønna (blå) fra 2008 til 2018. Punkter viser gjennomsnittsverdier i det respektive året og vertikale streker indikerer 95% konfidensintervaller for det respektive gjennomsnittet (= +/- 2 standardfeil).

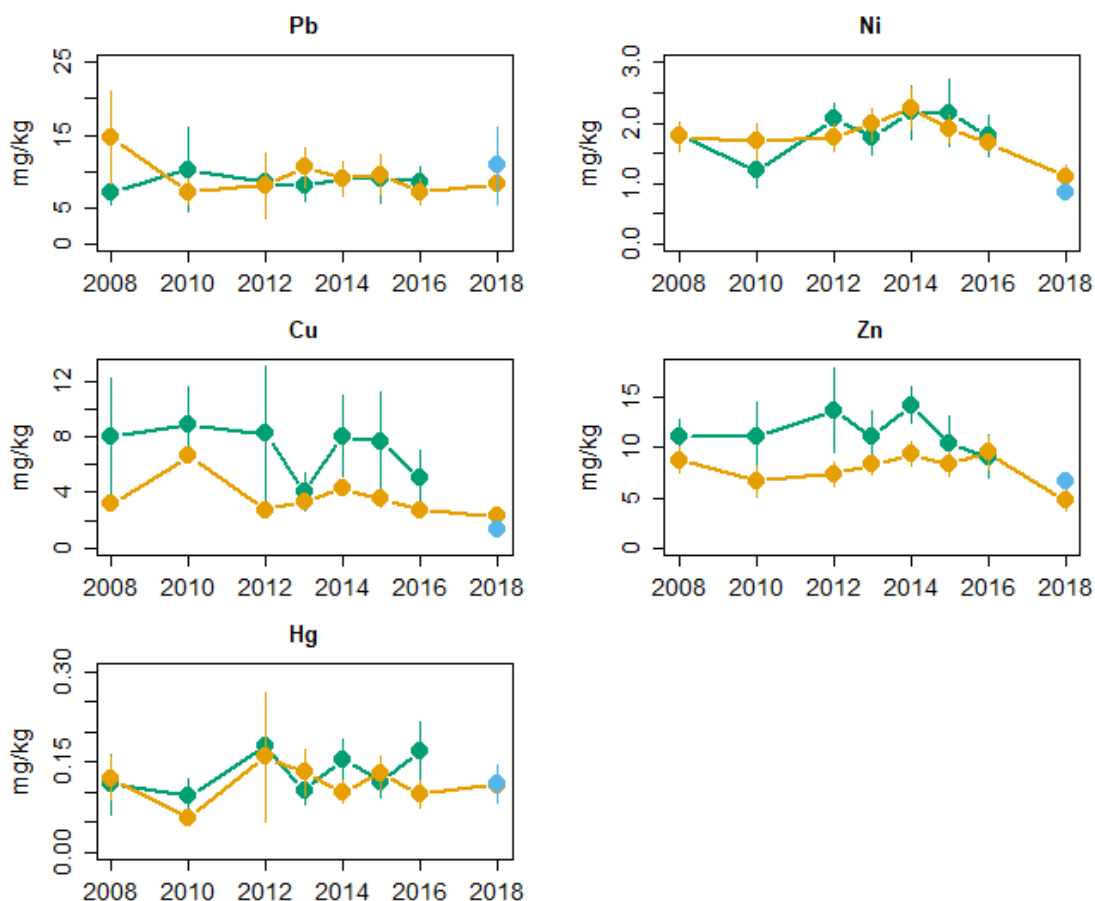
**Tabell 10.** Modellestimater for forskjeller i glødetap, pH, ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), og totalt nitrogen (Kj-N) i humusjord på Gulmyran over tid. Skjæringspunkt er modellens utgangsverdi på år 1 av tids-serien (2008). «År» er den årlige forskjellen mellom 2008 og årene etter. P-verdier: \*\*\* < 0,001, \*\* < 0,01, \* < 0,05.

Jordvariabel	Skjæringspunkt	År	P
Glødetap	93,19	0,32	***
pH	4,47	-0,02	*
Kj-N	1129,57	-6,06	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,26	0,00	



#### 4.5.2. Tungmetaller i humusjord

Både nikkel (Ni) og kobber (Cu) har hatt en signifikant nedgang i humusjord fra Gulmyran fra 2008 til 2018 (se **Figur 14** og **Tabell 11**, og **Vedlegg 10** for grunnlagsdata). Ingen av de andre tungmetallene har endret seg signifikant. Gjennomsnittlig innhold av tungmetallene i humusjord fra den nye lokaliteten Lomstjønnna er på samme nivå som i prøvene fra Gulmyran.



**Figur 14.** Gjennomsnittsverdiene av tungmetallene bly (Pb), nikkel (Ni), sink (Zn) og kvikksølv (Hg) i humusjord på Gulmyran (gul), Aukra (grønn) og Lomstjønnna (blå) fra 2008 til 2018. Punkter viser gjennomsnittsverdier i det respektive året og vertikale streker indikerer 95% konfidensintervaller for det respektive gjennomsnittet (= +/- 2 standardfeil).

**Tabell 11.** Modellestimater for forskjeller i tungmetallene bly (Pb), nikkel (Ni), sink (Zn) og kvikksølv (Hg) i humusjord på Gulmyran over tid. Skjæringspunkt er modellens utgangsverdi på år 1 av tidsserien (2008). «År» er den årlige forskjellen mellom 2008 og årene etter. P-verdier: \*\*\* < 0,001, \*\* < 0,01, \* < 0,05.

Tungmetall	Skjæringspunkt	År	P
Pb	10,41	-0,27	
Ni	2,01	-0,04	*
Cu	5,10	-0,27	***
Zn	8,43	-0,11	
Hg	0,11	0,00	

## 5 Diskusjon og konklusjon

### 5.1 Vegetasjon

Vegetasjonssammensetningen på tuemyrene ved Lomstjønnå og Gulmyran er ganske lik (**Figur 10**), og det ser ut som vi har truffet godt med utvalget av disse feltene. Fastmattevegetasjonen er også nokså lik på begge lokalitetene, men Gulmyran har en artssammensetning som har noe mer næringskrevende arter enn Lomstjønnå. Markfuktighet derimot er relativt lik på begge lokalitetene. På kystlyngheiene er markfuktighet høyere på Gulmyran enn ved Lomstjønnå, og vegetasjonen skiller seg ut ved tilstedeværelse av flere fuktikrevende arter som torvull, heisiv, rome, bjørneskjegg og torvmoser. Vi anbefaler derfor å legge ut et nytt felt på Gulmyran som kan fange opp samme utforming av kystlynghei som ved Lomstjønnå.

### 5.2 Plantefysiologi

Samlet viser de plantefysiologiske målingene noen merkbare lokalitetsforskjeller. Tilfellene hvor det ikke er signifikante lokalitetsforskjeller er imidlertid i flertall. I de tilfeller hvor det er signifikante forskjeller, så er det jevnt over plantene på Lomstjønnå som har høyere verdier enn plantene ved Nyhamna. Unntakene er grønnhet av torvull og innholdet av flavonoler i blåbær og molte som har høyeste verdier ved Nyhamna (**Tabell 2 og 5**). Flavonoler produseres gjerne tidlig i vekstsesongen som en beskyttelse mot sterkt sollys i kombinasjon med lave temperaturer (Bjerke et al. 2018, Mac Arthur & Malthus 2012, Oberbaueri & Starr 2002). Konsentrasjonene av flavonoler går derfor noe ned noen uker etter løvsprett. Klorofyllinnholdet er også noe lavere i starten av vekstsesongen, og når så en topp, gjerne midt i juli. Derfor er ofte blad av arter som blåbær, molte og bjørk synlig lysere tidlig på sesongen enn på høysommeren. At nitrogeninnhold følger samme trend som klorofyllinnhold er som forventet, dette fordi bladenes fotosyntetiske kapasitet er knyttet til nitrogeninnhold (Evans 1989). Det kan også tenkes at den lange tørkeperioden forut for våre undersøkelser påvirket lokalitetene ulikt. Mai 2018 i denne delen av landet var både langt tørrere og langt varmere enn normalen (Grinde et al. 2018), og offentlig tilgjengelig værstatistikk (Rekdal målestasjon, Vestnes) viser at dette tørre været fortsatte et stykke ut i juni fram til oppstarten av våre feltundersøkelser. Fluorescensmålingene ved Nyhamna ble gjort siste dag av lang tørkeperiode, mens regnet kom noen timer før prøvetaking ved Lomstjønnå (egne observasjoner). Dette kan ha bidratt til at to arter viste betydelig høyere fluorescens ved Lomstjønnå enn ved Nyhamna, dvs. at regnet rett i forkant av analysene reduserte bladenes tørkestress såpass mye i disse to artene at det resulterte i lokalitetsforskjeller.

De plantefysiologiske målingene indikerer følgelig at de påviste lokalitetsforskjellene skyldes ulikheter i klima og værforhold med påfølgende effekt på fenologisk utvikling. Målinger supplert med observasjoner i felt tyder på at Nyhamna er sterkere utsatt for kjøleende effekt fra havet. Selv om Harøya ligger lenger ut i havgapet, så er selve lokaliteten ved Lomstjønnå trolig mer beskyttet der den ligger omtrent 1 km fra strandlinja. Ørnehaugen, hvor vi foretok målingene ved Nyhamna, er kun 80 m fra strandlinja. I tillegg er deler av lokaliteten nordvendt. Visuelle observasjoner indikerte at bladutviklingen på Ørnehaugen var kommet noe kortere enn ved Lomstjønnå. Bladene av molte, bjørk, blåbær og blokkebær var noe mindre og lysere og hadde som nevnt ovenfor noe høyere frekvens av gulrøde bladkanter.

At torvull likevel har høyere NDVI-verdi ved Nyhamna kan skyldes at myrene der har vært brukt til torvuttak. Det kan tenkes at torvulla derfor er i kontakt med mineralholdig sigevann samtidig som torvdekket ikke er like vannmettet som ved Lomstjønnå. Begge faktorene kan bidra til raskere vekst. Samtidig var torvulla ved Nyhamna ikke like eksponert som de andre plantene vi målte på. Torvull fant vi i rene bestander kun i forsenkningen sør for Ørnehaugen. Torvulla får derfor noe beskyttelse av haugen mot kalde vinder fra havet. Samme faktor, dvs. forskjeller i historisk torvuttak, kan være årsak til at torvmosen på Lomstjønnå har signifikant høyere grønnhet enn torvmosen ved Nyhamna. Torvmose er som kjent avhengig av fuktighet for å være

produktiv. Den mer intakte torvmarka i Lomstjønna naturreservat kan gi bedre vekstvilkår enn det tynne torvdekket etter torvuttak som man finner ved Nyhamna.

Det er følgelig svært liten grunn til å anta at de plantefysiologiske forskjellene mellom Nyhamna og Lomstjønna er forårsaket av utslipp fra landanlegget. Dog observerte vi noen blader med gulrøde rander ved Nyhamna. Ozoneksponering kan gi misfargede blader, men slik misfarging er gjerne sentrert til hele bladet, ikke bare til kanten. Dessuten observerte vi lignende kantfarge på enkelte blader på Lomstjønna. Vi tolker derfor avvikende bladkantfarge som en tilpasning til sterkt lys kombinert med lave temperaturer (jamfør diskusjon ovenfor). Dette støttes av at to arter, molte og blåbær, hadde signifikant høyere innhold av flavonoler ved Nyhamna (**Tabell 5**). Tørkeperioden som fant sted i forkant av målingene kan også ha spilt inn. Trolig er den sterkt konvekse Ørnehaugen noe mer tørkeutsatt enn den lille forhøyningen ved Lomstjønna hvor vi gjorde målinger på Harøya.

### 5.3 Kjemisk innhold i planter

Siden dette er første analyseåret for Lomstjønna og det ikke ble tatt planteprøver fra Gulmyran i denne analyserunden er det ikke mulig å konkludere noe om påvirkningen fra eventuelle utslipp fra landanlegget. Likevel er det nevneverdig at utgangsverdiene av tungmetaller som er målt i plantevevet ved Lomstjønna er generelt lavere enn de målt på Gulmyran de første analyseårene. Dette gjelder bly, kvikksølv, sink, og til en viss grad kobber, men ikke nikkel, som har en høyere gjennomsnittlig innhold i plantevevet ved Lomstjønna. Innholdet av de andre grunnstoffene er stort sett likt i plantevevet fra begge lokalitetene, men innhold av jern, mangan og Kjeldal nitrogen er lavere, og innhold av magnesium, natrium og strontium er høyere i plantevevet fra Lomstjønna (**Tabell 7**). Høyere innhold av magnesium og natrium ved Lomstjønna skyldes trolig at området er mer eksponert mot avsetning av salter fra havvann under stormepisoder.

### 5.4 Kjemisk innhold i jordvann

#### Ledningsevne

Ledningsevnen til vann er et mål for kapasiteten til vannet til å lede elektrisk strøm. Den er direkte relatert til konsentrasjonen av salter/mineraler som er oppløst i vann, og derfor til totalt oppløste elementer. Mineraler kan avsettes fra luften til myrsystemet og oppløses til positivt ladede ioner og negativt ladede ioner, som leder elektrisitet. Således kan ledningsevnen i jordvann anvendes som et indirekte mål for luftforurensning. Over tid har det vært mye variasjon i ledningsevnen til jordvann fra Gulmyran, og det er ingen signifikant endring over tid (**Figur 11**). Dette skyldes nok at ledningsevnen i vann er svært avhengig av nedbørsmengdene i ukene før prøvetakning. Det er således lite sannsynlig at utslippene fra Ormen Lange prosessanlegg påvirker ledningsevnen i jordvannet. Ledningsevnen til jordvann fra Lomstjønna ligger på omtrent samme nivå som for Gulmyran.

#### pH

Selv om det har også vært variasjon i pH-verdien til jordvann fra Gulmyran, viser parameteren en signifikant nedgang over tid (**Figur 13**). Dette viser en tendens til forsuring av jordvann på Gulmyran. Gjennomsnittlig pH i jordvann fra Lomstjønna er noe lavere enn på Gulmyran.

#### Nitrogen

Nitrogen er det begrensende næringsstoff for plantevekst i flere terrestriske økosystemer. Høy nitrogen-avsetning fører til en økning av næringsstoffer i jord (eutrofiering, gjødsling), økt planteproduktivitet (spesielt gress), jordforsuring og mykorrhizainfeksjon, noe som igjen kan påvirke faunaen (Bobbink et al. 2010). Økt primærproduksjon fører til redusert artsrikhet over tid. Eutrofiering av økosystemene på grunn av luftbåren nitrogen er av FN anerkjent som en av de største truslene mot verdens biologiske mangfold (Millennium Ecosystem Assessment 2005). I dette prosjektet har vi målt ammonium-nitrogen som er den viktigste kilden til nitrogen for plantevekst,

og total nitrogen som er et mål på summen av organisk nitrogen. Endringer i artssammensetning og mengde av plantene er den første parameteren som vil reagere på økt nitrogen avsetning, før økning vil skje i jordvann og jord (Bobbink & Hetteling 2011). Dette er fordi den økte tilgangen av nitrogen vil umiddelbart bli tatt opp i planter for biomasseproduksjon. Når plantene ikke lenger kan ta opp mer nitrogen, vil nitrogen og hydrogen lekke ut til jordsmonnet og jordvannet. Nitrogeninnholdet i jordvann på Gulmyran er generelt lavt, og har hatt en signifikant nedgang over tid (**Figur 11**). Dette indikerer enten en lav produktivitet i økosystemet eller at plantene bruker opp alt tilgjengelig nitrogen. Det er således ingen målbar økning av eutrofiering relatert til utslipp fra bedriften eller fra lekkasje av nitrogen til jordvann fra omkringliggende vegetasjon på det nåværende tidspunkt. Nitrogen innholdet i jordvann ved Lomstjønnå er på omtrent samme nivå som på Gulmyran.

### Tungmetaller

Tungmetaller kan være skadelig for levende organismer. Konsentrasjonene av bly og kobber i jordvann på Gulmyran har hatt en signifikant nedgang siden 2008 (**Figur 12**). Selv om den gjennomsnittlige konsentrasjonen av sink, nikkel og kvikksølv ikke viser en signifikant endring over tid på Gulmyran, er det verdt å nevne at nikkel og kvikksølv likevel økte direkte etter oppstart av prosessanlegget. Man kan således ikke helt se bort ifra at utslippene fra prosessanlegget kan være årsak til at mengden av kvikksølv og nikkel i jordvann fra Gulmyran har økt etter landanleggets oppstart. Selv om denne økningen er noe bekymringsfull, er det beroligende at det ikke finnes noen kumulativ økning over tid.

## 5.5 Kjemisk innhold i humusjord

### pH og nitrogen

Det er en signifikant reduksjon i pH i humusjord på Gulmyran over tid, selv om verdien har gått noe opp igjen etter 2016 (**Figur 13**). En nedgang i pH står i motsetning til resultater fra andre overvåkingsprogram i Norge der pH i jord over en 20 årsperiode stort sett øker fordi langtransportert sur nedbør har avtatt betraktelig, og fordi klimaendringene med et varmere klima fører til en raskere nedbrytning av humus, noe som frigjør næringsemner og hever pH i jord. pH-verdien for humusjord fra Lomstjønnå er på samme nivå som på Gulmyran.

Hverken Kjeldal nitrogen eller ammonium har endret seg signifikant over tid på Gulmyran (**Figur 13**). Det er således ingen indikasjon på at nitrogenutslipp fra Ormen Lange prosessanlegg har ført til en målbar eutrofiering av jordsmonnet. Gjennomsnittlig Kjeldal nitrogen er på omtrent samme nivå som på Gulmyran på den nye lokaliteten Lomstjønnå, mens gjennomsnittlig innhold av ammonium er noe lavere ved Lomstjønnå.

### Tungmetaller

Som for jordvann er konsentrasjonene av tungmetallene i humusjord små, og det har bare vært en signifikant nedgang i nikkel og kobber innholdet i prøvene av humusjord fra Gulmyran (**Figur 14**). Innholdet av de andre tungmetallene har ikke endret seg signifikant over tid. Gjennomsnittlig innhold av tungmetallene i humusjord fra den nye lokaliteten Lomstjønnå er på samme nivå som i prøvene fra Gulmyran.

## 5.6 Hovedkonklusjon

For tuemyr og fastmattemyr viser analysene av vegetasjon en ganske lik artssammensetning ved Lomstjønnå og Gulmyran. Kystlyngheiene er imidlertid noe ulike ved at Lomstjønnå representerer en tørr utforming av naturtypen og Gulmyran en fuktigere utforming. Vi anbefaler derfor å etablere ett nytt felt i et tørrere område på Gulmyran. Analysen av plantekjemien viser at nivået på de fleste grunnstoffene er omtrent lik for Lomstjønnå og Gulmyran. Innholdet av tungmetallene er generelt noe lavere i plantevevsprøver fra Lomstjønnå, som er et bra utgangspunkt for

referanselokaliteten. Det ser således ut til at utvalget av de nye analysefeltene ved Lomstjønnå er representative, og at området er en velegnet referanselokalitet til Gulmyran.

Kjemiske analyser av jordvann og humusjord fra 2008 til 2018 viser små endringer i de overvåkede parametere på lokaliteten Gulmyran, men foreløpig er det liten grunn til å tro at endringer i de fleste av parameterne skyldes utslipp fra Ormen Lange landanlegg. Utslipp av forsurende stoffer kan imidlertid ha bidratt til en svak forsurening av jordhumus og jordvann. Man kan heller ikke se bort fra at utslippene fra prosessanlegget kan ha økt mengden av kvikksølv og nikkel i jordvann etter oppstart, selv om endringene er relativt små og innholdet har holdt seg relativt stabil de siste årene. Det er svært liten grunn til å anta at de plantefysiologiske forskjellene mellom Nyhamna og Lomstjønnå er forårsaket av utslipp av NO<sub>x</sub> og NMVOC og dannelse av ozon ved terminalanlegget.

## 6 Referanser

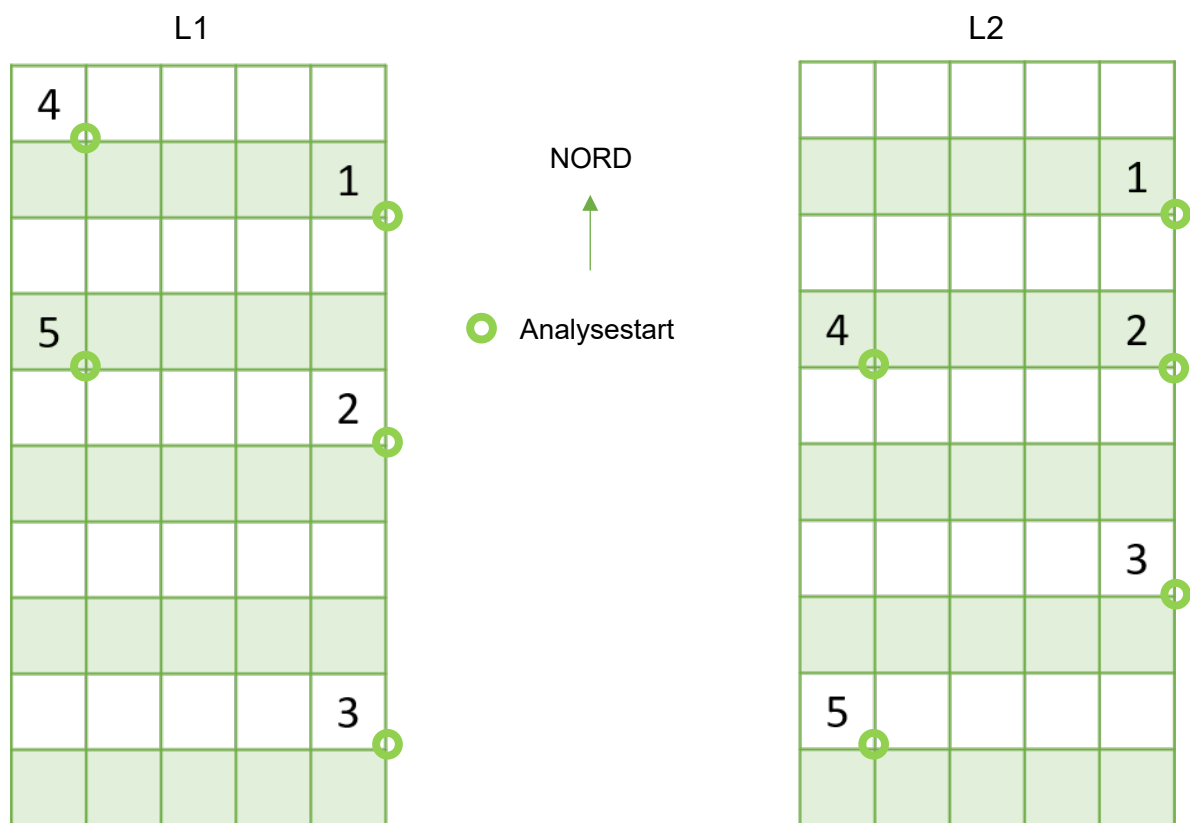
- Austnes, K., Lund, E., Sample, J.E., Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V. & Aas, W. 2018. Overskridelser av tålegrenser for forsuring og nitrogen for Norge. Oppdatering med perioden 2012–2016 NIVA rapport M966-2018. Norsk institutt for vannforskning.
- Bjerke, J.W., Wierzbinski, G., Tømmervik, H., Phoenix, G.K. & Bokhorst, S. 2018. Stress-induced secondary leaves of a boreal deciduous shrub (*Vaccinium myrtillus*) overwinter then regain activity the following growing season. *Nordic Journal of Botany* 36: e01894.
- Bobbink, R. & Hettelingh, J.-P. 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships: Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010. Noordwijkerhout, Coordination Centre for Effects, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM).
- Bobbink, R., Hicks, K., Galloway, J., Spranger, T., Alkemade, R., Ashmore, M., Bustamante, M., Corderby, S., Davidson, E. & Dentener, F. 2010. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological Applications* 20: 30-59.
- Bratli, H., Halvorsen, R., Bryn, A., Arnesen, G., Bendiksen, E., Jordal, J.B., Svalheim, E.J., Vandvik, V., Velle, L.G., Øien, D.-I. & Aarrestad, P.A. 2017. Dokumentasjon av NiN versjon 2.1 tilrettelagt for praktisk naturkartlegging i målestokk 1:5000. – Natur i Norge, Artikkel 8 (versjon 2.1.2): 1–@ (Artsdatabanken, Trondheim; <http://www.artsdatabanken.no>).
- Cerovic, Z.G., Masdoumier, G., Ghazlen, N.B. & Latouche, G. 2012. A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids. *Physiologia plantarum* 146: 251-260.
- DeEll, J.R. & Toivonen, P.M.A. 2003. Practical applications of chlorophyll fluorescence in plant biology. Springer Science+Business Media, LLC, New York.
- Evans, J.R. 1989. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C 3 plants. *Oecologia* 78: 9-19.
- Grinde, L., Kristiansen, S. & Mamen, J. 2018. Været i Norge. Klimatologisk månedsoversikt mai 2018. MET info 05/2018.
- IBM Corp. 2017. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0., Armonk, NY: IBM Corp.
- Jensen, M. 1994. Assessment of lichen vitality by chlorophyll fluorescence parameter Fv/Fm. *Cryptogamic Botany* 4: 187-192.
- Knudsen, S., Traaen, T. & Aarrestad, P.A. 2002. Ilandføringsterminalen for Ormen Lange. Konsekvenser av utslipp til luft. NILU OR 47. Norsk institutt for luftforskning.
- Mac Arthur, A. & Malthus, T. 2012. *Calluna vulgaris* foliar pigments and spectral reflectance modeling. *International journal of remote sensing* 33: 5214-5239.
- McInnes, H., Knudsen, S., Solberg, S., Wathne, B.M., Høgåsen, T., Aarrestad, P.A. & Reitan, O. 2008. Ormen Lange landanlegg. Konsekvenser av utslipp til luft - oppdatering av tidligere rapport. NILU OR 4/2008. Norsk institutt for luftforskning.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystem and human well-being: biodiversity synthesis. World Resources Institute.
- Nybakken, L., Gauslaa, Y. & Solhaug, K.A. 2000. Lys-og varmefølsomhet til brune og bleke populasjoner av bladlaven lungenever *Lobaria pulmonaria*. *Blyttia* 58: 185-191.
- Oberbauer, S.F. & Starr, G. 2002. The role of anthocyanins for photosynthesis of Alaskan arctic evergreens during snowmelt. *Advances in Botanical Research* 37: 129-145.
- Ogner, G., Wickstrøm, T., Remedios, G., Gjelsvik, S., Hensel, G.R., Jacobsen, J.E., Olsen, M., Skretting, E. & Sørli, B. 1999. The chemical analysis program of the Norwegian Forest Research Institute 2000. Norwegian forest research institute, Chemical laboratories.

- R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.
- Aarrestad, P.A. & Bakkestuen, V. 2012. Environmental monitoring program for the Ormen Lange Onshore Processing Plant and the Reserve Power Plant at Nyhamna, Gossa. Vegetation and soil - Annual report 2011. Plant growth studies 2008 - 2011. NINA Mini-report 366. Norsk institutt for naturforskning.
- Aarrestad, P.A. & Bakkestuen, V. 2014. Environmental monitoring program for the Ormen Lange Onshore Processing Plant at Nyhamna, Gossa. Vegetation and soil - annual report 2014. NINA Minirapport 519. Norsk institutt for naturforskning.
- Aarrestad, P.A. & Bakkestuen, V. 2015. Environmental monitoring program for the Ormen Lange Onshore Processing Plant at Nyhamna, Gossa. Vegetation and soil - annual report 2015. NINA Minirapport 596. Norsk institutt for naturforskning.
- Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V. & Myklebost, H.E. 2013. Environmental monitoring program for the Ormen Lange Onshore Processing Plant at Nyhamna, Gossa. Vegetation and soil - annual report 2012. Plant growth of red bog moss and chemical content of soil and soil water 2008 – 2012. NINA Minirapport 440. Norsk institutt for naturforskning.
- Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V. & Myklebost, H.E. 2014. Environmental monitoring program for the Ormen Lange Onshore Processing Plant at Nyhamna, Gossa. Vegetation and soil - annual report 2013. NINA Minirapport 483. Norsk institutt for naturforskning.
- Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V., Stabbetorp, O.E. & Myklebost, H.E. 2011. Miljøovervåkingsprogram for Ormen Lange landanlegg og Reservegasskraftverk på Nyhamna, Gossa. Overvåking av vegetasjon og jord – gjenanalyser og nyetablering av overvåkingsfelter i 2010. NINA Rapport 690. Norsk institutt for naturforskning.
- Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V., Stabbetorp, O.E. & Töpper, J.P. 2017. Miljøovervåkingsprogram for Ormen Lange landanlegg–Nyhamna, Gossa. Overvåking av vegetasjon og jord–endringer fra 2008 til 2016. NINA Rapport 1348. Norsk institutt for naturforskning.
- Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V., Stabbetorp, O.E. & Wilmann, B. 2009. Miljøovervåkingsprogram for Ormen Lange landanlegg. Overvåking av vegetasjon og jord – grunnlagsundersøkelse 2008. NINA Rapport 440. Norsk institutt for naturforskning.
- Aarrestad, P.A., Bjerke, J.W., Tømmervik, H., Bakkestuen, V., Hagen, D. & Wilmann, B. 2008. StatoilHydros miljøovervåkingsprogram for Snøhvit. Overvåking av vegetasjon og jord–gjenanalyser 2008. NINA Rapport 421. Norsk institutt for naturforskning.
- Aas, W., Hjelbrekke, A.-G., Fagerli, H. & Benedictow, A. 2017. Deposition of major inorganic compounds in Norway 2012-2016 8242529159. NILU – Norwegian Institute for Air Research.

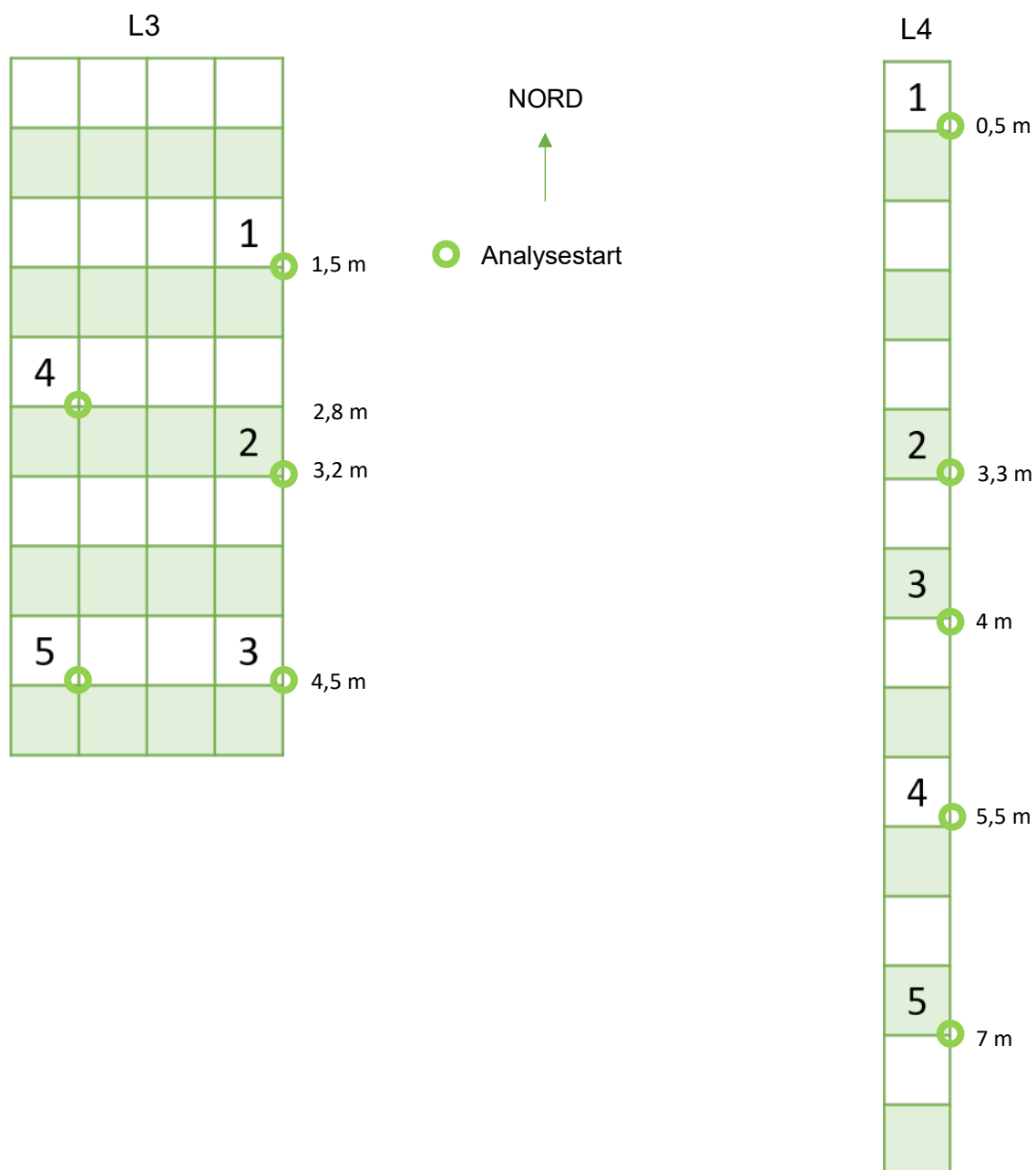


## 7 Vedlegg

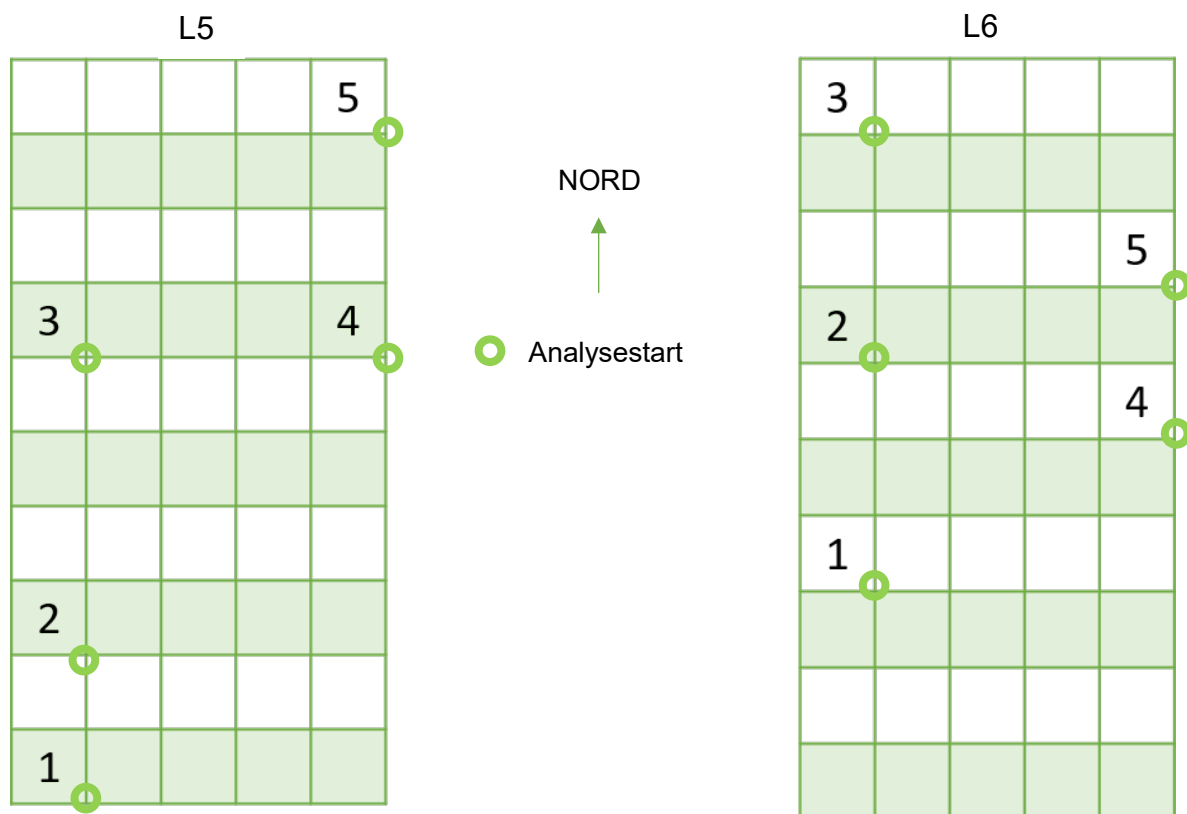
**Vedlegg 1.** Feltoppsett L1 & L2. Atlantisk høymyr – tue. Alle feltene ble lagt fra nord mot sør. En rute er 0,5 x 0,5 m.



**Vedlegg 2.** Feltoppsett L3 & L4. Atlantisk høymyr – Fastmatte. Alle feltene ble lagt fra nord mot sør. En rute er 0,5 x 0,5 m.



**Vedlegg 3.** Feltoppsett L5 & L6. Kystlynghei. Alle feltene ble lagt fra nord mot sør. En rute er 0,5 x 0,5 m



**Vedlegg 4.** Artsliste for fastmattemyr, kystlynghei og tuemyr på Gulmyran (Gul) og Lomstjønnna (Lom). «✓» betyr at arten er tilstede.

Vitenskapelig navn	NorskNavn	Fastmattemyr		Kystlynghei		Tuemyr	
		Gul	Lom	Gul	Lom	Gul	Lom
<i>Andromeda polifolia</i>	Hvitlyng	✓	✓	✓		✓	✓
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Melbær				✓		
<i>Arctous alpinus</i>	Rypebær			✓			
<i>Betula nana</i>	Dvergbjørk	✓	✓	✓		✓	✓
<i>Calluna vulgaris</i>	Røsslyng	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Empetrum nigrum</i>	Krekling		✓	✓	✓	✓	✓
<i>Erica tetralix</i>	Klokkelyng	✓	✓	✓	✓		✓
<i>Juniperus communis</i>	Einer				✓		
<i>Myrica gale</i>	Pors	✓					
<i>Oxycoccus palustris</i>	Stortranebær		✓				
<i>Sorbus aucuparia</i>	Rogn				✓		
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Blåbær				✓		
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Tyttebær			✓	✓		
<i>Dactylorhiza maculata</i>	Flekkmarihand			✓			
<i>Drosera longifolia</i>	Smalsoldogg	✓	✓				
<i>Drosera rotundifolia</i>	Rundsoldogg	✓	✓				
<i>Narthecium ossifragum</i>	Rome	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Pinguicula vulgaris</i>	Tettegras	✓					
<i>Potentilla erecta</i>	Tepperot				✓		
<i>Rubus chamaemorus</i>	Molte	✓	✓		✓	✓	✓
<i>Solidago virgaurea</i>	Gullris				✓		
<i>Trientalis europaea</i>	Skogstjerne				✓		
<i>Agrostis capillaris</i>	Engkvein				✓		
<i>Avenella flexuosa</i>	Smyle				✓		
<i>Carex limosa</i>	Dystarr	✓					
<i>Carex nigra</i> var. <i>nigra</i>	Vanleg slåttestarr			✓	✓		
<i>Carex vaginata</i>	Slirestarr				✓		
<i>Eriophorum angustifolium</i>	Duskull	✓	✓	✓		✓	
<i>Eriophorum vaginatum</i>	Torvull	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Juncus squarrosus</i>	Heisiv			✓			
<i>Trichophorum cespitosum</i>	Bjørneskjegg	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Dicranum scoparium</i>	Ribbesigd			✓	✓	✓	
<i>Dicranum</i> spp.	Sigdmose		✓			✓	✓
<i>Dicranum undulatum</i>	Sveltsigd			✓			
<i>Hylocomium splendens</i>	Etasjemose			✓	✓	✓	✓
<i>Hypnum jutlandicum</i>	Heiflette			✓	✓	✓	✓
<i>Plagiothecium undulatum</i>	Kystjamnemos				✓		
<i>Pleurozium schreberi</i>	Furumose		✓	✓	✓	✓	✓
<i>Polytrichum</i> spp.	Bjørnemos				✓		
<i>Racomitrium lanuginosum</i>	Heigråmose	✓	✓	✓	✓	✓	✓

<i>Rhytidiadelphus loreus</i>	Kystkransmose		√	√	√	√
<i>Sphagnum affine</i>	Gulltorvmose		√			
<i>Sphagnum austinii</i>	Kysttorvmose	√		√		
<i>Sphagnum capillifolium</i>	Furutorvmose	√	√	√		√
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	Vasstorvmose	√	√			
<i>Sphagnum magellanicum</i>	Kjøtt-torvmose	√	√			
<i>Sphagnum palustre</i>	Sumptorvmose	√				
<i>Sphagnum papillosum</i>	Vortetorvmose	√	√	√		
<i>Sphagnum rubellum</i>	Rødtorvmose		√			
<i>Sphagnum strictum</i>	Heitorvmose	√		√		
<i>Sphagnum tenellum</i>	Dvergtorvmose	√	√	√		
<i>Anastrophyllum minutum</i>	Tråddraugmose			√		
<i>Barbilophozia attenuata</i>	Piskskjeggmoser			√		
<i>Barbilophozia floerkei</i>	Lyngskjeggmoser			√	√	
<i>Calypogeia azurea</i>	Blåflak			√		
<i>Calypogeia sphagnicola</i>	Sveltflak		√			
<i>Calypogeia</i> spp.	Flakmoseslekta				√	
<i>Cephalozia bicuspidata</i>	Broddglefsemose		√			
<i>Cephalozia lunulifolia</i>	Myrglefsemose	√				
<i>Cephalozia</i> spp.	Glefsemoseslekta	√				
<i>Cephaloziella rubella</i>	Rødpistremose	√				
<i>Cladopodiella fluitans</i>	Myrsnutemose	√				
<i>Diplophyllum albicans</i>	Stripefoldmose	√		√		
<i>Frullania</i> spp.	Blæremose					√
<i>Gymnocolea inflata</i>	Torvdymose	√				
<i>Kurzia pauciflora</i>	Sveltfingeremose	√	√			
<i>Lophozia obtusa</i>	Buttflik			√		
<i>Mylia anomala</i>	Myrmuslingmose		√			
<i>Mylia taylorii</i>	Rødmuslingmose	√	√			
<i>Odontoschisma elongatum</i>	Myrskovlmose	√		√		
<i>Odontoschisma sphagni</i>	Sveltskovlmose		√			
<i>Odontoschisma</i> spp.	Skovlmoseslekta					√
<i>Ptilidium ciliare</i>	Bakkefrynse	√		√		√
<i>Riccardia latifrons</i>	Sveltsaftmose	√				
<i>Cladonia arbuscula</i> coll.	Lys reinlav/Fjellreinlav	√	√	√	√	√
<i>Cladonia chlorophaea</i> coll.	Pulverbrunbeger			√		√
<i>Cladonia furcata</i>	Gaffellav			√		
<i>Cladonia gracilis</i>	Syllav	√		√		√
<i>Cladonia rangiferina</i>	Grå reinlav		√		√	√
<i>Cladonia</i> spp.	Begerlav				√	
<i>Cladonia stellaris</i>	Kvitkrull				√	
<i>Cladonia sulphurina</i>	Fausklav					√
<i>Cladonia uncialis</i>	Pigglav	√		√	√	√

**Vedlegg 5.** Plantekjemivariablene i plantevev på Lømsjøen. Plantevev av mosene *Racomitrium* (R1-5) og *Sphagnum* (S1-5), og lav *Cladonia* (C1-5).

Prøvenummer	Næringsvariabel (mmol/kg)									
	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Kj-N	Na	P	S
<b>R1</b>	3,87	17,5	1,58	28,4	59,1	0,04	253	25,02	6,8	9,95
<b>R2</b>	6,81	19,8	2,77	21,0	60,0	0,08	231	27,11	6,2	11,54
<b>R3</b>	4,99	19,9	2,00	22,8	63,3	0,05	226	23,99	5,3	10,31
<b>R4</b>	4,37	18,7	1,98	26,8	64,0	0,05	250	23,25	6,5	10,75
<b>R5</b>	5,49	18,6	2,05	16,7	57,7	0,05	227	26,25	3,6	10,47
<b>S1</b>	9,64	54,0	1,86	76,6	111,9	0,48	345	75,68	9,9	24,48
<b>S2</b>	11,26	46,6	2,26	87,2	133,3	0,23	334	71,48	9,1	26,70
<b>S3</b>	7,92	51,9	1,53	85,8	108,9	0,67	380	88,97	9,5	28,34
<b>S4</b>	9,55	48,5	2,28	71,2	108,8	0,54	380	79,78	10,1	27,26
<b>S5</b>	8,08	47,0	1,71	78,8	129,0	0,76	353	81,17	8,8	25,80
<b>C1</b>	3,28	16,2	1,20	22,3	31,1	0,13	231	15,12	7,9	12,08
<b>C2</b>	4,63	15,4	1,76	22,0	32,1	0,23	308	16,95	8,6	13,86
<b>C3</b>	4,04	14,8	1,44	20,5	31,0	0,31	259	13,51	6,5	11,51
<b>C4</b>	4,62	12,4	1,47	20,6	29,8	0,13	233	16,95	7,9	11,80
<b>C5</b>	4,94	12,7	1,69	20,8	31,2	0,20	245	17,73	6,9	13,74

Prøvenummer	Næringsvariabel (µmol/kg)									
	B	Ba	Cr	Cu	Ni	Pb	Sr	Ti	V	Zn
<b>R1</b>	145	7	32	40	11	38	131	158	9	131
<b>R2</b>	200	15	32	50	15	45	166	307	18	97
<b>R3</b>	146	11	20	37	10	46	156	220	11	105
<b>R4</b>	135	11	17	40	9	20	153	221	11	124
<b>R5</b>	155	10	17	37	9	23	148	215	11	86
<b>S1</b>	257	34	12	30	7	2	221	184	9	209
<b>S2</b>	278	24	12	32	8	23	301	192	8	186
<b>S3</b>	274	34	10	139	14	2	202	140	7	204
<b>S4</b>	259	35	9	37	8	3	227	264	10	183
<b>S5</b>	214	22	7	34	6	2	229	172	7	136
<b>C1</b>	152	11	6	22	3	2	78	156	5	185
<b>C2</b>	176	11	14	30	7	6	82	229	8	240
<b>C3</b>	120	11	9	33	5	6	69	198	8	173
<b>C4</b>	123	11	7	36	8	2	64	198	7	202
<b>C5</b>	129	8	7	23	3	3	71	205	7	170

**Vedlegg 6.** Vannkjemivariablene ledningsevne, pH, total nitrogen og ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) for Gulmyran (G1-15) og Lomstjønnna (L1-15).

Prøvenummer	Ledningsevne pH Total nitrogen NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			
	µS/cm		mg/l	mg/l
G1	54,6	5,61	0,2	0,17
G2	54,3	4,79	0,19	0,17
G3	82	4,62	0,28	0,17
G4	83,4	4,5	0,35	0,19
G5	91,9	4,47	0,39	0,21
G6	99,2	4,5	0,31	0,17
G7	96,6	4,34	0,4	0,17
G8	86,8	4,51	0,28	0,12
G9	84,4	4,52	0,22	0,07
G10	92,2	4,5	0,25	0,09
G11	86,4	4,48	0,26	0,11
G12	96,2	4,52	0,37	0,19
G13	92,6	4,43	0,39	0,16
G14	92,7	4,44	0,53	0,2
G15	77,6	4,57	0,27	0,19
L1	66,8	4,69	0,14	0,13
L2	68,8	4,85	0,22	0,11
L3	86	4,38	0,38	0,11
L4	86,3	4,38	0,35	0,13
L5	106,3	4,26	0,34	0,11
L6	95,9	4,36	0,39	0,19
L7	105,8	4,36	0,31	0,09
L8	96,2	4,35	0,31	0,09
L9	89,8	4,31	0,28	0,08
L10	104,6	4,4	0,43	0,11
L11	84,6	4,35	0,31	0,06
L12	107,2	4,29	0,33	0,05
L13	100,3	4,34	0,39	0,09
L14	91,7	4,4	0,36	0,18
L15	77,4	4,47	0,28	0,13

**Vedlegg 7.** Jordkjemivariablene glødetap, pH, total nitrogen (Kj-N), ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) og nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) for Gulmyran (G1-15) og Lomstjønnå (L1-15). Tallene i skråskrift er verdier som er under deteksjonsgrensen.

Prøvenummer	Glødetap %	pH	Kj-N mmol/kg	$\text{NH}_4^+$ mmol/kg	$\text{NO}_3^-$ mmol/kg
G1	97,1	4,51	1113	1,18	0,81
G2	96,2	3,99	1258	1,14	1,75
G3	97,1	4,46	1030	1,78	0,2
G4	96,7	4,48	1025	1,86	2,03
G5	96,8	4,35	1010	1,27	2,54
G6	97,1	4,41	1006	1,09	0,13
G7	96,4	4,21	1072	0,8	0,17
G8	95,6	4,52	1166	1,52	0,09
G9	96,6	4,21	1149	3,17	0,1
G10	96,3	4,34	1219	3,22	0,14
G11	96,6	4,44	1124	1,77	0,09
G12	96,7	4,26	998	1,15	0,14
G13	94,7	4,34	972	1,02	0,1
G14	96,7	4,5	716	0,94	0,16
G15	96,5	4,53	1011	0,8	0,13
L1	97,4	4,48	1024	1,56	0,15
L2	97,5	4,33	1198	0,97	0,16
L3	96,9	4,45	1075	0,71	0,12
L4	96,8	4,40	934	0,88	0,15
L5	97,3	4,37	796	1,23	0,15
L6	97,3	4,26	1110	0,93	0,13
L7	96,9	4,37	1037	0,69	0,11
L8	97,5	4,36	1120	0,81	0,14
L9	97,6	4,38	1159	1,09	0,13
L10	96,6	4,34	1182	0,81	0,14
L11	96,9	4,42	998	0,69	0,11
L12	96,8	4,30	1133	1,20	0,14
L13	97,2	4,41	1240	0,70	0,10
L14	97,3	4,50	1151	0,69	0,11
L15	97,3	4,46	1128	1,71	0,13



**Vedlegg 8.** Tungmetaller nikkel (Ni), kobber (Cu), sink (Zn), bly (Pb) og kvikksølv (Hg) i plantevev fra Lønstjønnna. Plantevev av mosene *Racomitrium* (R1-5) og *Sphagnum* (S1-5), og lav *Cladonia* (C1-5).

Prøvenummer	Tungmetall (mg/kg)				
	Ni	Cu	Zn	Pb	Hg
R1	0,22	1,74	8,19	0,28	0,03
R2	0,27	0,91	3,17	0,73	0,09
R3	0,18	1,82	10,17	0,29	0,04
R4	0,19	1,05	5,74	0,37	0,03
R5	0,22	1,07	5,38	0,36	0,02
S1	0,32	1,63	12,54	0,31	0,02
S2	0,24	1,40	7,93	0,59	0,02
S3	0,36	1,05	28,83	0,37	0,02
S4	0,45	2,20	10,59	0,58	0,03
S5	0,48	1,35	9,98	0,32	0,02
C1	0,11	0,75	6,75	0,19	0,03
C2	0,12	0,59	7,86	0,32	0,02
C3	0,18	1,55	13,47	0,33	0,03
C4	0,15	0,84	11,45	0,30	0,02
C5	0,17	0,91	10,90	0,33	0,03

**Vedlegg 9.** Tungmetaller nikkel (Ni), kobber (Cu), sink (Zn), bly (Pb) og kvikksølv (Hg) i vannprøver fra Gulmyran (G1-G10) og Lønstjønnna (L1-L10). Negative tall betyr at nivået var under deteksjonsgrensen.

Prøvenummer	Tungmetall (ng/ml)				
	Ni	Cu	Zn	Pb	Hg
G1	0,04	0,15	0,94	0,12	3,39
G2	0,09	0,09	1,10	0,10	2,60
G3	0,10	0,08	2,54	0,26	22,64
G4	0,29	0,09	2,12	0,29	9,40
G5	0,11	0,11	2,31	0,31	9,82
G6	0,08	0,09	2,23	0,25	9,46
G7	0,05	0,14	2,81	0,41	11,50
G8	0,23	0,09	1,52	0,26	9,63
G9	0,19	0,11	1,57	0,32	7,86
G10	0,24	0,07	1,67	0,24	5,80
L1	-0,04	0,03	0,99	0,01	2,48
L2	-0,01	0,18	2,34	0,04	2,72
L3	0,17	4,34	4,98	0,51	24,25
L4	0,18	0,06	1,17	0,27	31,30
L5	0,21	0,07	1,58	0,58	12,28
L6	0,09	0,01	0,91	0,25	10,65
L7	0,16	0,08	1,21	0,25	14,97
L8	0,11	0,02	1,04	0,26	7,37
L9	0,13	0,06	1,13	0,32	9,19
L10	0,20	0,10	1,52	0,19	10,40

**Vedlegg 10.** Tungmetaller nikkel (Ni), kobber (Cu), sink (Zn), bly (Pb) og kvikksølv (Hg) i jordprøver fra Gulmyran (G1-G10) og Lomstjønnå (L1-L10).

Prøvenummer	Tungmetall (mg/kg)				
	Ni	Cu	Zn	Pb	Hg
<b>G1</b>	0,84	2,15	3,08	7,60	0,10
<b>G2</b>	1,44	2,15	7,44	10,21	0,18
<b>G3</b>	1,01	2,62	4,54	5,98	0,10
<b>G4</b>	0,99	1,56	3,68	3,51	0,07
<b>G5</b>	1,08	2,27	5,54	11,24	0,18
<b>G6</b>	1,35	2,84	7,00	13,26	0,14
<b>G7</b>	1,43	2,93	6,79	9,94	0,11
<b>G8</b>	0,72	1,81	2,68	6,67	0,07
<b>G9</b>	0,58	0,99	1,64	4,07	0,09
<b>G10</b>	1,69	3,82	4,55	9,20	0,09
<b>L1</b>	0,50	1,09	4,64	5,60	0,09
<b>L2</b>	0,90	1,55	7,39	8,53	0,12
<b>L3</b>	0,51	0,78	7,78	3,81	0,07
<b>L4</b>	0,80	1,33	7,24	15,81	0,23
<b>L5</b>	1,03	1,34	8,18	23,96	0,21
<b>L6</b>	0,72	1,25	6,53	3,41	0,10
<b>L7</b>	1,30	1,18	5,79	3,42	0,07
<b>L8</b>	0,92	1,41	6,72	33,39	0,08
<b>L9</b>	0,76	1,47	5,22	4,06	0,07
<b>L10</b>	1,03	1,72	7,56	5,39	0,12



*Norsk institutt for naturforskning, NINA, er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur–samfunn.*

*NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driver NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskningsstasjonen for vill laksefisk på lms i Rogaland.*

*NINAs virksomhet omfatter både forskning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.*

ISSN:1504-3312  
ISBN: 978-82-426-3357-6

## Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: [firmapost@nina.no](mailto:firmapost@nina.no)

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger