

376

OPPDRA GSMELDING

Miljøovervåking Tjeldbergodden
Etablering av overvåkingsprogram
1993-1994

Jørn Thomassen (red.)



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Miljøovervåking Tjeldbergodden
Etablering av overvåkingsprogram
1993-1994

Jørn Thomassen (red.)

NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding

NIKU Oppdragsmelding

Det er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befæringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset, normalt 50-100.

Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "allmennheten" eller særskilte grupper, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Thomassen, J. (red.) 1995. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Etablering av overvåkingsprogram 1993-1994. - NINA Oppdragsmelding 376: 1-20

Trondheim, desember 1995

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-0656-0

Forvaltningsområde:

Norsk: Naturovervåking

Engelsk: Environmental monitoring

Rettighetshaver ©:

Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning (NINA•NIKU)

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon: Jørn Thomassen, NINA

Opplag: 150

Kontaktadresse:

NINA•NIKU

Tungasletta 2

7005 Trondheim

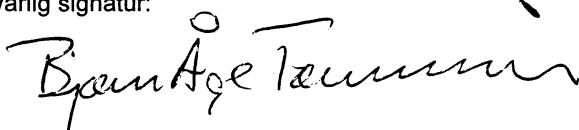
Tlf: 73 58 05 00

Fax: 73 91 54 33

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 16951 Miljøovervåking Tjeldbergodden

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver: Statoil

Referat

Thomassen, J. (red.) 1995. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Etablering av overvåkingsprogram 1993-1994.
- NINA Oppdragsmelding 376: 1-20

I forbindelse med at Statoil etablerer et industrianlegg på Tjeldbergodden i Aure kommune, er det foretatt grunnlagsundersøkelser for å dokumentere miljøtilstanden før anlegget settes i drift og legge grunnlaget for overvåking i driftsfasen. Hensikten med en miljøovervåking er å kunne oppdage eventuelle negative konsekvenser av en industriaktivitet på de terrestriske og akvatiske naturmiljøene. Et overvåkingsprogram er basert på gjentatte oppfølgende undersøkelser i driftsfasen for industrianlegget. Det er definert fem faglige delprosjekter i overvåkingsprogrammet. De viktigste resultatene fra grunnlagsundersøkelsene er:

1. *Luftkvalitet og spredningsforhold.* Målinger fra mai 1993 til april 1994 viser at luftkvaliteten på Tjeldbergodden er dominert av langtransportert luftforurensning. Luftkvaliteten skiller seg følgelig ikke ut fra tilsvarende steder på Nordvestlandet. Konsentrasjonen av ozon er høy og over SFTs anbefalte luftkvalitetskriterie for timemiddel. Konsentrasjonen av nitrogen- og svovelkomponenter er lav. Spredningsforholdene på Tjeldbergodden er generelt gode. Avsetningen av nitrogen- og svovelforbindelser er målt på fire steder fra mai 1993, og er som forventet lavere enn lenger sør på Vestlandet. Avsetningen av tungmetaller ved nedbør er også som forventet lavt.
2. *Kjemi og biologi i ferskvann.* Et stasjonsnett på 34 innsjøer for registrering av vannkvalitet er etablert. På to hovedlokaliteter og en referanselokalitet registreres vannkjemien mer detaljert med prøver hver 14. dag i undersøkelsesperioden. Området er lite påvirket av langtransportert, forsurende forurensning. Biologiske inventeringer i hoved- og referanselokalitetene har påvist en rekke forsurningsfølsomme arter i flere samfunn. Økosystemene i ferskvann synes lite eller ikke påvirket av forsuring.
3. *Vegetasjon, jord og jordvann.* 30 faste analyseruter for overvåking av vegetasjon og humus ble i 1993 lagt ut og analysert 2-3 km fra industriområdet på Tjeldbergodden, mens tilsvarende 30 ruter i 1994 ble lagt ut og analysert ved Terningvatn ca 40 km NØ for Tjeldbergodden. Analysene er lagt i de viktigste utformingene av furuskog i kystområdene. De to datasettene à 30 analyseruter fanger tilsammen opp variasjonen i furuskog fra grunnlendte knauser av røsslyng-blokkebærtype til blåbærtype med innslag av gras og urter. Vegetasjonstypene gjenspeiler bl.a. en fuktighetsgradient. Humusen har lav pH, høyt glødetap og varierende basemetning. Direkte gradientanalyse viser at total-nitrogen er den viktigste strukturerende kjemiske parameter, etterfulgt av kalsium og kationkapasiteten.

Kjemiske analyser av jord og jordvann viser et innhold som forventet for norsk skogsjord i områder med næringsfattige, harde bergarter, fuktig klima og liten påvirkning av luftforurensning. Nitrogenkonsentrasjonen i jordvannet var lav, og et nedfall av nitrogen fra metanolanlegget vil sannsynligvis bli utnyttet av

plantene. Innholdet av sjøsalt i jordvannet er høyere på Tjeldbergodden enn på Terningvatn.

4. *Fauna og næringskjeder.* Undersøkelser på fauna og næringskjeder har i hovedsak konsentrert seg om metallinnholdet terrestriske næringskjeder. Resultatene viser at området i liten grad er påvirket av metallforurensning, både langtransportert og forurensning fra mer lokale/regionale kilder. Det ble funnet høye forekomster av kvikksølv i både planter og dyr, noe som antas å ha naturlige forklaringer.
5. *Epifyttvegetasjonen.* Området har en frodig og artsrik epifyttvegetasjon som viser liten omfang av morfologisk skade. Dette tyder på liten generell forurensningsbelastning i området. Analysene av klorofyllkonsentrasjon samt svovel- og nitrogeninnhold i kvistlav ga også lave verdier. pH og konsentrasjonen av sjøsalt-grunnstoff i bjørkenever er høy i området, sammenliknet med verdier fra innlandslokaliteter.

Samlet gir undersøkelsene et bilde av før-situasjonen og dermed en basis for et framtidig miljøovervåkingsprogram. Undersøkelsene viser videre at eksisterende forurensningsbelastning er lav og som forventet for området.

Emneord: Miljøovervåking, grunnlagsundersøkelser, industribygging, luftforurensning, økologiske effekter.

Jørn Thomassen, Norsk institutt for naturforskning, Tunga-sletta 2, 7005 Trondheim.

Abstract

Thomassen, J. (red.) 1995. Environmental monitoring Tjeldbergodden - Environmental baseline studies - 1993-94. - NINA Oppdragsmelding 376: 1-20.

In connection with the industrial development by Statoil at Tjeldbergodden, Aure municipality, environmental baseline studies have been carried out in order to document the environmental situation prior to the establishment of the industrial plant. The baseline studies will form the basis for an environmental monitoring in the production phase of the plant. A monitoring programme has the aim to detect possible negative consequences from an industrial plant on terrestrial and aquatic ecosystems. A monitoring programme is based on repeated investigations in the production phase of the plant. To cover the different main aspects five projects have been carried out:

1. *Air quality and chemical composition of precipitation.*

The air quality and dispersion were measured at Tjeldbergodden from May 1993 to April 1994. The area is dominated by long-range transport of air pollutants and has normally good dispersion conditions. The air pollution at Tjeldbergodden does not differ from other similar places at the north west coast of Norway. The ozone concentrations are high and exceeds SFT air quality guidelines for hourly means. The concentrations of sulphur and nitrogen compounds in air are low with a deposition lower than further south, but as expected. The deposition of heavy metals by precipitation were as expected low.

2. *Freshwater chemistry and biology.* Freshwater chemistry and biology has established a network of 34 locations for water quality survey, following the methodology of the lake survey in Norway's national survey program for long-range pollutants. In two main survey stations and one reference station (outside the influence area) water chemistry has been analysed fortnightly in the investigation period. The area is only to a small extent affected by acidifying long-range transported pollutants. In the main survey and reference stations, biological surveys have established the presence of a series of indicator species sensitive to acidification. All over the freshwater ecosystems seem healthy.

3. *Vegetation, soil and soil water.* Thirty permanent plots were laid out 2-3 km E of Tjeldbergodden in 1993 and investigated for humus and vegetation, while 30 similar plots were in 1994 laid out and investigated at Terningvatn approximately 40 km NE of Tjeldbergodden. The 60 plots together cover the full variation found in the coastal pine forests here, from open, low-growing stands on very shallow soils to stands of medium productivity and dominance of bilberry in the field layer intermixed with some herbs. These types of forest partly reflect a humidity gradient. The humus has a low pH, a high loss on ignition and varying base saturation. Direct gradient analysis shows that total nitrogen is the chemical factor which has most bearing on the structure of the vegetation, followed by calcium and cation exchange capacity.

The composition of soil and soil water are as expected considering the given climate and geographical position

with generally low air pollution. Soil water from Tjeldbergodden and Terningvatn was in general low in nitrogen concentration. Higher deposition of nitrogen to the terrestrial ecosystem will probably be utilised by plants. At Tjeldbergodden soil water is more affected by sea salts than at Terningvatn.

4. *Fauna and food chains.* The investigations have mainly been concentrated on the metal content in terrestrial food chains. Concerning long-range transported air pollution and pollution from more local sources the area is only to a small extent affected by metal pollution. A high occurrence of mercury was found in plants and animals, which is supposed to have a natural explanation.

5. *Epiphytic species.* The area is characterised by a partly luxuriant and species rich epiphytic vegetation which together with low proportion of morphological damage indicates low air pollution in the area. The analyses of chlorophyll, sulphur and nitrogen concentrations in *H. physodes* also revealed low values. pH of birch bark and the concentrations of sea salt were high, compared to inland sites.

In conclusion, a basis for an environmental monitoring programme has been established. Further, the existing pollution on the investigation sites is low and as expected for the area.

Key words: Environmental monitoring, environmental baseline studies, industrial development, air pollution, ecological effects.

Jørn Thomassen, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim, Norway.

Forord

Statoil holder på med en større industriutbygging på Tjeldbergodden, med ilandførings- og mottaksanlegg for gass fra Haltenbanken og etablering av anlegg for produksjon av metanol og luftgasser. Før anlegget kommer i drift, skal det gjennomføres en grunnlagsundersøkelse for naturmiljøet i tilknytning til anleggene.

På oppdrag fra Statoil startet 4Ni-gruppen vår/sommer 1993 referanseundersøkelser i området, gjennom etablering av undersøkelseslokaliteter for ferskvann, jord og vegetasjon, fauna og næringskjeder samt målinger av luft- og nedbørskvalitet. Undersøkelsene startet før igangsettelse av anleggsarbeidet. Sommeren 1994 ble i tillegg referanseundersøkelser for epifyttvegetasjon startet.

Sommeren 1995 ble ytterligere ett overvåkingsområde på Havmyran, Hitra, inkludert i grunnlagsundersøkelsene. Undersøkelsene her vil fokusere på vegetasjon (ombrotrof myr og epifytter). Resultatene fra Havmyran vil bli rapportert i egen rapport i 1996.

Denne rapporten oppsummerer grunnlagsundersøkelsene i perioden 1993-1994.

Trondheim, desember 1995

Jørn Thomassen
koordinator 4Ni-gruppen

Innhold

Referat.....	3
Abstract	4
Forord	5
Innhold	5
1 Innledning	6
2 Miljøovervåkingens oppbygging	8
2.1 Overvåkingsområder.....	8
2.2 Etablering av overvåkingsprogrammet.....	8
2.3 Luftkvalitet og nedbørskvalitet	8
2.4 Kjemi og biologi i ferskvann	9
2.5 Jord og vegetasjon.....	9
2.6 Fauna og næringskjeder	9
2.7 Epifyttvegetasjon.....	9
2.8 Samlet bilde av grunnlagsundersøkelsene	9
3 Resultater fra undersøkelsene	10
3.1 Måling av meteorologi, luftkvalitet og nedbørskvalitet.....	10
3.1.1 Måleprogram og lokalisering	10
3.1.2 Resultater	10
3.2 Kjemi og biologi i ferskvann	12
3.2.1 Måleprogram og lokalisering	12
3.2.2 Resultater	12
3.3 Vegetasjon	14
3.3.1 Måleprogram og lokalisering	14
3.3.2 Resultater	14
3.4 Jord og jordvann	16
3.4.1 Måleprogram og lokalisering	16
3.4.2 Resultater.....	16
3.5 Fauna og næringskjeder	16
3.5.1 Måleprogram og lokalisering	16
3.5.2 Resultater	17
3.6 Epifyttvegetasjon.....	17
3.6.1 Måleprogram og lokalisering	17
3.6.2 Resultater	17
3.7 Grunnlagsundersøkelsene og videre miljøovervåking	19
3.7.1 Gjennomføring av miljøovervåkingen	19
Litteratur	20

1 Innledning

I forbindelse med utbyggingen av industrianleggene på Tjeldbergodden, har Statoil satt igang grunnlagsundersøkelser for naturmiljøet. Deler av dette programmet (se Thomassen & Fremstad 1993) er lagt til 4Ni-gruppen, med Norsk institutt for naturforskning (NINA) som koordinerende institutt. Statoils opplegg for grunnlagsundersøkelsene på Tjeldbergodden er i utgangspunktet tenkt harmonisert med samme metodikk som i andre nasjonale overvåkings- og forskningsprogrammer: "Statlig program for forurensningsovervåking", "Program for terrestrisk naturovervåking (TOV)" og "Naturens tålegrenser". Undersøkelsesopplegget fra 4Ni-gruppen er derfor i lagt opp etter samme innsamlings- og analysemetodikk som benyttes i disse programmene. Enkelte justeringer har av ulike årsaker likevel vært nødvendige.

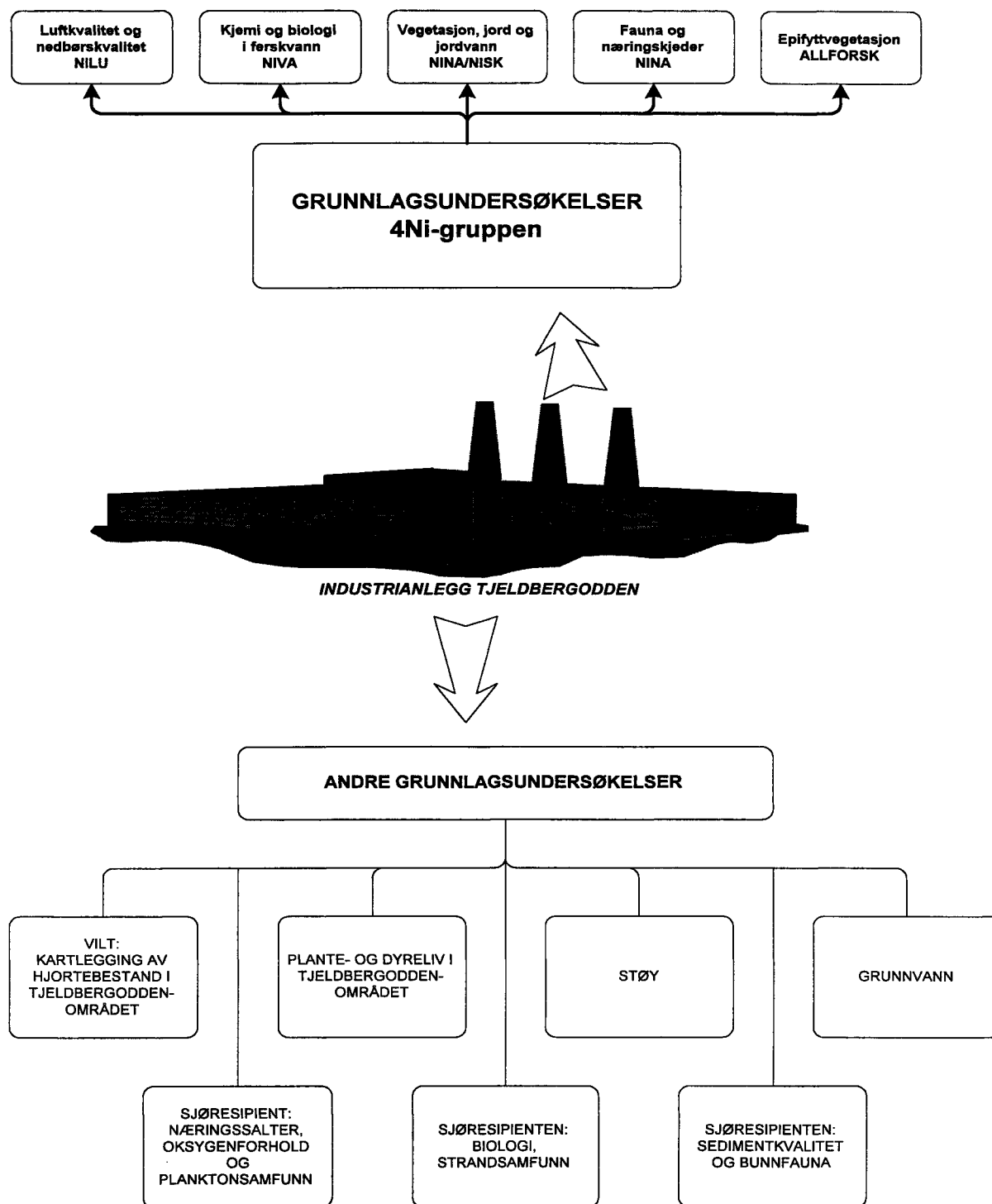
Denne rapporten oppsummerer feltarbeid utført i perioden 1993 til 1994. Det er utarbeidet egne rapporter fra hvert av delprosjektene (se nedenfor), og det henvises til disse for mer detaljerte opplysninger.

I tilknytning til industrietableringen på Tjeldbergodden ble det sommeren 1995 etablert ytterligere ett overvåkingsområde lokalisert til Havmyran på Hitra. Undersøkelsene her fokuserer på vegetasjonen på ombrotrof myr og epifyttvegetasjonen på bjørk. Resultatene fra Havmyran vil bli rapportert i egen rapport i 1996.

Hensikten med grunnlagsundersøkelsene på Tjeldbergodden er å etablere en referanse før anleggene settes i drift, for siden å kunne oppdage eventuelle negative konsekvenser av industriaktiviteten på det terrestre og akvatiske naturmiljøet. Det er definert fem faglige delprosjekter (se også figur 1.1):

- *Luftkvalitet og nedbørskvalitet*
- *Kjemi og biologi i ferskvann*
- *Vegetasjon, jord og jordvann*
- *Fauna og næringskjeder*
- *Epifyttvegetasjon*

Grunnlagsundersøkelsene fra 4Ni-gruppen inngår i et større kartleggingsprogram i regi av Statoil (figur 1.1). Kartleggingsprogrammet vil danne basis for seinere overvåkingprogram i forbindelse med industrietableringen på Tjeldbergodden.



Figur 1.1. Grunnlagsundersøkelser for miljøovervåking igangsatt av Statoil i forbindelse med etableringen av industrianlegget på Tjeldbergodden, Aure kommune. - The various investigations initiated by Statoil as a basis for the environmental monitoring programme in connection with the establishment of an industrial plant at Tjeldbergodden, Aure municipality.

2 Miljøovervåkingens oppbygging

2.1 Overvåkingsområder

Overvåkingslokalitetene ble vurdert og bestemt ut fra tilgjengelig informasjon om meteorologiske forhold på Tjeldbergodden (data fra DNMI's klimastasjon på Ona-Husøy), samt spredningsberegninger for utslipp til luft fra metanolfabrikken (Knudsen & Hellevik 1991). Områdene øst og nord for Tjeldbergodden ble vurdert som mest utsatt for avsetninger fra metanolfabrikken, spesielt nitrogenoksider. **Figur 2.1** viser plasseringene av overvåkingslokalitetene med dertil hørende undersøkelser.

2.2 Etablering av overvåkingsprogrammet

Hovedformålet med overvåkingsprogrammet er to-delt:

- Kartlegging av status for utvalgte miljøparametre før etablering av industrianlegget på Tjeldbergodden, for på dette grunnlag å kunne
- følge utviklingen for de samme miljøparametrene over tid.

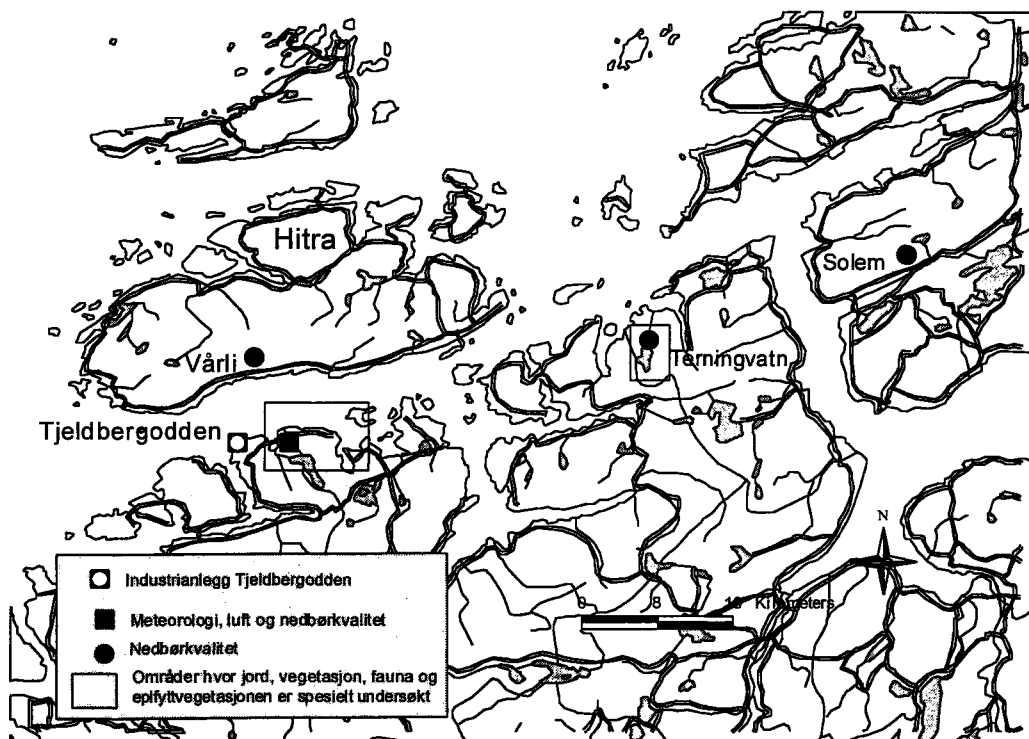
De valgte miljøparametrene behandles i fem delprosjekter (se under) som alle er basert på aktivitet og metodikk benyttet i andre overvåkingsprogrammer, spesielt «Program for terrestrisk naturovervåking (TOV)» i regi av Direktoratet for naturforvaltning og SFTs «Program for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør».

Disse programmene er i første rekke innrettet mot langtransportert forurensning, og vil være viktige for kildeforklaring ved eventuelle negative endringer i overvåkingsparametrene på Tjeldbergodden.

2.3 Luftkvalitet og nedbørskvalitet

Ansvarlig institusjon: Norsk institutt for luftforskning (NILU). Måleprogrammet omfatter meteorologiske forhold og luftkvalitet i perioden mai 1993 til april 1994 på en stasjon (Tjeldbergodden) og målinger av nedbørskvalitet på fire stasjoner i perioden mai 1993 til desember 1994 (Tjeldbergodden, Vårli, Terningvatn og Solem). Arbeidet er rapportert i:

- Knudsen, S. & Johnsrud, M. 1994. Førundersøkelse av luftforurensningssituasjonen på Tjeldbergodden i Aure kommune. Mai 1993 - april 1994. - NILU Oppdragsrapport OR/94: 1-31.
- Knudsen, S. & Johnsrud, M. 1995. Måleprogram for førundersøkelse på Tjeldbergodden. Hovedkomponenter og tungmetaller i nedbør 1994. - NILU Oppdragsrapport OR/95: 1-11.



Figur 2.1. Stasjoner for måling av meteorologiske parametre, luft og nedbørskvalitet, og områder hvor det er satt i gang grunnlagsundersøkelser av jord, vegetasjon, fauna og epifyttvegetasjon i forbindelse med etablering av overvåkingsprogram for Tjeldbergodden. - Sites for measuring meteorology, air quality and rain quality, earth, vegetation, fauna and epiphytes in the environmental monitoring programme at Tjeldbergodden.

2.4 Kjemi og biologi i ferskvann

Ansvarlig institusjon: Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Undersøkelsene omfatter kartlegging av vannkjemiske forhold i 30 innsjøer i regionen samt et intensivt prøvetakingsprogram for de kjemiske parametrene og biologiske inventeringer i tre innsjøer (Reinsjøen, Terningvatn og Øvre Neådalsvatn). Arbeidet er rapportert i:

- *Hobæk, A., Lien, L., Johnsen, T.M. & Fjellheim, A. 1994. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Delprosjekt A2 Ferskvann. Resultater fra grunnlagsundersøkelser 1993. - NIVA Rapport 3108: 1-24 + vedlegg.*
- *Hobæk, A. 1996. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Delprosjekt A2 Ferskvann. Resultater fra grunnlagsundersøkelser 1994. - NIVA Rapport 3384-96: 1-18 + vedlegg.*

2.5 Vegetasjon, jord og jordvann

Ansvarlig institusjon: Norsk institutt for naturforskning (NINA); samarbeidende institusjon: Norsk institutt for skogforskning (NISK). Undersøkelsene omfatter etablering og analyser av prøveflater for vegetasjon, og i tilknytning til disse innsamling og analyse av jordvann og jordprøver. Undersøkelseslokalitetene ligger på Tjeldbergodden i tilknytning til målestasjonen for luft- og nedbørkvalitet, og ved Terningvatn i Agdenes. Arbeidet er rapportert i:

- *Berg, A. 1995. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Overvåking av jord og jordvann i 1993 og 1994. - Rapp. Skogforsk 19/95: 1-11.*
- *Eilertsen, O. & Fremstad, E. 1994. Miljøovervåking Tjeldbergodden, jord og vegetasjonsundersøkelser. - NINA Oppdragsmelding 278: 1-30.*
- *Eilertsen, O. & Fremstad, E. 1995. Miljøovervåking på Tjeldbergodden og Terningvatn. Jord- og vegetasjonsundersøkelser 1993-94. - NINA Oppdragsmelding 391: 1-35.*

2.6 Fauna og næringskjeder

Ansvarlig institusjon: Norsk institutt for naturforskning (NINA). Undersøkelsene omfatter kartlegging av potensielt skadelige metaller i utvalgte plante- og dyrearter i terrestriske habitater på Tjeldbergodden. Undersøkelseslokalitetene er lagt i tilknytning til lokalitetene for vegetasjons- og jordundersøkelser, og følgelig også med nærhet til målestasjonen for luft- og nedbørkvalitet. Arbeidet er rapportert i:

- *Kålås, J.A. & Jordhøy P. 1995. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Metallinnhold i terrestriske næringskjeder. Grunnlagsundersøkelser 1993-94. - NINA Oppdragsmelding 351: 1-19.*

2.7 Epifyttvegetasjon

Ansvarlig institusjon: Stiftelsen allmennvitenskapelig forskning i Trondheim (ALLFORSK). Undersøkelsen omfatter epifyttisk lav såvel som alger, mose og sopp ettersom disse artsgruppene utgjør viktige deler av epifyttvegetasjonen på

de aktuelle treslagene i området. Nitrogen-, svovel- og klorofyllanalyser inngår i undersøkelsene som geografisk er plassert i nordøstlig og østlig retning fra metanolfabrikken. Arbeidet er rapportert i:

- *Bruteig, I.E. & Wang, R. 1995. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Epifyttvegetasjonen. Resultat frå referansekartlegging 1994. - ALLFORSK Rapport nr. 4: 1-33.*

2.8 Samlet bilde av grunnlagsundersøkelsene

Arbeidet med grunnlagsundersøkelsene for etablering av overvåkingsprogrammet er koordinert av NINA. En syntese av grunnlagsundersøkelsene (bortsett fra vegetasjon og epifyttvegetasjon på Havmyran, Hitra) som omfatter: Luftkvalitet og nedbørkvalitet, kjemi og biologi i ferskvann, jord og vegetasjon, fauna og næringskjeder, samt epifyttvegetasjonen er samlet i denne rapporten:

- *Thomassen, J. (red.) 1995. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Etablering av overvåkingsprogram 1993-94. - NINA Oppdragsmelding 376. 1-20.*

3 Resultater fra undersøkelserne

3.1 Måling av meteorologi, luftkvalitet og nedbørskvalitet

Svein Knudsen, NILU

Delprosjektet har tatt sikte på å beskrive og dokumentere luftforurensnings situasjonen på Tjeldbergodden før bygging og igangsettelse av metanolfabrikken, gjennom målinger av luftkvalitet, nedbørskvalitet og tungmetaller i nedbør. Det er videre målt meteorologiske forhold for å vurdere spredningsforhold og representativiteten av måleperioden.

Formålet med disse undersøkelsene har vært tosidig:

- Lage et grunnlag for å kunne dokumentere en eventuell endring av luftkvaliteten i området som følge av at metanolfabrikken etableres.
- Gi nødvendig grunnlagsdata til de andre delprosjektene som er igangsatt, og som skal danne et grunnlag for å påvise eventuelle effekter fra metanolfabrikken på flora og fauna i området.

3.1.1 Måleprogram og lokalisering

Figur 2.1 viser lokaliseringen av de 4 målestasjonene i delprosjektet: Tjeldbergodden, Vårli, Solem og Terningvatn. På alle fire stasjonene ble det samlet nedbørsprøver. På Tjeldbergodden ble det i tillegg målt luftkvalitet og spredningsforhold. Måleperioden for luftkvalitet og spredningsforhold var ett år, fra mai 1993 til april 1994. For nedbørskvalitet har måleperioden vært fra mai 1993 til desember 1994. Måleprogrammet har bestått av analyse av nedbørskvalitet og tungmetaller i nedbør på fire stasjoner. Tabell 3.1.1 viser parametrene som er målt. Det er målt de samme parametrene på alle stasjonene.

3.1.2 Resultater

Hovedvindretningene på Tjeldbergodden er langs Trondheimsleia (figur 3.1.1). Fralandsvind er forbundet med lave vindstyrker, mens de sterkeste vindstyrkene kommer med lavtrykkspassasjer med vind fra sørvest.

Konsentrasjonene av nitrogen- og svovelforbindelser i luft var i måleperioden lave og som forventet på Nord-Vestlandet. Konsentrasjonene av ozon var som forventet høye, og i vårmånedene var konsentrasjonen over det anbefalte luftkvalitetskriteriet for timemiddelverdi ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i 244 timer, dvs. i 0,4% av tiden.

Avsetningen av forsurende komponenter var som forventet. Den totale avsetningen av nitrogen på Tjeldbergodden i perioden var $0,4 \text{ gN}/\text{m}^2$ pr år, og avsetningen av svovelfor-

bindelser var $0,2 \text{ gS}/\text{m}^2$ pr år. På Kårvatn, som inngår i det nasjonale overvåkingsnettet for langtransportert luftforurensning, var totalavsetningen av nitrogenforbindelser $0,35 \text{ gN}/\text{m}^2$ pr år og den totale svovelasetningen var $0,2 \text{ gS}/\text{m}^2$ pr år, dvs. omtrent samme verdier som på Tjeldbergodden. Tabell 3.1.2 viser årlig våtavsetning ved nedbør av sulfat, nitrat og ammonium i 1994.

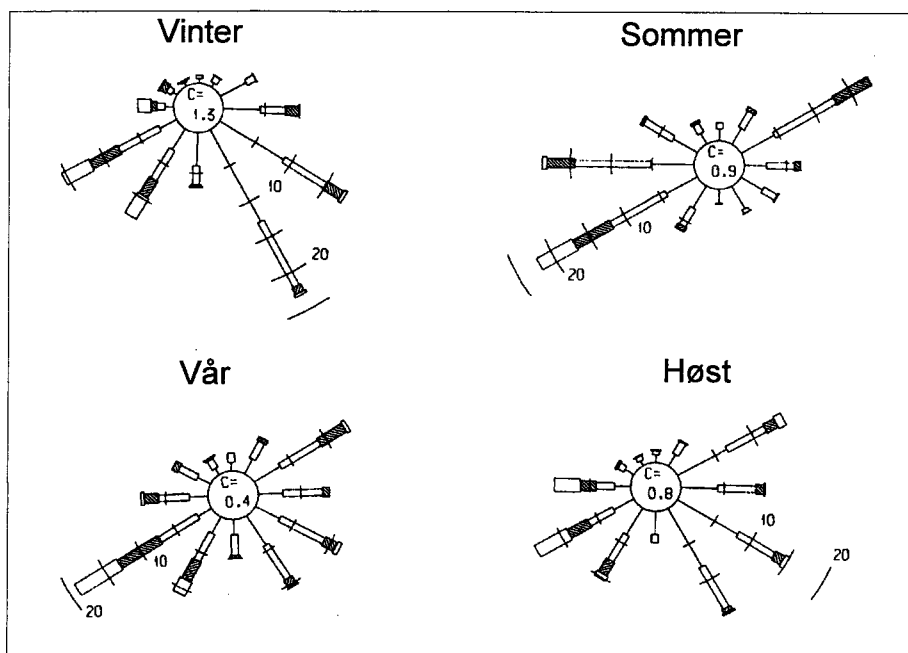
Målinger på Kårvatn i perioden fra 1983 til 1993 viser at det ikke er en signifikant endring i avsetningsnivået ut over det som kan forventes fra forskjellen i nedbørmengder fra år til år. Nedbøranalysene viser at konsentrasjonen av metaller i nedbør er lav på de fire målestasjonene, og at konsentrasjonen av Ni, Co, Fe, Mn, Ca og Cd ofte var under deteksjonsgrensen for analysemetoden. Konsentrasjoner av tungmetaller i nedbøren skilte seg ikke ut fra andre bakgrunnsstasjoner i regionen hvor det måles tungmetaller i nedbør.

Luftforurensnings situasjonen på Tjeldbergodden er ikke vesentlig forskjellig fra tilsvarende områder på Nord-Vestlandet, og den dominerende kilden til luftforurensning er langtransporterte luftforurensninger fra Europa.

Det er mest nøytrale og lett stabile atmosfæriske stabilitetsforhold på Tjeldbergodden (figur 3.1.2). Spredningsforholdene på Tjeldbergodden er gode.

Tabell 3.1.1. Målinger av nedbørskvalitet på Tjeldbergodden, Vårli, Terningvatn og Solem i perioden januar til desember 1994. - Measurements of chemical composition of precipitation at Tjeldbergodden, Vårli, Terningvatn and Solem in the period January to December 1994.

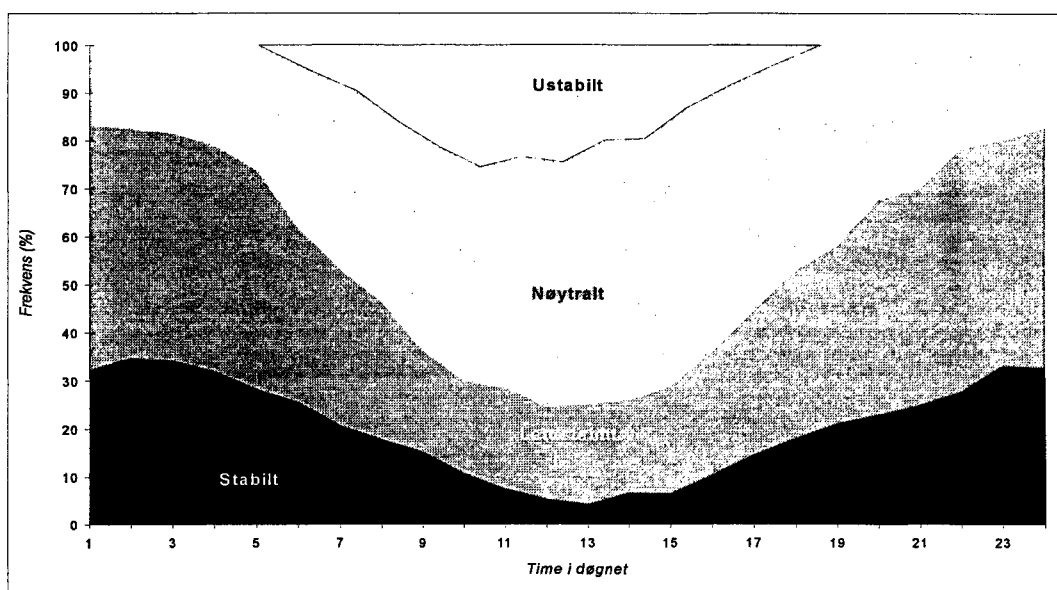
Stasjoner	Komponenter	Midlingstid
Tjeldbergodden	Nedbørmengde (mm)	1 uke
Vårli	pH (pH-enheter)	1 uke
Terningvatn	Ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1 uke
Solem	Cl^- ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	1 uke
	NO_3^- ($\mu\text{gN}/\text{ml}$)	1 uke
	SO_4^{2-} ($\mu\text{gS}/\text{ml}$)	1 uke
	Na^+ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	1 uke
	K^+ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	1 uke
	Ca^{2+} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	1 uke
	Mg^{2+} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	1 uke
	NH_4^+ ($\mu\text{gN}/\text{ml}$)	1 uke
	Pb (ng/ml)	1 måned
	Cd (ng/ml)	1 måned
	Cu (ng/ml)	1 måned
	Zn (ng/ml)	1 måned
	Cr (ng/ml)	1 måned
	Ni (ng/ml)	1 måned
	Co (ng/ml)	1 måned
	Fe (ng/ml)	1 måned
	Mn (ng/ml)	1 måned
	V (ng/ml)	1 måned



Figur 3.1.1. Vindrosen for sesongene på Tjeldbergodden for perioden fra mai 1993 til april 1994. Vindrosen er delt inn i fire vindstyrkeklasser. Enhet: % av tiden det blåste fra de enkelte vindretningene. C viser prosent av tiden med midlere vindstyrke lavere enn 0,4 m/s. Seasonal wind roses at Tjeldbergodden from the period May 1993 to April 1994. The wind rose is divided into four wind categories. Unit: % of the time with wind from the indicated direction. C is the percentage of wind strengths below 0.4 m/s.

Tabell 3.1.2. Årlig våtavsetning ved nedbør av sulfat, nitrat og ammonium i 1994. - Annual wet deposition of sulphate, nitrate and ammonium in 1994.

Stasjon	Sjøsalkorrigert sulfat mg S/m ² år	Nitrat mg N/m ² år	Ammonium mg N/m ² år	Sum nitrat og ammonium mg N/m ² år
Solem	249	154	116	270
Vårli	249	188	110	298
Terningvatn	232	163	85	248
Tjeldbergodden	279	154	188	342
Kårvatn	168	100	120	220



Figur 3.1.2. Forekomst av atmosfærisk stabilitet fordelt over timer på døgnet for året. Enhet prosent av tiden. - Yearly average frequency of atmospheric stability for the time of day. Unit: percent of time.

3.2 Kjemi og biologi i ferskvann

Anders Hobæk, NIVA

Utslipp til luft fra industrianlegget på Tjeldbergodden vil gjennom avsetning og avrenning kunne påvirke organismer i ferskvann. Den viktigste komponenten i utslippene i denne sammenhengen vil være NO_x som oksideres til salpetersyre i luft. Langtransportert forurensning medfører nedfall av forsurende sulfat og nitrat. Sulfat følger avrenningen ut i vassdragene, mens nitrat er et næringsemne for vegetasjonen og vil i stor grad holdes tilbake i nedbørfeltet. En økt belastning av nitrat kan imidlertid medføre metning av vegetasjon og jordsmonn, og overskudd av nitrat vil da kunne renne ut i vassdragene og ha et like stort forurensningspotensiale som sulfat.

Grunnlagsundersøkelsene for ferskvann er innrettet på å dokumentere dagens tilstand og belastning av langtransportert forurensning, og framskaffe mer detaljerte data om vassdragenes tålegrenser i det forventede influensområdet for metanolfabrikken.

3.2.1 Måleprogram og lokalisering

Programmet har omfattet regelmessig overvåking av kjemisk vannkvalitet på to hovedlokaliteter, Reinsjøen ved Tjeldbergodden og Terningvatn i Agdenes (figur 3.2.1), i tillegg til en innsjø utenfor området som ikke forventes påvirket av utslipp fra Tjeldbergodden (Øvre Neådalsvatn i Surnadal). I disse innsjøene er det tatt vannprøver i utløpet hver 14. dag. Programmet ble startet opp i mai - juni 1993, og det rapporteres her fram til og med desember 1994.

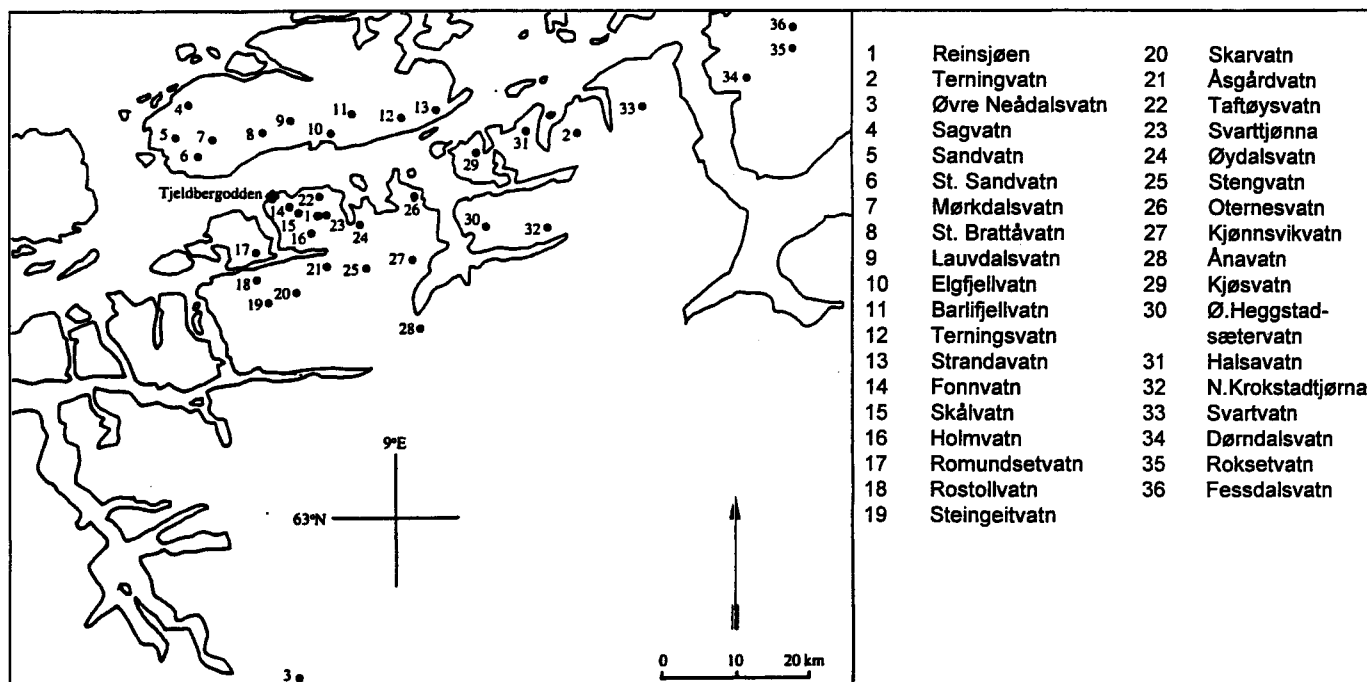
I tillegg er det valgt ut 31 innsjøer der det tas vannprøver

hver høst. Disse innsjøene er valgt ut fra forventet spredning av luftutslipp, og beliggenhet i områder med berggrunn som gir lav bufferevne. Innsjøene er ellers lite påvirket av lokal forurensning. Denne delen av programmet tilsvarende innsjøkomponenten i SFTs program for overvåking av langtransportert forurensning. Totalt er 34 lokaliteter i kommunene Hitra, Rissa, Agdenes, Snillfjord, Hemne, Aure og Surnadal (figur 3.2.1.) undersøkt i programmet.

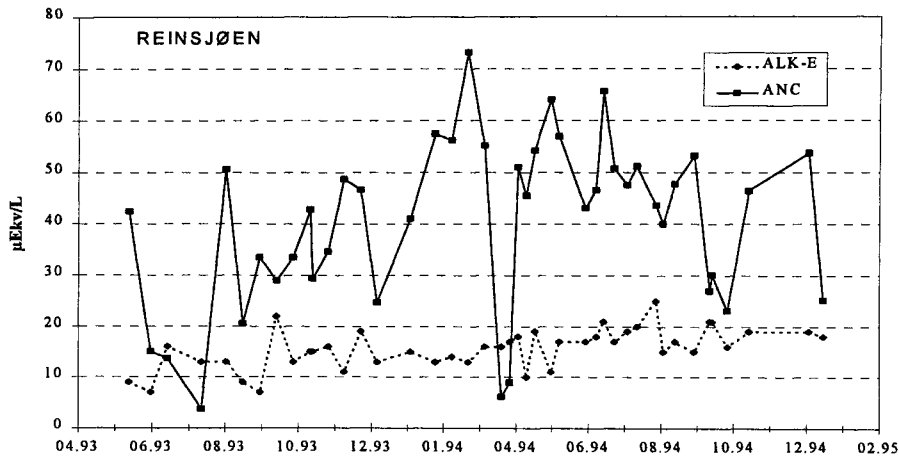
3.2.2 Resultater

Basert på de vannkjemiske data er innsjøenes tålegrense for belastning av forsurende stoffer beregnet. Grunnlagsundersøkelsene for luftkvalitet og nedbør har gitt data om dagens deposisjon av forsurende stoffer. Dette er benyttet til å beregne dagens overskridelser, som grunnlag for å vurdere en framtidig forurensningseffekt fra metanolfabrikken. Resultatene viser at de aller fleste av innsjøene i dag ikke er overbelastet, men flere innsjøer har lave tålegrenser og vil derfor ikke tåle særlig økning i belastningen av forsurende stoffer. Områdene nord for Tjeldbergodden (Snillfjord, Agdenes og Rissa) har lavest tålegrense, mens Hitra har høyest. Overvåkingen av vannkemi på hovedlokalitetene har vist at vannkvaliteten varierer betydelig (figur 3.2.2), først og fremst som følge av varierende konsentrasjon av sjøsalter (figur 3.2.3).

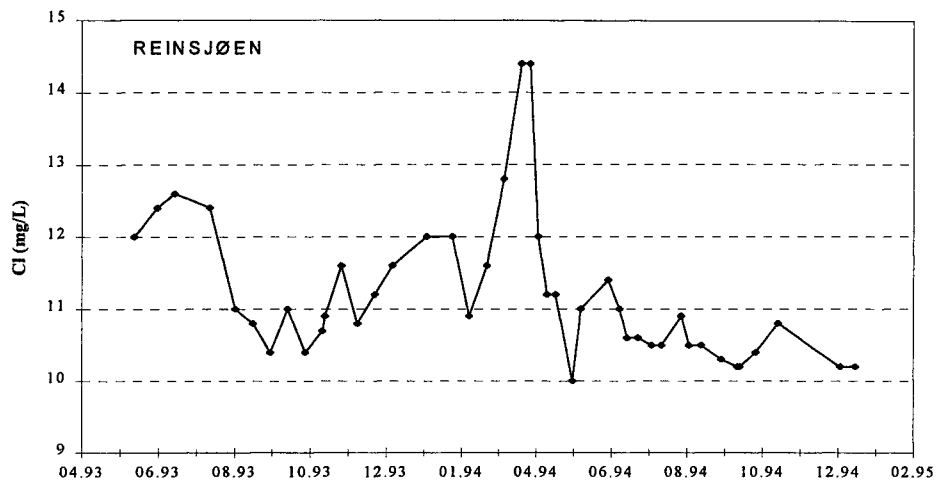
Episoder med lav ANC (Acid Neutralizing Capacity eller syrenøytraliserende evne) faller sammen med høye konsentrasjoner av klorid. Det er her viktig å påpeke at ANC er en kalkulert parameter. Den direkte målbare bufferevnen mot syre (alkalitet) viser langt mindre fluktuasjon enn den teoretiske (figur 3.2.2). Disse avviker i karakteristiske for kystnære områder. I referanselokaliteten Øvre Neådalsvatn, som mottar langt mindre sjøsalter, varierer derimot ANC og alkalitet i takt (figur 3.2.4).



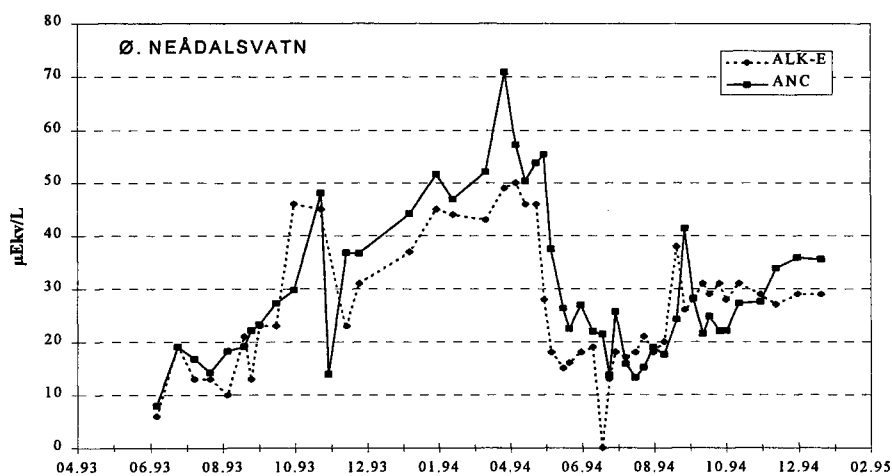
Figur 3.2.1. Lokalisering av undersøkelsesområder for vannkemi og vannbiologi i forbindelse med Statoils etablering av metanolfabrik på Tjeldbergodden. - Investigation sites for water chemistry and water biology in the environmental monitoring programme at Tjeldbergodden.



Figur 3.2.2. Syrenøytraliserende evne (ANC) og alkalitet (ALK-E) i Reinsjøen ved Tjeldbergodden mai '93 - desember '94. ANC over 20 $\mu\text{eqv/L}$ regnes som betryggende for akvatiske organismer i forhold til forurening. - Acid Neutralizing Capacity (ANC) and measured alkalinity in Lake Reinsjøen at Tjeldbergodden May '93 - December '94. Water qualities with ANC above 20 $\mu\text{eq}\cdot\text{L}^{-1}$ is generally considered safe for aquatic biota with respect to acidification.



Figur 3.2.3. Kloridkonsentrasjon i Reinsjøen ved Tjeldbergodden mai '93 - desember '94. Klorid kommer vesentlig fra sjøsprøyt, og avsettes over land med nedbør. - Chloride concentrations in Lake Reinsjøen at Tjeldbergodden May '93 - December '94. The main source of chloride is the sea, by aerosols being deposited by precipitation.



Figur 3.2.4. Syrenøytraliserende evne (ANC) og alkalitet (ALK-E) i referanselokaliteten Øvre Neådalsvatn mai '93 - desember '94. - Acid Neutralizing Capacity (ANC) and measured alkalinity in Øvre Neådalsvatn (reference locality) May '93 - December '94.

Når nedbør faller som snø, forsinkes utvaskingen av sjøsalter til vassdragene. I forsurete områder på Sør- og Vestlandet har en funnet at under perioder med store tilførsler av sjøsalter kan ionebytting i jordsmonnet føre til kortvarige sure episoder i vassdragene, selv om vannkvaliteten normalt er akseptabel. Siden jordsmonnet ikke er forsuret i området rundt Tjeldbergodden, får vi ikke disse effektene. Dersom jordsmonnet blir forsuret på lengre sikt, vil episoder med stort nedfall av sjøsalter kunne gi sur avrenning i vassdragene. Det er ikke funnet vannkjemiske tegn på slike effekter i dag.

I løpet av 1993 og 1994 er det gjort biologiske kartlegginger av viktige samfunn i de to hovedlokalitetene og referanselokaliteten. Undersøkelsene omfatter fiskebestand, bunndyr, dyre- og planteplankton. Resultatene dokumenterer forekomst av en rekke forsuringsfølsomme organismer i alle tre lokaliteter. Fiskebestandene (aure og røye) har god rekruttering. Disse data utgjør basisinformasjon for å kunne påvise eventuelle biologiske endringer over tid. Totalt sett er området rundt Tjeldbergodden relativt lite påvirket av langtransportert forurensning, en belastning som i tillegg har minket i de seinere år som følge av reduserte svovelutslipp i Europa. De biologiske samfunn i ferskvann viser heller ingen tegn på foruringskader i området.

Et lokalt utslipp av NO_x vil trolig gi små forsureningseffekter på kort sikt, fordi nitrat vil holdes igjen i vegetasjon og jordsmonn. Samtidig synes det klart at tålegrensen for forsurende nedfall er lav i store deler av influensområdet, og det er usikkert hvor mye nitrogen som vil lekke ut fra nedbørfeltene på lengre sikt. Det er derfor viktig at overvåkingen følges opp over tid.

3.3 Vegetasjon

Odd Eilertsen, NINA

Det vegetasjonsøkologiske arbeidet er knyttet til undersøkelsene av jord og jordvann. Analyser av vegetasjon og prøvetaking av humus utføres på samme tid, og vegetasjonsanalysene vil bli vurdert i forhold til endringer i humusparametre. Undersøkelsene er designet for å vurdere om eventuelle endringer kan tilskrives luftforurensninger fra industrietableringen på Tjeldbergodden.

Formålet med overvåking av vegetasjon, humus og jordvann er å vise hvorvidt det over tid skjer:

- Kjemiske endringer i jordvann og humus i forbindelse med utslippene fra Tjeldbergodden.
- Endringer i vegetasjonen som kan tilskrives de kjemiske endringene i jordvann og humus.
- Endringer i artsrespons, hos arter med vann- og næringsopptak direkte gjennom bladoverflaten (ektohydriske arter), som følge av endret nedbørskvalitet.

Det er helt sentralt å studere hvorvidt disse endringene er naturlige og tilfeldige eller rettede som følge av endrede miljøbetingelser. Utslippene fra anlegget på Tjeldbergodden vil bl.a. omfatte NO_x, som er særlig interessant fra et vegetasjonsøkologisk synspunkt.

3.3.1 Måleprogram og lokalisering

I 1993 ble det etablert et delområde for miljøovervåking 2-3 km øst for industrianlegget på Tjeldbergodden og i 1994 ytterligere et delområde ved Terningvatn, ca 40 km unna anlegget. I begge områdene er analyseruter for vegetasjonsanalyser og jordprøvetaking lagt så tett opp til annen forskningsaktivitet som mulig. Stasjonene for måling av nedbørs- og luftkvalitet og ferskvannsundersøkelser er lokalisert i nærområdene, mens stasjoner for måling av jord og jordvann er lagt direkte i tilknytning til vegetasjonsflatene (figur 3.3.1).

I hvert del-område er det etablert seks vegetasjonsfelt som hver består av fem analyseruter på 1 m². Det er i størst mulig grad forsøkt å legge feltene ut slik at de fanger opp maksimal floristisk variasjon. Vegetasjonen kan karakteriseres som røsslyng-blokkbærskog og blåbærfuruskog og er representative for distriktet. Skogen er av lav til middels bonitet. Klimaet er typisk oseanisk med 1000-1500 mm årlig nedbør og med relativt lang vegetasjonsperiode. Delområdene har relativt fattig berggrunn og er lite kulturpåvirket. Området er dog noe preget av hjortebeite.

Analyserutene er undersøkt med frekvensmetodikk, og artenes dekning er vurdert etter en prosentkala (se Eilertsen & Fremstad 1994, Eilertsen & Fremstad 1995). Analyserutene eksponisjon og helning er målt og trær i feltene er målt og koordinatfestet. Humusprøver er samlet i tilknytning til alle de 60 analyserutene. Prøvene skal belyse variasjoner i jordkjemiske forhold langs de viktigste økologiske gradientene i området. Prøvetaking og analyser er utført med tanke på oppfølgende undersøkelser over tid.

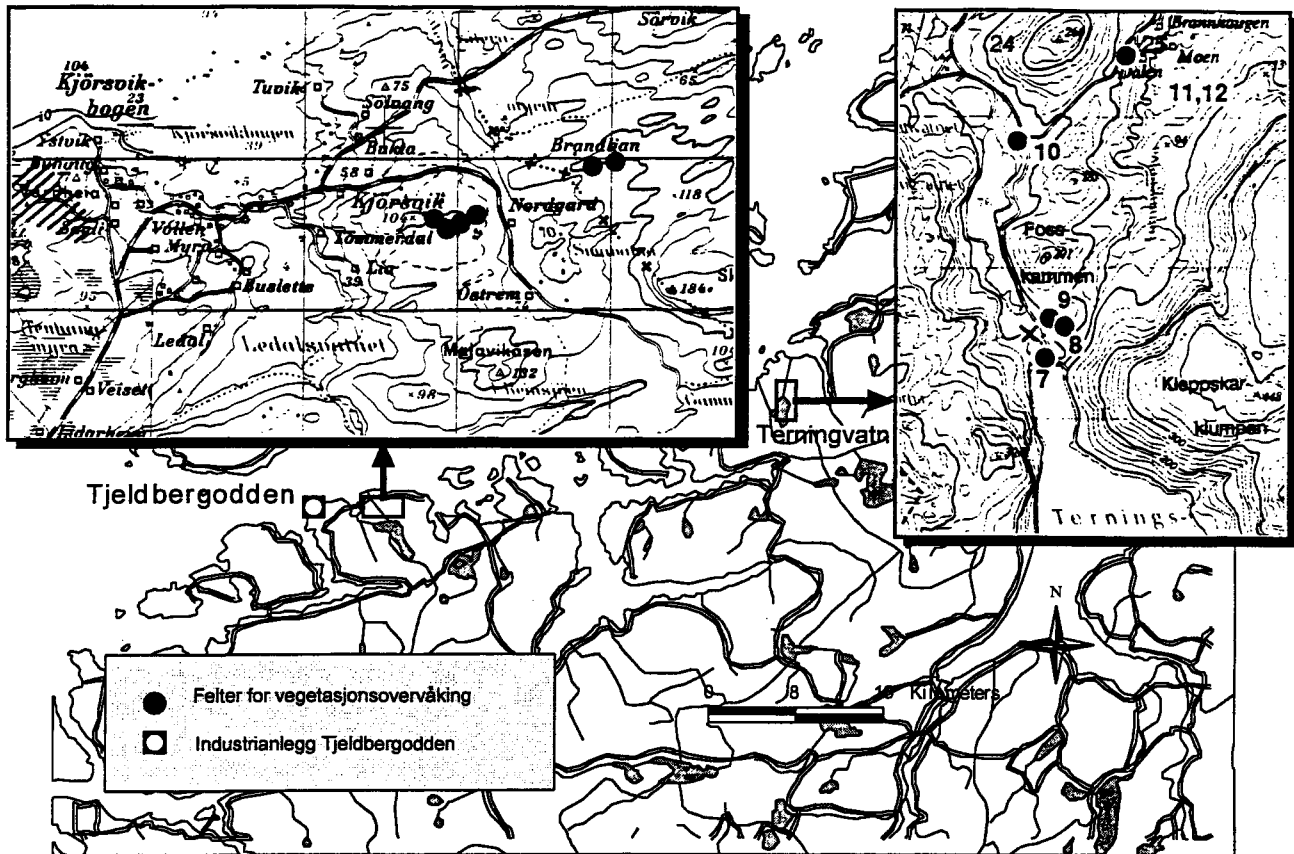
Vegetasjonsdata og miljøparametre er registrert med programmet BDP, hvor dominante arter gis moderat vektlegging mens sjeldne arter er nedveid. Data om basemetning, glødetap og pH er uveid. De øvrige kjemiske parametre er alle ln-transformert og korrigert for glødetap.

Vegetasjonsdata er analysert med en multivariat ordinasjonsmetode (DCA). Direkte gradientanalyser er utført med en kanonisk ordinasjonsmetode (CCA) for å kvantifisere betydningen av et begrenset utvalg miljøparametre. Korrelasjonsanalyser er utført mellom miljøvariabler og DCA-akse-verdier og innbyrdes mellom miljøvariabler.

Metodikken som benyttes følger så langt som mulig NINAs konsept for vegetasjonsøkologiske undersøkelser innen "Program for terrestrisk naturovervåking", TOV, slik dette er utformet fra og med 1993 (Eilertsen & Brattbakk 1994, og Eilertsen & Often 1994). Opplegget på Terningvatn og Tjeldbergodden er identisk, og det henvises til rapporten fra disse undersøkelsene (Eilertsen & Fremstad 1994, Eilertsen & Fremstad 1995) for en nærmere og mer detaljert gjennomgang av metodikken.

3.3.2 Resultater

Denne undersøkelsen er primært ikke designet for å vurdere mønstre og vegetasjonsstruktur, men å beskrive en førsituasjon i et overvåkingsprogram som tar sikte på oppfølgende undersøkelser av dynamikken i vegetasjon og



Figur 3.3.1. Lokalisering av undersøkelsesområder for vegetasjon på Tjeldbergodden og Terningvatn i forbindelse med Statoils etablering av metanolfabrikk på Tjeldbergodden. Undersøkelser av jord og jordvann er lagt til vegetasjonsfeltene. - Investigation sites for vegetation on Tjeldbergodden and Terningvatn in the environmental monitoring programme at Tjeldbergodden. The investigations for earth and earth water are located close to the sites for vegetation.

jordkjemi. Analysene gir imidlertid et godt grunnlag for vurdering av den vegetasjonsekologiske førsituasjonen.

Det samlede datasettet fra Tjeldbergodden og Terningvatn er basert på vegetasjonsekologiske undersøkelser av et representativt utvalg analysefelt, som er lagt ut for å fange opp mest mulig floristisk og økologisk variasjon i de relativt artsfattige vegetasjonsutformingene i regionen. Resultatene av de multivariate analysene gjenspeiler således i stor grad resultatene av ruteutleggelsen.

Vegetasjonsanalysene omfatter i alt 104 arter, derav 4 treslag, 8 lyngarter, 19 urter, 12 graminider, 24 bladmoser, 2 torvmoser, 25 levermoser og 10 epigeiske lav. Humusprøvene karakteriseres av lave til middels pH-verdier for de gjeldene vegetasjonsutforminger i denne regionen (pH i intervallet 4,0-5,0). Basemetningen er i intervallet 47,1-87,3.

De samlede analysene fra Tjeldbergodden og Terningvatn viser at det er en betydelig samvariasjon mellom nærings- og fuktighetsgradientene, noe som også forklarer hovedvariasjonen i materialet. Samtidig framkommer det en entydig næringsgradient som er uavhengig av fuktighet. De direkte gradientanalysene avdekker at tot-N er den viktigste strukturerende parameter av de målte kjemiske stoffene, mens Ca

og dermed CEC også er viktige. Tot-N forklarer 17,7% av den totale variasjonen i materialet mens Ca forklarer 13,7 og CEC 13,6. Basemetning, glødetap, pH og Al forklarer mellom 5 og 10 % av den totale variasjonen.

I materialet fra Terningvatn vises tydelig den floristiske overgangen fra den åpne, grunnlendte utformingen av lavdominert furuskog og røsslyng-blokkebærfuruskog av noe bedre bonitet, via blåbærfuruskog, til en friskere furuskog med større innslag av bjørk og urter.

Jordfuktigheten synes å spille en dominerende rolle som strukturerende parameter i begge analyseområdene. Sammenhengen mellom jordfuktighet og de viktigste kjemiske parametrene er gitt i Eilertsen & Fremstad (1994) og Eilertsen & Fremstad (1995).

De vegetasjonsekologiske undersøkelsene på Tjeldbergodden og Terningvatn har ikke avdekket skader eller synlige effekter på vegetasjon som følge av bakgrunnsbelastningen og langtransportert luftforurensning.

3.4 Jord og jordvann

Ingrid Ann Berg, NISK

3.4.1 Måleprogram og lokalisering

Undersøkelsene av jord og jordvann er knyttet til det vegetasjonsøkologiske arbeidet. Innsamlingen av jordvann har foregått i to områder (figur 3.3.1), med tre lysimeterstasjoner på Tjeldbergodden og tre på Terningvatn. Hver lysimeterstasjon består av tre tensjons-lysimitre (figur 3.3.2) som er koblet til en oppsamlingsflaske (3) ved hjelp av en polyetylen-slange (2). Selve lysimetret (sugecellen)(1) er laget av glass og teflon og suger vann fra 15 cm jorddyb. Innsamlingen av jordvannet har skjedd hver 14. dag. Alle lysimeterstasjonene er plassert i tilknytning til overvåkingsfeltene for vegetasjon.

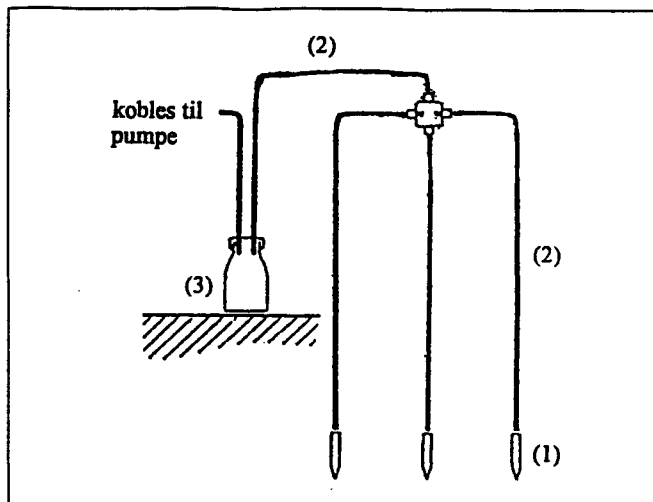
Jordprøver ble tatt på et 25 x 30 m stort felt i tilknytning til vegetasjonsfelt 2 på Tjeldbergodden. Prøvene ble tatt i et bestemt rutenett slik at nye prøver ved reanalyse kan tas på samme sted. Det ble tatt ut 100 prøvestikk som ble delt inn i bestemte jorddybder og fordelt på fire serier. Det ble ikke tatt jordprøver på Terningvatn. Områdene rundt Tjeldbergodden består stort sett av migmatittiske gneiser (Sigmond et al. 1984) som er harde, næringsfattige bergarter med lav bufferevne. Dominerende vegetasjonstyper i området er røsslyngheier, lyngdominerte furu- og bjørkeskoger og fattige myrer.

3.4.2 Resultater

Resultatene fra undersøkelsene av jord og jordvann var som forventet for dette området med fuktig klima og harde næringsfattige bergarter. Innholdet av utbyttbare kationer som Ca, Mg, K og Na var størst i de organiske sjiktene og avtok nedover i jorda. Konsentrasjonen av Ca og K i jordvannet på Tjeldbergodden og Terningvatn var i samme størrelsesorden som for overvåkingsflater i skog (OPS) andre steder i Norge. På grunn av nær beliggenhet til havet var konsentrasjonen av Mg og Na i jordvannet høyere enn for OPS-flatene. pH i jorda økte med økende jorddyb og lå mellom 4,5 og 4,8.

Innholdet av tot-N i jorda var lavere enn for områder i Norge med større konsentrasjoner av N i nedbøren. Konsentrasjonen av $\text{NH}_4\text{-N}$ og $\text{NO}_3\text{-N}$ i jordvannet var lav, til dels ubetydelig. Siden N vanligvis er en begrensende faktor i norsk skogsjord, vil et økt nedfall av nitrogen fra metanolanlegget på Tjeldbergodden på det terrestriske økosystemet sannsynligvis bli utnyttet av plantene. Deposisjon og opptak av N, fører sannsynligvis til økt behov og opptak av andre næringsstoffer, f.eks. Ca, Mg og K. For Ca og Mg er tilgangen god i de undersøkte områdene, mens tilgangen av K kan synes noe begrenset. I jordvannet lå pH mellom 4,8 og 5,8.

På Tjeldbergodden hadde jordvannet større konsentrasjoner av sjøsalter som Cl, Na, Mg og $\text{SO}_4\text{-S}$ enn jordvannet på Terningvatn.



Figur 3.4.1. Skisse av lysimeteranlegget brukt til innsamling av jordvann på Tjeldbergodden og Terningvatn. (1) Lysimeter/sugecelle, (2) polyetylenslange og (3) oppsamlingsflaske. Illustration of the lysimetre equipment used for soil water sampling from Tjeldbergodden and Terningvatn. (1) Lysimetre, (2) tube of polyethylene and (3) collection bottle.

3.5 Fauna og næringskjeder

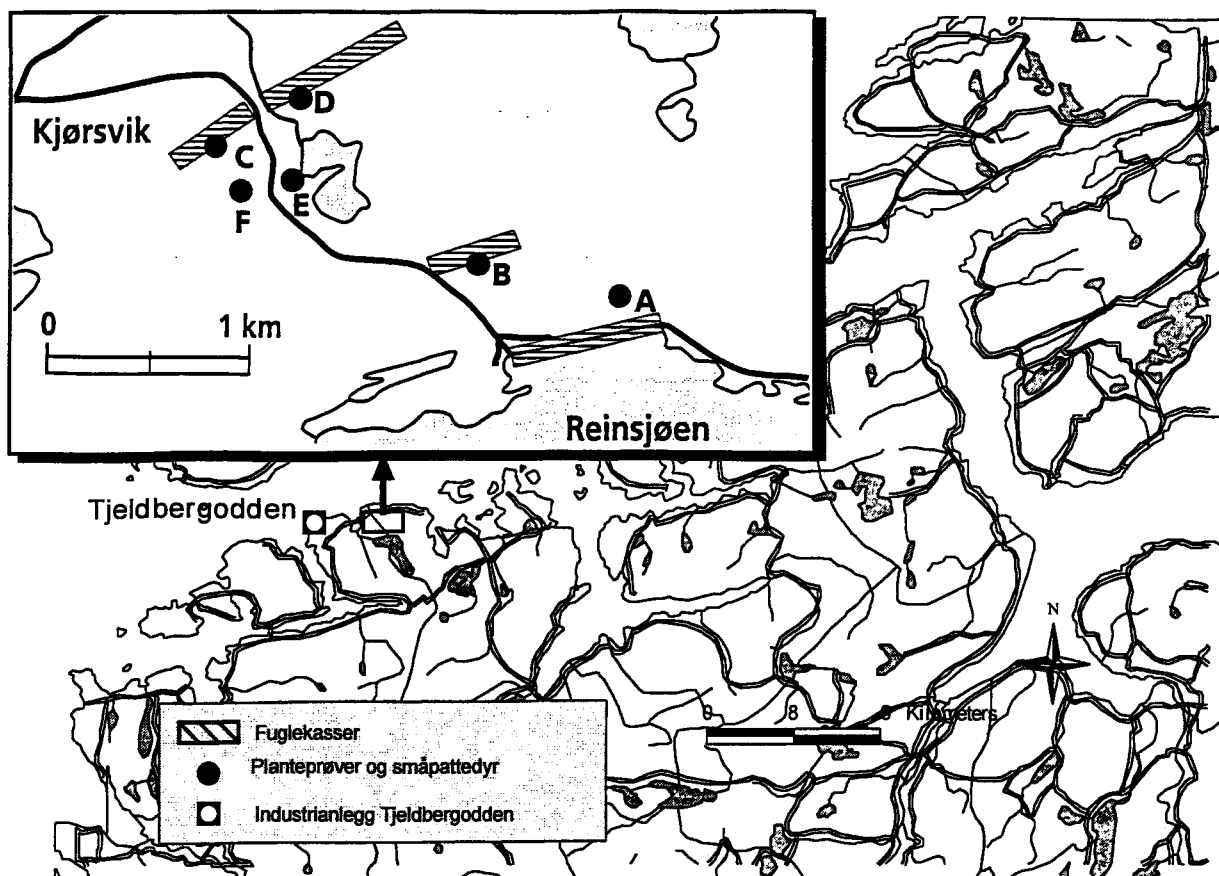
John Atle Kålås, NINA

3.5.1 Måleprogram og lokalisering

Denne delen av grunnlagsundersøkelsene omfatter kartlegging av forekomster av metaller i terrestriske næringskjeder. Dette vil danne et grunnlagsmateriale for seinere kvantifisering av eventuelle endringer i metallforekomstene i dette naturmiljøet som følge av industriaktiviteten i området. Her inngår ingen undersøkelser som vil kunne avdekke negative konsekvenser for det terrestriske dyrelivet (f.eks. populasjonsstørrelse eller produksjon).

Innsamlingen av de fleste prøvene er utført i området mellom Kjorsvik og Reinsjøen (figur 3.5.1). I kartleggingen inngår det prøver av plantearter (reinlav, etasjehusmose og furumose), karplanter (røsslyng, blåbær, dvergbjørk, bjørk og vier), og dyrearter (spissmus, klatremus, hare, kjøttmeis, svarthvit fluesnapper, lirype, fjellrype og orrfugl).

Kartleggingen omfatter metallene Al, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn. Metallene Al, Cd, Hg, Ni og Pb har ingen kjente funksjoner i levende organismer. Disse metallene er inkludert i denne undersøkelsen fordi for høye vevskonsentrasjoner kan medføre skadelige effekter på dyr. Cu og Zn er nødvendige metaller for dyr og konsentrasjonene av disse metallene er vanligvis nøye regulert. Konsentrasjoner av Cu og Zn i vev kan imidlertid påvirkes av forekomstene av Cd, og både for høye og for lave konsentrasjoner av Cu og Zn kan være skadelig.



Figur 3.5.1. Lokalisering av undersøkelsesområder for fauna og næringskjeder i forbindelse med Statoils etablering av metanolfabrikk på Tjeldbergodden.- Sites for fauna and food chains in the environmental monitoring programme at Tjeldbergodden.

3.5.2 Resultater

Resultatene fra prøvene fra planter og dyr samsvarer godt og viser lave konsentrasjoner for Pb og Cd som er to av de elementene som i sterkest grad tilføres Norge som langtransportert luftforurensning. Dette samsvarer også med NILU sine målinger av innhold av metaller i nedbør i området. For Hg finner vi derimot relativt høye forekomster både i planter og dyr fra innsamlingsområdet ved Kjørsvik - Reinsjøen. Vi finner ingen umiddelbar forklaring på dette fenomenet. Det kan skyldes en marin påvirkning, men det foreligger ingen målinger av Hg-innhold i nedbør som kan bistå oss i en nærmere vurdering av kilden for Hg. Al, Cu og Zn er vanligvis godt regulert i friske dyr, og de målte verdier for innhold av disse metallene i lever fra Tjeldbergodden ligger alle innen «normalnivåer». Samtlige analyser av Ni viser verdier under de aktuelle deteksjonsgrensene.

Basert på våre målinger konkluderer vi med at området i liten grad er påvirket av metallforurensning. Dette gjelder for både langtransporterte luftforurensninger og for lokale/regionale forurensningskilder. Vi antar i denne sammenheng at de relativt høye forekomstene av Hg har naturlige årsaker uten at vi med bakgrunn i denne undersøkelsen kan si noe mer om dette.

3.6 Epifyttvegetasjon

Inga Bruteig, ALLFORSK

3.6.1 Måleprogram og lokalisering

Fem prøvefelt er valgt ut i bjørkeskogbestand på fastlandet, retning nord-nordøst og med økende avstand fra industriområdet (1,5 - 6 km). I tillegg er et sjette prøvefelt lokalisert på sørsida av Røstøya (Hemne kommune, ca 10 km fra Tjeldbergodden) (figur 3.6.1), som også er eksponert for dominerende vindretninger fra anlegget. I dette feltet er det i tillegg gjort kartlegging av epifyttvegetasjonen på rogn.

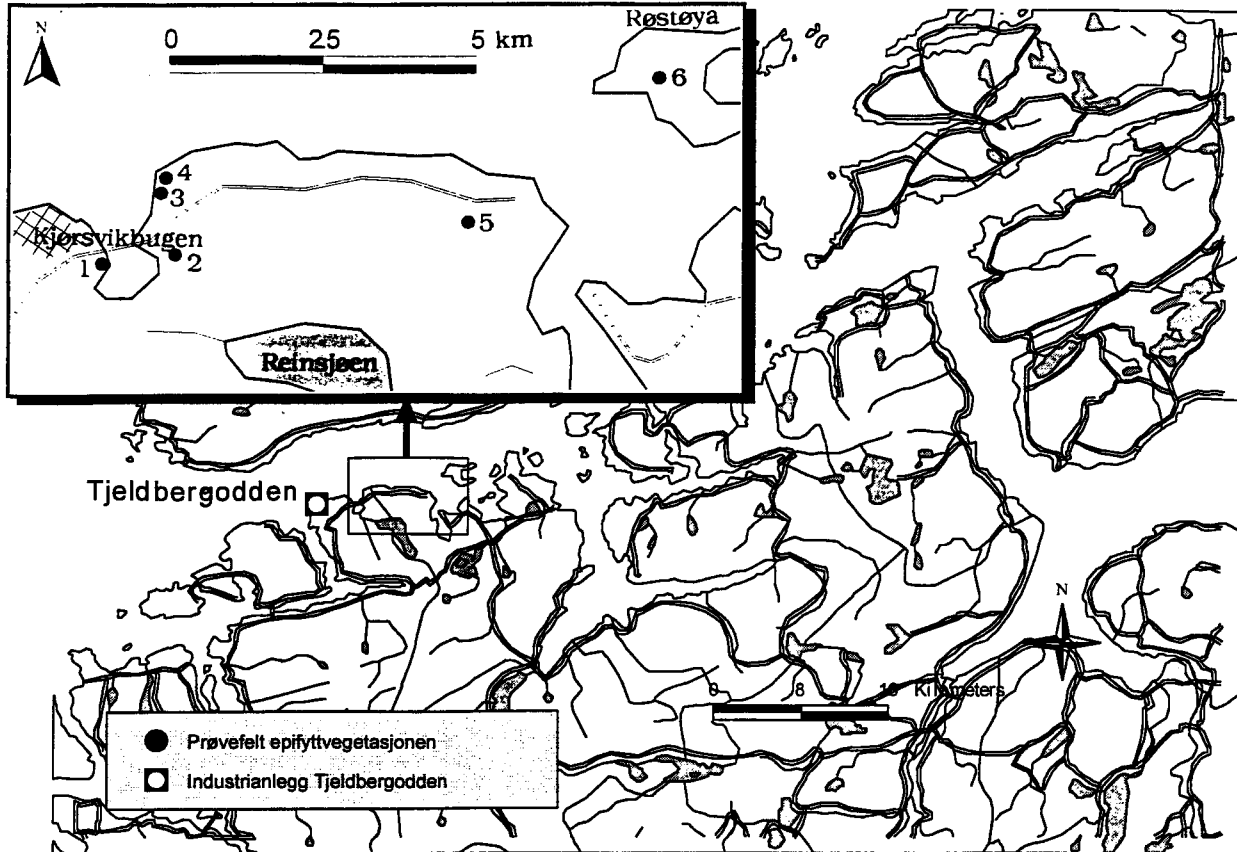
I hvert prøvefelt ble 7 undersøkelsestrær av bjørk tilfeldig valgt. Undersøkelsene gir en status for artssammensetning og dekning av alle arter som vokser epifyttisk i overvåkningsområdet, både lav, moser og alger.

3.6.2 Resultater

Det var store forskjeller mellom de ulike feltene (tabell 3.6.1). Av totalt 58 registrerte lavarter var bare åtte arter felles for alle feltene. Likeledes varierte den gjennomsnittlige dekningen på stammen fra under 20% i ett felt til rundt

80% i andre. Lokalisering (avstand fra sjøen, beskyttelse, innslag av rikere treslag osv.) samt ulik alder og suksjonsstadium i skogbestandene kan trolig forklare de fleste forskjellene. Lav utgjør omlag 90% av deknningen, men de til dels store innslagene av moser og alger kan bli sett på som typisk oseaniske trekk. En stor andel av de registrerte lavartene er også karakteristiske kystarter.

Høy pH i never og høye konsentrasjoner av sjøsaltgrunnstoffer avspeiler prøvefeltenes eksposisjon og nærhet til sjøen. Svovel- og nitrogen konsentrasjonene i vanlig kvistlav viste svært lave verdier (tabell 3.6.2), og omfanget av registrerte skader på lav var ikke større enn det som er rimelig å forvente av naturlige årsaker (aldring, insektbeiting etc.).



Figur 3.6.1. Prøvefelt for overvåking av epifyttvegetasjonen i forbindelse med Statoils etablering av metanolfabrikk på Tjeldbergodden. - Sites for epiphytes in the environmental monitoring programme at Tjeldbergodden.

Tabell 3.6.1. Totalt antall epifyttiske arter registrert på sju trær i seks prøvefelt på Tjeldbergodden. Gjennomsnittlig epifyttdekning er gitt i % av stammeomkretsen og fordelingen av alger, blad/busklav, skorpelav og moser er gitt i % av total dekning. - Number of epiphytic species, abundance and cryptogamic groups registered on seven trees at six investigation sites within the Tjeldbergodden monitoring area. Mean epiphytic cover is given as % of stem circumference, algae, foliose+fruticose lichens, crustose lichens and bryophytes are given as % of total cover.

Prøvefelt	1	2	3	4	5	6
Totalt antall epifyttiske arter	32	34	24	24	35	46
Gjennomsnittlig epifyttdekning	79.5	54.8	28.6	17.7	58.5	84.8
Andel alger	-	1.7	26.5	8.4	1.5	-
Andel blad/busklav	72.6	54.6	25.3	0.4	78.9	28.1
Andel skorpelav	18.8	32.2	48.2	88.2	17.2	66.1
Andel moser	8.7	11.5	-	3.1	2.4	5.8

Tabell 3.6.2. pH i bjørkenever og totalt svovel- og nitrogeninnhold (% av tørrvekt) i vanlig kvistlav (*Hypogymnia physodes*) fra seks prøvefelt i overvåkingsområdet Tjeldbergodden. - pH of birch bark and total sulphur and nitrogen content (% of dry weight) of *Hypogymnia physodes* at the six investigation sites within the Tjeldbergodden monitoring area.

Prøvefelt	1	2	3	4	5	6
pH i never	4.81	5.21	5.02	5.06	4.65	4.34
N i vanlig kvistlav	0.48	0.52	-	-	0.52	0.55
S i vanlig kvistlav	0.051	0.051	-	-	0.048	0.053

3.7 Grunnlagsundersøkelsene og videre miljøovervåking

Som nevnt innledningsvis har grunnlagsundersøkelsene to målsettinger:

1. Beskrivelse av miljøstatus for en del utvalgte parametre, og
2. danne grunnlag for et overvåkingsprogram basert på de samme parametrene.

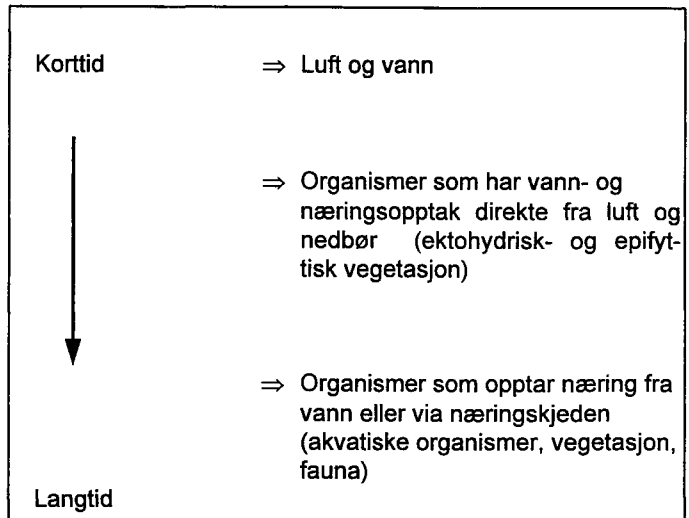
Hensikten med et overvåkingsprogram er å avdekke eventuelle negative effekter fra industrianlegget på Tjeldbergodden på naturmiljøet lokalt og regionalt. Skal effekter oppdages og spores tilbake til en kilde, må både eksisterende belastningsnivå samt eksisterende forurensningskilder kartlegges. Grunnlagsundersøkelsene viser at dagens forurensningssituasjon i det området som mest sannsynlig kan bli påvirket fra industrianlegget på Tjeldbergodden, er lite belastet og som forventet for området. Videre viser undersøkelsene at de eksisterende belastningene i hovedsak kommer fra langtransportert forurensning.

Grunnlagsundersøkelsene danner en basis for et overvåkingsprogram gjennom beskrivelsene av miljøstatus. Utfordringen vil være å kunne måle trender for de utvalgte parametrene med bakgrunn i varierende middelverdier. De valgte parametrene er av to kategorier:

1. *Transportmedier.* Luft og vann er transportveier for forurensningskomponenter som vil kunne påvirke planter og dyr gjennom opptak eller direkte påvirkning. Det er disse effektene på organismer som i første rekke vil være målet for et overvåkingsprogram. I grunnlagsundersøkelsene er transportmediene representert gjennom målinger av luft og nedbør, ferskvann og jordvann.
2. *Organismer.* Foruten mennesker, som ikke er inkludert i disse undersøkelsene, har grunnlagsundersøkelsene fokusert på fire organismekategorier hvor eventuelle effekter fra industrianlegget på Tjeldbergodden kan måles på arts-, samfunns- eller ennå høyere nivå.:
 - Akvatiske organismer
 - Vegetasjon
 - Epifyttvegetasjon
 - Fauna

Det er naturlig å tenke seg overvåkingsprogrammet på en tidsskala fra korttid til langtid. Forurensningskomponenter vil først kunne oppdages gjennom målinger av luft og vann, og seinere gjennom undersøkelsene på organismenivå. Det er en klar sammenheng mellom parametrene i grunnlagsundersøkelsene, og følgelig også mellom de enkelte delprosjektene.

For å kunne iverksette nødvendige avbøtende tiltak ved eventuelle negative effekter på de målte parametrene i overvåkingsprogrammet, er det viktig at forurensningskildene kan spores. Det er i denne sammenhengen av vesentlig betydning om det er langtransportert forurensning, eller om forurensningen stammer fra lokale kilder (f.eks. Tjeldbergodden). Spredningsberegningene, kombinert med luft og nedbørsmålinger, vil være viktige forklaringsparametre i dette arbeidet.



3.7.1 Gjennomføring av miljøovervåkingen

Gjennom 4Ni-gruppens etablering av referanseundersøkelser for ferskvann, jord og vegetasjon, epifyttvegetasjon, metallforekomster i fauna og næringskjeder, samt måleprogram for luft- og nedbørkvalitet, er det dannet grunnlag for et framtidig overvåkingsprogram for aktiviteten fra metanolfabrikken på Tjeldbergodden. Referanseundersøkelsene ivaretar ulike deler av naturmiljøet og gir muligheter til å fange opp ulike påvirkninger fra industrianlegget i tid, rom og kvalitet.

I tillegg til referanseundersøkelsene rapportert i denne oppdragsmeldingen, ble det i 1995 også igangsatt vegetasjonsundersøkelser og undersøkelser på epifyttisk lav på Havmyran, Hitra. Disse undersøkelsene vil komplettere grunnlagsundersøkelsene som oppsummeres i denne rapporten. Undersøkelsene fra Hitra vil bli rapportert separat.

De valgte parametrene i grunnlagsundersøkelsene legger opp til et dynamisk overvåkingsprogram, i og med at noen parametre kan/bør følges opp relativt ofte, mens andre legger opp til reanalyser med flere års mellomrom.

Som vist i figur 1.1, inngår grunnlagsundersøkelsene utført i regi av 4Ni-gruppen som en del av en større helhet i forbindelse med miljøovervåkingen for industrianlegget på Tjeldbergodden, og det vil være en utfordring i overvåkingsprogrammet å videreføre og utvikle den tverrfaglige tilnærmingen mot et helhetsbilde av mulige påvirkninger. Statoil vil ha det overordnede ansvaret for dette overvåkingsprogrammet, som må etableres med basis i grunnlagsundersøkelsene og i nært samarbeid med relevante fagmyndigheter. Videre vil målinger av utslippsparametre i driftsfasen være viktig informasjon for endelig utforming og eventuell justering av programmet.

Litteratur

- Berg, A. 1995. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Overvåking av jord og jordvann i 1993 og 1994. - Rapp. Skogforsk 19/95: 1-11.
- Bruteig, I.E. & Wang, R. 1995. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Epifyttvegetasjonen. Resultat frå referansekartlegging 1994. - ALLFORSK Rapport nr. 4: 1-33.
- Eilertsen, O. & Brattbakk, I. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Øvre Dividal nasjonalpark. - NINA Oppdragsmelding 286: 1-82.
- Eilertsen, O. & Fremstad, E. 1994. Miljøovervåking Tjeldbergodden, jord og vegetasjonsundersøkelser. - NINA Oppdragsmelding 278: 1-30.
- Eilertsen, O. & Fremstad, E. 1995. Miljøovervåking på Tjeldbergodden og Terningvatn. Jord- og vegetasjonsundersøkelser 1993-94. - NINA Oppdragsmelding 391: 1-35.
- Eilertsen, O. & Often, A. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Gutulia nasjonalpark. - NINA Oppdragsmelding 285: 1-69.
- Hobæk, A., Lien, L., Johnsen, T.M. & Fjellheim, A. 1994. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Delprosjekt A2 Ferskvann. Resultater fra grunnlagsundersøkelser 1993. - NIVA Rapport 3108: 1-24 + vedlegg.
- Hobæk, A. 1996. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Delprosjekt A2 Ferskvann. Resultater fra grunnlagsundersøkelser 1994. - NIVA Rapport 3384-96: 1-18 + vedlegg.
- Knudsen, S. & Hellevik, O. 1991. Gasskraftverk - Midt-Norge. Spredningsforhold og spredningsberegninger Tjeldbergodden. - NILU Oppdragsrapport OR 41/91: 1-27.
- Knudsen, S. & Johnsrud, M. 1994. Førundersøkelse av luftforurensningssituasjonen på Tjeldbergodden i Aure kommune. Mai 1993 - april 1994. - NILU Oppdragsrapport OR/94: 1-31.
- Knudsen, S. & Johnsrud, M. 1995. Måleprogram for førundersøkelse på Tjeldbergodden. Hovedkomponenter og tungmetaller i nedbør 1994. - NILU Oppdragsrapport OR/95: 1-11.
- Kålås, J.A. & Jordhøy P. 1995. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Metallinnhold i terrestriske næringskjeder. Grunnlagsundersøkelser 1993-94. - NINA Oppdragsmelding 351: 1-19.
- Sigmond, E.M.O., Gustavson, M. & Roberts, D. 1984. Berggrunnskart over Norge. M 1:1 million. Nasjonalatlas for Norge. Norges Geologiske Undersøkelser.
- Thomassen, J. & Fremstad, E. 1993. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Grunnlagsundersøkelser 1993 i forbindelse med utslipp til luft fra planlagt metanolfabrikk på Tjeldbergodden i Møre og Romsdal. - 4Ni-program, mars 1993. 12s.

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0656-0

376

NINA
OPPDRAKS-
MELDING

NINA Hovedkontor
Tungasletta 2
7005 TRONDHEIM
Telefon: 73 58 05 00
Telefax: 73 91 54 33

NINA
Norsk institutt
for naturforskning