

NINA Temahefte 35

# Nedbørfeltorientert forvaltning av store vassdrag



Felles strategisk instituttprogram 2002-2006





# Nedbørfeltorientert forvaltning av store vassdrag

Sandlund, O.T., S. Hovik, J.R. Selvik, L. Øygarden & B. Jonsson (red.) 2006. Nedbørfeltorientert forvaltning av store vassdrag. – NINA Temahefte 35. 80 s.

Trondheim, november 2006

ISSN: 0804-421X

ISBN-10: 82-426-1751-1

ISBN-13: 978-82-426-1751-4

Inngår også i rapportseriene:

Norsk institutt for vannforskning (NIVA)

NIVA-rapport 5282-2006

ISBN: 82-577-5010-7

Bioforsk Jord og miljø:

Bioforsk Rapport Vol 1 126 2006

ISBN-10: 82-17-00113-8

ISBN-13: 978-82-17-00113-3

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

GRAFISK FORMGIVING

Kari Sivertsen, NINA

OPPLAG

600

## KONTAKTOPPLYSNINGER

### **Norsk institutt for naturforskning (NINA)**

Postadresse: 7485 Trondheim  
Besøksadresse: Tungasletta 2  
7047 Trondheim  
Telefon 73 80 14 00  
Telefax 73 80 14 01  
<http://www.nina.no>

### **Norsk institutt for by- og regionforskning (NIBR)**

Postadresse: Postboks 44 Blindern,  
0313 Oslo  
Besøksadresse: Gaustadalléen 21,  
0349 Oslo  
Telefon: 22 95 88 00  
Telefaks: 22 60 77 74  
<http://www.nibr.no>

### **Norsk institutt for vannforskning (NIVA)**

Gaustadalléen 21  
NO-0349 OSLO  
Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00  
<http://www.niva.no>

### **Bioforsk Jord og miljø**

Frederik A. Dahls vei 20,  
1432 Ås  
Telefon: 64 94 71 00  
<http://www.bioforsk.no>

# Nedbørfeltorientert forvaltning av store vassdrag:

## Felles strategisk instituttprogram mellom Bioforsk Jord og miljø, NIBR, NINA og NIVA 2002 – 2006

Fire av instituttene innen Miljøalliansen har gjennomført et felles strategisk instituttprogram (SIP) med fokus på flerfaglig og helhetlig forskning om vassdrag. Programmet ble utviklet i samråd med Forskningsrådets Basisbevilgningsutvalg, Direktoratet for naturforvaltning, Statens forurensningstilsyn og Norges vassdrags- og energidirektorat i 2000 – 2001. Programmet ble drevet fram på grunn av behovet for mer tverrfaglig forskning om naturlige prosesser og dynamikk i vassdrag, og hvordan menneskelig aktivitet påvirker disse. Samtidig var EUs Rammedirektiv for vann i ferd med å bli vedtatt. Det var klart at iverksettelsen av dette direktivet ville kreve store omstillinger i norsk vassdragsforvaltning, og stille nye krav til kunnskap og forskningskompetanse. Programmet ble derfor vinklet i henhold til dette behovet.

De strategiske instituttprogrammene er sentrale og grunnleggende for opprettholdelse og videreutvikling av instituttene fagkompetanse rettet mot forvaltningen. SIPene styrker instituttene fagkompetanse på områder der de tradisjonelt er sterke, og gir viktige bidrag til utvikling av kompetanse på nye områder der forvaltningen trenger forskning. Dette skjer gjennom kompetansebygging hos instituttene egne forskere og teknisk ansatte, og ved rekruttering av nye medarbeidere.

Innen familien av miljøforskningsinstitutter i Miljøalliansen er det et sterkt ønske om å

utvikle samarbeidet instituttene i mellom. Siktemålet er å tilby et bredere og mer helhetlig fagmiljø for å betjene forvaltningen og styrke instituttene stilling i forhold til Forskningsråd og andre finansieringskilder. "Nedbørfeltorientert forvaltning av store vassdrag" er det andre instituttprogrammet der flere enn to (i dette tilfellet fire) av miljøinstituttene samarbeider. Bioforsk Jord og miljø (tidligere Jordforsk) hadde allerede fått finansiering av et eget instituttprogram "Transport og retensjon av forurensninger i små nedbørfelter – effekter av hydrologiske prosesser" da vårt program ble utviklet. Etter ønske fra instituttene og med tilslutning fra Forskningsrådet ble disse instituttprogrammene samordnet og deler av Bioforsks instituttprogram ble inkorporert i aktivitetene på lik linje med de ordinære prosjektene.

Et slikt samarbeid gir muligheter for gode synergier på mange plan. I noen tilfelle går forskere med ulik kompetanse sammen i felles prosjekter, eller et felles hovedtema belyses fra ulike vinkler og med ulike problemstillinger. I dette SIP-programmet er hovedtemaet elvesletter et godt eksempel. Det er også svært mye å vinne på at forskningsinfrastruktur med kostbar grunnlagsinvestering eller feltlokaliteter der basiskunnskapene er gode utnyttes av forskere fra flere institutter.

I løpet av dette programmet er det gjennomført tre felles fagsamlinger i tillegg til de

formelle møtene og den uformelle kontakten mellom forskere innen prosjektgruppene. Dette er en svært viktig del av arbeidet i et strategisk instituttprogram, og er kanskje det viktigste bidraget til at instituttene forskere i samarbeid kan takle tverr- og flerfaglige utfordringer i tiden som kommer.

Prosjektene innen programmet har i tillegg til finansieringen fra basisbevilgningen fått støtte fra ulike andre kilder, f.eks Forsvarsbygg, Statens Vegvesen, Statens landbruksforvaltning, og ulike programmer i Norges forskningsråd.

Christopher Brodersen,  
Direktør, Bioforsk Jord og miljø

Einar Hjorthol,  
Administrerende direktør, NINA

Jon Naustdalslid,  
Instituttssjef, NIBR

Odd K. Skogheim,  
Administrerende direktør, NIVA

# Sammendrag

Sandlund, O.T., S. Hovik, J.R. Selvik, L. Øygarden & B. Jonsson (red.) 2006. Nedbørfeltorientert forvaltning av store vassdrag. – NINA Temahefte 35. 80 s.

Fire av instituttene innen Miljøalliansen har gjennomført et felles strategisk instituttprogram (SIP) med fokus på flerfaglig og helhetlig forskning om vassdrag. Programmet er gjennomført i perioden 2002-2006. Programmet fokuserte på fire hovedtemaer som presenteres i fire hovedkapitler:

- **Elvesletter;**
  - er i Norge en lite utbredt naturtype, der oppdyrking, bygging av veier, jernbane, industri og boliger har ført til tap og forringelse av områdene.
- **Reguleringsdammer;**
  - lokale og regionale effekter på elveøkosystemet.
- **Diffuse kilder;**
  - kontroll med og tiltak mot diffuse kilder til forurensning i vassdraget.
- **Romlig skalering av data,**
  - hva slags forhold er det mellom detalj og helhet?

Temaet **Elvesletter** omtales i fem underkapitler. Typen og omfanget av forandringene elveslettene er utsatt for, og årsakene til dem, er studert med utgangspunkt i elveslettene langs Lågen i Ringebu kommune. I dette området er også mangfoldet av planter i dammene på elvesletta studert, og en metode for å komme fram til den mest kostnadseffektive tilnærmingen til vern av biologisk mangfold er anvendt på datasettet for dette området. Hydrologiske forhold og sedimentasjonsprosesser på elvesletter er studert i andre deler av Glommas nedbørfelt.



Foto: O. T. Sandlund





Tapet og forringelsen av naturtypene knyttet til elvesletter er mer omfattende og skjer fortere enn tidligere antatt. Tapet har vært spesielt omfattende i løpet av de siste 20 årene da flomsikring med påfølgende oppdyrking har vært det mest skadelige inngrepet.

Plan- og bygningsloven (PBL) og de kommunale planprosessene som er etablert i tilknytning til dette lovverket greier ikke å bevare elveslettearealene i så stort omfang at mangfoldet av damtyper og arter sikres. Årsaken er at inngrepene i stor grad vurderes enkeltvis og ikke i sammenheng med tidligere inngrep og hva som er igjen av intakte områder. Arealvern gjennom naturvernloven er et godt tiltak for å bevare større sammenhengende elveslettearealer.

Antall arter i vannvegetasjonen i dammer, evjer og flomløp på elvesletta ved Ringebru er klart høyere enn det man kan forvente å finne i en innsjø med samme areal. Årsaken til dette er at de ulike dammene representerer ulike habitater. En utbygging av elvesletta som fører til reduksjon i flompåvirkning og lengre tørrleggingsperioder fører til en nedgang i artsantallet.

Hydrologiske undersøkelser viser at små topografiske forskjeller på en elveslette kan ha vesentlig betydning for vinterhydrologi og lokal nydanning av grunnvann om våren. Lokale forskeninger kan bli viktige områder ved lokalisering av framtidige tiltak mot landbruksforurensning på elveslettene.

Sedimentasjon og jordkvalitet ble undersøkt på ulike punkter av elvesletta i ulik avstand fra elveløpet. Beliggenheten i forhold til elva har større effekt på jordkvalitet enn størrelsen på flommene. Vannhastigheten er avgjørende for hvor grovt sediment vannet er i stand til å bære med seg. Når vannet strømmer inn på elvesletta mister det fort hastighet og det groveste materialet avsettes raskest. Vegetasjonssoner fører til en enda raskere

reduksjon i vannhastigheten, og forsterker effekten. Grov og middels fin sand som storflommene bærer med seg, felles ut raskt når vannet strømmer inn over land. Storflommer vil legge igjen finsand lengre inne på elvesletta enn mindre flommer. Det var ingen tydelige spor etter storflommen «Stor-Ofsen» (1789) i form av grovkornet lag i de jordprofilene vi analyserte. Dagens flomverk fører til at de små oversvømmelsene som avsetter silt og leir hovedsakelig er borte. Storflommer gir i dag gjerne brudd i flomverk slik at sporene etter en storflom trolig vil bli tydeligere i dag enn de ble på slutten av 1700-tallet.

Vår analyse av hvordan dagens verneområde dekker det biologiske mangfoldet på elvesletta ved Ringebru viser at den geografiske beliggenheten av dammene er viktig for hvilke organismer de inneholder og at ulike organismegrupper har forskjellig utbredelse innen elvesletta. Geografisk spredning av dammene er viktig for eksempel for å fange opp mangfoldet av krepsdyrarter, mens det er mindre forskjeller mellom dammene når det gjelder vannplanter og biller. Viktige områder for det biologiske mangfoldet finnes også utenfor det nåværende verneområdet.

Temaet **reguleringsdammer** er undersøkt med utgangspunkt i Løpsjøen i Søndre Rena, der vegetasjon, plankton, bunndyr, fisk og fugl er analysert. Resultatene viser at etableringen av elvemagasin har gitt store økologiske endringer både lokalt og regionalt. Den viktigste negative effekten av slike magasin er sannsynligvis knyttet til fiskevandring. En dam vil representere et fysisk vandringshinder selv om det er bygd fisketrapp. I tillegg ser vi at fiskesamfunnet på oversiden av dammen sannsynligvis representerer et alvorlig biologisk vandringshinder ved at predasjonspresset øker som følge av økte tettheter av fiskepisende arter som gjedde og abbor. Genetiske undersøkelser av ørret viser at den fragmenteringen av bestandene som har skjedd som følge av reguleringsdam-

mer trolig har endret den genetiske strukturen hos denne arten i Søndre Rena.

Studiene viser også at vassdraget har fått et nytt verdifullt landskapselement i form av en grunn og produktiv innsjø med økt biologisk produksjon og nye habitater for både planter og dyr. Vannvegetasjonen av høyere planter omfatter flere arter som ellers er sjeldne i denne delen av landet. Et artsrikt og produktivt bunndyrsamfunn gir også grunnlag for stor fiskeproduksjon og et mangfoldig fugleliv, og Løpsjøen har utviklet seg til en regionalt viktig fuglelokalitet. Liten reguleringshøyde og små vannstandsvariasjoner gjennom året sikrer stabile forhold og reduserer ulempene av reguleringen.

Under temaet **diffuse kilder** har prosjektene fokusert på konstruerte våtmarker som tiltak mot diffus avrenning, rensedammer for avrenning fra veg, og bruk av isotoper til kildeproving og studier av prosesser i nedbørfelt. I et avansert forsøksanlegg i Lier, Buskerud, har vi undersøkt hvordan ulike filtre eller substrater holder tilbake næringsalter og pesticider i forhold til den hydrauliske belastningen anlegget utsettes for. Vi har også undersøkt hvilket arts- og mangfold av krepsdyr som utvikler seg i de konstruerte våtmarkene. Det er også gjennomført studier av retensjon av partikler i flere fangdammer i Norge. Resultatene viser at retensjonen av næringsalter i stor grad avhenger av hydraulisk belastning. Retensjon av nitrogen reduseres i større grad enn retensjon av fosfor ved økt hydraulisk belastning. Tilplantede våtmarksfiltre hadde best tilbakeholdelse av både nitrogen og fosfor. Ved økt hydraulisk belastning renses dypere filtre bedre enn grunnere filtre. Filtre uten organisk materiale var mindre effektive; for nitrogen var sandfilter dårligst, mens for fosfor var hellelagt filter uten vegetasjon dårligst. Forekomsten av krepsdyr i innløps- og utløpsseksjonen av den konstruerte våtmarken viser at faunaen tydelig reflekterer forskjeller i vannkvalitet. Retensjon av plan-



tevernmidler var størst i filtre med halm (mye organisk materiale) og det hellelagte filteret. På grunn av dannelse av aggregater, sedimenterer større mengder leirpartikler enn hva teoretiske beregninger skulle tilsi. Artsrikdommen hos vannlopper, en gruppe som reagerer negativt på landbruksforurensninger, var i hele perioden høyere i utløpet enn i innløpet til våtmarksanlegget.

Undersøkelsene av rensedammer for avrenning fra veg viste at avrenningen som ble tilført de undersøkte rensedammene utgjorde 10 - 40 % av nedbøren som falt på vegstrekningen, mens resten trolig forsvinner ved fordampning eller infiltrasjon. Avrenningen fra veg til rensedammene var tidvis meget sterkt forurenset med de trafikktypiske metallene kobber, sink og nikkel samt næringsstoffene fosfor og nitrogen. Slam som ble samlet i rensedammene hadde et så høyt innhold av tunge oljekomponenter at det legger føringer for hvordan slammet skal disponeres. Tilførsel av vegsalt førte til at det dannet seg en saltsjiktning i rensedammene gjennom vintersesongen, med tungt salt vann i bunnen og lettere og ferskere vann på toppen. Denne saltsjiktningen påvirker oppholdstid, strømningsforhold og rensegrad i dammen.

Naturlig forekommende isotoper i vann og jord kan være nyttige verktøy for å studere ulike nedbørfeltprosesser av betydning for forvaltningen av vassdragene. Flere av isotopteknikkene er ikke tidligere benyttet under norske forhold. Vi viser at kombinert analyse av ulike hydrogen- og oksygenisotoper kan gi ny informasjon om strømningsveger i små nedbørfelt, noe som er et viktig grunnlag for vurdering av forurensningsrisiko og tiltaksplanlegging.

Kombinert analyse av nitrogen- og oksygenisotoper i nitrat kan være et nyttig hjelpemiddel i forbindelse med sporing av diffuse kilder som har bidratt til nitratinnholdet i landbruksbekker. Metoden må imidlertid brukes med varsomhet i større nedbør-

felt, hvor det ofte er en svært kompleks sammensetning av markslagstyper og ulike nitrogenkilder.

Et velkjent problem innen vassdragsforvaltningen er å kvantifisere retensjonsprosesser for næringsalter i vann. Vi gir et eksempel på bruk av stabile nitrogenisotoper som hjelpemiddel for å kvantifisere betydningen av denitrifikasjon (bakteriell omdanning av nitrat til nitrogen-gass) i kunstig anlagte fangdammer.

Analyse av isotopen  $^7\text{Be}$  (beryllium) i jordpartikler har gjort det mulig å spore kilde-materialet til partikkeltransport i bekker. Metoden er ikke tidligere utprøvd i Norge, men i et eksempel fra Skuterudbekken i Akershus er det vist at  $^7\text{Be}$ -tilførslene fra atmosfæren kan utnyttes til å identifisere transportprosesser for jordpartikler i landskapet.

Romlig representativitet og skalering av data er metodiske dilemma av stor betydning i vassdragsforskning og -forvaltning. Delprosjektet "**Romlig skalering av data**" har vært en tverrgående aktivitet i hele det strategiske instituttprogrammet og en rekke forskjellige naturfaglige problemstillinger er blitt behandlet. Vårt arbeid med romlig skalering av vassdragsinformasjon har knyttet eksisterende kunnskap fra forskjellige fagområder sammen og gjennom dette fungert som en tverrfaglig og integrerende aktivitet. Dette bidrar til å øke relevansen av forskningsresultater.

Det er i prosjektet anvendt flere forskjellige metoder, som kan grupperes under to hovedoverskrifter: Nedbørfeltbasert modellering og Representativ utvalgelse.

Nedbørfeltbasert modellering baserer seg på at studieområder slås sammen til relativt homogene enheter, slik at de parameterne som brukes i modellen kan antas å variere lite innenfor hver av disse enhetene. Som eksempel på slik tilnærming presenteres to nedbørfeltbaserte

modeller for kvantifisering av tilførsler av fosfor: TEOTIL og INCA-P. Romlig variabilitet i nedbørfelt og effekter på vann og stofftransport kan håndteres med prosessbaserte hydrologiske modeller, men disse krever god kunnskap om hvordan jordsmonnet er sammensatt. Denne typen data er som regel ikke tilgjengelige, og det kan da være nødvendig å slå sammen områder med antatt nokså homogene forhold for å glatte ut noe av variasjonen. Denne tilnærmingen illustreres med data fra Skuterud nedbørfelt, Ås, Akershus.

Ved hjelp av kartbaserte metoder har vi gått nærmere inn på to forskjellige problemstillinger knyttet til skalering av informasjon. Vi har modellert elvesletter i hele Glommas nedbørfelt og vurdert dem i forhold til inngrepsstatus. De opplysningene som da har framkommet, er sammenlignet med resultatene fra prosjektet som har studert elveslettene ved Ringeby. Til sammen gir disse to studiene indikasjoner på om detaljkunnskapen innsamlet ved Ringeby kan generaliseres for hele nedbørfeltet til Glomma. Tilsvarende kan vi også få indikasjoner på om en generell modellering av naturtyper kan produsere data som er nyttige for en vurdering av forholdene i et mindre, utvalgt område.

For det andre har vi sett på hele Glommas nedbørfelt og samlet informasjon for alle delnedbørfelt som vi har kunnet identifisere ved bruk av NVEs database REGINE. Ved hjelp av statistisk analyse har vi sett på hvordan de ulike nedbørfeltene grupperer seg med tanke på likhet og ulikhet.

Odd Terje Sandlund, NINA,  
7485 Trondheim  
Sissel Hovik, NIBR, Postboks 44 Blindern,  
0313 Oslo  
John Rune Selvik, NIVA, Gaustadalléen 21,  
0349 Oslo  
Lillian Øygarden, Bioforsk Jord og miljø,  
Frederik A. Dahls vei 20, 1432 Ås  
Bror Jonsson, NINA, Gaustadalléen 21,  
0349 Oslo

# Innhold

<b>Nedbørfeltorientert forvaltning av store vassdrag: Felles strategisk instituttprogram mellom Bioforsk Jord og miljø, NIBR, NINA og NIVA 2002 – 2006</b> .....	3
<b>Sammendrag</b> .....	4
<b>Forord</b> .....	9
<b>Ansvarsfordeling i vassdragsforvaltningen</b> .....	10
<b>1 Elvesletter</b> .....	11
1.1 Bruk og forvaltning av elvesletter .....	12
1.2 Flomutsatte elvesletter, sedimenttransport og jordkvalitet .....	19
1.3 Elvesletters geohydrologi .....	23
1.4 Vannvegetasjon i dammer og flomløp på elvesletter: artsmangfold i forhold til flompåvirkning og næringstilførsel ..	25
1.5 Planlegging av naturvern: elveslettedammer ved Lågen .....	28
som eksempel .....	28
<b>2 Reguleringsdammer</b> .....	33
2.1 Effekter av reguleringsdammer i store elver .....	34
<b>3 Diffuse kilder</b> .....	47
3.1 Konstruerte våtmarker: - et nyttig element i kontroll av diffus avrenning .....	48
3.2 Rensdammer for avrenning fra veg .....	56
3.3 Bruk av isotoper til kildeopsporing og prosessstudier i nedbørfelt	58
<b>4 Skalering</b> .....	63
4.1 Romlig skalering av data - Hva slags forhold er det mellom detalj og helhet? .....	64
<b>5 Ny og nyttig viten</b> .....	73
<b>Formidling fra ”Nedbørfeltorientertforvaltning av store vassdrag”</b>	77
<b>Kontaktadresser til rapportens forfattere</b> .....	80

# Forord

Forvaltningen av vassdragene våre stilles i dag overfor nye utfordringer. Spesielt betyr EUs Rammedirektiv for vann en stor omlegging, både i kravene til grunnleggende kunnskap, hvordan denne kunnskapen skal anvendes for å registrere måloppnåelse i forvaltningen, og i organiseringen av selve vannforvaltningssystemet. I tillegg stiller andre internasjonale avtaler som Konvensjonen om biologisk mangfold, og politiske vedtak som FNs Tusenårs-mål, nye krav til norsk forvaltning av miljø og naturressurser.

Norge er et vannrikt land, og store og små vassdrag er typiske trekk ved det norske landskapet. Hvor hen du reiser i Norge vil du nesten bestandig ha utsikt til en bekk, ei elv, en innsjø eller kystvann. Dette innebærer blant annet at en god forvaltning av vassdragene betyr at vi ivaretar en særs viktig del av norsk natur.

EUs Rammedirektiv for vann stiller tre spesifikke krav til forvaltningen av vassdragene:

- Forvaltningsenheten skal være nedbørfeltet, ikke et område definert av en kommune- eller fylkesgrense.
- Hovedmålsetningen for vassdragsforvaltningen er at vannforekomstene skal beholde eller få tilbake god økologisk status (definert i forhold til en "naturtilstand").
- Elver eller innsjøer som er sterkt modifisert på grunn av viktige samfunnsinteresser (i Norge betyr dette som oftest vannkraftutbygging) skal forvaltes slik at de oppnår best mulig økologisk potensial i sin modifiserte tilstand.

Det er gammel kunnskap at vassdraget påvirkes av aktivitetene i nedbørfeltet. Oppdyrking langs elvestrengen gir en annen effekt på miljøforholdene i vannet

enn skogen, der den får stå. Grøfting av myrer og drenering av landbruksarealer fører til endret hydrologi og transport av partikler og næringsstoffer til vassdraget. Urbanisering og industriutvikling fører til at vannstrengen blir "resipient", det vil si at den blir mottaker av næringsalter og forurensende stoffer. Inngrep i selve vassdraget, med for eksempel flomforbygning og kraftutbygging, fører til lokale og regionale effekter på livet i elva.

Selv om vi lenge har forstått at det er slike sammenhenger, er vår konkrete kunnskap om ulike årsaksforhold og kvantitative forhold ofte begrenset eller fragmentarisk. Helhetlig vassdragsforskning der ulike fagdisipliner fra natur- og samfunnsfagene samarbeider og har hele nedbørfelt som forskningsfokus, er sjelden blitt gjennomført i Norge. Dette skyldes delvis at de forskjellige fagdisiplinene sitter i ulike institusjoner og mangler tradisjon for samarbeid, delvis at slik forskning er svært ressurskrevende.

Det strategiske instituttprogrammet (SIP) "Nedbørfeltorientert forvaltning av store vassdrag" er et skritt mot helhetlig vassdragsforskning. De samarbeidende instituttene Bioforsk Jord og miljø, NIBR, NINA og NIVA dekker til sammen svært mange aspekter i forhold til vassdragene, og har gjennom Miljøalliansen utviklet en kontakt som gjør det lettere å få til samarbeid. Samtidig har begrensede ressurser og praktiske forhold ført til at bare enkelte tema har blitt tatt opp.

Store, komplekse vassdrag kjennetegnes ved å ha stor variasjonsbredde i fysiske, kjemiske og biologiske parametere. Til slike vassdrag er det knyttet mange brukerinteresser, samtidig som forvaltningsstrukturen i Norge omfatter forvaltningsenheter på

flere geografiske nivå (regionalt og lokalt, se rammetekst side 10) og for en rekke sektorinteresser med tilhørende sektorlover.

De viktigste faglige utfordringene i programmet var:

- å bedre forståelsen av sammenhenger mellom de biologiske prosessene i store, komplekse nedbørfelt, og de inngrep og påvirkninger slike systemer utsettes for gjennom ulike typer bruk og utnyttelse
- å bedre kunnskapen om brukernes miljøkrav og de brukerkonflikter dette kan gi i de store vassdragene
- å være kompetansebyggende i forhold til de utfordringer som ligger i implementering av EUs Rammedirektiv for vann i Norge
- å foreslå tiltak og tilpasninger i forvaltningen for å oppnå en mer bærekraftig utvikling og en mer økosystemorientert forvaltning av store, komplekse vassdrag

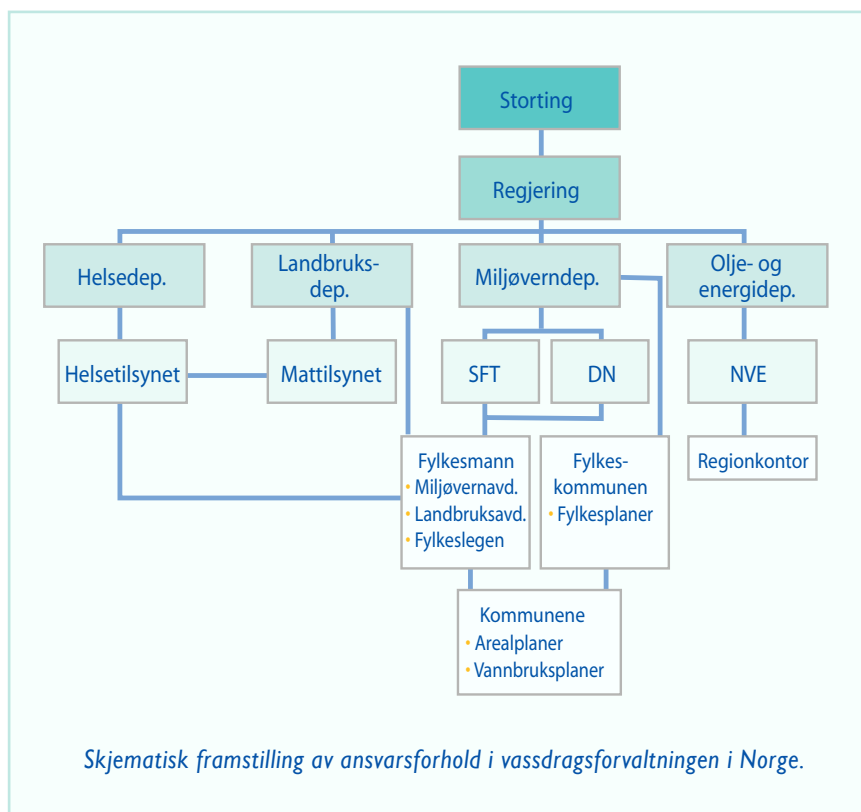
Vi mener at arbeidet i dette felles instituttprogrammet har gitt gode bidrag til en slik utvikling.

Odd Terje Sandlund  
Sissel Hovik  
John Rune Selvik  
Lillian Øygarden  
Bror Jonsson  
(Koordinatorer/Redaktører)

# Ansvarsfordeling i vassdragsforvaltningen

Knut Bjørn Stokke

Dagens vassdragsforvaltning blir beskrevet som fragmentert (**se figur**). En rekke ulike statlige forvaltningsaktører har betydelig ansvar, hver med sitt lovverk. Det går et klart skille mellom forvaltning av vannmengden, med Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) som sentral aktør, og forvaltningen av vannkvaliteten og arterne som lever i vannet. Det faglige ansvaret for disse oppgavene er lagt til henholdsvis Statens forurensningstilsyn (SFT) og Direktoratet for naturforvaltning (DN). Regionale miljøoppgaver er delegert til Fylkesmannens miljøvernavdeling, hvor forurensningsloven, naturvernloven, inlandsfiskeloven, viltloven, motorferdselsloven og friluftsløven står sentralt. Fylkeskommunen har det regionale ansvaret for kulturminneloven. Med vannressursloven fra 2000 har NVE med sine regionkontorer fått økt ansvar for arealforvaltningen utenfor selve vannstrengen. Landbruksforvaltningen (Fylkesmannens landbruksavdeling og kommunene) har ansvar for arealbruk og forurensning fra landbruket, knyttet til jordloven og skogbruks- og skogvernloven. Ansvaret for helse og drikkevann er lagt til Helsedepartementet, og Helsetilsynet og Mattilsynet ivaretar viktige direktoratsoppgaver, spesielt i forhold til kommunehelsetjenesteloven og drikkevannsforskriften. Bildet kompliseres ytterligere ved at stadig flere ansvarsoppgaver er blitt delegert til kommunene. Kommunene og fylkeskommunen har ansvar for å samordne ulike offentlige og private interesser. Bestrebelsene for integrert vassdragsforvaltning i Norge har til nå vært organisert som kommunale, interkommunale eller



fylkeskommunale vassdragsplaner etter plan- og bygningsloven.

EUs Rammedirektiv for vann utfordrer dette fragmenterte forvaltningssystemet ved å insistere på en helhetlig nedbørfeltorientert forvaltning. Dette innebærer krav om en samlet forvaltning, både på tvers av ulike forvaltningssektorer og på tvers av kommune- og fylkesgrenser. Utarbeidelse av forvaltningsplaner med tilhørende handlingsprogram på vannregionnivå er det viktigste virkemidlet i så måte.





Evje



Flomløp



Dam

# I Elvesletter

*Elvesletter er en naturtype som dekker ganske små arealer i Norge. I tillegg er disse arealene lette å dyrke opp eller ta i bruk til annen virksomhet. Urorte elvesletter er derfor en sjelden naturtype som er leveområde for mange sjeldne og truede arter i norsk natur. Vår kunnskap om elveslettenes dynamikk er begrenset. Dette gjelder både hvilke arter som finnes der, og hvordan disse påvirkes av forholdet mellom ellevann og grunnvann, og av sedimenterings- og erosjonsprosesser. Vi har gjennomført flere prosjekter som belyser ulike sider ved elveslettene langs Glommavassdraget.*



Foto: B. K. Dervo



Langskuddsplantesamfunn



Elvesnelle og starrsump



Flommarkskog





Foto: B. K. Dervo

# I.1 Bruk og forvaltning av elvesletter

Børre K. Dervo, Knut Bjørn Stokke, Sissel Hovik, Jon Museth, David N. Barton, Ann Kristin Schartau, Torbjørn Østdahl og Svein Erik Sloreid

*Elvesletter er i Norge en lite utbredt naturtype. Oppdyrking, veier, jernbane, industri og boliger har ført til tap og forringelse av slike områder. Vi har ønsket å studere hvilke forandringer elvesletter utsettes for og vurdere omfanget og årsakene til endringene i et område langs nedre deler av Gudbrandsdalslågen.*

## Ringebu som eksempel

Undersøkelsen har foregått i Ringebu kommune på begge sider av Gudbrandsdalslågen fra grensa til Sør-Fron kommune og ned til Losna, sør for Fåvang. Studieområdet er i lengde 18 km og dekker et areal på 20 km<sup>2</sup>. Den sørlige delen av studieområdet består av et naturreservat (4 km<sup>2</sup>). Resten, heretter kalt effektområdet (16 km<sup>2</sup>), er i kommunens arealplan definert som landbruk-, natur- og friluftsområder (LNF), eller avsatt til boliger, forretningsvirksomhet og industri. Omkring 7 km<sup>2</sup> av totalarealet er vann.

Bruken og forvaltningen av elveslettene i Ringebu er studert og kartlagt ved hjelp av offentlige kart, flyfoto, offentlige databaser, feltregistreringer, dokumentstudier (offentlige arkiver og fagrapporter) og intervju med informanter som bruker og/eller forvalter elveslettene. Vi la hovedvekten på å beskrive utviklingen de siste 20 årene. Vi har framstilt våre funn som tre historier om biologi, bruk og forvaltning. Vårt mål har vært å dokumentere

effektene av bruken over tid, hva som er årsakene til de bruksendringene vi har funnet, og analysere i hvor stor grad denne utviklingen har vært styrt gjennom offentlig forvaltning.

## Den biologiske historien

Betrakter man en intakt elveslette ovenfra (**se bildet side II**), ser man en mosaikk av ulike vann- og vegetasjonstyper: Evjer, flomløp, tjern og dammer varierer i form og størrelse og har ulik kontakt med elva. Mengden av og typen vegetasjon varierer også mellom vannlokaliteter og mellom ulike deler av elvesletta.

## Prosesser

Den viktigste faktoren som skaper dette landskapsbildet er vann. Elvevannet fører med seg materiale i form av stein, grus, sand og silt som avsettes i stille partier av elva. På denne måten bygges elveslettene gradvis opp. De årlige flommene tilfører elvesletta store mengder nytt materiale, samtidig som økt vannføring også fører til

graving. Noen steder vokser elvesletta og andre steder blir den mindre.

I Lågen er det årlig vanligvis 2 – 3 flomperioder: (1) snøsmeltingen i fjellet (700 - 1 100 m o h) i siste halvdel av juni, (2) Ottaflommen i første halvdel av juli og (3) høstflommen i år med mye nedbør. Enkelte år er det kun to tydelige flomtopper, mens det i andre år kan være en sammenhengende flomperiode som varer i 3 - 5 uker.

Graving og flomavsetninger, sammen med grunnvannskilder, tilfører elvesletta næringsstoffer. Samtidig fører disse prosessene til at store arealer blir blottlagt og tilgjengelige for planter og dyr. Både lange flomperioder og høy grunnvannstand fører til svært fuktige forhold store deler av året. Se også **kapittel 1.2** side 19 og **1.3** side 23 (sedimenter og geohydrologi).

### Vannlokaliteter

Det er vannet som "transportør" og som "entreprenør" som skaper de forskjellige vannlokalitetene. Vi har: elver og bekker, flomløp, evjer, dammer og tjern. Flomløp er sideløp i elva som blir helt vannfylte bare under en flom. Evjer er avsnørte viker som fortsatt har kontakt med hovedelva. De er ofte dannet ved at flomløp er fylt igjen imot strømrretningen. Det er en glidende overgang mellom de ulike hovedtypene av vannlokaliteter (**Tabell 1.1.1**). Av et totalt vannareal på 7,17 km<sup>2</sup>, utgjør hovedelva med sideløp 89 prosent (6,44 km<sup>2</sup>). Det resterende arealet på 0,73 km<sup>2</sup> er fordelt på 161 vannlokaliteter. Gjennomsnittsdypet for dammene og evjene ved sommervannstand er 0,7 m, og mer enn halvparten har et dyp på under 0,5 m. Årlig tørker rundt 80 lokaliteter (0,1 km<sup>2</sup>) ut. Bunnsedimentene består hovedsakelig av silt og sand (> 95 %). Både vanddyp og bunnsediment gir gode vekstforhold for planter.

### Vegetasjon

Det er hovedsakelig to typer vannplantesamfunn i studieområdet; kortskuddsplan-

**Tabell 1.1.1. Antall av de ulike hovedtyper av vannlokaliteter og deres areal fordelt på naturreservatet og effektområdet i undersøkelsesområdet ved Gudbrandsdalslågen.**

	Effektområde		Naturreservat		Samlet	
	Antall	Areal (km <sup>2</sup> )	Antall	Areal (km <sup>2</sup> )	Antall	Areal (km <sup>2</sup> )
Hovedelv	-	-	-	-	1	5,5
Sideelver	12	0,86	2	0,03	14	0,89
Flomløp	2	0,01	6	0,18	8	0,18
Evjer	13	0,15	10	0,07	23	0,21
Dammer	96	0,17	34	0,44	130	0,33
Sum	123	1,18	52	0,72	176	7,17

ter (isoëtidesamfunn) og langskuddsplanter (elodeidesamfunn). Den første typen er sjelden i Norge, og vi fant den bare i naturreservatet ved Losna. Pusleplantene finnes på mudderbunn med silt og sand, og mange av artene er svært sjeldne. Langskuddsplantene må vokse i vann det meste av vekstsesongen og forekommer i over 2/3 av dammene. En av karakterartene i studieområdet er kransstusenblad, som er svært sjelden i resten av landet.

Sumpvegetasjonen (helofytter) står i overgangen mellom vann og fastmark, eller på dårlig drenert fastmark. Sumpvegetasjonen kan deles inn i mange underformer, og det er i denne vegetasjonstypen vi finner spesielt mange arter. Karakteristiske utforminger er elvesnelle- og starrsumper og viersumpskog. Omkring 1/3 av dammene er helt tilgrodd med starrarter og elvesnelle. En av de mest sjeldne sumpplantene i studieområdet er myrstjerneblom. På sand og grus er det grasrike pionersamfunn, mandelpilekratt, duggpilekratt og gråorpileskog. Dette er vegetasjonstyper som er i sterk tilbakegang. Karakteristiske arter i studieområdet er duggpil og mandelpil, arter som er sjeldne utenfor Glommavassdraget. I områder med rullestein og grov grus finnes klåvedsamfunn. I de litt mer drenerte områdene av elvesletta finnes det mer stabile skogsamfunn som gråor-heggskog og lågurtskog. Se også **kapittel 1.4** side 25 (vegetasjon).

### Dyresamfunn

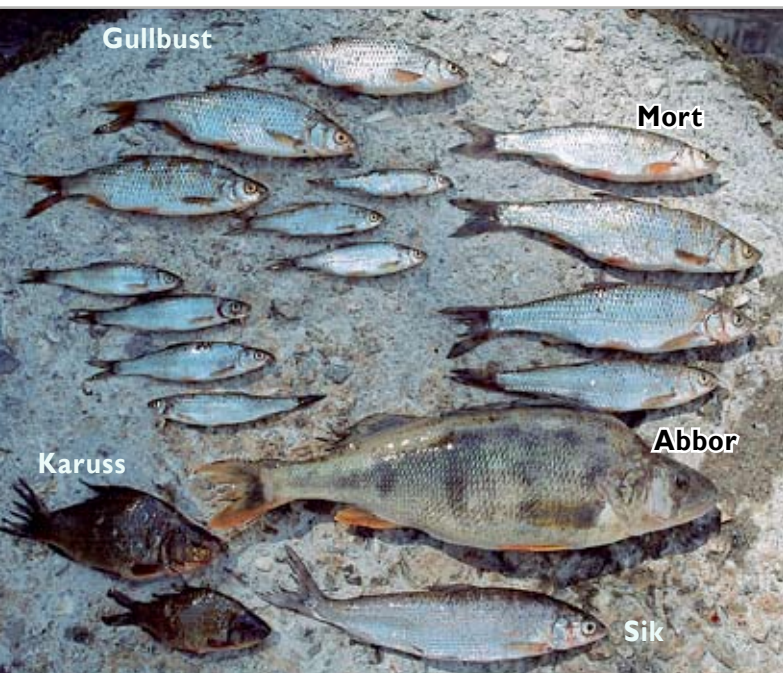
Det er lite kunnskap om hvilke dyrearter som utnytter elvesletta, men fiskeartene er kartlagt i hovedvassdraget og i noen få evjer, og fuglefaunaen er registrert i enkelte lokaliteter. I tillegg er mygg og noen bunn-dyrgrupper kartlagt på Skarvvollen.

Parallelt med vårt prosjekt ble krepsdyr og vannbiller kartlagt i 36 av dammene. Der fant man 58 arter krepsdyr og 58 arter vannbiller. I gjennomsnitt var det 28,4 arter krepsdyr og 19,1 arter vannbiller i dammene. Fem av krepsdyrartene er hovedsakelig damlevende og har derfor begrenset utbredelse i Norge. Blant billeartene er fem ikke tidligere funnet i denne regionen, og en art er også ny for Norge.

Det foreligger noen tellinger av fugl under trekket vår og høst, samt observasjoner av hekking. Generelt er naturreservatet det rikeste området for vannfugl, våtmarksfugl og fugl tilknyttet kratt og skog. Området er viktig både som trekklokalitet og hekklokalitet. For fisken i området ser det ut til at evjene er svært viktige som gyte- og eller oppvekstområde for arter som gullbust og mort. For lake, karuss og abbor er evjene viktige oppvekstområder.

### Natur i endring

Elvesletter er en svært variert naturtype med levevilkår som endrer seg mye gjennom året. Variasjonen i miljøforholdene gir rom for konkurransesvake arter. Ser man



Fiskesamfunn fra Storevjua.  
Foto: B. K. Dervo.

imidlertid elvesletta i et større perspektiv i tid og rom, er endringene fra år til år ikke så store. Selv om elvesletta er preget av stor variasjon over korte avstander er endringene i stor målestokk mer forutsigbare og stabile (Figur 1.1.1). Vi fant at endringene de siste 20 årene var små, både når det gjelder lokalisering av de ulike vegetasjonstypene i naturreservatet og deres samlede areal (arealendringer < 5 %).

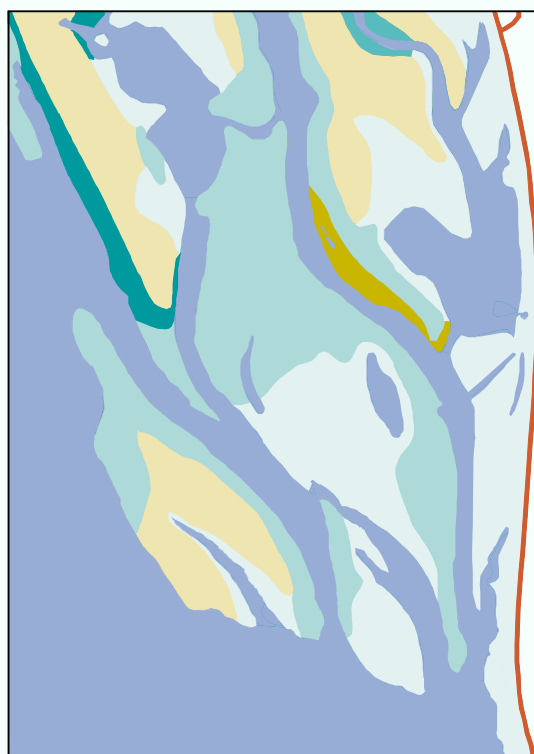
### En historie om bruken av elvesletta

Ved intervjuundersøkelsene sa noen av informantene i Ringebu at elveslettene er unyttige sumpområder med liten verdi. Siden områdene kan produsere mye mygg om sommeren, har mange en negativ oppfatning av dem. Områdene har imidlertid stor verdi som jordbruks-, bolig- og industriarealer, og de er brukt til å føre fram veg og jernbane. De er flate og lette å bearbeide, sammenlignet med de bratte dalsidene. Fordi områdene er flomutsatte, medfører omfattende bruk et behov for

flomsikring. Over tid er store deler av elveslettene i Ringebu blitt opparbeidet til ulike menneskenyttige formål.

Andre informanter pekte på naturverdiene på elveslettene. Fiskerne påpekte verdien av områdene som gyte- og oppvekstområder, og ornitologene påpekte verdien som hekke- og trekklokaliteter for fugler. Naturforvaltningen pekte på at naturtypen er sjelden og levested for mange sjeldne og rødlistede arter av planter og dyr.

De biologiske undersøkelsene viser at det er klar sammenheng mellom artsmangfoldet og graden av inngrep i elvesletta. For eksempel reduserer flomforebyggende tiltak mangfoldet. Dammene i de flomforbygde områdene har gjennomgående færre arter og mer ujevn artsfordeling av krepsdyr og biller enn kontrollområdet. Lokalitetene i de flomforbygde områdene gror raskere igjen (raskere suksesjon) enn i naturreservatet. Andelen dammer som tørker ut (temporære dammer) i løpet av

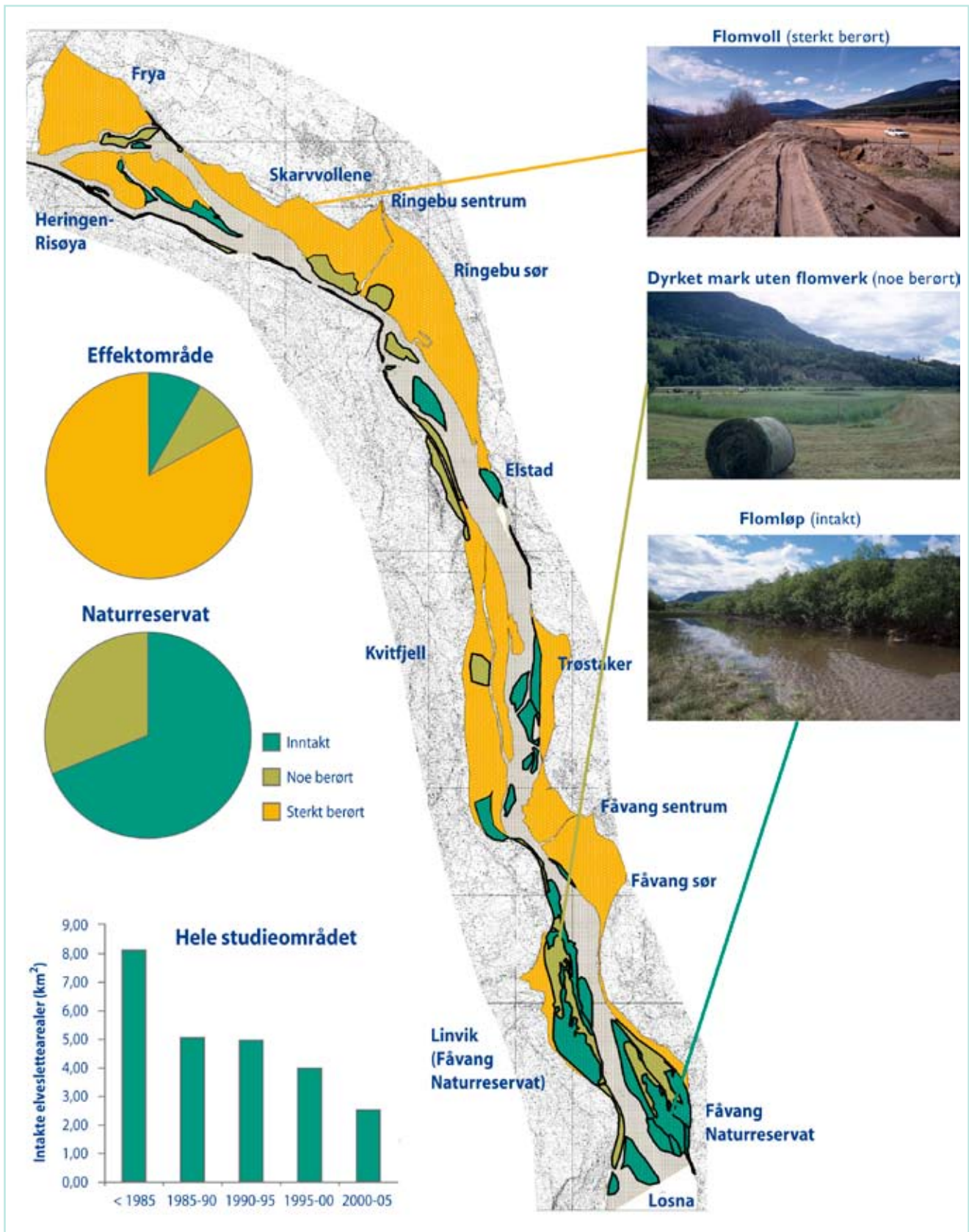


- Beite- og dyrket mark
- Elvesnelle- og starrsump
- Elodeidesamfunn
- Pil- og vierkratt på flommark
- Viersumpskog
- Gråor-heggeskog
- Lågurtskog
- Bolig/industri
- vann
- Vei
- Restbiotoper av flommarkskog



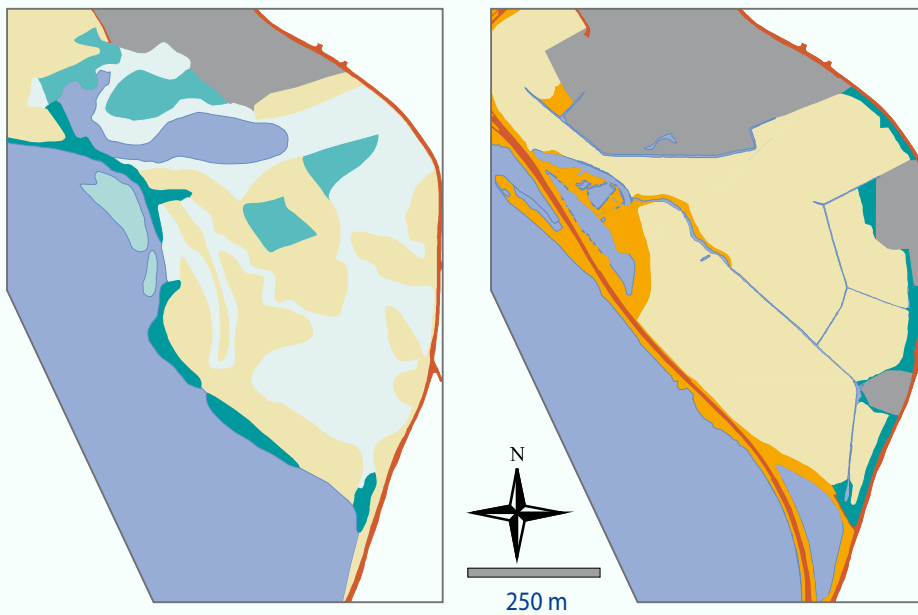
**Figur 1.1.1**  
Kart over nedre deler av Fåvang Naturreservat med vanndekt areal og ulike vegetasjonstyper. Kartet viser omtrent samme utsnitt som bildet på side 11 (tatt fra NØ mot SV). Området ble vernet som naturreservat i 1990





**Figur 1.1.2**

Kartet viser intakte (■), noe berørt (■) og sterkt berørte (■) arealer på elvesletter i Ringebu kommune fra grensa til Sør-Fron kommune og ned til Losna i 2005. Nede til venstre er det en figur som viser arealet av intakte elvesletter i perioden 1985 til 2005. Arealet for siste 5-årsperiode (2000-05) tilsvarer det grønne arealet på kartet. Figurene i midten og opp til venstre viser andel av arealet i henholdsvis effektområdet (ov) og naturreservatet (mv) fordelt på de samme kategorier som i kartet for 2005. Inndelingen er basert på kunnskap om effektene av inngrep på vegetasjonen og de undersøkte dyregruppene. Foto: B. K. Dervo.



- Beite- og dyrket mark
- Elvesnelle- og starrump
- Pil- og vierkratt på flommark
- Viersumpskog
- Gråor-heggeskog
- Bolig/industri
- vann
- Vei
- Restbiotoper av flommarkskog

**Figur 1.1.3**

Bilde over elvesletta sør for Fåvang viser dagens situasjon (2005) etter bygging av E6, drenering, bygging av pumpestasjon og oppdyrking. Kartet til venstre viser situasjonen i 1985, kartet til høyre viser situasjonen i 2005. Foto: B. K. Dervo.

sommeren er også høyere i effektområdet (59 %) enn i naturreservatet (44 %).

Bare 18 % av de opprinnelige elveslettene var intakt i 2005 (Figur 1.1.2). Med "intakt" område menes det arealer som i liten grad er påvirket av menneskelige fysiske inngrep (■ på kartet). Omkring halvparten av denne arealkategorien er verneområdet ved Fåvang, mens ca 30 % er sandører og øyer i Lågen. Resten er mindre lommer utenfor jernbanen og E6. Arealene som er noe berørt, er hovedsakelig landbruksarealer uten flomsikringstiltak og med få andre inngrep. Samlet utgjør arealene som er noe berørt 11 % av elvesletta (■). Arealene med mye inngrep utgjør hele 72 % av elvesletta (■). Dette er arealer til veg, jernbane, industri, boliger, forettingsbygg og landbruksarealer med flomsikring. Tilsvarende tall for naturreservatet er henholdsvis 69 % intakte og 31 % noe berørte arealer. Endret arealbruk har ført til et stort tap av intakte elveslettearealer og andelen har gått ned fra 58 % (8,1 km<sup>2</sup>) til 18 % (2,5 km<sup>2</sup>) i løpet av 20 år.

Hovedårsaken til endringer i status (Figur 1.1.2) er flomforebyggende tiltak med påfølgende oppdyrking. Flomforebygging er i deler av effektområdet kombinert med vegbygging. Bygging av en golfbane har også økt andelen med noe berørt og sterkt berørte arealer. Arealer til boliger og industri har i liten grad økt i denne 20 års perioden.

Figur 1.1.3 viser bruksendringer som har skjedd sør for Fåvang sentrum. Fram til begynnelsen av 1990-tallet var dette et intakt område med vannlokaliteter, starr og elvesnellesumper (21 % av arealet) og ulike typer flommarkskog (1 % gråor-heggeskog, 1 % pil og vierkratt, 5 % viersumpskog). Området var kjent for å ha et rikt plante- og fugleliv, men nøyaktig dokumentasjon på dette mangler.

Bygging av ny E6, kombinert med flomverk, pumpestasjon, drenering og oppdyr-



king, har ført til store endringer. Andelen bebygde arealer økte fra 6 til 18 %, mens andelen areal til veg økte fra 1 til 3 %. Arealet med beite og dyrkingsjord økte fra omkring 0,175 km<sup>2</sup> (23 %) til nesten 0,300 km<sup>2</sup> (39 %). I tillegg til at dyrkingsarealet økte, fikk bøndene mer lettrevet jord. På de modifiserte elveslettene kom de tidligere i gang med våronna, kunne gjødsle årlig og unngå de årlige avlingstapene på grunn av flom. Flomsikring gjorde at bøndene kunne legge om fra gras- til kornproduksjon. På de drenerte områdene er elvesnelle- og starrumpene helt borte, og den opprinnelige flommarkskogen er sterkt endret. Andelen lauvskog er fortsatt nesten 7 %, men en stor andel av dette er bjørk og orekratt på steinfallinger.

### Historien om forvaltningen av elveslettene

Kommunene har gjennom plan- og bygningsloven (PBL) et sentralt ansvar for arealdisponeringen langs elveslettene. Bestrebelsene for integrert vassdragsforvaltning i Norge har til nå vært organisert som kommunale, interkommunale eller fylkeskommunale vassdragsplaner etter PBL. Kommunene skal gjennom sin planlegging integrere disse prioriteringene og tiltakene, samtidig som nasjonale mål og rammer skal ivaretas. Kommunene og fylkeskommunen har ansvar for å samordne ulike offentlige og private interesser.

### Flerbruksplanen for Gudbrandsdalslågen

Flerbruksplan for vassdrag i Gudbrandsdalen ble vedtatt i 1987, men har ingen formell planstatus etter PBL. I tilknytning til flerbruksplanen ble det utarbeidet vel 30 fagrapporter som er sammenstilt i to hovedrapporter: (1) Vannkraft og vassdrag og (2) Arealbruk og vassdrag. På grunnlag av disse er det utarbeidet en tredje rapport om hovedstrategier for planlegging og utnyttning av vassdraget og vassdragsnære områder i Gudbrandsdalen, mål og tiltak. Planen består for en stor del av overord-

nede målsetninger for forvaltningen av vassdraget. Konkrete tiltak skisseres i liten grad. Man har derimot vært svært konkret vedrørende dokumentasjon og prioritering av viktige naturverdier i vassdraget. I Ringebu kommune ble deltaet i Losna (geologi og limnologi), Lågen sør for Fåvang (flommarksvegetasjon og våtmarksområde for fugl) og Trøstakervollene (flommarksvegetasjon) vurdert som områder av særlig stor betydning og av verneinteresse i nasjonal sammenheng (kat.I) (se kart side 15). Flommarksvegetasjonen ved Elstad, Skarvvollene og Risøya og våtmarksområdet (for fugl) ved Risøya og Heringen ble plukket ut som områder av meget stor betydning og av verneinteresse i regional sammenheng (kat. II).

### Disponering av elveslettene i kommunale planer

Deler av elveslettearealene langs Lågen, opp til midlere flomvannstand, er i kommuneplanens arealdel (vedtatt 27. mai 1993) avsatt til natur- og friluftsmål, og i kommunedelplaner (for Fåvang og Kvitfjell) avsatt til naturformål. Formålet er "å bevare de rike naturkvalitetene, herunder flommark, med vegetasjon, fiskebestander, fugleliv og dyreliv. ..." (Bestemmelser til kommuneplanens arealdel). Planbestemmelsene setter særlige restriksjoner på tiltak i disse områdene. Disse bestemmelsene berører imidlertid bare i begrenset grad de områdene som i Flerbruksplanen for vassdrag ble prioritert ut fra nasjonal eller regional verneinteresse.

Tre områder er ifølge flerbruksplanen definert til å ha nasjonal verneinteresse: Losna, Trøstakervollene og Fåvang. Deltaet i Losna ble vernet som naturreservat etter naturvernloven i 1990. Kommunen fikk samtidig delegert forvalteransvaret. En gjennomgang av offentlige arkiver og intervju av aktører i forvaltningen viser at naturreservatet er forvaltet på en god måte, og verneverdiene er i stor grad intakte.

Trøstakervollene er definert som LNF-N område, dvs. et område for landbruk, natur

og friluftsliv, der naturinteressene er viktigst, uten at det er fastsatt spesielle retningslinjer for disponeringen av arealene. De fleste inngrepene i dette området er gjennomført før flerbruksplanen ble vedtatt. Derimot er det gjort store inngrep i området sør for Fåvang sentrum, gjennom flomsikring i forbindelse med bygging av ny E6 og etterfølgende oppdyrking (se omtale side 16). Området har status som LNF-område.

Av områdene med regional verneinteresse er området Risøya og Heringen avsatt til natur- og friluftsmål i kommuneplanen. Deler av området er intakt, selv om store arealer er berørt av flomforebygging og landbruk. Ved Elstad er det i dag bare rester igjen av den opprinnelige flommarksvegetasjonen. Også Skarvvollene har vært gjenstand for betydelige inngrep (se under). Området var i kommunedelplanen for Vålebru lagt ut som friområde, LNF-område og område for tettstedsutvikling. For å illustrere hvordan slike prosesser kan foregå har vi valgt å gi en nærmere beskrivelse av planprosessen for reguleringsplanen på Skarvvollene.

### Reguleringsplanen for Skarvvollene

Myggplagene for innbyggerne var det bærende argumentet for å få drenert og bygd flomvern i området. Siden 1985 har det vært gjennomført opplegg med sprøyting, uten at det har gitt tilfredsstillende resultater. Diskusjonen toppet seg i forbindelse med kommunevalget i 1995, og 1200 underskrifter ble samlet inn til støtte for tiltak for å redusere myggplagen. Etter en prosess internt i kommunen ble man enige om at bygging av flomvern og andre tiltak i området måtte skje på grunnlag av en reguleringsplan. I forbindelse med planen ble det framskaffet en del dokumentasjon på temaer som blant annet en analyse av myggplagen og aktuelle tiltak, fiskebestander, annet liv i vann, verneverdig dyreliv i permanente dammer og fugletettheter.

Reguleringsplanen har som formål å redusere myggklekkingen på Skarvvollene og

bestemme arealbruken gjennom å avveie jordbruks-, natur- og friluftsinnteresser. I tillegg skulle man sikre areal til infrastruktur, slik som veg, jernbane og vannforsyning. Når det gjelder myggplagen var hensikten med planen å etablere et flomverk med pumpeanlegg for å redusere klekkeområdene. Et annet formål var å redusere flomskader på landbruksområdene, øke arealet for dyrket mark og hindre utvasking av næringsstoffer til vassdraget. De største områdene i planen er lagt ut som landbruksområder, med innlagt flomvern. Eksisterende evjer og andre naturelementer som er viktige for fugler, vannplanter og virvelløse dyr, er lagt ut som naturvernområder. I planbestemmelsene for disse områdene presiseres det at det ikke er tillatt å gjøre inngrep i områdene som kan skade verdien som naturvernområde.

Ringeby kommune la ut reguleringsplanen for offentlig ettersyn 15. november 1999. Fylkesmannen i Oppland, ved miljøvern-avdelingen, fremmet innsigelse mot planen. Miljøvern-avdelingen påpekte at tiltaket ville kunne medføre tap av noen av de siste rester av elveslettelandskapet langs Lågen utenfor verneområdene, og at dette ville innebære et stort tap av biologisk mangfold. NVE delte miljøvern-avdelingens skepsis. De konkluderte i sitt høringsbrev med at hensikten med planen ikke på noen måte kan forsvare naturødeleggelsene, og henstiller på det sterkeste at de ansvarlige myndigheter ikke tillater iverksettelsen. De valgte likevel å unnta tiltaket for konsesjonsbehandling etter vassdragslovens bestemmelser på grunn av at reguleringsplanen var

avgjort på departementsnivå. Også Norsk ornitologisk forening, avdeling Oppland, og Fron og Ringeby Naturvernforbund ga i sine høringsbrev uttrykk for bekymring over planenes negative konsekvenser for biologisk mangfold.

Selv om Direktoratet for Naturforvaltning støttet Fylkesmannens miljøvern-avdeling, valgte Miljøvern-departementet å stadfeste planen. Departementets begrunnelse, jfr. avgjørelsesbrev datert 12. oktober 2001, ligger "i den betydelige myggplagen befolkningen i deler av Ringeby kommune har vært utsatt for i mange år". I den forbindelse vises det til undersøkelsen om stikkmygg som Statens institutt for folkehelse utførte i området, og særlig til de avbøtende tiltakene instituttet anbefaler. Denne rapporten ser ut til å være utslagsgivende for departementets endelige avgjørelse i denne saken. Viktige momenter kan også være at både kommunelegen, fylkeslegen, fylkeskommunen og Fylkesmannen i Oppland støttet kommunen i denne saken, samt at store deler av lokalbefolkningen ønsket tiltak for å redusere myggplagen.

Gjennomgangen av reguleringsplanprosessen for Skarvvollene viser at våtmarkene og elveslettelandskapet tillegges begrenset verdi lokalt. Hensynet til biologisk mangfold kommer til kort i konkurranse med tiltak som kan forbedre folks trivsel og helse, spesielt når tiltakene støttes av tunge helsefaglige miljøer. Jordbruket hadde felles interesser med de som ønsket å redusere myggplagene, og sammen ble de en kraftfull allianse.

## Oppsummering

- Elvesslettene i Ringeby er unike med internasjonal verneverdi og forekomst av en rekke sjeldne og truede arter.
- Tapet av intakte elvesslettearealer i Ringeby har vært omfattende, spesielt de siste 20 årene hvor flomsikring med påfølgende oppdyrking har vært det mest skadelige inngrepet.
- Det er kun i Naturreservatet at større sammenhengende arealer er bevart. I de andre delene av Ringeby kommune er elvesslettene fragmentert, med kun mindre intakte områder igjen.
- Kunnskapsgrunnlaget om elvesslettene varierer mye, og både økosystemforståelsen og kunnskapen om forekomsten av de fleste dyregrupper og detaljkunnskap om plantene er mangelfull.
- I de siste 20 årene er de fleste inngrep blitt avgjort gjennom kommunale planprosesser etter PBL. Selv om disse kan beskrives som relativt grundige når det gjelder å balansere verne- og brukerinteresser, har slike saker i stor grad blitt vurdert isolert og ikke i sammenheng med tidligere inngrep og hva som er igjen av intakte områder. De biologiske verdiene taper oftest mot andre samfunnsnyttige tiltak.
- Inngrep har funnet sted i områder som er prioritert i Flerbruksplanen for Lågen. Vern etter naturvernloven har i dette området vært den beste garantien for langsiktig bevaring av sammenhengende elvessletter.

### PBL versus naturvernloven

*Selv om det er vanskelig å generalisere fra en kommune til en annen i nedbørfeltet, så er våre funn i tråd med en tidligere studie som konkluderte med at forvaltning etter plan- og bygningsloven ikke greide å hindre bit-for-bit utbygging og inngrep i verdifulle naturområder og kulturlandskap. Den viktigste forskjellen mellom forvaltning etter plan- og bygningsloven og vern etter naturvernloven er at det siste i langt større grad hindrer slike inngrep (E. I. Falleth, S. Hovik og K. B. Stokke: "Sammenligning av arealplanlegging og landskapsvern som virkemidler i forvaltningen av verneverdige områder". Utmark 2003:1).*



Foto: H. O. Eggestad og N. Syversen

## I.2 Flomutsatte elvesletter, sedimenttransport og jordkvalitet

Hans Olav Eggestad og Nina Syversen

*Hvilke jordarter har vi på elvesletter, hvilken betydning har store og små flommer for kornstørrelsen, og hvilken betydning har avstanden til elva og elvekantvegetasjonen for sedimentasjonen? Dette er spørsmål vi ønsket å besvare ved undersøkelser på elvesletter i Glommavassdraget.*

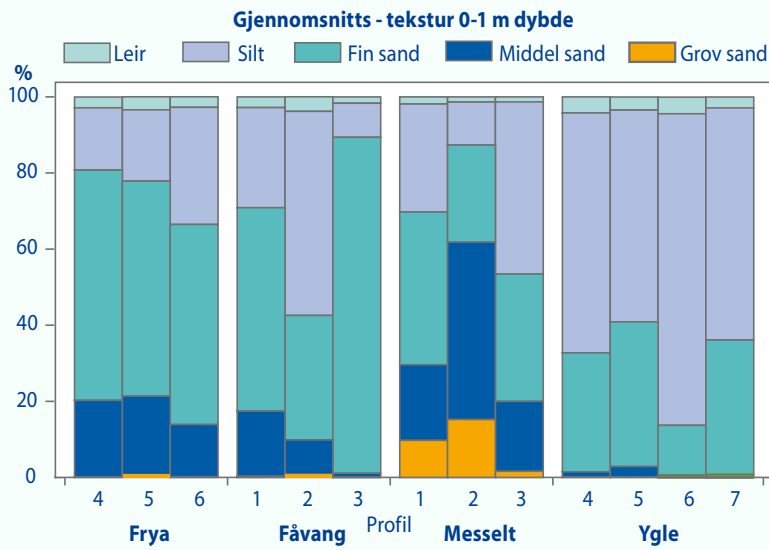
### Gir storflom mer grovkornet substrat enn småflommer?

I våre store vassdrag er det bygget mange flomverk som fjerner de små oversvømmelsene, men man kan få store og plutselige oversvømmelser dersom flomvollene bryter sammen, slik man kunne se under storflommen i 1995. Vi undersøkte hvilken effekt dette har på elveslettene ved å grave 2 m dype profiler på elvesletter i Ringebru (Fåvang og Frya), Stor-Elvdal (Messelt) og Åmot (Ygle) (**Figur 1.2.1**). Vi undersøkte kornstørrelse, og ved å datere jordlagene med C14-metoden håpte vi å kunne finne sporene etter en storflom som «Stor-Ofsen» i Glomma og Lågen i 1789. Slike analyser kan også lære oss mye om hvor lang tid det tar å bygge opp en elveslette.

Av profilene så vi at kornfordelingen varierte mindre i den øverste meteren sammenlignet med dypere ned. Dette kan tyde på at elva har hatt andre løp gjennom tidene.

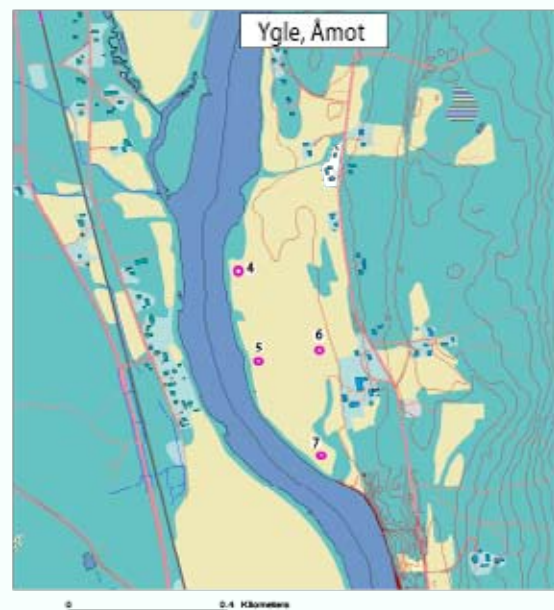
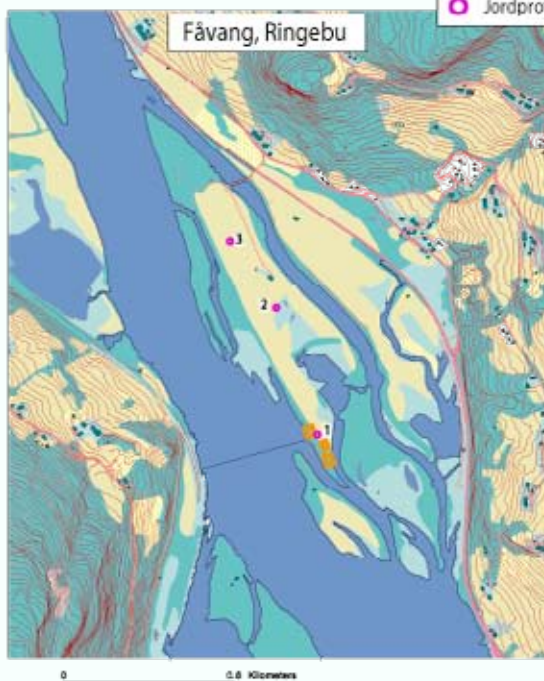
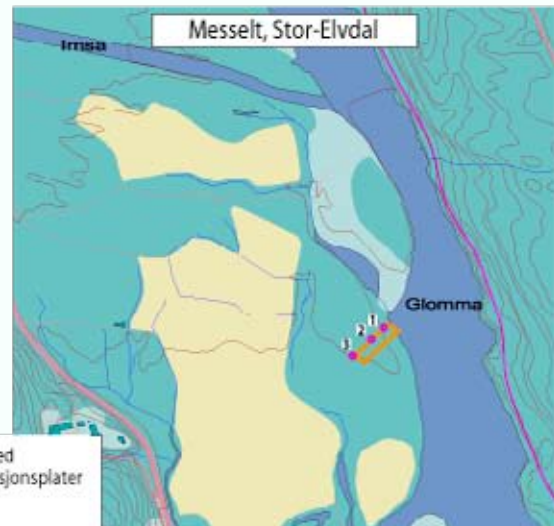
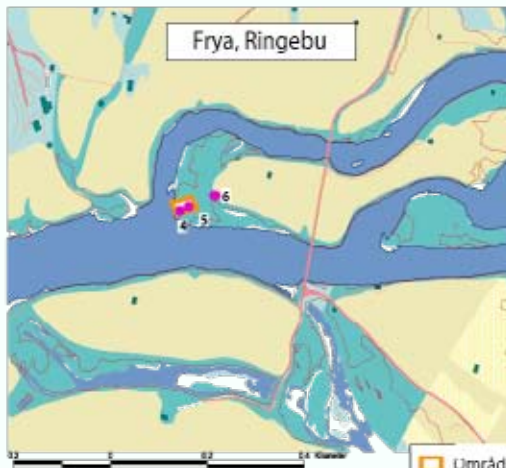
Profilene på Frya og Messelt ligger i et innstrømningsområde ved flom, med tre-vegetasjon. Profilene på Messelt ble gravd ca 600 m nedstrøms utløpet av lmsa, og det er bygget flomverk til like ovenfor profilene. Dette gjør at strømningsforholdene er annerledes i dag enn tidligere. På Frya er profil 4 nærmest elva, mens profil 6 ligger ca 120 m fra elveløpet. På Messelt er profil 1 nærmest elva, mens profil 3 ligger ca 150 m fra elva (**Figur 1.2.1**). På begge stedene er andelen finmateriale (silt og leir) størst i de profilene som ligger lengst fra elva. På Frya økte silt/leir-andelen fra ca 20 % i profilet nærmest elva til ca 35 % i profilet lengst fra. På Messelt var det minst finmateriale i det midterste profilet, mens leir/silt andelen økte fra ca 30 % i profilet nærmest elva til ca 45 % i profilet lengst fra elva. Dette gjenspeiler at under en flom sedimenteres det grøveste materialet først (nærmest elveløpet) og andelen finmateriale øker med avstanden til elva. Dette kommer av at de tyngste (grøveste) sandpartiklene først synker til bunns når hastigheten på elvevannet synker.





**Figur 1.2.1**

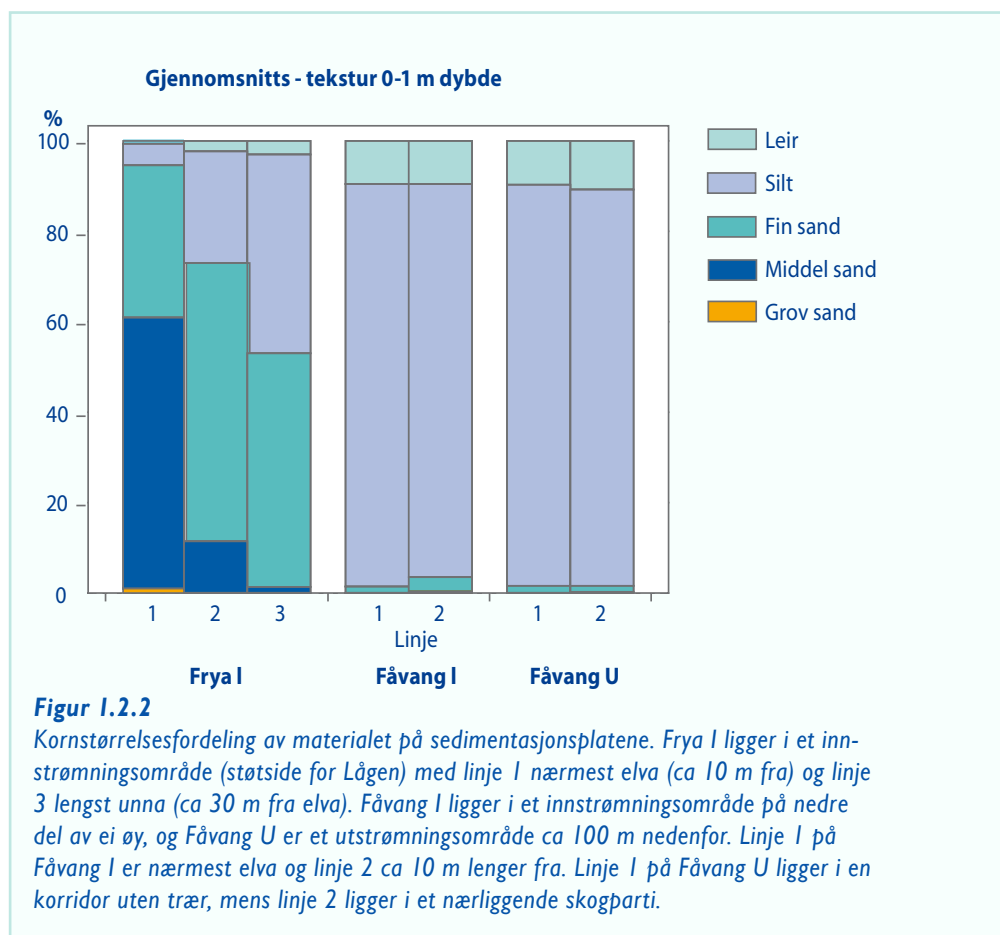
Kornstørrelsesfordelingen i jordprofilene gitt som gjennomsnitt av prøvene i den øverste 1 m av profilene. Profilene på Frya ligger på rekke med profil 4 nærmest elva og profil 6 lengst unna (ca 120 m), på Messelt er profil 1 nærmest elva og profil 3 ca 150 m fra, På Fåvang ligger profil 1 like ved elva, profil 2 i et lavtliggende "bakevje"-område og profil 3 på ett høyereliggende parti. På Ygle ligger profil 4 i innstrømningsområdet, profil 5 ute ved elva midt på elvesletta, profil 6 innerst på elvesletta og profil 7 i utstrømningsområdet.



På Fåvang ligger profilene i dyrket mark på ei øy i elva. Profil 1 ligger ute ved elvekanten på den nederste delen av øya (sett i strømningsretningen for Lågen), profil 2 i et sumpaktig bakevje-parti på den øverste del av øya, og profil 3 ligger på et høydedrag litt ovenfor profil 2. Det er et vegetasjonsbelte mellom Lågen og dyrka mark. Profil 3 blir svært mye sjeldnere oversvømt enn profil 1 og 2. Kornstørrelsen i profil 3 skiller seg fra de to andre med et svært stort innhold av finsand (ca 90 % finsand og ca 10 % silt/leir). Profil 1 ute ved elva hadde i snitt ca 30 % silt/leir og profil 2 i "bakevja" hadde ca 55 % silt/leir.

På Yggle hadde elvesletta jevnere overflate og et klart definert inn- og utstrømningsområde (profil 4 og 7). Profil 5 ligger ute ved elvekanten midtveis på elvesletta og profil 6 ligger innerst på elvesletta. Også her er det et vegetasjonsbelte mot Glomma, kraftig i innstrømningsområdet og noe glissent lenger ned på elvesletta. Forskjellen i kornstørrelse mellom inn- (profil 4) og utstrømningsområde (profil 7) er liten, ca 65 % silt/leir på begge steder, mens silt/leir-innholdet var ca 60 % ute ved elvekanten og ca 85 % innerst på elvesletta. Andelen finstoff er størst lengst fra elva.

Datering med C14-metoden er usikker på elvesletter som bygger seg opp over hundrevis av år. Trær og planter vil ved sin rotvekst kunne påvirke det organiske materialet i sjikt som er avsatt mange år tidligere. Ved datering av en trebit kontra mer "diffust" organisk materiale i en og samme prøve fra Fåvang profil 2 (155-160 cm dybde), fant vi eksempelvis at trebiten var 800 år gammel mens det diffuse materialet var 1240 år gammelt. Sannsynligvis er alderen på det "diffuse" materialet enda høyere. Disse aldersbestemmelsene av prøver fra Ringebu (7 prøver fra Fåvang og Frya) antyder at oppbyggingen av elveslettene her er mindre enn 1 mm pr år, og i Åmot (4 prøver fra Yggle) mindre enn 0,6 mm pr år i gjennomsnitt. Avleiringene



etter «Stor-Ofsen» må derfor ligge i den øverste 1 m, og i dette laget var det ingen tydelige lag med grøvre sediment. Vi fant således ingen tegn på at storflommer avsetter betydelig mer grovkornete lag enn mindre flommer. Det var noen grovere lag lenger ned i profilene, særlig i Fåvang, men dette skyldes mer sannsynlig at elva har skiftet leie, og at dette kanskje kan ha vært gammel elvebunn før elvesletta ble bygget opp.

### Hvor hurtig foregår sedimentasjonen?

Flommers effekt på jordkvalitet (kornstørrelse) ble også undersøkt ved å sette ut plater som samlet opp sedimenter under flom. I Fåvang og Frya brukte vi platene i 2 vårflokker med oversvømmelse på lavtliggende områder (Figur 1.2.1). Frya I ligger i støtsiden for Lågen (Lågen står rett på når det er flom). Jordprofil 4 og 5 lig-

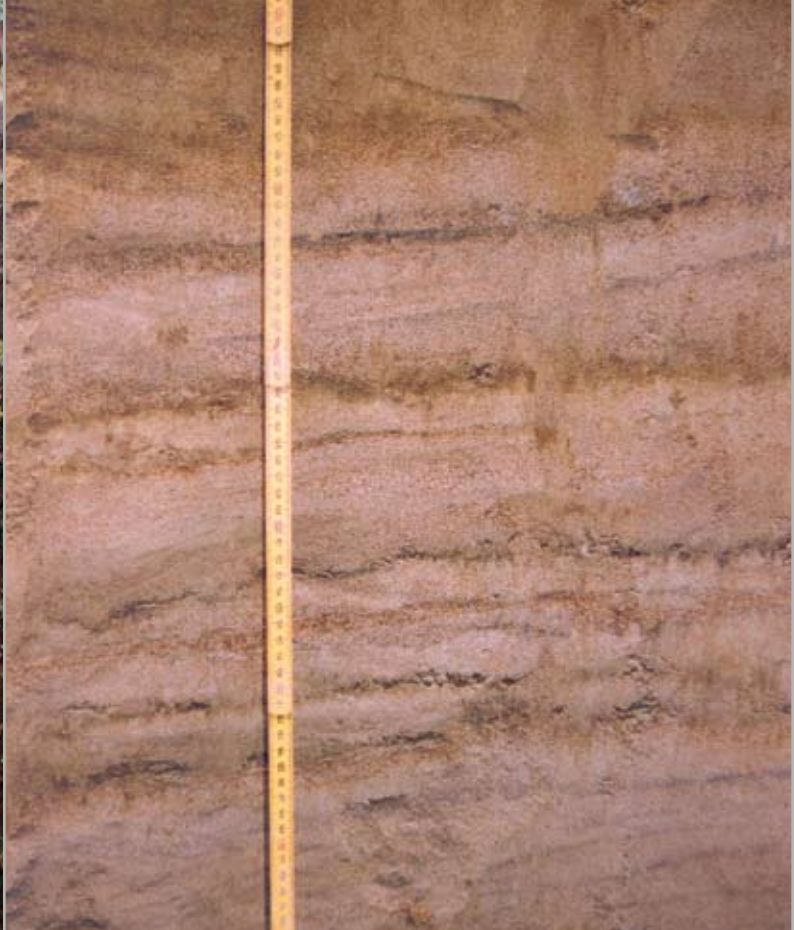
ger på samme sted. Vi la platene i 3 linjer med ca 10 m avstand (3 plater pr linje). Linje 1 lå ca 10 m fra elvekanten. Fåvang I (innstrømning) og Fåvang U (utstrømning) ligger på den nedre delen av øya (ved jordprofil 1). Her er det ikke støtside for Lågen, slik at det er topografien som gjør at det er et inn- og utstrømningsområde her. Utstrømningsområdet ligger bare 100 m nedenfor innstrømningsområdet. I innstrømningsområdet er linje 1 nærmest elva (såvidt inne i vegetasjonssonen) mens linje 2 ligger ca 10 m lenger vekk fra elva. I utstrømningsområdet er linje 1 i en korridor uten trær mens linje 2 ligger i trevegetasjon.

I Frya I var det mye mer grovkornet materiale nærmest elva. I første linje var innholdet av finstoff (silt og leir) bare ca 5 % og middelsand utgjorde 60 % av sedimentet, mens 20 m lenger vekk fra elva (linje 3) var innholdet av middelsand redusert til ca





*Utsetting av sedimentasjons-plater i innstrømningsområdet på Frya, plate i linjen nærmest elva. Foto: H. O. Eggestad og N. Syversen.*



*Utsnitt av jordprofil 6 på Ygle (120-190 cm dybde) som viser lagvekslinger mellom mørke lag med organisk materiale, brune lag med rustutfelling, lyse lag med litt grovere materiale og grå lag med silt/leir avsetninger. Foto: H. O. Eggestad og N. Syversen.*

2 % mens silt- og leirinnholdet var økt til 45 %. Tykkelsen på sedimentene varierte mye avhengig av vegetasjonen rundt platene, og de avtok raskt med avstanden til elva. I linje 1 var tykkelsen fra 3-4 cm til ca 15 cm, mens i linje 3 var tykkelsen mindre enn 1 cm.

I Fåvang, der strømningsforholdene er mye roligere, bestod sedimentene av 85-90 % silt, ca 10 % leir og noen få prosent finsand. Her var det ingen forskjell mellom inn- og utstrømningsområde, og mengdene sediment på platene var svært små, bare et tynt belegg som heller ikke dekket hele platene.

### Hva betyr beliggenhet og flomstørrelse på flomavsetningen?

Beliggenheten i forhold til elva har større effekt på jordkvalitet enn størrelse på flommene. Vannhastigheten er avgjørende for hvor grovt sediment vannet er i stand til å bære med seg. Når vannet strømmer

inn på elvesletta mister det fort hastighet og det grøveste materialet avsettes raskest. Vegetasjonssoner fører til en enda raskere reduksjon i vannhastigheten, og forsterker effekten. Sedimenttransporten er også størst der elva er dypest (høyest vannhastighet) og arealer som ligger i støtsiden vil bli oversvømmet med de mest sedimentrike vannmassene. Innstrømningsområder i støtsiden for elva har derfor den grøveste (dårligste) jordkvaliteten mens arealer innerst på elvesletta har mest finstoff og er derfor best egnet som dyrkningsjord.

Høyere liggende områder på elvesletter har mindre finstoff (silt og leir) enn de lavtliggende. Lavtliggende områder blir oversvømt oftere, og småflommene avsetter gjennomgående mer finkornet materiale.

Grov og middels fin sand som storflommene bærer med seg, felles ut raskt når vannet strømmer inn over land. Storflommer vil legge igjen finsand lengre inne på elvesletta enn mindre flommer. Både siltig finsand og

sandig silt er jordarter som egner seg godt for dyrking.

Det var ingen tydelige spor etter storflommen «Stor-Ofsen» i form av grovkornet lag i de jordprofilene vi analyserte. Men situasjonen er en annen i dag enn for 200 år siden på grunn av flomverkene som senere har blitt bygd. De små oversvømmelsene, som avsetter silt og litt leir, er hovedsakelig borte. Storflommer gir i dag gjerne brudd i flomverk med kraftig graving i bruddet. De grøveste sandpartiklene vil sedimentere rett innenfor bruddet mens finstoffet vil bli avsatt lengre inne, der forholdene er roligere. Sanddynene som dannes, må fjernes for at jorda skal bli dyrkbar igjen. Sporene etter en storflom blir derfor tydeligere i dag enn de ble på slutten av 1700-tallet.



## 1.3 Elvesletters geohydrologi

Jens Kværner

*Norske elvesletter består gjerne av forholdsvis grove avleiringer og rommer betydelige grunnvannsmagasiner. Høye grunnvannsnivåer på elvesletter medfører begrenset beskyttelsessone over grunnvannet og kan innebære hydraulisk forbindelse mellom grunnvannssonen og overliggende økosystemer. Innsikt i vannets strømningsmønster i undergrunnen er derfor vesentlig ved forvaltning av elvesletter.*

### Grunnvann og vannføring i elva

På en lokalitet langs Glomma i Grue er grunnvannsforholdene undersøkt innover ei elveslette gjennom ulike årstider. På elvesletta ligger et flomavsatt 0,4 til 1,8 m tykt topplag med sandig silt over sandavsetninger. Grunnvannsmålingene viser et mønster med vannstandstigning om våren og avtakende vannstand etter vårflom. Grunnvannstanden stiger også ved stor høstnedbør. Bortsett fra under korte vårflomperioder har grunnvannsnivået vært høyest i brønnene lengst fra Glomma. Grunnvannspeilet har ligget 2 - 6 m under terrengoverflata. Helningen på grunnvannspeilet er liten, normalt omlag 0,1 % (10 cm på 100 m). Periodevis kan fallet mot elva øke til det dobbelte, 0,2 %. Grunnvannet strømmer sakte mot elva, normalt ca 20 cm/døgn.

I perioden 2002 til 2004 varierte grunnvannsnivået gjennom året fra 80 til 140 cm på elvesletta 450 meter innenfor elva. De årlige vannstandsvariasjonene

i Glomma ved Glommens og Laagens Brukseierforenings målestasjon ved Norsfoss var i samme periode omlag 3-3,5 meter. Grunnvannstanden ble raskest og sterkest påvirket av kortvarige vannstandsendringer i elva nær Glomma. Lenger innover elvesletta ble grunnvannsnivået lite påvirket av mindre vannstandssvingninger i Glomma. Svingningene i grunnvannsnivå langs elva ble i stor grad bestemt av variasjoner i elvevannstand, mens lokal nedbør og nydanning av grunnvann hadde økende betydning innover elvesletta.

Variasjonsmønstrene i grunnvannsnivå illustrerer at de hydroøkologiske betingelsene innover ei elveslette endres selv ved lik middelgrunnvannstand og ensartede løsmasser. Endringene i økologiske betingelser ved moderate vannføringsendringer og vassdragsinngrep vil være mest markerte nærmest vassdraget.

### Nydanning og forurensning av grunnvann

Sesongvariasjonene i markfuktighet og grunnvannsnivå avspeiler at en stor del av nydanningen av grunnvann, og medfølgende potensiell forurensning på elvesletter, er knyttet til vårmeltingsperioden.

Observasjoner utført på elvesletta i Grue har avdekket at små forskjeller i topografi kan ha vesentlig betydning for lokal vinterhydrologi og nydanning av grunnvann i vårperioden.

I sommerhalvåret ble regnvann raskt infiltrert i jorda. Om vinteren hindret tele og islag på jordoverflata infiltrasjon av overflatevann (**Figur 1.3.1**). Dette førte til at smeltevann og nedbør i mildvårsperioder rant på overflata ned til lokale forsengkninger hvor vannet ble samlet i temporære dammer (**Figur 1.3.2**). Når is og tele smeltet i vårløysinga, skjedde en rask nedstrømning av store mengder smeltevann fra disse temporære dammene. Markfuktighetsmålinger





**Figur 1.3.1**  
Elveslette i Grue under vinterforhold.  
Foto: G. Tveiti.



**Figur 1.3.2**  
Elveslette i Grue før telegang.  
Foto: G. Tveiti.

indikerte at storparten av vannet i en slik dam kan infiltreres i grunnen i løpet av et par døgn.

Et slikt nedstrømningsmønster gir grunn til å tro at næringsstoffer og plantevernmidler i jordsmonn i terrengforsenkninger kan være særlig utsatt for rask nedvasking til grunnvannssonen. Mønsteret indikerer at lokale terrengforsenkninger med svært begrenset arealutbredelse vil kunne stå for en betydelig del av forurensningsbelastningen fra landbruksarealer.

### Tiltak mot forurensning av grunnvann

Kunnskapsgrunnlaget i Norge for utpeking av elveslettearealer hvor grunnvann er særlig utsatt for forurensning ved landbruksvirksomhet har vært begrenset. Tiltak mot landbruksforurensning på elvesletter har derfor fram til nå fått liten oppmerksomhet. Våre undersøkelser indikerer at lokale

elvesletteforsenkninger kan bli viktige områder ved lokalisering av framtidige tiltak mot landbruksforurensning på elvesletter. Forsenkninger og dammer med intakt natur vil kunne ha en positiv funksjon i en slik sammenheng.

Vannrammedirektivet vil medføre økt fokus på forvaltningen av grunnvannsressursene på elvesletter. Videre framover er

det derfor viktig å avklare betydningen av lokale forsenkninger for diffus arealbelastning på ulike elvesletter, samt utvikle og utprøve tiltak mot forurensning fra slike arealer.

Dette illustrerer også betydningen av å se grunnvann og overflatevann i sammenheng ved framtidig forvaltning og tiltaksplanlegging innenfor store nedbørfelt.

#### Noen definisjoner:

**Geohydrologi** omfatter vannets kretsløp og strømming i jord og fjell.

**Hydroøkologi** omfatter sammenhengene mellom hydrologiske prosesser og økosystemer.

**Hydroøkologiske betingelser** er hydrologiske forhold som påvirker livet i naturen. Planter og dyr har regionalt og lokalt utviklet seg i samspill med og tilpasset seg de stedlige hydrologiske forhold. Når disse forholdene endres, vil også utbredelse og sammensetning av plante- og dyrelivet være utsatt for endringer.

**Infiltrasjon** er prosessen som foregår når vann trenger ned gjennom jordoverflata og beveger seg loddrett ned gjennom jordprofilen.



Foto: B. K. Dervo

## I.4 Vannvegetasjon i dammer og flomløp på elvesletter: artsmangfold i forhold til flompåvirkning og næringstilførsel

Marit Mjelde

*Totalt 28 arter av vannplanter ble registrert på elvesletta, varierende fra 0 til 17 arter pr. dam. Størst var mangfoldet i noe større dammer med flompåvirkning. I tillegg så vi at artsrikdommen var større i naturreservatet enn i det påvirkede området. Et høyt artsantall i et elvesletteområde sikres best hvis man har mange forskjellige damtyper representert, og at flere av dammene har jevnlig kontakt med elva.*

Hva kjennetegner artsantall og -sammen-setning hos vannvegetasjonen i dammer og flomløp med ulik grad av flompåvirkning/ vannutveksling og næringstilførsel? Ved vurdering av verneverdier og biologiske konsekvenser av ulike tiltak og inngrep på elvesletter, trenger vi å kunne besvare dette spørsmålet. I løpet av 2002-2004 undersøkte jeg dette i 49 dammer på elvesletta langs Gudbrandsdalslågen i Ringebu kommune, hvorav 23 ligger i naturreservat (referanseområde) og 26 i områder med ulik menneskelig aktivitet (effektområde). Dammene har ulik grad av flompåvirkning, gradert fra 1 (svært liten påvirkning) til 7 (svært stor flompåvirkning). De vannkjemiske forhold i dammene varierer mye, både næringsfattige (oligotrofe) og svært næringsrike (hypereutrofe) dammer er representert, likeså kalkfattige og kalkrike lokaliteter, i tillegg til stor variasjon i vannets klarhet (turbiditet).

Materialet omfattet de plantene som vokser helt neddykket eller med blader flytende på

vannoverflata; *isoetider* (kortsukksplanter), *elodeider* (langsukksplanter), *nymphaeider* (flytebladsplanter) og *lemnider* (frittflytende planter). I tillegg har jeg inkludert kransalgene. Undersøkelsen har så stort omfang at erfaringene er overførbare også til elvesletter i andre regioner.

### Artsmangfold

Til sammen fant jeg 28 forskjellige plantearter. Dette viser at artsrikdommen er høy. Vegetasjonen i de ulike dammene varierte imidlertid mye, fra 0 til 17 arter, og de fleste dammene hadde færre enn seks arter.

Langsukksplanter og flytebladsvegetasjon var dominerende med klovasshår (*Callitriche hamulata*) som den vanligste arten. Ingen andre arter ble funnet i mer enn halvparten av dammene. Andre vanlige arter med mer enn 30 % forekomst var flotgras (*Sparganium angustifolium*), stautpiggknopp (*Sparganium emersum*),





**Figur 1.4.1**  
Kranstusenblad - fra evje ved Elstad (venstre) og Tretterøydammen Ø. (høyre) (leg. Marit Mjelde). Foto: B. Faafeng.

kranstusenblad (*Myriophyllum verticillatum*) og småvasshår (*Callitriche palustris*).

Kranstusenblad er ført opp på den norske rødlista, og er karakterisert som hensynskrevende. I Norge er den bare registrert på noen få lokaliteter på Østlandet og Jæren, og dette er første funn av arten i Ringeby-området. Den ble registrert i 16 dammer, og var dermed en av de vanligste artene i området. I motsetning til de andre artene i *Myriophyllum*-slekta, har denne arten evnen til å vokse over vann. Dette, samt at den har overlevelsesknopper (turioner), gjør den forholdsvis robust i forhold til tørrlegging. Kranstusenblad varierer mye i utseende i det undersøkte området, i likhet med mange andre vannplanter. I Elstad-evja var plantene frodige og kraftige, mens de på steder med jevnlig kontakt med elva, var merkbart tynnere og mer pjuskete (Figur 1.4.1). Artens forekomst i Ringeby-området stemmer godt med forekomsten ellers i Europa, hvor den er typisk for eutrofe innsjøer og dammer.

### Flompåvirkning og damareal – viktigste faktorer for artsmangfoldet

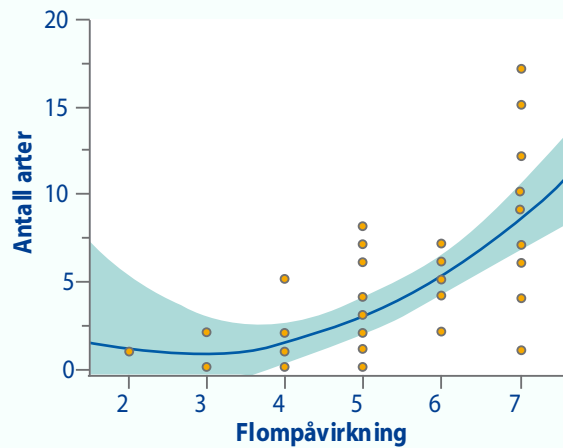
Flompåvirkningen og dammenes størrelse var viktig for antall arter i dammene. I naturreservatet (referanseområdet) hadde dammene høyere artsmangfold enn i det påvirkede området (effektområdet). Et høyt artsantall i et elvesletteområde sikres best hvis man har mange forskjellige damtyper representert.

#### Flompåvirkning

Jo sterkere flompåvirkning på dammen, jo høyere var artsantallet (Figur 1.4.2). Forekomst og sammensetning av vannvegetasjon varierer mye mellom selve Gudbrandsdalslågen, evjene med direkte elvekontakt og dammene med stillestående vann og ulik flompåvirkning. Få høyere planter tåler bunnmaterialet i elva eller sterkt press fra strømmende vann. Dammer med liten eller ingen vannutskiftning er også uegnet for mange arter på grunn av mye løst, organisk materiale i bunnen. I slike dammer er muligheten stor

for gjengroing med sumpplanter (helofytter). Tilførte næringsstoffer vil bli lagret i dammene og gi økt algevekst, dårlige lysforhold, og en utarming av vannvegetasjonen. De minste kortskuddplantene er spesielt utsatt. Disse er avhengige av grunne strandområder med stabilt fint substrat (leire-sand) uten annen vegetasjon, men også enkelte langskuddsplanter og kranalger tåler forholdsvis lite. Sjansene for at høyere planter blir spredd til dammene er små hvis de sjelden er i kontakt med elva. Mulighetene for gode bestander av vannplanter vil derfor være minst i små, grunne, isolerte dammer. Flere av vannplantene tåler ikke tørrlegging, og jevnlig tørrlegging vil ha størst negativ effekt i isolerte dammer.

I en mellomstilling mellom hovedelva og de isolerte dammene finnes evjene og dammene med direkte kontakt med elva. Disse har stadig tilførsel av arter og stor mulighet for å bygge opp vegetasjonen etter ødeleggelse som skjer på grunn av tørrleg-



**Figur 1.4.2**

Sammenhengen mellom antall arter og flompåvirkning ( $r^2 = 0.49$ ,  $p < 0.001$ ). Antall dammer: 48. Grad av flompåvirkning: 1=liten, 7=stor.

ging, kraftig flom og erosjon. Samtidig som plantene er beskyttet mot erosjon, foregår her en jevnlig utspyling av sedimentert materiale, og substratet er gunstig for flere arter. Halvparten av artene ble bare funnet i denne lokalitetstypen.

De fleste kortskuddsplantene er knyttet til stillestående vann, og enkelte arter kan i næringsfattige innsjøer vokse ned til flere meters dyp. Selv om de fleste langskuddsplantene har sin hovedutbredelse i stillestående vann finnes det i denne gruppen både "innsjøarter" og "elvearter". For eksempel ble sprikevasshår (*Callitriche copocharpa*) bare funnet i stillestående vann, mens klovasshår var vanligst i dammer med elvekontakt. Også vassoleieartene er delt, storvassoleie (*Ranunculus peltatus*) forekommer mest ute i selve Lågen, mens småvassoleie (*Ranunculus aquatilis*) helst finnes i evjene. De fleste flytebladsplantene foretrekker stille vann.

### Damareal

Det er en generell tendens at antall arter i vannvegetasjonen øker med økende innsjøareal. Dette kommer av at større innsjøer har flere habitater, og det er flere påvirkningsfaktorer til stede som gir rom for arter med ulike preferanser. Ved Ringebu fant vi tilsvarende et økende artsantall med økende damstørrelse, men bare for lokaliteter med areal over ett dekar (0,001 km<sup>2</sup>).

Det samlede arealet av de undersøkte dammene og evjene ved Ringebu er beregnet til 0,27 km<sup>2</sup> og totalt består vannvegetasjonen av 28 arter. Dette er klart mer enn man kan vente å finne i en innsjø av samme størrelse. Dette betyr at for å sikre et høyt artsantall i et elvesletteområde er det viktig at ulike typer dammer blir vernet mot ødeleggelse.

### Størst mangfold i naturreservatet

Dammene i naturreservatet er mer heterogene enn i påvirkningsområdet med hensyn på fysiske og kjemiske forhold. Dette gir også en mer heterogen vannvegetasjon. Det ble registrert 24 arter i naturreservatet mot 20 i påvirkningsområdet. I naturreservatet var det dessuten flere dammer med høyt artsantall (4 dammer med mer enn 10 arter), mens de fleste dammene i påvirkningsområdet bare hadde 1-2 arter. Ulike stressfaktorer i påvirkningsområdet, for eksempel mindre elvekontakt og større sjans for tørrlegging, fører antakelig til artsreduksjonen.



Foto: B. K. Dervo

## I.5 Planlegging av naturvern: elveslettedammer ved Lågen som eksempel

Graciela M. Rusch, Jan Ove Gjershaug, Bodil Wilmann, Børre K. Dervo, Svein-Erik Sloreid

*Et viktig mål for naturvernforvaltningen er å verne mest mulig av det biologiske mangfoldet på en arealeffektiv måte. Man ønsker derfor å opprette et nettverk av verneområder som utfyller hverandre best mulig. Begrensninger som skyldes at visse områder ikke kan vernes kan innebære at man enten behøver større areal for å verne samme mengde biologisk mangfold eller at et bestemt vernemål ikke kan nås. Ved bruk av et planleggingsverktøy belyser vi her hvordan ulike typer av inngrep i naturen påvirker muligheten til å representere mangfoldet på en optimal måte.*

### Elveslettedammer i Gudbranddalslågen

Vi har brukt over 100 dammer og evjer (heretter kalt dammer) som ligger langs Lågen over en strekning på 18 km fra Frya sørover til et stykke nedenfor Fåvang (**Figur 1.5.1**) (nærmere beskrevet i kapittel 1.1).

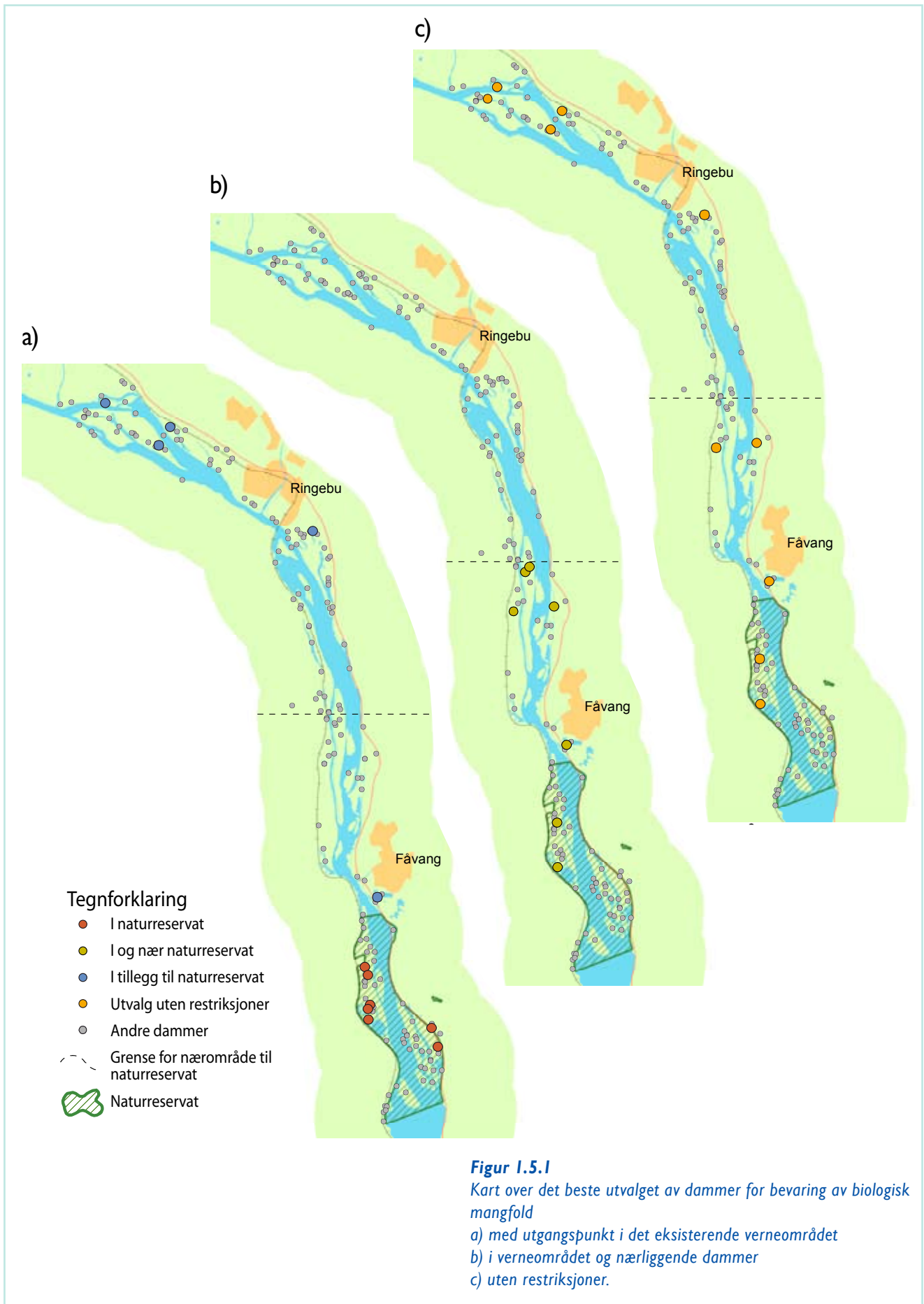
For å karakterisere damtypene brukte vi opplysninger om 21 forskjellige egenskaper, som for eksempel graden av vegetasjonsdekning, geografisk avstand mellom dammene, flompåvirkning, bunnforhold og hvor grumsete vannet er. For 28 dammer har vi også data for forekomst av vannplanter, vannbiller og krepsdyr. I visse dammer er det gjort forskjellige inngrep med ulik intensitet fra 1 (lite) til 5 (mye). Trettifem av dammene ligger i Fåvang naturreservat.

### Dammenes mangfold

Tre egenskaper, nemlig flompåvirkning, dekningsgrad av vegetasjon og den geografiske avstand mellom dammene, var best rela-

tert til dammenes biologiske mangfold. Vi brukte disse egenskapene til å karakterisere 10 damtyper (**Tabell 1.5.1**). I de "naturlige" dammene (dammer med lite inngrep) har flompåvirkning sammenheng med topografi og avstand fra elveløpet, men på denne elvestrekningen har mange dammer endret flomdynamikk på grunn av flomforebygging og veifyllinger (**Tabell 1.5.1**). I slike dammer foregår det en endring i artsutvalget, sannsynligvis slik at dammene blir mer like de dammene som er naturlig lite påvirket av flom. Slike dammer kan også være verdifulle fra et bevaringssynspunkt. Inngreppåvirka dammer av type 10 hadde for eksempel forekomster av rødlistearter som stor damsnegl og myrstjerneblom. Vegetasjonsdekket hadde sterk sammenheng med dammenes dyp, jo dypere desto mindre vegetasjonsdekke. Den geografiske avstanden mellom dammene kan indikere graden av utveksling av arter mellom dammene.

Dammer med stor flompåvirkning er vanligst og har størst areal. Den damtypen





**Tabell 1.5.1.** Damtyper etter en inndeling basert på graden av flompåvirkning, vegetasjonsdekning og geografisk posisjon langs vassdraget. Antall: antall dammer i hver damtype; areal: samlet areal for hver damtype; vernet: antall dammer i Fåvang naturreservat; nær verneområdet: antall dammer i et område som ligger opptil ca 3,5 km nord for Fåvang naturreservat; inngrep i dammen: grad av inngrep i dammen etter klasse 1-5.

Dam type	Egenskaper	Antall	Areal (m <sup>2</sup> )	Vernet	Nær verne-området	Inngrep i dammen
I	Stor flompåvirkning og mye vann-vegetasjon i sør	20	144 269	18 stk	2 stk	Lite til middels
II	Stor flompåvirkning og middels vann-vegetasjon i sør og midtre del	4	11 009	2 stk	2 stk	Vesentlig lite
III	Stor flompåvirkning og lite - middels vann-vegetasjon i sør og midtre del	20	16 807	14 stk	6 stk	Vesentlig lite
IV	Stor flompåvirkning og mye vannvegetasjon i nord	3	22 637	Ingen	Ingen	Middels
V	Stor - middels flom-påvirkning og middels vann-vegetasjon i nord	5	14 088	Ingen	Ingen	Lite til middels
VI	Liten flompåvirkning og lite vann-vegetasjon i sør	2	1 855	1 stk	1 stk	Middels til mye
VII	Liten - middels flom-påvirkning og middels vann-vegetasjon i nord-sør	9	18 695	Ingen	6 stk	Noe lite, mest middels
VIII	Liten flompåvirkning og lite vann-vegetasjon i nord	3	399	Ingen	Ingen	En med lite, to med mye
IX	Stor - middels flom-påvirkning og lite vannvegetasjon i nord	22	7 526	Ingen	Ingen	Mest lite, to middels
X	Liten flom-påvirkning og lite vann-vegetasjon i nord og midtre del	16	6 582	Ingen	5 stk	Lite til mye
<b>Samlet areal</b>			<b>243 867</b>			

som det finnes mest av (stort antall og størst samlet areal) er dammer med stor flompåvirkning, med mye vannvegetasjon og som ligger i sør (Type I). Den mest uvanlige typen (VIII) er dammer med liten flompåvirkning, lite vannvegetasjon og som ligger i nord. Dammer med stor flompåvirkning og lite vannvegetasjon finnes både i nord og i sør (type III og IX), men det samlede arealet er større i sør.

### Bruk av planleggingsverktøy i bevaringssammenheng

For å kunne velge ut et sett av områder som utfyller hverandre best mulig anvendte vi et dataprogram kalt TARGET<sup>1</sup>, til å gjøre et utvalg av dammer som repre-

senterer flest mulige damtyper, men med minst mulig samlet vannareal.

Vi gjorde tre typer av analyser:

#### 1. Forskjellige bevaringsmål påvirker representativiteten av ulike organismegrupper ulikt

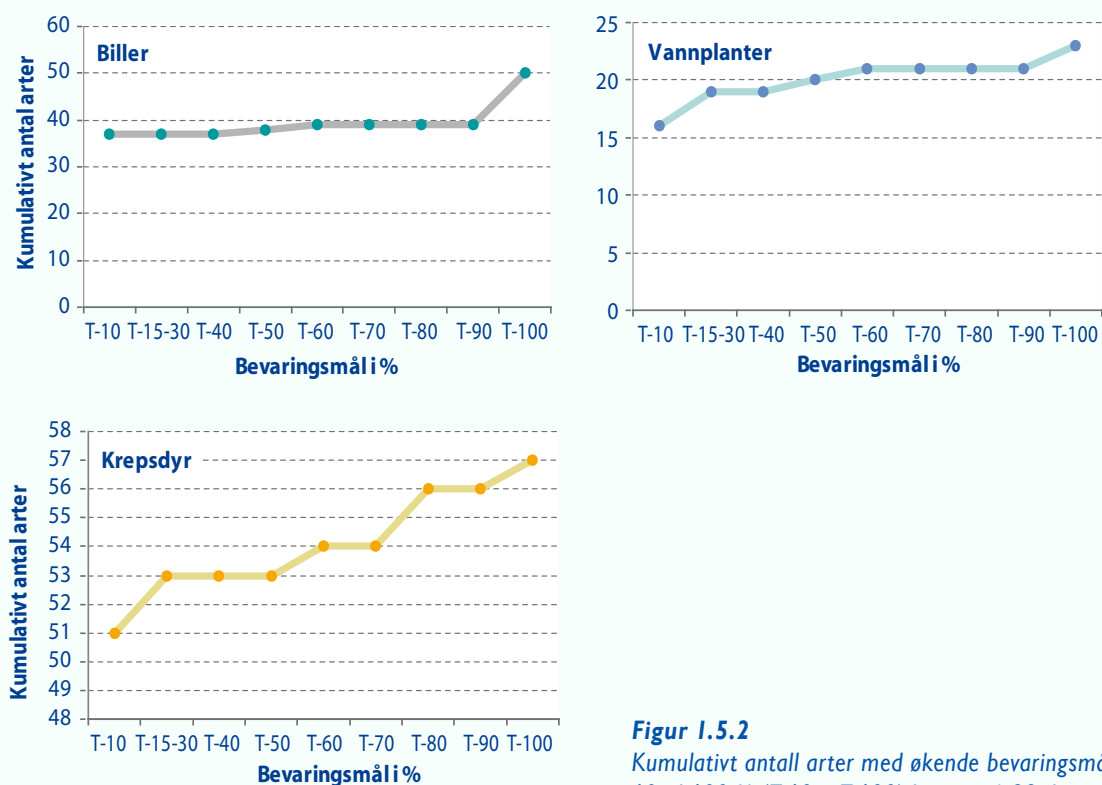
Vanligvis settes det et mål for hvor mye areal som bør vernes. Verdens naturvernunion (IUCN) anbefaler at dette bør være 10 % av alle naturtyper. Ettersom et bestemt arealmål kan ha ulik betydning for ulike organismegrupper, blant annet avhengig av deres utbredelse, undersøkte vi hvor stort mangfold av biller, krepsdyr og vannplanter som ble representert dersom vi verner fra 10 til 100 % av arealet av hver damtype i hele området.

Generelt ble en stor del av mangfoldet av de tre organismegruppene representert med 10 % vern (Figur 5.1.2 a-c). Spesielt for vannplanter og biller betydde et økt verneareal bare at noen få nye arter ble representert i tillegg. Men mønsteret for krepsdyr var annerledes. Antallet arter som ble representert økte stadig når bevaringsmålet økte, jo flere dammer som ble utvalgt, desto flere arter ble inkludert.

#### 2. Hvor mye variasjon finnes allerede representert i verneområdet?

Vi undersøkte hvor stor andel av de ulike damtypene som er representert blant de 35 dammene i Fåvang naturreservat og eventuelt hvor mye overlapp det er mellom de dammene som er vernet. Fire dam-

<sup>1</sup> Walker, P. A., og Faith, D. P. 2000. TARGET software package, CSIRO, Canberra.



**Figur 1.5.2**  
Kumulativt antall arter med økende bevaringsmål fra 10 til 100 % (T-10 – T-100) basert på 28 dammer med biologiske registreringer.

typer er representert i reservatet med en stor andel av total forekomst på elvesletta. Dette betyr at en stor del av mangfoldet er vernet. Det ville være tilstrekkelig å ha vernet sju dammer for å representere 10 % av arealet av disse fire damtypene, noe som innebærer at det er noe overlapp mellom dammene i verneområdet (Figur 1.5.1a). Spesielt er det to damtyper som dominerer i antall i reservatet, nemlig type I og type III (Tabell 1.5.1). Fordi damtype I også utgjør det langt største samlede arealet oppfyller naturreservatet 71 % av det totale vernemålet (Tabell 1.5.1). Ettersom avstanden nord-sør utgjør en viktig forskjell mellom dammene, er det også noen damtyper på elvesletta som ikke forekommer i reservatet.

Vi stilte spørsmål om hvor mye mangfold som ville bli vernet om man utvidet verne-

området. Hvis man i tillegg til naturreservatet vernet et område som strekker seg ca 3,5 km nordover fra dagens reservat, ville man fange opp 82 % av det samlede mangfoldet (Figur 1.5.1b). Seks damtyper blir fullt representert og fire typer blir ikke representert i det hele tatt, de finnes bare lengre nord i dalen (Tabell 1.5.1).

### 3. Hvordan påvirker inngrep i dammene muligheten til å representere damtypene?

Vi anså at dammer med noen form for inngrep i seg, som for eksempel fyllinger av halmballer og annen fyllmasse, var av mindre verdi som bevaringsobjekt. Vi beregnet derfor det beste utvalget av dammer når vi tok i betraktning graden av inngrep, gjennom å ekskludere de dammene som var sterkest berørt av slike inngrep.

Vi begrenset utvalget etter økende grad av inngrep på følgende måte: (1) Ingen restriksjoner, utvalgt fra alle dammene, og (2) to alternativer, der dammer med betydelig inngrep ble ekskludert fra utvalget, slik at: (a) dammer med lite til middels inngrep (grad 1 – 3) blir inkludert, og (b) kun dammer med lite inngrep (grad 1 – 2) blir inkludert (Tabell 1.5.2).

Når alle dammene ble inkludert i analysen, vil et utvalg på 10 dammer representere 10 % av arealet av hver damtype. Dette utvalget er ut fra arealhensyn det mest effektive. Det vil si at man representerer alle damtypene ved bruk av minst mulig areal (Figur 1.5.1c). Deretter reduseres gradvis muligheten for en arealeffektiv representasjon av alle damtypene etter som vi setter økende restriksjoner på utvalget. Begrensningene vises på forskjellig måte (Tabell 1.5.2), for

**Tabell 1.5.2.** Prosent oppnådd av ønsket bevaringsmål (10% av arealet av alle damtyper), antall dammer som behøves i utvalget, antall damtyper som er fullt, delvis og ikke representert i utvalget under 3 typer av valgrestriksjoner etter grad av inngrep.

Restriksjoner på valg av dammer	Antall dammer ekskludert	Prosent oppnådd av ønsket bevaringsmål	Antall utvalgte dammer	Antall damtyper fullt representert	Antall damtyper delvis representert
Ingen restriksjoner, alle inkludert	0	100	10	10	-
Kun dammer med lite eller middels inngrep (1-3) inkludert	14	95,4	15	9	1
Kun dammer med lite inngrep (1-2) inkludert	27	89,5	13	9	1

eksempel ved hvor stor prosentandel av ønsket bevaringsmål som oppnås, hvor mange dammer som trengs for å representere alle damtypene, og gjennom at noen damtyper bare blir delvis eller ikke representert i det hele tatt (Tabell 1.5.2). Dersom vi bestemmer oss for kun å velge mellom dammer med lite eller noe inngrep (inngrepsgrad 1 – 3), kan vi oppnå 95,4 % av bevaringsmålet, vi behøver 15 istedet for 10 dammer og damtype VII, dammer med lite til middels flompåvirkning og med middels vannvegetasjon, blir bare delvis representert. Dersom vi begrenser oss ytterligere, til kun å velge mellom dammer med lite inngrep (inngrepsgrad 1– 2), vil vi ikke oppnå mer enn 89,5 % av bevaringsmålet og fortsatt vil damtype VII ikke bli fullt representert (Tabell 1.5.2).

## Konklusjoner

Den geografiske spredningen av dammene er viktig for hvilke organismer de inneholder. Det innebærer at ikke alle damtypene på Ringebus elveslette er representert i verneområdet. Selv om det for eksempel finnes vernet dammer med liten flompåvirkning og lite vannvegetasjon i Fåvang naturreservat, vil det fordi den geografiske spredningen er viktig forventes at dammer med liknende egenskaper har en annen artssammensetning lenger nord i området. Vi ser også at den geografiske spredningen kan være forskjellig hos ulike organismegrupper. Dette gjelder fremfor alt for

krepsdyr. Det er mindre forskjeller på dammenes innhold av vannplanter og biller. Det finnes således viktige områder for biologisk mangfold også utenfor verneområdet.

Deler av området er under sterk forandring på grunn av inngrep, og noen av damtypene er mer påvirket av inngrep enn andre. Selv om menneskepåvirkete dammer kan være verdifulle fra et bevarings-synspunkt, kan inngrepene i visse tilfeller være irreversible eller praktisk talt irreversible og dermed begrense dammenes bevaringsverdi. Vi har illustrert hvordan man kan beregne hvordan de inngrep som er gjennomført begrenser muligheten for å representere det biologiske mangfoldet, og å oppnå et bevaringsmål.

Dersom vernet skulle omfatte alle damtyper, og dermed større del av det biologiske mangfoldet, måtte en ha vernet et større geografisk område. Utvidelser av verneområdet synes å være lite realistisk, og selv om området utvides, vil en del av mangfoldet fortsatt ikke bli representert. Samtidig har gjennomførte inngrep allerede forhindre muligheten for full representasjon av alle damtyper. For å sikre den gjenværende variasjonen, er det viktig å gjennomføre helhetlig planlegging, der vern, bruk og inngrep ses i sammenheng. Disse gjenværende restbiotopene må forvaltes gjennom Plan og bygningsloven, slik at bruken av elveslettene styres mot en bedre forvaltning.

## 2 Reguleringsdammer

*Reguleringsdammer bygd i forbindelse med elvekraftverk eller som inntaksdammer for overføringstunneler, er et vanlig syn i norske vassdrag. Vi har undersøkt ulike biologiske aspekter ved en reguleringsdam for å skaffe oss en mer allsidig forståelse av hvilke lokale og regionale effekter reguleringsdammen har på miljøet i vassdraget.*





Foto: O. T. Sandlund

## 2.1 Effekter av reguleringsdammer i store elver

Jon Museth, Odd Terje Sandlund, Tor Erik Brandrud, Kjetil Hindar, Stein Wisthus Johansen, Bror Jonsson, Nina Jonsson, Gøsta Kjellberg, Jarl Eivind Løvik, Ole Reitan, Trond Taugbøl, Karl Jan Aanes

*Fra fjell til fjord danner elver kontinuerlige økosystemer. Bygging av reguleringsdammer fragmenterer imidlertid systemene, og har både lokale og regionale effekter. De lokale effektene skyldes særlig endringen fra strømmende til mer stillestående vann i elvemagasinet etter neddemmingen. Regionalt endres vandringsmønsteret til mange fiskearter.*

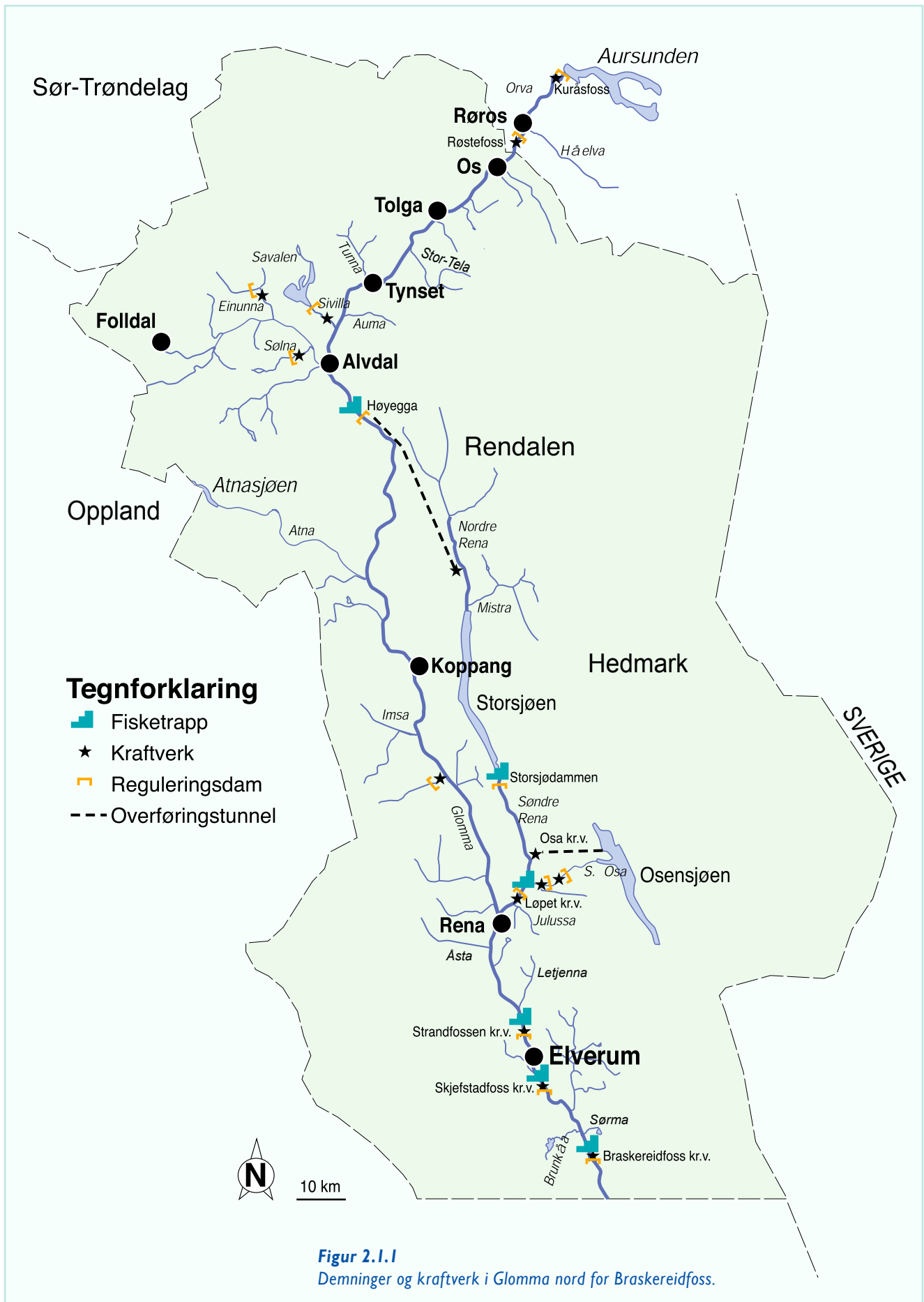
### Innledning

Reguleringsdammer bygd i forbindelse med elvekraftverk eller som inntaksmagasin for overføringstunneler, forandrer økosystemet i elva, og kan ha virkninger over større områder. En lokal effekt er endringen i fiskesamfunn som oppstår fordi den strømmende elvestrekningen blir til en innsjø. En regional konsekvens er at langtvandrende fiskebestander kan oppleve reguleringsdammen som et vandringshinder. Bygging av fisketrapper er et vanlig mottiltak for å redusere de regionale virkningene. Nedstrøms inntaksmagasiner blir vannføringen redusert. Spørsmålet om hva som er nødvendig minstevannføring har derfor fått mye oppmerksomhet. Man har i mindre grad stilt spørsmål om eventuelle lokale endringer i økosystemet i selve magasinet.

Elvemagasinet forandrer økosystemet fra elv til innsjø: Dette fører til endringer i vannvegetasjon og dyresamfunn. Det kan utvikle seg et planktonsamfunn i vannmas-

sene, nye bunndyrarter kommer til mens andre forsvinner. Samtidig kan tidligere fåtallige eller manglende fiskearter etablere seg og utkonkurrere de opprinnelige. Reguleringsmagasinet vil derfor være et nytt element i landskapet, positivt for noen arter, negativt for andre. Vi mangler imidlertid nøyaktig kunnskap om hvilke forandringer som skjer.

Vi har studert miljøeffektene av reguleringsdammer i en del av Glommavassdraget. I Glomma er det mange elve- og inntaksmagasiner. Bare fra Elverum og nordover finnes det 6 slike demninger i elvene Glomma og Rena, og ytterligere 6 hvis man tar med sideelvene deres (**Figur 2.1.1**). Vi har undersøkt forekomsten av høyere planter, zooplankton, bunndyr, fisk og fugl i elvemagasinet Løpsjøen i Søndre Rena, en sideelv til Glomma. Videre er det gjort undersøkelser av fiskesamfunnet i Strandfossmagasinet, som har beholdt mer av elvepreget enn Løpsjøen. Studiene har fokusert på hvilke endringer økosystemet







**Figur 2.1.2**

Øverst: Relativt eksponert strand på sørøstsiden av Løpsjøen. Merk den skarpe overgangen mellom lavfuruskogen og artsrik pioner-kantvegetasjon med blant annet strandrør og fjellkvann.

Nederst: Frodig undervannsvegetasjon av nøkketjønnaks på store, 2-3 m grunne banker på vestsiden av djupålen (som er det gamle elveløpet). Foto: T. E. Brandrud.

har gjennomgått, og hvilke effekter elvemagasinet har hatt lokalt og over lengre strekninger i vassdraget.

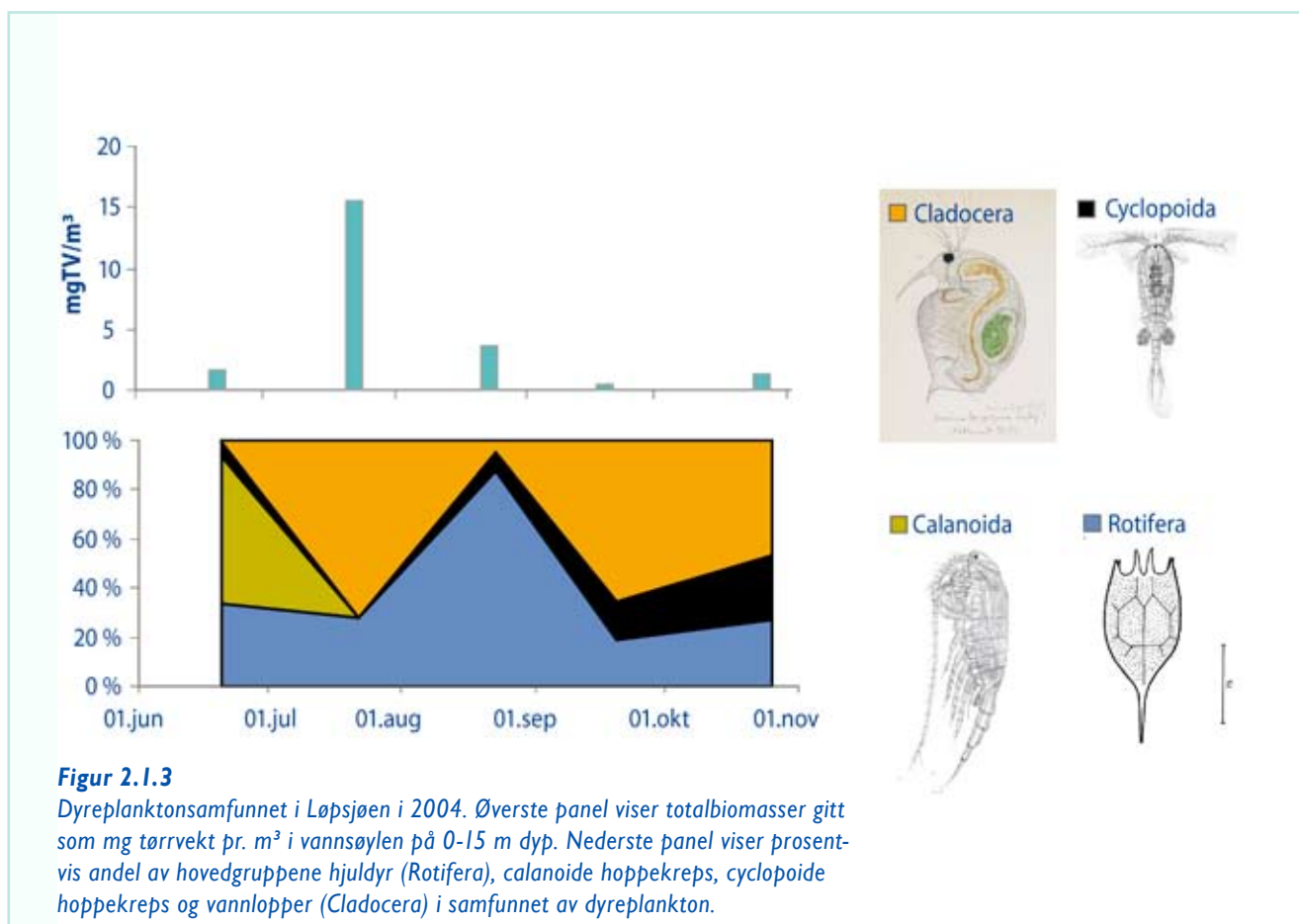
### Elvemagasinet: Et nytt landskapselement

Elvemagasinet Løpsjøen ble etablert ved byggingen av Løpet Kraftverk i 1971. Demningen ble bygd i et strykparti, og magasinet er 18 m dypt, 5 km langt og har et areal på 1,5 km<sup>2</sup>. Vannstanden er vanligvis ganske stabil gjennom året. Om lag 20 km oppstrøms Løpsjøen ligger Storsjødammen ved utløpet av Storsjøen, mens Søndre Rena renner sammen med Glomma ca 5 km nedstrøms Løpsjøen.

### Rik vannplanteflora

I Løpsjøen har det utviklet seg en stor og rik flora av vannplanter (**Figur 2.1.2**). Sumpvegetasjonen i magasinet er også artsrik, men mengdemessig spiller den en beskjeden rolle. I 2005 ble det registrert 27 arter vannplanter, inkludert en kransalge og tre vannmoser i Løpsjøen og oppstrøms i stilleflytende deler av Søndre Rena. Botanisk sett plasserer dette Løpsjøen blant våre mest artsrike "innsjøer". Den tette vegetasjonen i Løpsjøen skyldes trolig stabil vannstand, gunstige dybde- og strømforhold, og i noen grad et gunstig substrat som består av sand blandet med grus og stein. I selve magasinet dominerer langskuddsplanter som tusenblad og storvassoleie. De danner lange skuddsystemer helt opp til overflaten. Slike planter er spesielt tallrike i stilleflytende elver og i grunne, smale gjennomstrømmingssjøer ("lagunesjøer") som Løpsjøen. På dypere vann i den øvre delen av Løpsjøen, er det store bestander av den sjeldne arten nøkketjønnaks. Den danner imponerende ettårige skuddsystemer fra tre meters dybde til overflaten. Hjertetjønnaks, som er sjelden i denne delen av Norge, ble også registrert her.

Vannvegetasjonen i Løpsjøen synes å være i balanse med substrat-, dybde- og strømningsforholdene. Den vil derfor neppe



endre seg mye i de nærmeste årene, bortsett fra endringer som skyldes flom. I et lengre tidsperspektiv kan imidlertid økende mengde organisk materiale i bunnsstratet forandre vegetasjonen. Mange av plantene i Løpsjøen vokser ut mot strømløp der organisk materiale vil bli transportert vekk, men i beskyttede bukter vil det trolig skje en oppbygging av organisk stoff. Der kan det gradvis utvikle seg flytebladsvegetasjon og etter hvert sumpvegetasjon. I Løpsjøen er det i dag bare registrert to arter av flytebladsplanter; vanlig tjønnaks (svært små forekomster) og flótgras. Manglende flytebladsvegetasjon er typisk for elver og innsjøer med kort oppholdstid, men også for unge systemer, slik som kunstig anlagte dammer.

Sumpvegetasjonen langs Løpsjøens bredder kan også betegnes som stabil, men er antakelig i langsom endring. De mest beskyttede buktene vil langsomt bli til-

grodd ved at de dominerende beltene med flaskestarr utvider seg. Flaksestarr forekommer mest ned til 20-30 cm dybde, og den er sjelden dypere enn 50 cm. Derimot kan elvesnelle vokse helt ned til 1 m dyp på beskyttede steder, rike på organisk materiale.

Den mer eksponerte sumpvegetasjonen som danner smale bremmer mellom fastmarka og innsjøen, er påfallende artsrik og har pionerpreg. Antakelig skyldes dette at det er lite torvdannelse. På sikt vil trolig torvdannelsen tilta og gjøre at sumpvegetasjonen gradvis vil utarmes.

#### Lite dyreplankton

Dyreplanktonet i Løpsjøen består av et lite, men vanlig forekommende antall arter av hoppekreps og vannlopper, og mange arter hjuldyr. Til sammen registrerte vi 10 arter hjuldyr (Rotifera), to arter calanoide og to arter cyclopoide hoppe-

kreps (Copepoda) og åtte arter vannlopper (Cladocera). Artssammensetningen er typisk for næringsfattige og middels næringsrike innsjøer i denne delen av landet. Planktonfaunaen er preget av beiting fra fisk. Mange av krepsdyra tilhører arter som liker seg best i strandsonen. Dette skyldes antakelig den store vanngjennomstrømningen og effekten av de store grunnområdene i magasinet. Både noen av vannloppene (særlig dafnier) og calanoide hoppekreps, synes å ha problemer med å etablere reproduserende bestander i magasinet. Disse artene er antakelig kommet drivende med elva fra Storsjøen.

Den totale biomassen av dyreplankton var liten og varierte mellom 0,5-15 mg tørrvekt per m<sup>3</sup>, med et gjennomsnitt på 4,5 mg/m<sup>3</sup> (Figur 2.1.3). Hjuldyrene utgjorde en stor del av dette, fra 25 til 85 % (i gjennomsnitt 38 %). Dette er en uvanlig stor andel, det vanlige er mellom 5-15 %.



Den viktigste årsaken til den lave biomassen av dyreplankton er at oppholdstiden på vannet er kort slik at mange dyr blir transportert ut med vannet før de får formert seg. Calanoide hoppekreps utgjør ofte minst 1/4 av totalbiomassen i næringsfattige innsjøer. I Løpsjøen ble den calanoide hoppekrepsen *Heterocope appendiculata* bare påvist i form av unge larver (nauplier) i juni. Arten finnes i innsjøer oppstrøms, og de individene vi fant hadde sannsynligvis kommet med ellevannet til Løpsjøen.

### Mye bunndyr

Løpsjøen har en meget rik forekomst av bunndyr. Bunndyrsamfunnet var dominert av fjærmygglarver, med innslag av fåbørstemark, småmuslinger og snegl samt larver av insekter som vårfluer, steinfluer, døgnfluer og mudderfluer. Det var en uventet stor forekomst av marflo. Elvemagasinet produktivitet skyldes blant annet de store, grunne partiene, god vannkvalitet og gode oksygenforhold. Stor vanngjennomstrømming og liten vannstandsvariasjon, bidrar også sterkt til gode levevilkår for bunndyrene. De største tetthetene av bunndyr finner vi nord i Løpsjøen, der det både er stor egenproduksjon av plantemateriale og rikelig tilførsel av organisk materiale (særlig planter og planterester) fra områdene oppstrøms i Søndre Rena.

Bunnfaunaen på prøvestasjonene i Søndre Rena oppstrøms Løpsjøen, var også meget rik. Varierte bunnforhold, god vannkvalitet, gode strømforhold og en relativt stabil vannføring gjennom året gir gode forhold for disse dyrene. Den stabile vannføringen skyldes reguleringen i Storsjødammen. Nedstrøms Løpsjøen var bunndyrtettheten mindre og med færre arter. Løpsjøen fungerer som en felle eller filter for organisk materiale og organismer som kommer drivende fra elva oppstrøms. Samtidig er planktonproduksjonen i Løpsjøen for liten til at driften av næringspartikler ut av magasinet får nevneverdig positiv effekt på bunnfaunaen i elva.

### Store endringer i fiskesamfunnet

Tidligere dominerte harr og ørret på den strekningen der Løpsjøen ligger i dag. Denne elvestrekningen var et viktig gyteområde for begge disse artene. Ved prøvefisket i 2003 ble det fanget 438 fisk. Av disse utgjorde harr og ørret til sammen mindre enn tre prosent (**Figur 2.1.4**). Mer typiske innsjøarter som abbor, mort, sik og gjedde dominerte, og de utgjorde henholdsvis 45, 22, 22 og 8 % av fangsten. En annen innsjøart som lake var derimot sjelden og utgjorde mindre enn én prosent. Dette skyldes sannsynligvis den store tettheten av gjedde. I grunne innsjøer er ung lake svært utsatt for predasjon fra gjedde. Fisken i Løpsjøen lever langs bunnen, og fangstene i de frie vannmassene utgjorde bare to prosent. Dette har trolig sammenheng med den lave tettheten av dyreplankton som fører til et dårlig næringstilbud for fisk i vannmassene. Steinsmett, ørekyte og bekkeniøye (**se ramme side 40**) forekommer også i Løpsjøen. De fanges sjelden i garn, men ble påvist i mageinnholdet til rovfiskene i fangstene (se under). Sammenlignet med et tilsvarende prøvefiske i 1981, ble det i 2003 fanget flere mort og færre abbor. Allerede i 1981 var fiskesamfunnet blitt det vi kan kalle et "innsjøsamfunn", og harr og ørret utgjorde bare 6 % av fangstene. Endringene i fiskesamfunnet over de 22 årene mellom 1981 og 2003 er små i forhold til forandringerne i de første 10 årene fra 1971 til 1981.

*Siken i Løpsjøen er svært ulik bestanden i Storsjøen*

Før reguleringen i Søndre Rena forekom sik bare som enkelte streifende individer. Bestanden i Løpsjøen ble trolig etablert fordi fisk som kom ned fra Storsjøen, plutselig fant et nytt, egnet levested. Siken i Løpsjøen skiller seg imidlertid på flere måter fra siken i Storsjøen. Gjennomsnittlig antall gjellestaver er lavere i Løpsjøen (29,7) enn i Storsjøen (32,7) og beregnet største lengde er betydelig høyere i Løpsjøen (49,3 cm) enn i Storsjøen (34,8 cm). Ung fisk i de to bestandene har lik veksthastighet fram til kjønnsmodning, men i motsetning til i Storsjøen, fortsetter siken i Løpsjøen å

vokse etter kjønnsmodningen. I Løpsjøen kan siken utnytte den gode tilgangen på store bunndyr i magasinet, mens siken i den næringsfattige Storsjøen hovedsakelig eter små planktondyr.

*Umiddelbar respons på endring i de fysiske betingelsene*

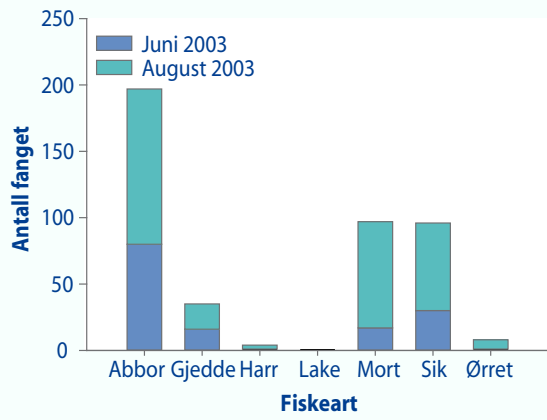
Lokalt har altså fiskesamfunnet ved Løpsjøen i Søndre Rena endret seg fra harr- og ørret-dominert til preget av abbor, mort og sik. Prøvefisket i 1981 og 2003 viste at fiskesamfunnet raskt reagerte på de nye fysiske betingelsene som oppdemmingen medførte. Etter kort tid dominerte de mer typiske innsjøartene som fantes oppstrøms, for eksempel i Storsjøen.

Neddemmingen av gyteområdene til harr og ørret har en regional effekt i tillegg til den lokale effekten ved Løpsjøen, da dette er arter som vandrer over store deler av vassdraget. Løpsjømagasinet er i dag også av liten betydning som oppvekstområde for harr og ørret.

### Løpsjøen: en regionalt viktig fuglesjø

Elvemagasinet Løpsjøen og et stykke videre oppover i Søndre Rena tiltrekker vannfugl. Her finner vi en av de rikeste fuglelokalitetene både i Åmot kommune og i et langt større område, og det er registrert flere sjeldne eller truede arter. Et stort antall ande- og vadefugler utnytter Løpsjøen fra slutten av april til ut i september. Særlig mellomlandet det mye fugl der på vårtrekket. Løpsjøen er en spesielt fuglerik innsjø både i forhold til beliggenheten på det indre Østlandet, og det faktum at den er et reguleringsmagasin.

I 2004 observerte vi 394 flokker med til sammen 22 arter vann- og våtmarksfugl. Flokkene bestod av inntil 28 individer. Antallsmessig dominerende arter var kvinand, stokkand, krikand og toppand (**Tabell 2.1.1 og Figur 2.1.5**). Mindre vanlige var laksand og brunnakke. Blant andre våtmarksfugler var strandsnipe, storlom, fiskemåke og gluttsnipe vanligst.



**Figur 2.1.4**

Fangst av ulike fiskearter ved prøvefiske i elvemagasinet Løpsjøen i juni og august 2003 (før oppdemming var harr og ørret dominerende arter). Tegninger: E. Olderøyen.



## Niøyene

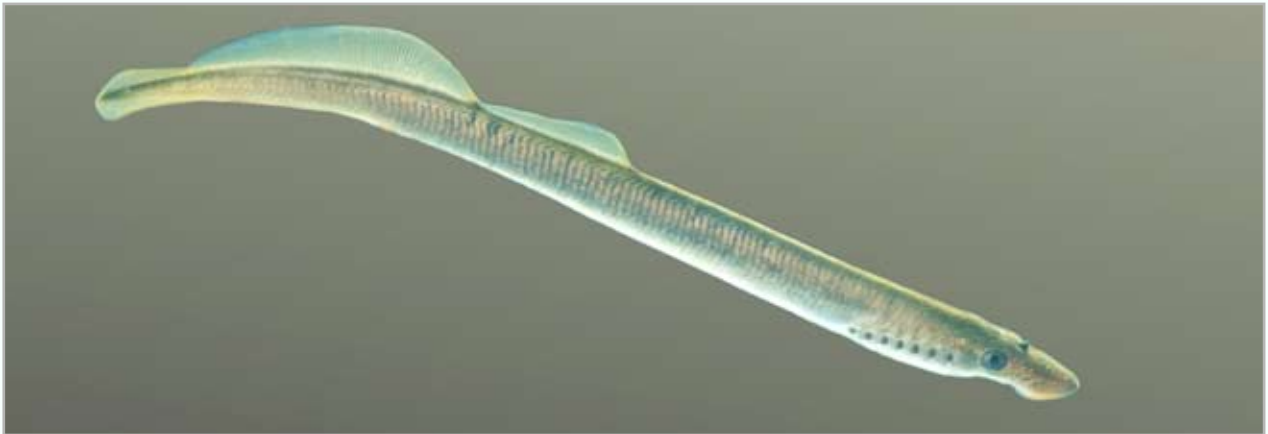


Foto: A. Hagen

Niøyene er interessante fisker som lever i Løpsjøen. Niøyene er den mest primitive gruppen av alle nålevende virveldyr med sine røtter 500 millioner år tilbake i tiden. Man kan nesten se på dem som levende fossiler. De mangler kjever, men har sugemunn, godt besatt med horntenner. Det er tre arter niøyer i Norge, og tannmønsteret er spesielt for hver enkelt art.

Niøyene i Løpsjøen er bekkeniøye. De er små, ålelignende fisker. De er lett kjennelige på de to ryggfinnerne som sitter tett sammen. Den bakerste finnen går i ett med halefinnen. Navnet niøye har de fått fordi folk i eldre tid regnet både øyet, de sju små gjelleåpningene og den uparete neseåpningen som øyne. Dermed kom de til ni øyne på hver side.

Bekkeniøye, *Lampetra planeri*, lever i elver, bekker og innsjøer, og regnes av mange som en dvergform av elveniøye, men offisielt er bekkeniøye og elveniøye forskjellige arter. Forskjellen er at bekkeniøye lever det meste av livet som blinde larver nede i bunnslammet, mens elveniøye er snylter i 2–3 år etter forvandlingen til voksent stadium.

Etter 3–7 år, ca 20 cm lange, forvandles bekkeniøyene til voksne. Overgangen fra larve til voksen skjer om høsten/vinteren slik at de er klare til å gyte når våren kommer, og det er blitt 7 °C i vannet. De gyter på sand og grusbunn i rennende vann der de graver gytegrøp på grunt vann. De gyter ofte i grupper på 3–30 individer. Hannene slynger seg rundt hunnene. Det vanligste er 2–3 hanner rundt én hunn.

Niøyene er kjent som parasittiske fisker som suger ut kroppsvæsken fra andre fisker. Noen har kanskje sett niøye fastsugd på fisk i fersk- eller saltvann. De sitter da ofte fast ved roten av en brystfinne eller foran ryggfinnerne. Niøyene regnes også som predatorer fordi de kan bite kjøttstykker av byttetfisker. Men ikke noe av dette gjelder bekkeniøye. Som voksen spiser ikke bekkeniøyene i det hele tatt. De tærer på lagrede energireserver et halvt års tid før de dør på ettersommeren og om høsten. I larvestadiet, kalt "ammocoetes", som betyr "den som sover i sanden", lever den av små mark,



krepsdyr, småalger og dødt organisk materiale som de finner i bunnsubstratet. Larvene kan minne om små-ål, og lokalt kalles de sandeller eller sandål. Det kommer av at de graver seg ned på sandbunn der de lever langs land ned til 30 cm dyp. Er forholdene gode, kan det være opptil 20 larver pr. m<sup>2</sup>.

Det er vanskelig å skille larvene av bekkeniøye og elveniøye på utseende, med unntak av at bekkeniøye kan bli litt større fordi de lever ett år lengre i slamm enn larvene til elveniøye. Helt sikker kan man imidlertid ikke være før man har talt antall eggceller hos hunnene. Mens bekkeniøye bare har opptil 2 000 eggceller, er det flere enn 10 000 hos elveniøye.

Elveniøye omtales vanligvis som anadrom, dvs. at den vandrer mellom saltvann for å ete og ferskvann for å gyte. Oppover i Glommavassdraget danner den imidlertid rene ferskvanns-stasjonære bestander som aldri vandrer til havs. Elveniøye er en delikatesse i mange vest-europeiske land, og brukes både speket, kokt eller røkt i Finland. Bekkeniøye brukes ikke, men tidligere ble larvene brukt som agn, for eksempel ved linefiske etter lake.





**Figur 2.1.5**

De vanligste vannfuglartene i Løpsjøen er kvinand (ø. venstre), krikkand (n. venstre), og skogsnipe (n. høyre) mens storlom (ø. høyre) står på rødlista. Foto: P. Jordhøy.

#### Hva gjør Løpsjøen viktig for fugl?

Reguleringsmagasiner har som oftest en fattigere fuglefauna enn naturlige innsjøer. Dette skyldes at vannivået varierer på en annen måte gjennom året enn i naturlige innsjøer. Kunstige vannbassenger med liten endring i vannstand utenfor flomperioder, slik som i Løpsjøen, har imidlertid ofte rikere fuglefauna enn deres geografiske plassering skulle tilsi. Det er også gunstig for fugl at Løpsjøen er grunn og har mye tilgjengelig næring i form av vannvegetasjon og bunndyr.

Løpsjøen ligger i et dalføre der mange fuglearter kommer på trekk. Det er få mellomstore innsjøer i skogene rundt Løpsjøen, og på grunn av tidlig isgang om våren, har magasinet stor verdi som rasteplass i påvente av isgang i høyreliggende tjern. Videre er det gode hekkeplasser langs Løpsjøen og et stykke oppover i Søndre Rena, og magasinet store produksjon gjør at mange arter finner mat der gjennom hele hekkesesongen. Det er gode forhold både for fugl som lever av plantemateriale (stokkand, brunnakke,

**Tabell 2.1.1.** Vann- og våtmarksfugl i Løpsjøen og i Søndre Rena ved Flåtestøa i 2004, registrerte flokker gjennom hele undersøkelsesperioden (totalt 394), ordnet etter grupper og dominans. **R** = rødlistearter

Fuglegrupper	Art	Vitenskapelig navn	Antall flokker	Prosent av antall flokker
Ender	Kvinand	<i>Bucephala clangula</i>	142	36,0
	Stokkand	<i>Anas platyrhynchos</i>	56	14,2
	Krikkand	<i>Anas crecca</i>	38	9,6
	Toppand	<i>Aythya fuligula</i>	28	7,1
	Laksand	<i>Mergus merganser</i>	18	4,6
	Brunnakke	<i>Anas penelope</i>	15	3,8
Vadefugler	Strandsnipe	<i>Actitis hypoleucos</i>	22	5,6
	Gluttsnipe	<i>Tringa nebularia</i>	9	2,3
	Enkeltbekkasin	<i>Gallinago gallinago</i>	5	1,3
	Skogsnipe	<i>Tringa ochropus</i>	3	0,8
	Grønnstilk	<i>Tringa glareola</i>	1	0,3
Lommer	Storlom <b>R</b>	<i>Gavia arctica</i>	14	3,6
Måker og terner	Fiskemåke	<i>Larus canus</i>	13	3,3
	Terner	<i>Sterna hirundo/paradisaea</i>	9	2,3
	Hettemåke	<i>Larus ridibundus</i>	7	1,8
	Gråmåke	<i>Larus argentatus</i>	1	0,3
Spurvefugler	Sivspurv	<i>Emberiza schoeniclus</i>	5	1,3
Gjess	Kanadagås	<i>Branta canadensis</i>	3	0,8
Hegrer	Gråhegre	<i>Ardea cinerea</i>	3	0,8
Rovfugler	Fiskeørn <b>R</b>	<i>Pandion haliaetus</i>	1	0,3
Dykkere	Horndykker	<i>Podiceps auritus</i>	1	0,3



kanadagås), virvelløse dyr (kvinand) og fisk (storlom, laksand).

Fugler får ofte en bestandstopp de første årene etter regulering, en såkalt "oppdemningseffekt". Den høye tettheten av fugl i Løpsjøen mer enn 30 år etter regulering, er imidlertid uvanlig og viser at magasinet i dag inneholder kvaliteter som er gunstige for mange fuglearter. For at Løpsjøen skal fortsette å spille en slik rolle som fuglelokaltitet er manøvreringen av magasinet viktig. Vannstanden bør være på topp under vårfloppen og det bør være liten variasjon i vannstand når hekkingen er påbegynt. Dette er viktig for de fleste vann- og våtmarksfugler. Med de skisserte endringer som kan forventes i vannvegetasjonen, vil innsjøen trolig bli enda mer tiltrekkende for de artene som i dag er vanlige, særlig stokkand, krikand og brunnakke.

## Fragmentering av vassdraget har regionale effekter

### Ikke bare demninger som representerer et vandringshinder for fisk?

Før utbyggingene i Glommavassdraget var ørret og harr kjent for å foreta lange vandring i både hovedelva og sidevassdragene. De ulike reguleringsdammene representerer flere utfordringer for vandrende fiskearter:

- Dammene er hindre for fisk som er på vei oppover vassdraget, selv om det er bygd fisketrapp.
- Nedvandrende fisk må som oftest vandre ut av magasinet via turbinene i kraftverket, og mange dør på grunn av dette.
- Økt forekomst av gjedde og abbor i magasinet øker dødeligheten for fisk som vandrer gjennom.

#### Rovfisk i elvemagasinet

Gjeddebestanden i Løpsjøen er stor (**Figur 2.1.6**). Ved merking-gjenfangstundersøkelser i 2003 beregnet vi bestanden til ca 330

fisk over 50 cm og ca 670 fisk mellom 25 og 50 cm. Dette tilsvarer om lag 4 gjedder, eller en biomasse på ca 3,2 kg, per hektar. På grunnlag av publiserte undersøkelser av gjeddass fødeopptak kan vi anslå at denne gjeddebestanden trenger i underkant av 3 000 kg fisk til mat i løpet av en sesong. I tillegg er det mye abbor som fra en lengde på ca. 20 cm eter mye fisk. Ørret og harr som vandrer gjennom fisketrappa og magasinet er mulige byttedyr. På den måten kan rovfiskene i magasinet påvirke bestandene av ørret og harr på elvestrekningene opp- og nedstrøms.

Hos abbor er byttfiskenes lengde ca 22 % av rovfisken. Ettersom svært få abbor når lengder over 40 cm, betyr det at abbor sjelden tar byttfisk over ca 10 cm. De viktigste byttfiskene i magene til abbor i Løpsjøen var sik (48 %), ubestemte laksefisk (20 %), mort eller ørekyt (16 %), lake (12 %) og abbor (4 %). Ingen byttfisk kunne identifiseres som ørret eller harr. De ubestemte laksefiskene var trolig mest sik, ettersom våre garnfangster ikke tyder på at så små ørret eller harr er vanlige i Løpsjøen.

Gjeddass diett forandret seg med fiskestørrelsen. De minste gjeddene (8-25 cm) åt mest insekter, men småfisk som ørekyte, steinsmett og små sik forekom også. For mellomstor gjedde (25 og 50 cm lang) var mindre gjedder viktigste bytteart, men åtte andre arter, deriblant ørret, ble også spist. Den eneste fiskearten vi ikke fant hos gjedde i denne størrelsesgruppa, var harr. Stor gjedde (over 50 cm) tok mest ørret. Dette var hovedsakelig settefisk fra årets utsetting. I tillegg tok den gjedde, ørekyte, steinsmett, lake og bekkeniøye, men ikke harr. Gjeddass byttfisk med lengder opptil 61 % av sin egen lengde, det vil si at ei gjedde på 50 cm kan ta byttfisk med lengder opptil omkring 30 cm. Gjeddass når ofte lengder over 50 cm, og har dermed store muligheter til å ta vandrende ungfisk av for eksempel ørret. De ørretene fra gjeddemager som kunne måles var mel-

lom 15 og 23 cm lange. Fraværet av både harr og ikke-utsatt ørret i gjeddemagene, tyder på at ungfisk av disse artene holder seg borte fra Løpsjøen. Det store antallet settefisk av ørret som ble spist av gjeddass, tyder på at settefisk har en uheldig vandringsatferd og slipper seg ned i elvemagasinet der de blir lett bytte for gjeddass.

### Koster det fisken for mye å vandre – er løsningen et mer stasjonært levested?

Skildringene av tidligere tiders vandring hos harr og ørret i Rena og Glomma, er kanskje mest spektakulære for harren sin del. Det er beskrevet store "flak" av harr på vandring fra Storsjøen nedover Rena og ut i Glomma på våren, og tilsvarende kom store stimer på vei oppover Rena igjen på sensommeren. Selv om dette er "historier", eller det vi kaller anekdotiske data, passer beskrivelsene fra ulike steder i vassdraget såpass godt overens at det er liten tvil om at harren gjennomførte omfattende vandring før reguleringene. I dag er oppgangen av både harr og ørret svært beskjeden i fisketrappene både ved Løpet og i Storsjødammen. Samtidig ser vi at utvekslingen av fisk mellom de ulike fisketrappene i vassdraget er liten. Fritidsfisket på elvestrekningen mellom Storsjødammen og Løpsjøen er imidlertid svært godt for begge artene, noe som tyder på at det er etablert solide bestander av fisk som vandrer mindre enn tidligere.

Vandringsundersøkelser av harr (n = 20) og ørret (n = 20) ved hjelp av telemetri, viste at fisken var mest stasjonær på strekningen mellom Storsjøen og Løpsjøen. Spesielt holder de fleste ørretene seg på omtrent samme sted hele tiden. Tre radiomerkede ørret som ble merket i fisketrappa ved Løpet forflyttet seg imidlertid raskt oppover i vassdraget og ut av studieområdet. Ørretbestanden kan derfor se ut til å være oppdelt i en dominerende gruppe svært stasjonære individer og en liten gruppe som vandrer, men ingen av dem synes å bruke Løpsjøen i nevneverdig grad.



**Figur 2.1.6**  
*Gode gyteområder for gjedde er ikke mangelvare etter oppdemmingen av Løpsjøen.*  
*Foto: J. Museth.*

Voksen harr har imidlertid sesongmessige variasjoner i habitatbruk innen området mellom Løpsjødammen og Storsjødammen (Figur 2.1.7). Den kommer nedover vassdraget på ettersommeren og høsten, og mange fisk overvintrer i Løpsjøen. Om våren gyter de og søker næring på streknin-gen mellom Storsjøen og Løpsjøen der de også holder seg sommer og høst. Dette er trolig et relativt nytt vandringsystem som har utviklet seg etter at Løpsjøen ble eta-blert. Ung harr oppholder seg trolig på elv-strekningen mellom Løpsjøen og Storsjøen hele året ettersom vi verken fanget dem i garnfisket eller fant dem i gjeddemager.

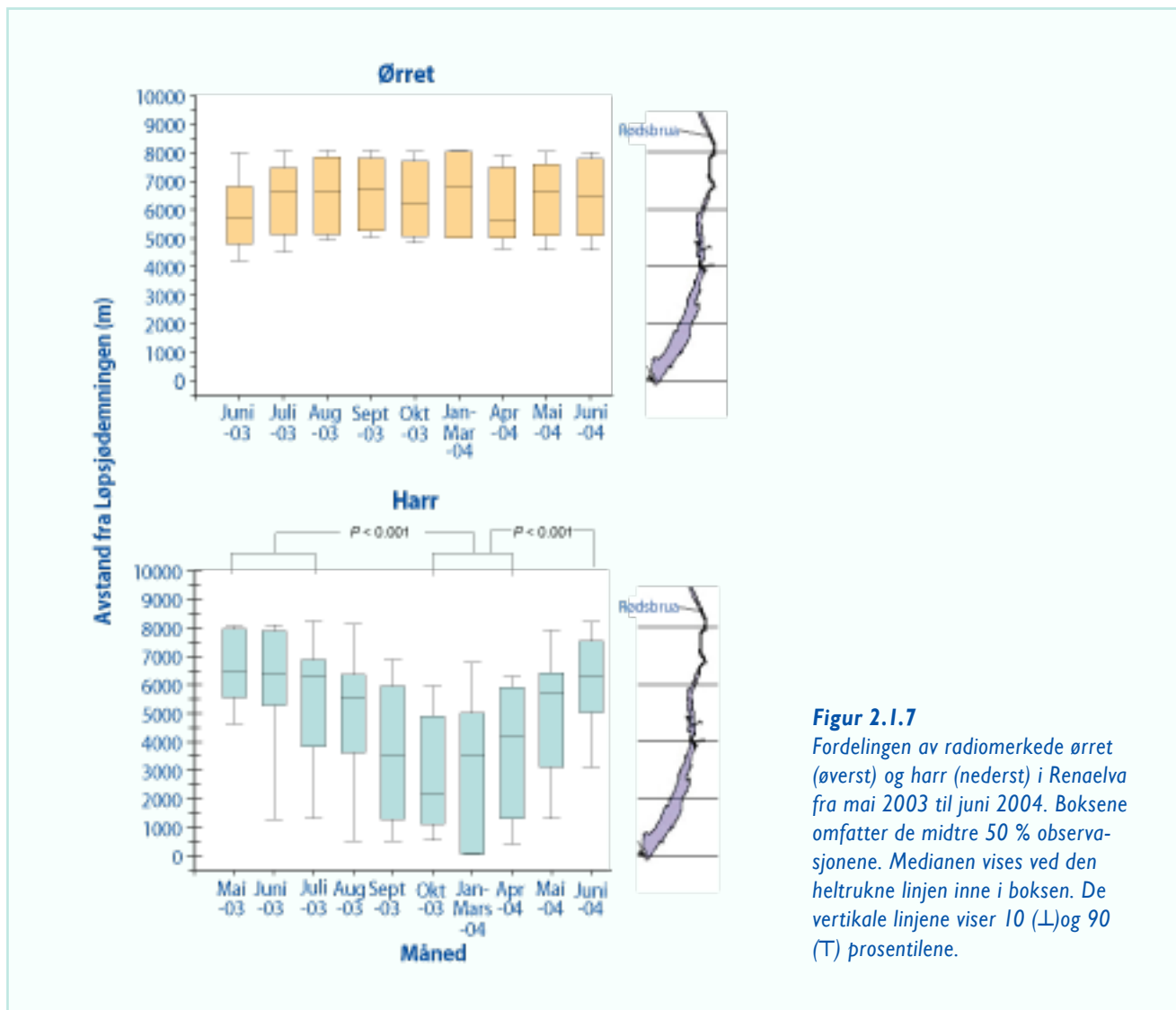
Fisk vandrer for å forbedre sin overlevelse, vekst og reproduksjon. Oppdelingen av vassdraget som reguleringene har med-ført, har antakelig økt kostnadene ved

vandringen eller redusert fordelene, slik at vandringsmønsteret for ørret og harr har endret seg, eller delvis har opphørt. Dette har i alle fall to årsaker. For det første er demningene vandringshindre til tross for fisketrappene og for det andre har nær-været av abbor og spesielt gjedde økt predasjonstrykket i magasinene. I tillegg kan forholdene for fisk i Søndre Rena ha blitt forbedret. Overføringen av vann fra Glomma (gjennom Rendalsoverføringen) har gitt mer stabil vannføring og trolig bedre næringsforhold for fisken, slik at "lønnsomheten" ved stasjonær atferd har økt. Samtidig ser dette ut til å ha gitt gjedda gode gyteforhold i Løpsjøen, slik at bestan-den der holder seg jevnt høy. Vannføringen i Glomma mellom Høyegga ved Alvdal og sørover til samløpet med Søndre Rena (ca 122 km), er betydelig redusert, og har tro-

lig gjort denne strekningen mindre attrak-tiv for fisk på næringsvandring.

#### *Sier genetikken til ørreten noe om hvor fragmentert vassdraget er blitt?*

Ørret er kjent for å kunne danne gene-tisk forskjellige bestander selv innenfor samme vassdrag. Genetiske forskjeller mellom ørret fra ovenfor og nedenfor et vandringshinder, eller mellom hovedelva og ulike sideelver, er eksempler på dette. På denne bakgrunnen er det naturlig å anta at det kan finnes flere genetisk forskjelle-lige ørretbestander i Glommavassdraget, selv om det også er kjent at noen fisk kan vandre over lange avstander. Fokus for denne undersøkelsen har vært å under-søke i hvilken grad reguleringsdammer i Glommavassdraget bidrar til en oppsplit-ting av ørretbestandene der.



**Figur 2.1.7**  
Fordelingen av radiomerkede ørret (øverst) og harr (nederst) i Renaelva fra mai 2003 til juni 2004. Boksene omfatter de midtre 50 % observasjonene. Medianen vises ved den heltrukne linjen inne i boksen. De vertikale linjene viser 10 (L) og 90 (T) prosentilene.

Vi samlet stikkprøver av ørretunger fra lokaliteter oppstrøms (Rødsbrua) og nedstrøms (Løpet) Løpsjøen i Rena, samt i andre lokaliteter som kunne være påvirket av menneskeskapte og/eller naturlige vandringshindre. Disse lokalitetene ble valgt ut fra kunnskap om hvor det er viktige rekrutteringsområder for ørret, fra Våler i sør til Tolga i nord. Vi valgte også lokaliteter slik at vi kunne studere hvordan naturlige vandringshindre og reguleringsdammer kan ha bidratt til oppsplitting i genetisk forskjellige bestander. I alt 460 ørret fra 16 lokaliteter ble undersøkt. Til de genetiske analysene brukte vi såkalte DNA-mikrosatellitter;

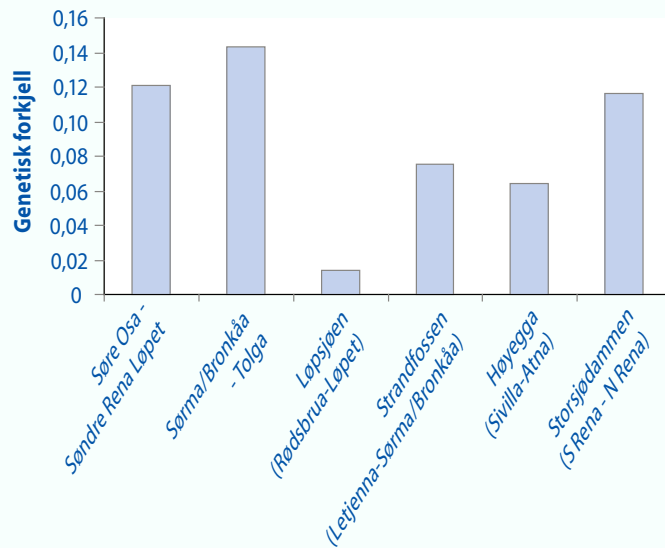
som er høyt variable steder på kromosomene og velegnet til å skille nærstående bestander.

Vi testet først hypotesen at prøvene fra opp- og nedstrøms Løpsjøen kunne være hentet fra én og samme ørretbestand. Denne hypotesen kunne forkastes, da tre av ti mikrosatellitter viste høyt signifikante ( $P < 0,005$ ) genetiske forskjeller mellom ørret fra Rødsbrua og fra Løpet. Graden av genetisk forskjell mellom de to stikkprøvene var imidlertid blant de laveste vi fant i vassdraget. Vi uttrykte graden av genetisk forskjell som  $F_{ST}$ , som er andelen av den

genetiske variansen som skyldes forskjeller mellom bestander. Mellom Rødsbrua og Løpet var denne forskjellen 1,4 % (Figur 2.1.8). Dette er en like liten forskjell som det vi fant mellom nærliggende lokaliteter som ikke er atskilt med noe vandringshindre (for eksempel Tolgafallene i Glomma og sideelva Stor-Tela syd for Tolga).

Vi fant langt større genetisk forskjell mellom lokaliteter som er atskilt med naturlige vandringshindre. I Søre Osa analyserte vi ørret fanget oppstrøms Osfallet. Her er det et naturlig vandringshinder for oppvandrende fisk fra Søndre Rena, og graden





**Figur 2.1.8**

Parvise genetiske forskjeller mellom stikkprøver av ørret fra ulike lokaliteter i Glommavassdraget. De to første søylene illustrerer forskjeller som skyldes naturlige barrierer mellom bestander – fra venstre: vandringshinder (Osfallet i Søre Osa) og lang avstand (fra to sidebekker i Våler til Glomma ved Tolgafallene). De fire siste søylene viser forskjeller som kan skyldes kunstige barrierer mellom bestander – hhv.: Løpsjøen i Rena (sammenlikning mellom Rødsbrua og Løpet), Strandfossen/Skjefstadvossen (Letjenne vs. Sørma/Bronkåa), Høyegga (Atna vs. Sivilla) og Storsjødammen (Søndre Rena vs. Nordre Rena/Mistra). Stedsnavn refererer til Figur 2.1.1.

av genetisk forskjell mellom fisken fra Søre Osa og Søndre Rena var hele 12,1 %. Enda større relativ forskjell fant vi mellom ørret fra lengst sør (Sørma og Bronkåa i Våler) til lengst nord i studieområdet (Tolgafallene) med 14,3 % (Figur 2.1.8).

Vi målte også den genetiske forskjellen mellom lokaliteter oppstrøms og nedstrøms andre reguleringsdammer i Glommavassdraget. Størst genetisk forskjell (11,6 %; se Figur 2.1.8) fant vi mellom ørret fra Søndre Rena og ørret fra Nordre Rena og Mistra, altså nedstrøms og oppstrøms Storsjødammen og Storsjøen.

Imidlertid er neppe dammen i seg selv ansvarlig for denne store genetiske avstanden. Vi vet fra andre undersøkelser i elver rundt store innsjøer at nedstrøms- og oppstrømsgytere kan være genetisk forskjellige, og at dette er ulikheter som blant annet kommer til syne som atferdsmessige ulikheter i forhold til fiskens vandringsretning. Vi fant også betydelige genetiske forskjeller mellom ørretbestander ovenfor og nedenfor Strandfossen/Skjefstadvossen og Høyegga (Figur 2.1.8). I begge tilfellene er det stor avstand mellom de stedene der fisken ble fanget, slik at det er naturlig at den geografiske avstanden også bidrar til

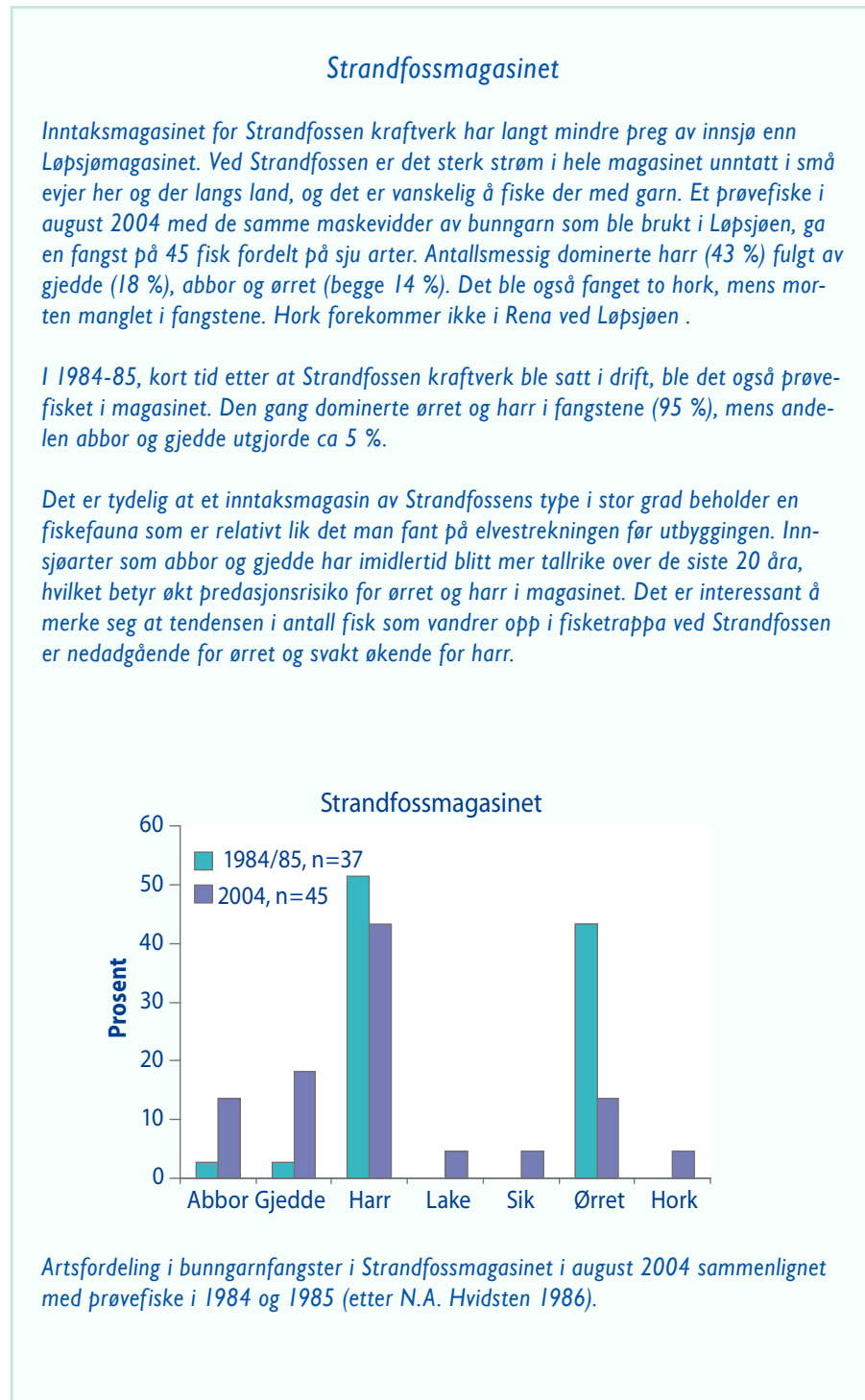
de genetiske forskjellene – i tillegg til dammene. En nærmere genetisk analyse av blant annet vandrende ørret i vassdraget vil kunne bidra til å belyse de forskjellene vi har avdekket.

Reguleringsdammer ser altså ut til å bidra til fragmentering av ørretbestandene i Glomma. Lokalitetene ovenfor og nedenfor Løpsjødammen, som neppe er påvirket av annet enn selve reguleringsdammen, har imidlertid ikke rukket å utvikle så store genetiske forskjeller som vi finner mellom lokaliteter som er atskilt av naturlige vandringsbarrierer.

## Oppsummerende diskusjon / konklusjon

Etableringen av elvemagasinet Løpsjøen har gitt store økologiske endringer både lokalt og regionalt. Noen av endringene må oppfattes som negative, andre som positive. Den viktigste negative effekten er knyttet til ørret og harr, som tidligere vandret opp og ned vassdraget i forbindelse med gyting og næringsøk. Ingen av artene synes å trives i Løpsjøen, men begge artene synes å ha tilpasset seg den nye situasjonen, slik at fangstene av dem på elvestrekningene i Søndre Rena ovenfor og nedenfor Løpsjøen har holdt seg relativt stabile. For ørret kan dette i noen grad skyldes kompensasjonsutsettinger av settefisk og fangstbegrensninger på strekningen, mens harren ser ut til å ha etablert et nytt vandringssystem som gir mulighet til omtrent like god produksjon som før reguleringen. Den fragmenteringen av bestandene som har skjedd har trolig endret den genetiske strukturen hos artene. Trangen til vandring over lange avstander er antakelig delvis genetisk betinget, og det er sannsynlig at andelen gener som fører til denne atferden vil reduseres i bestanden.

Samtidig har vassdraget også fått et nytt og verdifullt landskapselement i form av en grunn, produktiv innsjø. Dette har gitt vassdragsavsnittet Søndre Rena økt mangfold både fysisk og biologisk. Nye vanddekte arealer har ført til økt biologisk produksjon og nye biotoper for både planter og dyr. Det har utviklet seg en vannvegetasjon av høyere planter som omfatter flere arter som ellers er sjeldne i denne delen av landet. Løpsjøen er blitt en regional kjerne-lokalitet for mangfold av vannplanter. Et artsrikt og produktivt bunndyrsamfunn gir grunnlag for stor fiskeproduksjon og et mangfoldig fugleliv. Innsjøen har blitt en viktig fuglebiotop. Både under vår- og høsttrekket opptre mange arter vannfugl i stort antall, og mange arter har funnet egnede hekkeplasser ved Løpsjøen og langs Søndre Rena oppstrøms magasinet. Liten reguleringshøyde og små vann-



standsvariasjoner gjennom året utenom flomperioder sikrer stabile forhold og reduserer ulempene ved reguleringen. Det er også viktig at Løpsjøen har stor vanngjennomstrømning slik at det er gode oksygenforhold i dypvannet både sommer

og vinter. Storsjøreguleringen gir også en jevnere vannføring i Rena gjennom året. Særlig en relativt høy vannføring vinterstid gir økt vanddekt areal og økt produksjon av planter og dyr.



# 3 Diffuse kilder

Avrenning fra arealer, eller det vi kaller diffuse kilder, bidrar med næringsstoffer som direkte kan påvirke vannkvaliteten. Vi har undersøkt hvordan ulike typer konstruerte våtmarker kan redusere slike utslipp og samtidig ha positiv effekt på biologisk mangfold. Vi har tatt i bruk nye metoder med isotopstudier for å studere vannets strømningsmønster i nedbørfelt, kildesporing og bedre forståelse av erosjons- og retensjonsprosesser. Vi har også undersøkt rensedammer som tiltak for å redusere forurensningen ved avrenning fra veger.





Foto: B. Braskerud

## 3.1 Konstruerte våtmarker: - et nyttig element i kontroll av diffus avrenning

Anne-Grete B. Blankenberg, Bjørn Walseng, Gunnar Halvorsen, Tore Sveistrup, Dag Berge, Torsten Källqvist og Bent Braskerud

*Det norske landbruket har alltid vært i endring. De siste 80 årene har det vært et stadig økende behov for store og sammenhengende jordbruksarealer. Det tradisjonelle mosaikkpregede landskapet bestående av åkerlapper, skogteiger, myrer og våtmarker er erstattet av et homogent kulturlandskap med store fulldyrkete arealer. Dette har økt risikoen for avrenning av partikler, næringssalter og plantevernmiddelester og forringelse av vannkvaliteten med negative konsekvenser for planter og dyr. Disse har også fått sine leveområder redusert eller fjernet ved lukking av bekker og gjenfylling av dammer. Det nye vanndirektivet fra EU krever et helhetlig fokus på forvaltning av nedbørfelter. Dette bidrar til at biologisk mangfold, landskapsopplevelser og forurensning blir tillagt stadig større vekt. Konstruerte våtmarker i små landbruksbekker kan være godt supplement til god agronomisk praksis, for å redusere forurensning fra landbruket.*

### Forsøksanlegget i Lier

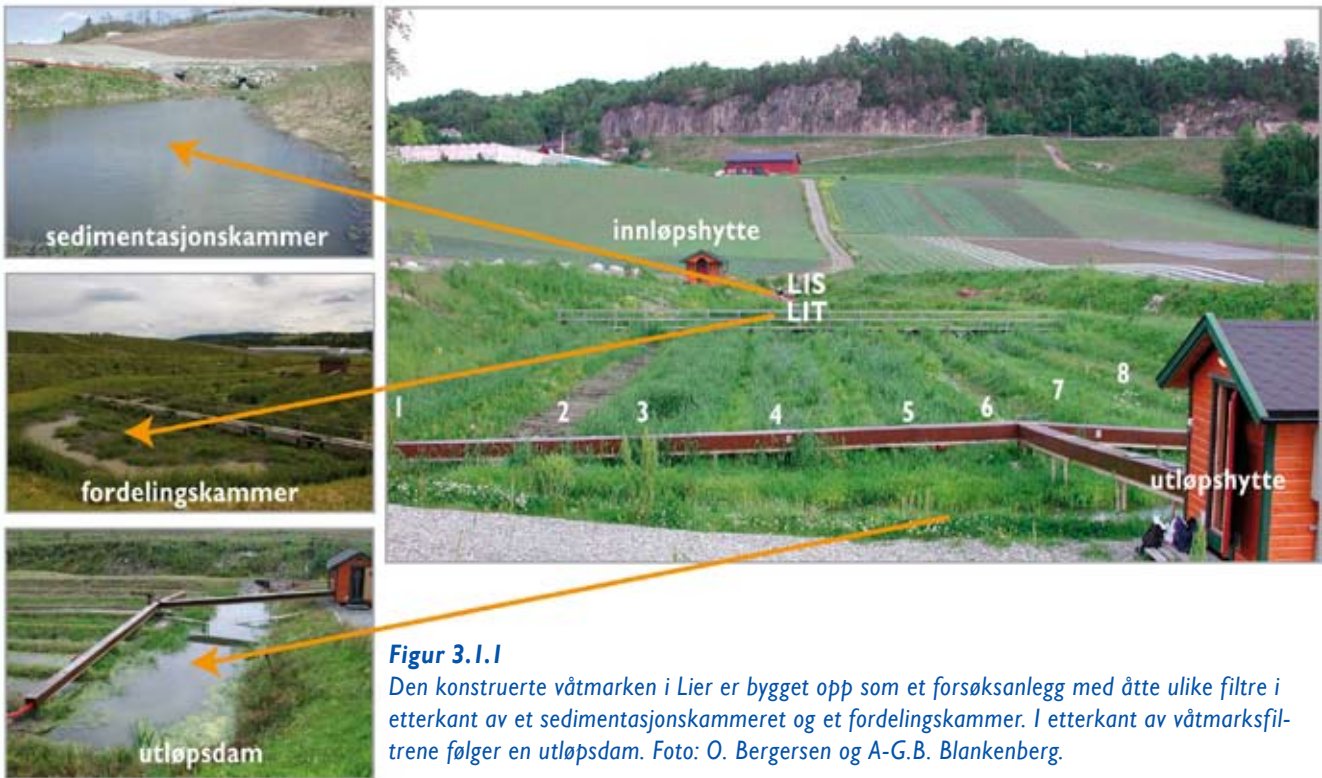
Norge har en røff topografi, og ledige arealer som kan brukes til naturlig vannrensning er ofte små. Det er derfor viktig å forbedre og optimalisere anleggene for å legge til rette for en best mulig retensjon av sedimenter, næringssalter og plantevernmidler. I den forbindelse er det etablert et forsøksanlegg i Lier i Buskerud i et område med intensiv frukt- og grønnsaksdyrking. Nedbørfeltet til forsøksanlegget er på 0,8 km<sup>2</sup>, hvorav 0,15 km<sup>2</sup> brukes til juletreproduksjon, 0,2 km<sup>2</sup> til grønnsaksproduksjon, 0,35 km<sup>2</sup> til kornproduksjon and 0,1 km<sup>2</sup> er bebyggelse.

Forsøksanlegget er ca. 1200 m<sup>2</sup> og utgjør ca. 0,15 % av nedbørfeltet (Figur 3.1.1). Vannet fra bekken renner inn i et sedimentasjonsbasseng etterfulgt av et fordelingsbasseng som fordeler vannet gjennom individuelle V-overløp ut til åtte ulike parallelle filtre. Hvert filter er ca. 3 m bredt og 40 meter langt. Mellom filterene er det voller som skiller filterene fra hverandre.

Deretter passerer vannet et utløpskammer før det munner ut i bekken igjen. Hver av de åtte filterene er bygget opp av ulike typer mineral- og organiske materialer: 1; grus og sand, 2; fiskenett med pågroingsalger, 3; lagdelt filter med Leca, grus, skjellsand, bark og sand, 4; tradisjonelt norsk våtmarksfilter, 5; grunt våtmarks filter, 6; hellelagt filter uten vegetasjon, 7; dypt våtmarksfilter, 8; halm (Figur 3.1.1 og 3.1.2). Fra sedimentasjonskammeret er det et overløp som tar unna vannet i en eventuell flomsituasjon. Alle våtmarksfilterene, med unntak av 2 og 6 er dekket med våtmarksvegetasjon, hovedsakelig kjempepiggeknope, takrør, mannasøtgras, strandrør og brei dunkjevle.

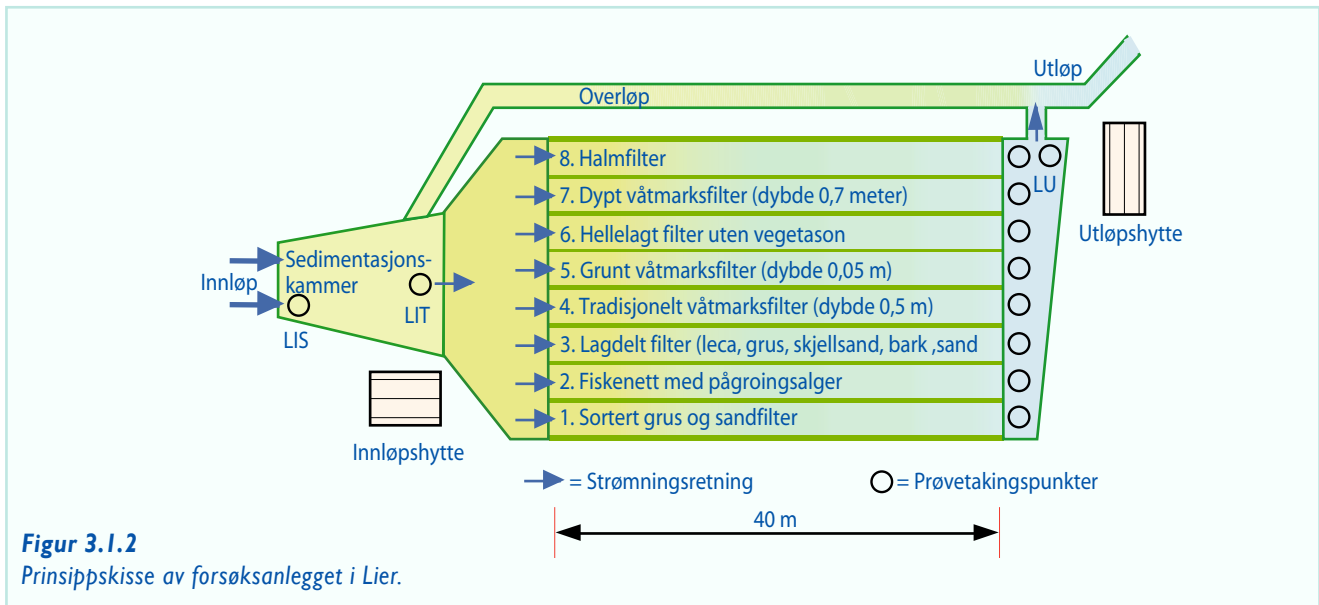
### Vannføringsmålinger og prøvetaking

I innløpet til forsøksanlegget er det V-overløp som styrer vannproposjonal vannprøvetaking. Prøvene til næringsanalyse pumpes gjennom plastslanger til plastbeholdere i kjøleskap, mens prøver til analyser av plantevernmidler pumpes gjennom kobberrør til kobberbeholdere i kjøle-



**Figur 3.1.1**

Den konstruerte våtmarken i Lier er bygget opp som et forsøksanlegg med åtte ulike filtre i etterkant av et sedimentasjonskammeret og et fordelingskammer. I etterkant av våtmarksfiltrene følger en utløpsdam. Foto: O. Bergersen og A-G.B. Blankenberg.



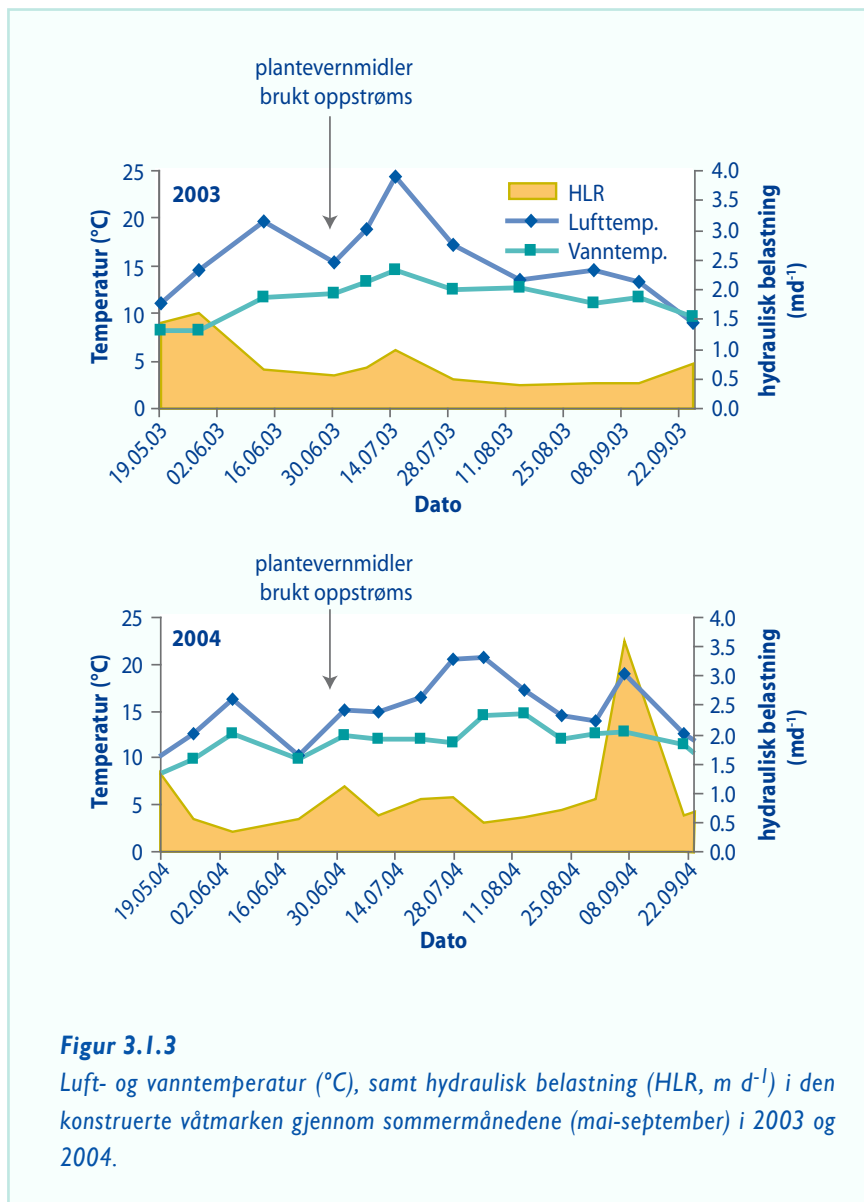
**Figur 3.1.2**

Prinsippskisse av forsøksanlegget i Lier.

skapene. Kobberbeholdere er nødvendig fordi plantevernmidler kan bindes til plast. Gjennomsnittlig pumpes det 12-16 delprøver i døgnet, fra innløpet, utløpet til hver av de åtte rennene og i utløpet. Hver 10-14 dag hentes det ut en liter prøve til analyse-ring fra hver av beholderne. Vannprøver fra

innløpet (LIS og LIT) og utløpet (LU) ble hentet ut gjennom hele året, mens vannprøver fra de åtte rennene (1-8) ble hentet ut i sommermånedene fra og med mai til og med september. Grunnet problemer med prøvetakingspunktet i innløpet til sedimentasjonskammeret (LIS) er det ikke gjort

målinger på retensjon av partikler, nærings-salter og pesticider bundet til partiklene i sedimentasjonskammeret. Oppgitte resultater er retensjon fra prøvetakingspunktet LIT i innløpet til våtmarksfiltrene til utløpet av de åtte våtmarksfiltrene (1-8).



**Figur 3.1.3**  
Luft- og vanntemperatur (°C), samt hydraulisk belastning (HLR, m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup>) i den konstruerte våtmarken gjennom sommermånedene (mai-september) i 2003 og 2004.

For å få målbare konsentrasjoner av plantevernmidler gjennom forsøksanlegget ble det tilsatt plantevernmidler til jordbruksjord umiddelbart oppstrøms forsøksanlegget. For de plantevernmidlene som ble brukt gjelder at de ofte brukes i det norske landbruket, det er gjort gjentatte målinger av rester av stoffene i norske landbruksbekker, de representerer et vidt spekter av kjemiske egenskaper som vannløslighet og tendens til å binde seg til jord og organisk materiale og de representerer både sopp-, ugras- og insektmidler. Plantevernmidlene ble tilsatt vår/forsommer 2003 og 2004. Varmekabler hindrer pumper, rørsystem og v-overløp i å fryser vinterstid.

### Hydraulisk belastning

Hydraulisk belastning (HLR) beregnes som avrenning (m<sup>3</sup>/d) dividert på arealet til den konstruerte våtmarken (m<sup>2</sup>). Dette er en viktig parameter som blant annet påvirker i hvilken grad næringssalter og plantevernmiddelrester holdes tilbake i den konstruerte våtmarken. **Figur 3.1.3** viser vann- og lufttemperatur, samt den hydrauliske belastningen på anlegget i sommermånedene mai til september 2003 og 2004.

### Retensjon av næringssalter og pesticider

#### Retensjon av næringssalter

Gjennomsnittlig tilbakeholdelse av totalfosfor (TP) i det tradisjonelle norske våtmarksfilteret (4) var henholdsvis 45 % og

**Tabell 3.1.1.** Gjennomsnittlig total-fosfor (TP) og total-nitrogen (TN) konsentrasjon, fra mai til september, i innløpet til våtmarksfiltrene (LIT) og utløpet til en tradisjonell norsk våtmark (4). Konsentrasjonene er vektet med hensyn til vannføring. Gjennomsnittlig konsentrasjoner i filter 1-8 er sammenlignet med gjennomsnittskonsentrasjonen for filter 4, som er satt lik 100 (det vil si **lave tall gir lavere konsentrasjoner eller høyere retensjon** sammenlignet med en tradisjonell norsk våtmark).

Parameter	År	Relativ differanse									
		LIT 4 (mg/L)	1	2	3	4	5	6	7	8	
TP	2003	0.68	0.37	-	137	150	100	-	-	-	160
TP	2004	0.85	0.59	84	114	111	100	83	163	88	100
TN	2003	7.6	4.3	-	110	138	100	-	-	-	93
TN	2004	8.2	7.5	167	107	106	100	94	123	95	94



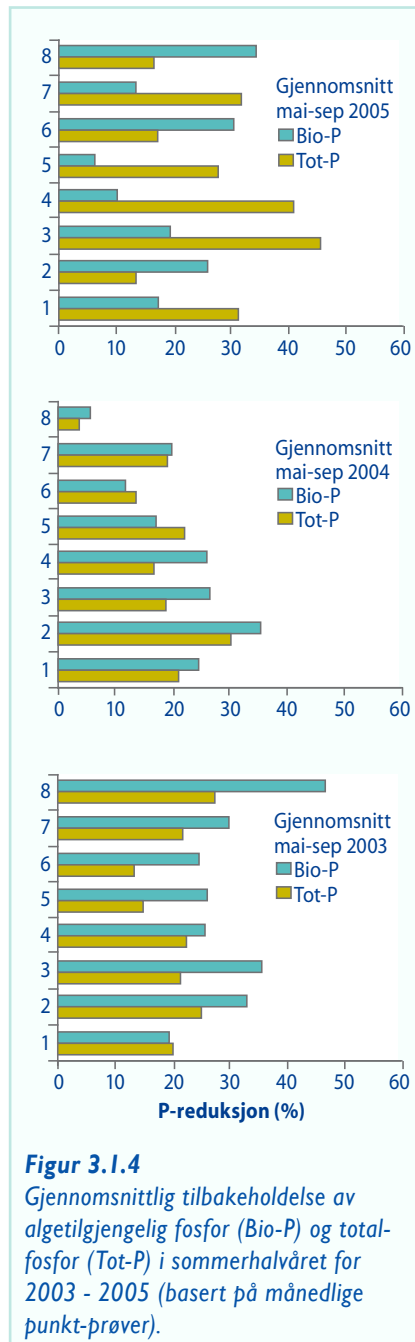
30 % i 2003 og 2004, mens gjennomsnittlig retensjon av total-nitrogen (TN) i samme filter var 43 % i 2003, men bare 8 % i 2004. Lavere hydraulisk belastning i 2003 enn i 2004 er sannsynligvis hovedårsak til høyere retensjon av næringssalter i 2003. **Tabell 3.1.1** viser gjennomsnittlig TP og TN konsentrasjoner i inn- og utløpet til det tradisjonelle norske våtmarksfilteret (4), samt den relative differansen i retensjon gjennom de åtte filtrene.

Retensjonen av TP var best i grunt våtmarksfilter (5) og sandfilter (1). Deretter fulgte dypt våtmarksfilter (7), mens tradisjonelt norsk våtmarksfilter (4) og halmfilter (8) var omtrent like gode. Litt dårligere var algefilter (2) og lagdelt filter med Leca-grus, skjellsand, bark og sand (3), mens hellelagt filter uten vegetasjon (6) var dårligst. Når det gjelder retensjonen av TN var det best retensjon i de organiske filtrene: dypt våtmarksfilter (7), grunt våtmarksfilter (5) og halmfilter (8). Deretter fulgte tradisjonelt norsk våtmarksfilter (4), algefilter (2) og lagdelt filter med Leca-grus, skjellsand, bark og sand (3), og hellelagt filter uten vegetasjon (6). For nitrogen sitt vedkommende var sandfilter (1) det dårligste.

Betrakter vi begge næringssaltene under ett, hadde organiske, tradisjonelle beplantede våtmarksfilter med ulike dyp (5, 7 og 4) best retensjon.

### Retensjon av biotilgjengelig fosfor

I tillegg til å måle retensjon av total fosfor, ble det også målt hvor effektive filtrene var til å fjerne "algetilgjengelig" fosfor. Dette ble gjort ved at det ble dyrket alger i vannet som rant inn i rennene og i vannet som rant ut av rennene. Algeutbyttet av disse to kulturene ble sammenliknet med utbyttet fra dyrking med 100 % algetilgjengelig ortofosfat. Testalgen *Selenastrum capricornutum* ble benyttet i et standard OECD – testopplegg. Da hvert algevekstforsøk må kjøres i 10 dager, ble disse målingene bare tatt en gang per måned i sommerhalvåret (**Figur 3.1.4**).



**Figur 3.1.4**  
Gjennomsnittlig tilbakeholdelse av algetilgjengelig fosfor (Bio-P) og totalfosfor (Tot-P) i sommerhalvåret for 2003 - 2005 (basert på månedlige punkt-prøver).

Hvis man ser alle rennene under ett kan det grovt sies at de fjerner mellom 10-30 % av tilført fosfor. Det er imidlertid stor forskjell mellom de ulike rennens funksjon de ulike årene. Dette kan delvis forklares ut i fra hvordan de ble vedlikeholdt de ulike år. For eksempel varierer renna med halm mye mellom år. Det første året er den effektiv. Det er da ny halm som brytes ned av bakterier. Disse trenger fosfor, som de tar fra vannet. Året etter er det fjorårets halm i renna og effektiviteten er liten. Det tredje året er det lagt ny halm i renna, og fosfor tas igjen opp.



**Figur 3.1.5**  
Alge- eller begroingsrennen med passe mye alger slik at algene får lys (over) og alt for mye alger slik at de skygger for seg selv (under).

Når det gjelder algerenna ble denne ikke vedlikeholdt det første året. Den grodde da igjen med høyere vegetasjon, og ble lik de andre våtmarksrennene. Det andre året ble vegetasjonen høstet og holdt som en ren begroingsrenne. Dette krevde lusing av høyere vegetasjon og høsting av alger hver tredje uke. Det siste året ble den luket og høstet bare to ganger. Den ble da helt gjengrodd av alger og andemat, og det oppstod selvskygging slik at næringsopptaket ble hindret (**Figur 3.1.5**).

Man kan således forbedre virkningen av anlegget gjennom regelmessig vedlikehold. Hvis man ved høsting greier å holde algefiltrene i den eksponentielle vekstfase, og forlenge rennene til det tredobbelte av hva man har i forsøksanlegget i Lier i dag, vil man ved algefiltre kunne fjerne det aller meste av algetilgjengelig fosfor. Hvor lange renner man må ha, avhenger av fosforkonsentrasjonen i innløpsvannet. I Lieranlegget var det enkelte dager over 1000 µg P/l målt som ortofosfat i innløpsvannet. Dette er svært mye, og langt mer enn hva som er vanlig i jordbruksavrenning.

### Retensjon av pesticider

Tilbakeholdelse av plantevernmidler i forsøksanlegget i Lier fra inn- til utløpet av de åtte våtmarksfiltrene er presentert i **Tabell 3.1.2**. Det ble gjennomført prøvetaking av pesticider gjennom hele året, og i praksis var det bare avrenning umiddelbart etter sprøyting. Tabellen gir også gjennomsnittlig retensjon i vektprosent for begge årene.

I gjennomsnitt når mindre enn 6 % av plantevernmidlene som tilføres nedbørfeltet våtmarksfiltrene i forsøksanlegget. Avrenningen av plantevernmidler fra nedbørfeltet øker med økende hydraulisk belastning, og er størst direkte etter sprøyting. Samme mengde plantevernmidler ble tilsatt begge årene, men avrenningen fra nedbørfeltet var mye høyere i 2004. Dette skyldes sannsynligvis en nedbørsepisode kort tid etter sprøyting. Retensjonen av plantevernmidler i anlegget varierer fra 11 - 42 % i 2003 og fra 19 - 56 % i 2004. Gjennomsnittet for begge årene varierer mellom 15 og 41 %. Til tross for at høyere konsentrasjoner av plantevernmidler når våtmarksfiltrene i 2004, er retensjonen høyere for fire av de seks stoffene dette året. Dette er Linouren og Fenpropimorf, begge midler med lav vannløslighet. De hadde en retensjon på mer enn 50 % i 2004. Dette indikerer en mulig sammenheng mellom retensjon og sedimentasjon. Med tanke på at sedimentasjon i sedimentasjonskammeret ikke er medregnet i

retensjonen, er det svært god retensjon av plantevernmidlene i anlegget (**Tabell 3.1.2** og **3.1.3**).

Når det gjelder retensjon av plantevernmidler var hellelagt filter uten vegetasjon (6) og halmfilter (8) mest effektivt. Deretter fulgte tradisjonelt norsk våtmarksfilter (4), algefiltre (2) og lagdelt filter med Leca-grus, skjellsand, bark og sand (3), fulgt av dypt våtmarksfilter (7), grunt våtmarksfilter (5) og sand filter (1). Undersøkelsene viser at adsorpsjon til organisk materiale og eksponering av sollys (fotokjemisk nedbryting) er viktige prosesser for retensjon av plantevernmidler.

### Retensjon av leirpartikler

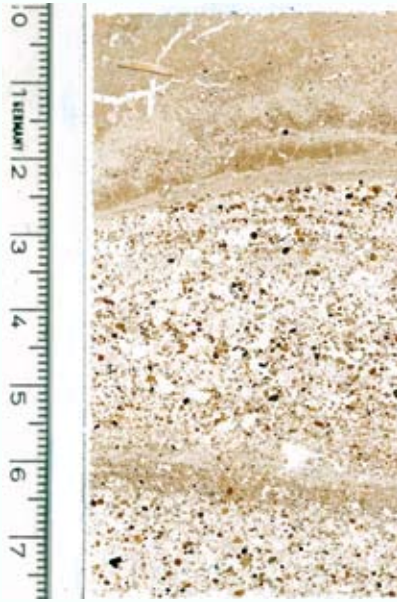
På alle jorder foregår det erosjon med transport av partikler til vannveiene. Deler av erosjonsmaterialet følger vannstrømmen ut i vassdragene og sedimenteres der strømningshastigheten er lav nok til at partiklene får tid til å bunnfelle. Fangdammer/konstruerte våtmarker bygges derfor i

**Tabell 3.1.2.** Retensjon av plantevernmidler i våtmarksfilteret i forsøksanlegget i Lier.

Plantevernmiddel (%)	2003			2004			Gj.snitt retensjon (%)
	innløp (g)	utløp (g)	retensjon (%)	innløp (g)	utløp (g)	retensjon (%)	
Metalaxyl	18.4	15.9	14	32.0	24.5	23	19
Metamitron	34.7	20.2	42	19.8	14.2	28	35
Metribuzin	8.7	7.7	11	41.8	34.0	19	15
Propaklor	15.4	9.7	37	97.6	66.1	32	35
Linuron	25.2	18.7	26	9.6	4.2	56	41
Fenpropimorf	5.7	4.1	27	10.1	5.0	50	39

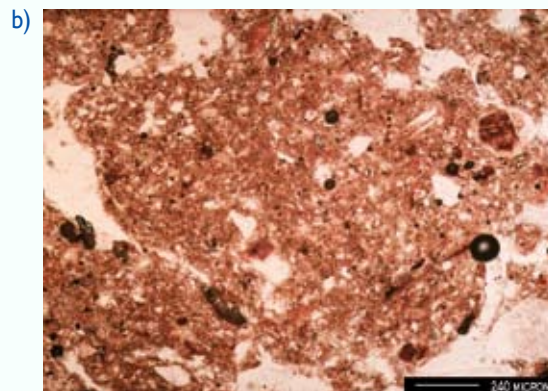
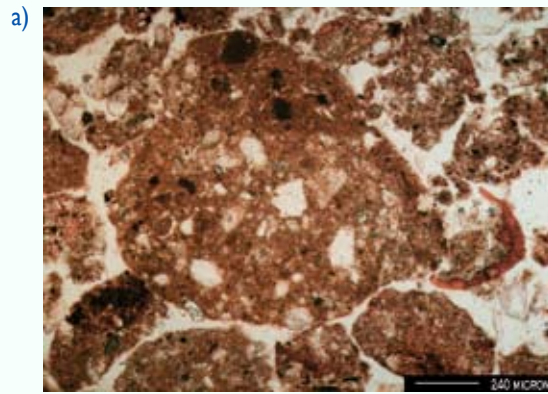
**Tabell 3.1.3.** Gjennomsnittlig pesticid konsentrasjon i innløpet til våtmarksfiltrene (LIT) og utløpet til en tradisjonell norsk våtmark (L4), fra mai til september. (Konsentrasjon av alle pesticidene er summert sammen). Konsentrasjonene er vektet med hensyn til vannføring. Gjennomsnittlig konsentrasjoner i filter 1-8 er sammenlignet med gjennomsnittskonsentrasjonen for filter 4, som er satt lik 100 (det vil si at lave tall gir lavere konsentrasjoner eller høyere retensjon sammenlignet med en tradisjonell norsk våtmark).

LIT(ug/l)	2003					2004									
	4(ug/l)	2	3	4	8	LIT(ug/l)	4(ug/l)	1	2	3	4	5	6	7	8
0.14	0.06	180	100	100	153	0.157	0.152	138	97	139	100	103	71	119	79
0.39	0.10	195	132	100	172	0.131	0.111	94	75	93	100	194	52	73	54
0.09	0.06	101	54	100	77	0.259	0.187	144	103	142	100	116	92	124	92
0.13	0.11	52	16	100	42	0.623	0.285	158	112	96	100	134	94	115	47
0.29	0.17	84	70	100	59	0.043	0.022	189	211	112	100	476	2	194	104
0.07	0.02	363	134	100	234	0.06	0.03	391	187	293	100	154	90	287	64
0.01	0.02	111	88	100	75	0.04	0.02	180	146	134	100	126	67	151	62



**Figur 3.1.6**

Tynnslip av sediment fra fangdam/våtmark. Horisontal sjiktning med fine aggregater på toppen og grovere lenger ned. De fleste mørke kornene, opp til ca 1,5 mm i diameter, er aggregater. Sandkorn er stort sett lyse og gjennomskinnlige. Målestokk i cm.



**Figur 3.1.7.**

Mikroskopbilde av aggregater. (a): fra sedimentet i fangdammen. (b): fra matjordlaget på jordet. De lyse partiene inne i aggregatene er sandkorn. Større, lyse mineralkorn ligger også ved siden av aggregatene og er delvis sammenkittet med disse (nedre høyre hjørne av begge bildene). Legg også merke til den klare avrundingen av sedimentaggregatene (til venstre). Målestokkstrekene er 0,24 mm.

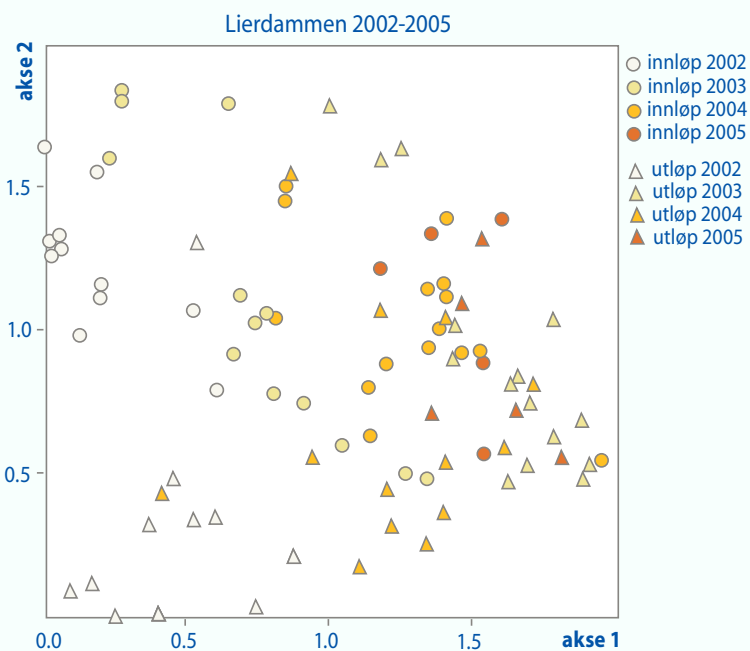
bekker som renner gjennom landbruksarealer for å senke strømningshastigheten slik at en størst mulig andel av erosjonsmaterialet som følger vannstrømmen får tid til å synke til bunns.

Fangdammer holder jordpartiklene effektivt tilbake. Det er målt tilbakeholding på mellom 35 og 76 %, avhengig av forhold i nedbørfelt og fangdammens størrelse. For to fangdammer i leirjordsområdet på Østlandet (Berg og Kinn) ble det tilbakeholdt fire til seks ganger mer leir enn teoretiske beregninger skulle tilsi ut fra resultater fra teksturanalyser av sedimentasjonsmaterialet. Enkeltpartikler av leir er for små til at de kan sedimenteres i små fangdammer fordi oppholdstida er for kort. Årsaken til at leirfraksjonen likevel sedimenteres er at leirpartiklene er bundet i aggregater, dvs. leira er kittet sammen i små klumper.

Mikroskopstudier av tynnslip av sedimentprøvene fra fangdammene viste at de besto av aggregater av ulik størrelse (Figur 3.1.6). Aggregatene var sammensatt av sand, leir og noe organisk materiale. Sammensetningen av aggregater fra fangdammene (Figur 3.1.7a) var nærmest identisk med den fra matjordlaget på jordene i nedbørfeltet (Figur 3.1.7b). Den største forskjellen var at fangdamsaggregatene var mindre og at de var mye bedre avrundet enn matjordaggregatene. I fangdamsedimentene ble det funnet finere og grovere aggregater lagvis. Det viser at sedimentasjonen har funnet sted under ulik strømningshastighet. De største aggregatene og mineralpartiklene og den tydeligste lagde-

lingen fant vi der bekken munnet ut i fangdammen i sedimentasjonsbassenget. Her varierte aggregatene i de ulike lagene fra 1,5 til 0,1 mm (Figur 3.1.6). Aggregatene avtok gjennomgående i størrelse jo mer vi fjernet oss fra innløpet og sjiktningen ble også mindre tydelig. Nærmest utløpet av fangdammen hadde de fleste av aggregatene en diameter mellom 0,04 og 0,02 mm. Alle lagene inneholdt også mineralkorn med en litt mindre diameter enn hos aggregatene. Dette skyldes at kompakte enkeltkorn sedimenterer raskere enn porøse aggregater. Det ble derimot ikke funnet uaggregert leirmateriale i sedimentasjonsprøvene, selv ikke i lagene med de fineste aggregatene. Dette betyr





**Figur 3.1.8.**  
DCA-ordinasjon basert på nærvær eller fravær av vannloppen *Chydorus sphaericus* og hoppekrepsen *Eucyclops serrulatus* i 88 prøver fra inn- og utløp i Lierdammen.

at leirpartikler som ikke er i aggregater, har blitt transportert gjennom fangdammen/våtmarkene.

De godt avrunda aggregatene i fangdamssedimentene tyder på at aggregatene slipes og knuses under transporten. Nedbrytingen av aggregatene øker sannsynligvis med transportavstanden. For å være så effektive som mulig, bør fangdammer anlegges nærmest mulig de erosjonsutsatte arealene.

Funnene i våre undersøkelser viser at teoretiske beregninger av hva som sedimenteres i fangdammer/våtmarker, basert på resultater fra standard teksturanalyser, ikke stemmer da en i teksturanalysen bryter ned aggregatene til enkeltpartikler. Det kreves også kunnskap om aggregatenes størrelse og kvalitet for å beregne fangdammenes tilbakeholdningsevne av partikler.

### Krepsdyr

En 4-årig undersøkelse av faunaen i inn- og utløpet av Lierdammen viser at krepsdyrfaunaen tydelig reflekterer forskjeller i vannkvalitet. Artsrikdommen hos vannlopper var i hele undersøkelsesperioden større i utløpet enn i innløpet til tross for at innløpet er arealmessig større enn utløpet.

Vannlopper er mindre tolerante for høye belastninger av fosfor- og nitrogenforbindelser enn hoppekreps. Flere av vannlopperartene som bare ble påvist i utløpet av Lierdammen, er egnet som indikatorer på landbruksforurensing. I hvilken grad plantervernmidler er årsaken til at enkelte arter forsvinner kan best besvares ved eksperimentelle undersøkelser.

Arts sammensetning og dominansforhold hos ferskvannsinvertebrater kan si mye om den fysiske og kjemiske tilstanden i vannforekomsten. Slike dyregrupper brukes derfor stadig mer som miljøindikatorer innen overvåking og forskning. Fordi

vannet har kort oppholdstid i små ferskvannforekomster kreves det svært hyppig vannkjemisk prøvetaking. I slike systemer er biologisk overvåking også av økonomisk årsaker, bedre egnet enn kjemisk overvåking. Krepsdyrene har gjennom mange år vært brukt som indikatorer i forbindelse med forurensing, i de seinere årene også med fokus på restaurering av vannkvalitet. I kulturlandskapet, der oppmerksomheten er rettet mot fosfor- og nitrogenbelastninger, har krepsdyrene vist seg godt egnet som indikatorer. Vi har i dag informasjon om krepsdyrforekomst fra ca 2700 ferskvannlokaliteter i Norge. Dette materialet gir et godt grunnlag for å forstå artenes utbredelse og økologi.

Krepsdyrfaunaen ble kartlagt ved 44 prøvetakinger i innløp og utløp av Lierdammen i årene 2002-2005 med sikte på å studere om forskjeller i vannkvalitet mellom inn- og utløp ble reflektert i artsforekomstene.

Vi registrerte i alt 36 arter, 24 vannlopper og 12 hoppekreps. I innløpet fant vi 26 arter (16 vannlopper og 10 hoppekreps), i utløpet 33 arter (23 vannlopper og 10 hoppekreps). Dette er høye antall, tatt i betraktning at det totalt bare er registrert 135 arter innen de to gruppene i Norge. Generelt er kunnskapen om spredning av krepsdyr mangelfull, men det er vist at deres evne til å kolonisere nye habitater varierer. Enkelte arter danner tørkeresistente hvileegg, som kan spres passivt med vind eller de kan være festet til fugleføtter, pattedyr og lignende. Arter som raskt koloniserer nye lokaliteter har ofte høy toleranse ovenfor fysisk stress, kort generasjonstid, de produserer et stort antall avkom, og kan leve av mange slags føde. Innen hver art kan bestander med ulik genetisk sammensetning ha ulik koloniseringsevne.

I gjennomsnitt har det blitt registrert henholdsvis 8 arter i innløpet og 12,3 arter i utløpet. I alle de fire årene var det større artsrikdom i ut- enn i innløpsvannet. Forskjellen var størst i 2003 da det ble funnet respektive 26 arter i utløpet mot

15 i innløpet. Også ved enkeltbesøk var mønsteret det samme. Kun i to av 44 tilfeller er det registrert flere arter i innløpet enn i utløpet, henholdsvis da dammen var nyetablert og ved første besøket i 2004.

Vannloppen *Chydorus sphaericus* ble registrert i både inn- og utløp ved samtlige 44 besøk. Hoppekrepsen *Eucyclops serrulatus* manglet kun i ett tilfelle, og da i innløpet. I DCA-ordinasjonen basert på om artene er tilstede eller fraværende i 88 prøver (**Figur 3.1.8**) gjenspeiler I-aksen suksessjonen i damsystemet, dvs plottene som representerer 2002 legger seg i den venstre enden av aksene mens 2005-plottene legger seg i motsatt ende. Denne aksene forklarte 19,1 % av variasjonen i datasettet, og var signifikant korrelert med tid etter at dammen ble etablert. Både innløps- og utløpsdata bidrar til denne korrelasjonen. Forskjeller mellom inn- og utløpsprøver gjenspeilte seg langs 2-aksene der plottene som representerer utløpet, plasserte seg nærmest x-aksene. Den andre aksene forklarte 13,6 % av variasjonen i datasettet, og var signifikant korrelert med forskjellen mellom innløps- og utløpsprøver. Data fra det første året (2002) viste at det var en klar korrelasjon mellom aksene som gjenspeilte forskjellene mellom inn- og utløp og Tot-P. Et tilsvarende ordinasjonsdiagram basert på dominansforhold mellom artene, ligner på plottet basert på nærvær/fravær. Artsplottet (nærvær/fravær) viser at artene som var vanlige i etableringsfasen ligger i venstre del av figuren mens artene som kom inn seinere plasserer seg i motsatt ende. Tilsvarende finner vi de artene som er karakteristiske for utløpet i nedre del av figuren.

*Chydorus sphaericus* var hele tiden dominant (>10%) og i 2003 var dominansen i innløpet nesten total gjennom hele sesongen. Økologisk sett er denne arten tolerant og en av de tidligste kolonisateurerne blant krepsdyrene. Den kan for eksempel spre seg nedstrøms i et vassdrag ved å være festet til filamenter av blågrønnbakterier.



Andefamilie i forsøksanlegget i Lier. Foto: K. Elkjær.

*Daphnia pulex* ble bare registrert i 2002 da den i midten av september var totalt dominerende og utgjorde mer enn halvparten av det totale individtallet i utløpet. Den var vanlig ved de to påfølgende besøkene for så å forsvinne helt. I innløpet ble den bare så vidt registrert. Utløpet har gjennomgående hatt lavere innhold av fosfor og nitrogen enn innløpet, men 3. september 2002 var situasjonen motsatt med en fordobling av fosforkonsentrasjonen i utløpet sammenlignet med innløpet. Oppblomstringen av *D. pulex* henger trolig sammen med dette. Mer fosfor fører til oppblomstring av alger som er næring for arten. Oppblomstring av *D. pulex* etter en forsinkelse på ca 14 dager er derfor som vi kunne vente.

Diversitetsindekser brukes ofte som mål på artsmangfoldet. Shannon Wieners diversitetsindeks for de enkelte prøvene av krepsdyrsamfunnet i Lierdammen viser at diversiteten er lav (<0,5) fram til den første prøven i august 2002 da den i både inn- og utløp økte til ca 1,0. Siden har diversiteten

vært gjennomgående høyest i utløpet. I siste del av 2003 var det et stort sprik mellom inn- og utløp med verdier mellom 1,4 og 2,0 i utløpet, mens den i innløpet hele tiden var under 0,6. Ved oppstartingen av studiet var situasjonen forholdsvis likt i henholdsvis inn- og utløp. Etter at anlegget ble satt i drift, har belastning av næringsalter endret seg forskjellig i de to delene av damsystemet. Dette har gjenspeilet seg i krepsdyrfaunaen, både gjennom forskjeller i artdiversitet og i oppblomstringen av enkeltarter (*D. pulex*).

I Lierdammen var det én vannloppeart, *Disparalona rostrata*, og to arter av hoppekreps, *Diaptomus castor* og *Diacyclops crassicaudis*, som bare ble funnet i innløpet. Det var her kun snakk om enkeltindivider funnet ved ett besøk. *D. castor* er ikke funnet siden G.O. Sars fant den i et fåtall, små, grunne dammer. Dette er i oversenstemmelse med at arten, i følge litteraturen, er vanlig i grunne temporære pytter. I mellom-Europa når den bestandstopper rundt nyttår, mens den mangler midt-sommers.



Foto: R. Roseth

## 3.2 Rensedammer for avrenning fra veg

Roger Roseth

*Avrenning fra veier kan være en betydelig kilde til forurensning av både overflate- og grunnvann i mange områder. Et tiltak mot denne forurensningen er å bygge rensedammer som kan bidra til å rense vannet før det når bekker eller grunnvann.*

Forurensningstransporten knyttet til overvann som renner av veger vil variere med trafikk tetthet, dreneringssystem, avrenningsepisoder og omfanget av vegsalting. Ett tiltak for å redusere forurensning i avrenningen før den når vassdrag er å bygge rensedammer. Ulike typer av rensedammer er vanlige, men det er gjort få undersøkelser om hvilke utforming og dimensjonering som gir best resultat og hvilken rensegrad som kan oppnås under norske forhold. Dette prosjektet har fokusert følgende problemstillinger; (1) Overvann fra veg – hydrologi og stofftransport, (2) Rensegrad i dammer med ulik utforming og (3) Kvalitet og partikkelstørrelse for akkumulert slam.

Dette prosjektet er utført ved to rensedammer langs ny E6 Oslo – Svinesund, en dyp dam uten våtmarksvegetasjon i Ski og en grunn dam med våtmarksvegetasjon i Ås (Figur 3.2.1).

### Undersøkelser

Det er gjennomført kontinuerlige målinger av vannmengde tilført dammene og tatt prøver av inn- og utløp. Analysene har gitt grunnlag for å beregne forurensningstransporten fra de lokale vegstrekningene og rensegrad i dammene. Måling av sedimentmengde samlet i dammene og analyse av sedimentkvalitet har gitt informasjon om partikkelstørrelse og forurensningsinnhold i sedimentet som samler seg. Endringer i vannkvalitet som følge av vegsalting er studert ved måling av ledningsevne i ulike dyp av dammen i to perioder, før salting og under salting.

### Resultater og vurderinger

**Avrenningen fra vegstrekningene** som drenerer til rensedammene utgjorde i hovedsak mellom 10 og 40 % av nedbøren som falt på vegstrekningene. Dette betyr at en stor andel av det vannet som tilføres vegoverflaten som nedbør synes å forsvinne gjennom fordampning og infiltrasjon.



Dersom videre målinger bekrefter denne tendensen, må dagens praksis hvor avrenning fra veg beregnes på samme måte som fra tette flater i byområder, revideres. Resultatene er viktige for å vurdere hvilke vannmengder som tilføres overvannssystemet langs veg og hvordan tiltak for overvannshåndtering skal dimensjoneres.

**Kornfordelingsanalyser av sediment** samlet i rensedammene viser at dette i hovedsak består av silt (50-70 %), en del leire (20-50 %) og noe sand (5-25 %).

**Analyser av sedimentkvaliteten** i rensedammene viste at sedimentet var lite til moderat forurenset (iht. SFT veiledning 97:04) med miljøfokuserte metaller som sink, kobber, nikkel, kadmium, bly, krom og kvikksølv. Det inneholdt moderate mengder av PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner), men sedimentet var markert forurenset (iht. SFT veiledning 97:03) med den miljøfokuserte PAH-forbindelsen benso(a)pyren. Innholdet av olje var relativt høyt (540-3350 mg upolar olje per kg), og vil kunne legge føringer for hvordan slamsugd sediment fra disse dammene skal disponeres.

**Vannprøvene** i inn- og utløp av rensedammene var tidvis meget sterkt forurenset (iht. SFT veiledning 97:04) med noen trafikktypiske metaller som kobber, sink og nikkel samt næringsstoffene nitrogen og fosfor. Vannprøvene viste imidlertid lave konsentrasjoner av PAH og olje. Rensegraden i de to dammene undersøkt i prosjektet var lavere enn vist i andre undersøkelser. Dette skal vurderes nærmere i den videre oppfølgingen av dammene.

**Saltinnholdet i dammene** viste en variasjon med sesong. Målinger av ledningsevne i den dype rensedammen indikerer at det etableres en saltsjiktning i dammen gjennom saltsesongen som kan påvirke oppholdstid og strømningsforhold gjennom dammen.



**Figur 3.2. 1.** Undersøkelsene har foregått i to rensedammer langs ny E6 i Akershus, en dyp dam uten vegetasjon i Ski og en grunn dam med våtmarksvegetasjon i Ås. Foto: R. Roseth.

Samlet sett har gjennomførte undersøkelser tilført ny kunnskap med hensyn til avrenningsmønster fra moderne sterkt trafikkerte vegstrekninger, forurensningsmengde som tilføres med overvann fra veg, slamkvalitet for fjernet slam og hvordan saltinnholdet i dammene og i tilført vann endres med sesong.

#### De viktigste erfaringene er:

- Vannmengdene som tilføres overvannssystemet fra vegbanen er ikke som store som antatt, og dagens kriterier for dimensjonering av overvannssystemet bør vurderes revidert
- Slam akkumulert i rensedammene kan ha et så høyt innhold av olje at dette legger føringer for hvordan slammet skal disponeres.



Foto: M. Bechmann

## 3.3 Bruk av isotoper til kildesporing og prosessstudier i nedbørfelt

Øyvind Kaste, Marianne Bechmann, Jens Kværner, Pål Tore Mørkved, Anne Kristine Søvik, Bjørn Kløve og Lillian Øygarden

Dette kapittelet tar for seg fire ulike prosjekter som illustrerer at isotopteknikker kan være svært nyttige i forbindelse med å studere vannets strømningsveier og transportprosesser gjennom nedbørfelt, spore kildematerialet til partikkeltransport i bekker, samt å kvantifisere nitrogenfjerning gjennom denitrifikasjon. Naturlig stabile isotoper er også et lovende verktøy i forbindelse med sporing av kilder til nitrat i landbruksbekker. Metoden må imidlertid brukes med varsomhet i større nedbørfeltsskala, hvor det ofte er en kompleks sammensetning av markslagstyper og ulike nitrogenkilder.

### Teoretisk bakgrunn

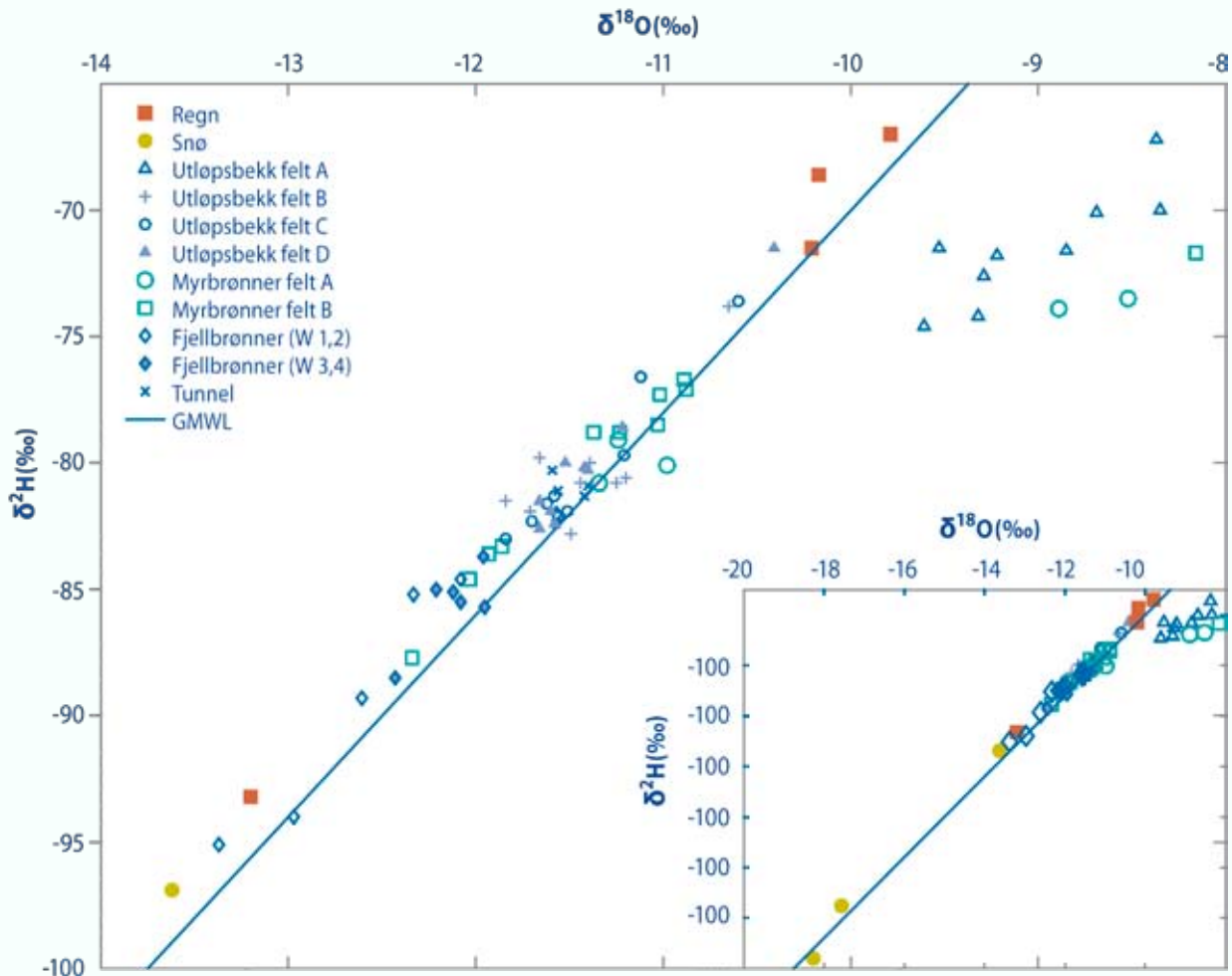
Stabile isotoper er former av grunnstoffer som har forskjellig antall nøytroner i atomkjernen, og dermed får forskjellig vekt. I disse studiene har vi brukt to eller tre stabile isotoper av grunnstoffene hydrogen, nitrogen og oksygen, som alle er naturlig forekommende:  $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^{14}\text{N}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$  og  $^{18}\text{O}$ , der tallet angir antall kjernepartikler (og dermed massen). I tillegg kommer den radioaktive isotopen  $^3\text{H}$  som blant annet er naturlig forekommende i vann. I et studium av erosjon på landbruksarealer er det benyttet forhold mellom tre radioaktive isotoper som alle finnes i svært små mengder i jorda;  $^7\text{Be}$  (beryllium),  $^{210}\text{Pb}$  (bly) og  $^{137}\text{Cs}$  (cesium).

Bruken av isotoper i analyser av uforstyrrede systemer utnytter ulike egenskaper ved isotopene. Kjemisk sett er de forskjellige isotopene av samme grunnstoff nesten like, og i en del studier kan man følge enkelte isotoper som representanter for stoffet for å se hvordan stoffet beveger seg i naturen og brukes av organismene. Dette gjelder blant annet for studier av  $^7\text{Be}$  bundet til jord. I andre studier utnytter en at forskjellen i masse vil gi isotopfraksjonering; det vil si diskriminering mellom lette og tunge isotoper under fysiske prosesser som fordamping, kondensering og diffusjon, kjemiske prosesser som adsorpsjon, eller biologiske prosesser som denitrifikasjon. Ved fordamping gjør forskjellen i masse at for eksempel et vannmolekyl med  $^1\text{H}^16\text{O}^1\text{H}$  har lettere for å fordampe enn et med  $^2\text{H}^16\text{O}^1\text{H}$ , altså der et  $^1\text{H}$  er byttet ut med et  $^2\text{H}$ . Dermed vil vannet i gassfase få en annen isotopsammensetning enn det hadde i væskeform.

I de følgende studiene har vi benyttet isotopteknikker til å:

- 1) Finne kilder til stoffer. Kjemisk like stoffer med forskjellig opprinnelse kan på grunn av isotopfraksjonering få ulik isotopsammensetning, og det er dermed mulig å skille forskjellige kilder fra hverandre. Et eksempel her er kilder til nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) i et nedbørfelt.
- 2) Skille mellom prosesser. Forskjellige prosesser gir ulik isotopfraksjonering, og ved å måle denne fraksjoneringen kan en skille mellom forskjellige prosesser. Et eksempel er hvorvidt  $\text{NO}_3^-$  i en våtmark fjernes gjennom denitrifikasjon eller ved at det tas opp i mikroorganismer.





**Figur 3.3.1**

Nivåer av isotopene  $^{18}\text{O}$  og  $^2\text{H}$  i regn, snø, bekkevann, myrvann og grunnvann i fjell.

### Bruk av oksygen- og hydrogenisotoper i vann i undersøkelser av hydrologi og strømningsveger i nedbørfelt

Jens Kværner og Bjørn Kløve

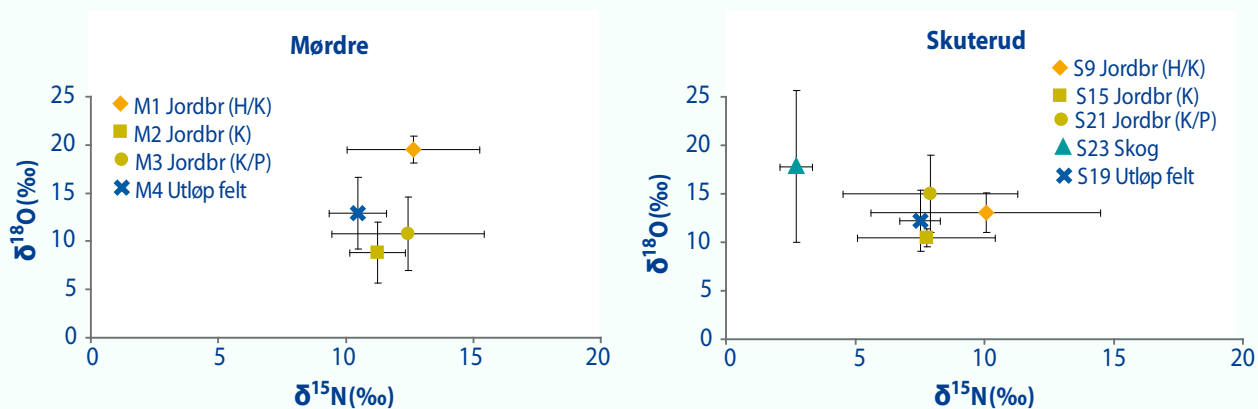
Fordelingen av ulike oksygen- ( $^{16}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) og hydrogenisotoper ( $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ ) kan variere i vann fra ulike kilder. Nedenfor er det gitt et eksempel fra fire skogsfelt på Østlandet, hvor slike isotoper er brukt for å studere de hydrologiske forholdene. I forbindelse med studiene ble innholdet av oksygen- og hydrogenisotoper samt kjemiske bestanddeler undersøkt i regnvann, snø, bekkevann, innsjøvann, myrvann og grunnvann i fjell.

Fordelingen av oksygen- og hydrogenisotoper i regnvann varierte mye. Isotopsammensetningen i snøprøver var markert forskjellig fra sommernedbør og grunnvann. Isotopsammensetningen i de fleste vannprøvene lå langs den såkalte GMWL-linjen (Global Meteoric Water Line), som betegner forholdet mellom  $^{18}\text{O}$  og  $^2\text{H}$  i nedbør. Unntaket var prøver fra utløpet av tjern og innsjøer, samt enkelte myrvannsprøver. Forhøyede nivåer av isotopene  $^{18}\text{O}$  og  $^2\text{H}$  og beliggenhet under GMWL-linjen (Figur 3.3.1) viste at vannet i disse prøvene hadde vært utsatt for fordamping.

Sammenligning av innholdet av de stabile isotopene  $^{18}\text{O}$  og  $^2\text{H}$  i bekke- og ned-

børvann gav god innsikt i det dynamiske forholdet mellom nytt nedbørvann og "gammelt" (lagret) vann i avrenningen fra feltene. Lagret vann i denne forbindelse kan være markvann, grunnvann eller overflatevann. Isotopene  $^{18}\text{O}$  og  $^2\text{H}$  er godt egnet for hydrologiske prosessstudier i små nedbørfelt hvor vannets oppholdstid er begrenset til under ett år. Resultatene fra isotopstudiene viste at sommeravrenningen var dominert av vann lagret i nedbørfeltet. Under høstforhold med stor nedbør og større jordfuktighet, økte innslaget av nytt nedbørvann i bekkene. Undersøkelsene viste imidlertid også at i små nedbørfelt dominert av grunne moreneavsetninger kan bidraget fra vann lagret i nedbørfeltet være stort i avrenningsepisoder. Blanding



**Figur 3.3.2**

Isotopforhold i avrenning fra små bekker i Mørdre og Skuterud. H=husdyrgjødsel, K=kunstgjødsel, P=punktkilder.

og lagring av vann i myrer og tjern var viktig for vannkvalitet og avrenningsmønstre om sommeren. Forskjellig isotopsammensetning i avrenning fra ulike myrpartier demonstrerte at det kan være varierende transportaktivitet i ulike deler av en myr.

Den radioaktive isotopen tritium ( $^3\text{H}$ ) kan gi informasjon om flere år gammelt vann og dermed også forandringer som har skjedd over lengre tidsrom. Konsentrasjonen av  $^3\text{H}$  var enkelte steder svært lav i grunnvann i fjell. De lave konsentrasjonene gjenspeiler innslag av vann fra tida før prøvesprengninger av atombomber startet på 1950-tallet. Slikt gammelt vann ble ikke påvist i overflatevann og myrvann fra feltene.

Viktige kunnskapsbegrensninger ved vurderinger av forurensningsrisiko og tiltaksplanlegging er knyttet til strømningsveger i jord og transportprosesser i snøsmeltingsperioden. I små nedbørfelt der vannets oppholdstid er begrenset, kan isotopene  $^{18}\text{O}$  og  $^2\text{H}$  gi kunnskap om dette og dermed utfylle tradisjonell vannkjemisk informasjon. Kombinert analyse av  $^{18}\text{O}$  og  $^2\text{H}$  vil generelt gi mer innsikt i nedbørfelters hydrologi enn kun analyse av enkeltisotoper. Varierende isotopsammensetning i nedbør gjør det vanskelig å forutsi hvilke

perioder som vil gi mest informasjon om hydrologi og strømningsveger. Det anbefales derfor å gjennomføre isotopanalyser under flere nedbørepisoder i løpet av året.

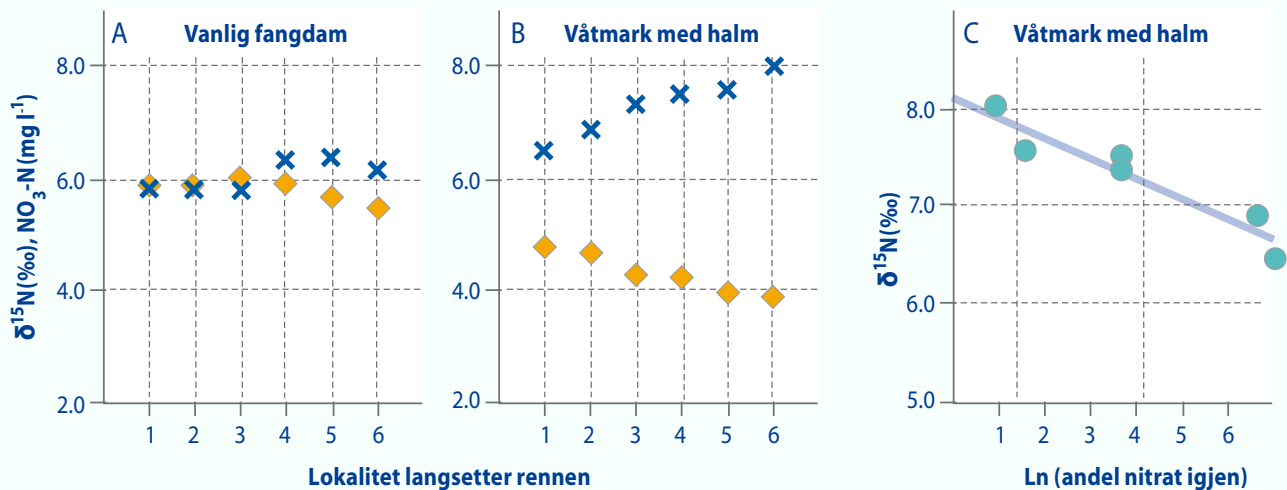
### Analyse av stabile nitrogen- og oksygenisotoper for å spore kilder til nitrat i nedbørfelt

Øyvind Kaste, Marianne Bechmann, Pål Tore Mørkved

I vassdragsforvaltningen er det ofte behov for å kartlegge hvor mye næringsstoffer som kommer fra diffuse kilder. Før man tok i bruk stabile isotoper, var det vanskelig å finne ut av dette. For å spore kilder til nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) i avrenning er det utviklet metoder for å analysere forekomsten av de stabile isotopene  $^{14}\text{N}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{16}\text{O}$  og  $^{18}\text{O}$  i nitrat som på forhånd er isolert fra vannprøver. Isotopene  $^{15}\text{N}$  og  $^{18}\text{O}$  er varianter av de vanlige  $^{14}\text{N}$  og  $^{16}\text{O}$  atomene. Forholdet mellom disse ( $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$  og  $^{18}\text{O}:^{16}\text{O}$ ) i en prøve angis i forhold til internasjonale standarder, som deltaverdier ( $\delta^{15}\text{N}$  og  $\delta^{18}\text{O}$ ) og med promille (‰) som enhet. De internasjonale standardene er knyttet til  $\delta^{15}\text{N}$  i luft og  $\delta^{18}\text{O}$  i sjøvann.

I løpet av 2003 og 2004 brukte vi denne isotopmetoden til å analysere ni bekkestasjoner i jordbruksfeltene Mørdre på Romerike og Skuterud i Ås kommune. Nedbørfeltene varierte i størrelse fra 6 til 449 dekar og inkluderer flere ulike nitrogenkilder. Vi undersøkte om det, ved hjelp av relativt begrenset prøvetaking (3-6 prøver per lokalitet), var mulig å klassifisere de dominerende nitratkildene til bekkene. Aktuelle kilder var skog/utmark der mye av nitratet kommer fra atmosfæren, jordbruksmark med nitrat fra kunstgjødsel og jordbruksmark gjødslet med husdyrgjødsel.

Isotopanalysene viste tydelig forskjell mellom markslagstypene skog og jordbruk. Videre hadde bekkene i Mørdre jevnt over høyere  $\delta^{15}\text{N}$  verdier enn Skuterud (Figur 3.3.2). Dette indikerer at Mørdrefeltet er mer påvirket av husdyrgjødsel og eventuelt også av punktkilder enn Skuterud. Videre tydet isotopsammensetningen i ett av jordbruksfeltene fra Mørdre på at det foregikk denitrifikasjon (mikrobiell omdannelse av nitrat til nitrogen-gass) i deler av feltet eller i bekkene. Ellers viste de rene jordbruksbekkene i stor grad overlappende isotopsignaler, selv om feltene som ble gjødslet med husdyrgjødsel skilte seg ut på noen av prøvetakingsdatoene.



**Figur 3.3.3**

a) og b) Nitratkonsentrasjoner ( $\diamond$ ) og  $\delta^{15}\text{N}$  verdier ( $*$ ) langs rennene R1 og R3.  
c) Beregning av anrikningsfaktoren (= stigningstallet til regresjonslinja).

Isotopteknikken som er beskrevet ovenfor er arbeidskrevende og tolkningen av data kan være vanskelig. Årsaken er at variasjoner i klima, vannføring/dreneringsveier og mikrobiell aktivitet kan påvirke isotopsammensetningen i nitrat. Dette gjelder ikke minst på nedbørfeltnivå, hvor det ofte også er en kompleks sammensetning av markslagstyper og ulike nitrogenkilder. Man må derfor tolke resultatene fra slike analyser med varsomhet, og aller helst i sammenheng med grundige vannkjemiske undersøkelser og prosessmålinger i feltene. Sammensetningen av de stabile isotopene i nitrat har vist seg å være meget nyttige ved studier av enkeltprosesser eller transportmekanismer for nitrat under kontrollerte feltforhold (se eksempel fra nitrogenfjerning i fangdammer nedenfor). Bruken av isotopverktøy i forbindelse med slike studier forventes derfor å øke i tiden framover.

### Fjerning av nitrogen i fangdammer - bruk av stabile nitrogenisotoper for å estimere denitrifikasjon

Anne Kristine Søvik og Pål Tore Mørkved

I områder med intensivt jordbruk er det høy konsentrasjon av nitrogen i elver og bekker. Etablering av fangdammer i jordbrukslandskapet kan være et effektivt tiltak for å redusere nitrogentilførselen til elver, innsjøer og kystområder. I fangdammene holdes nitrogenet tilbake ved sedimentering og akkumulering i planter, og det fjernes via denitrifikasjon (en mikrobiell prosess som omgjør nitrat til nitrogen-gass under oksygenfrie, "anaerobe" forhold). Fangdammer bør konstrueres slik at man oppnår maksimal denitrifikasjon. Ved denitrifisering vil nitraten med den lette nitrogenisotopen bli favorisert, og det gjenværende nitraten får et større innhold av den tunge isotopen samtidig som konsentrasjonen synker. Anrikningsfaktoren (forskjellen på isotopverdien til nitrat og nitrogen-gass) beregnes som i **Figur 3.3.3c**

ved å plote  $\delta^{15}\text{N}$ -verdiene mot logaritmen til det gjenværende nitraten.

I et forskningsprosjekt i Lier kommune undersøkte vi hvordan nitrogen ble fjernet i et fangdamanlegg med tre parallelle rensfiltre. Rensfiltrene var 40 m lange og besto av våtmarksvegetasjon (renne R1), skjellsand, Lecagrus og torv (R2), og halm (R3). Det var omtrent ingen nitrogenfjerning om høsten og vinteren. Dette skyldes trolig at planteopptaket stopper opp, og denitrifikasjonen hindres av for lave temperaturer eller for høye oksygenkonsentrasjoner. I sommerhalvåret (april–august) sank nitratkonsentrasjonen i R1 og R2, men det var ingen klar sammenheng med isotopverdiene (**Figur 3.3.3a** viser resultater for R1 i april). Dette viste at denitrifikasjonen hadde liten betydning. I renna med halm, derimot, var det større nedgang i nitratkonsentrasjonen og det var en samtidig anrikning av den tunge nitrogenisotopen som viser at denitrifisering fant sted (resultater for R3 i april er vist i **Figur 3.3.3b**). Ved hjelp av anrikningsfaktoren kan man beregne andelen av nitraten som



**Figur 3.3.4**  
Jordbruksarealer er ofte utsatt for erosjon. Fra Skuterudfeltet.  
Foto: L. Øygarden.



**Figur 3.3.5**  
Det ble tatt ut prøver fra de øverste millimetrene og nedover i jordprofilen til 25 cm dybde. Foto: M. Bechmann.

fjernes ved denitrifikasjon. Beregningene viste at midtsommers førte denitrifikasjon til at opp mot 40 % av nitratet ble fjernet i renna med halm, mens andelen var lavere på våren og sensommeren.

### Naturlige isotoper for kildesporing av erosjon

#### Marianne Bechmann og Lillian Øygarden

Erosjon fra jordbruksarealer kan ha store negative effekter på vannkvaliteten i vassdrag og innsjøer (Figur 3.3.4). Avrenning fra jordbruksarealer har i perioder høye konsentrasjoner av partikler og partikkelbundne næringsstoffer og miljøgifter. Mengdene av partikler i avrenningen varierer fra år til år og mellom ulike nedbørepisoder. Forståelsen av disse forskjellene er viktig for å kunne redusere jordbruksavrenningen. I det nasjonale overvåkingsprogrammet i landbruket (JOVA) er et av målene å måle effekter av tiltak mot erosjon, for eksempel redusert jordarbeiding. Målinger av partikler i bekker kan ikke alltid relateres direkte til jordarbeiding i nedbørfeltene, men kan også representere andre prosesser. For eksempel ble det høsten

2000 målt store mengder av partikler i Skuterudbekken (100 kg/dekar fra 1. oktober til 30. november), mens det i denne perioden ikke var erosjonsspor på jordoverflaten. Kun ca. 5 % av arealet var pløyd i denne perioden, mens resten lå som stubbareal. Prosessene som påvirker partikkelkonsentrasjonene omfatter erosjon på jordbruksarealene (flate- og rilleerosjon), sedimentasjon på arealene, erosjon og utrasing i bekkeløpet og sedimentasjon i bekken. I visse perioder er det jordras mange steder i bekkeskråningene, og det er et behov for å beregne størrelsen på disse rasene.

Naturlig forekommende radioaktive isotoper har blitt brukt til å studere sedimenttransport. Radionuklidene  $^7\text{Be}$  (beryllium),  $^{210}\text{Pb}$  (bly) og  $^{137}\text{Cs}$  (cesium) har forskjellig halveringstid og nedtrenging i jorda. De kan sammen brukes til å spore opprinnelsen til sediment som måles i bekker og elver. Disse isotopene finnes naturlig i atmosfæren og tilføres med nedbør.  $^7\text{Be}$  bindes raskt og sterkt til jord og halveringstiden for  $^7\text{Be}$  er 53 dager. Isotopen finnes derfor kun i de aller øverste jordlagene (Figur 3.3.5).  $^{210}\text{Pb}$  og  $^{137}\text{Cs}$  har

mye lengre halveringstid og får dermed tid til å bli transportert nedover i jordprofilen. Erosjon av det øverste jordlaget gir et høyere  $^7\text{Be}$ -innhold enn tilsvarende erosjon i dypere jordlag for eksempel ved utrasing i bekkeskråninger.

I Skuterudfeltet i Akershus ble det funnet høye  $^7\text{Be}$  konsentrasjoner i de øverste 2 mm jord. Det ble dessuten funnet høyere  $^7\text{Be}$  konsentrasjon på et sedimentasjonsområde sammenlignet med tilsvarende erosjonsområde etter en avrenningsepisode med tydelig erosjon.  $^7\text{Be}$  konsentrasjonen var høyest i sediment i bekkens utløp. Dette tyder på at erosjonen i nedbørfeltet skjer på jordoverflaten.

Undersøkelsene viser at  $^7\text{Be}$ -tilførslene fra atmosfæren kan brukes til å identifisere transportprosesser i landskapet. Kostnadene ved analyse av isotoper er imidlertid store og uhensiktsmessige for storskala forsøk, men for studier av mer begrensede områder kan kildesporing med naturlige isotoper være en aktuell metode.



# 4 Skalering

*Kan mine data brukes til å beskrive tilstanden i andre lokaliteter enn der observasjonene er gjort? Hvordan svekkes gyldigheten av observasjonene med avstanden fra observasjonspunktene? Slike spørsmål er relevante for alle vitenskaper. Romlig representativitet og skalering av data er derfor metodiske dilemma som alle forskere i større eller mindre grad må beskjefte seg med. Dette delprosjektet har vært en tverrgående aktivitet i hele det strategiske instituttprogrammet og en rekke forskjellige naturfaglige problemstillinger er blitt behandlet. Her beskrives noen eksempler på hvordan det romlige aspektet kan behandles.*





Illustrasjon: NINA

## 4.1 Romlig skalering av data

### - Hva slags forhold er det mellom detalj og helhet?

Tor Haakon Bakken, Lars Erikstad, Helen French, Vegar Bakkestuen, Sigrun Kværnø, John Rune Selvik, Svein-Erik Sloreid, Torulv Tjomsland.

*Dette delprosjektet har vist at de deltagende instituttene har bred og mangeartet kompetanse innen området romlig skalering av data. Forskjellige metoder eksisterer, som hver er tilpasset de problemstillinger de er utviklet for å analysere og det datagrunnlaget som finnes. Her demonstreres noe av kunnskapen gjennom anvendelse av nedbørfelt-baserte modeller og kartbaserte metoder. De førstnevnte kan benyttes til beregning av vann- og stofftransport fra nedbørfeltet, ut i vassdraget og videre til innsjøer og kystområder, mens den kartbaserte metoden er benyttet til identifisering av elvesletter og en sammenligning av vassdrag.*

#### Innledning

Det meste av vår kunnskap om vassdragens tilstand baseres på målinger gjort i enkelte punkter eller i områder med svært begrenset utstrekning. Samtidig forvaltes Norges vannressurser som oftest innen enheter med variabel arealmessig utstrekning, slik som nedbørfelt, vannforekomst, kommune eller fylke. Det er derfor en utfordring å gjøre informasjon og kunnskap vi har om et lite område relevant og gyldig for et større område eller for områder der det ikke finnes målinger. Påliteligheten ved slik romlig skalering avhenger blant annet av hvor representative eller typiske dataene er, og hvilken usikkerhet skaleringen skaper (Figur 4.1.1).

Det er behov for metoder som best mulig beskriver, måler og sammenligner forskjellige nedbørfelt. I praksis er det for eksempel nødvendig å skalere opp kunnskap fra et delnedbørfelt til et hovednedbørfelt, å overføre kunnskap innsamlet i et nedbørfelt til et annet, eller å modellere naturty-

**Romlig skalering:**  
*Med romlig skalering mener vi å overføre observert eller beregnet informasjon fra én skala til en annen skala, for eksempel fra én skala med en liten utstrekning (et punkt) opp til en skala med en større romlig utstrekning*

per og deres egnethet som leveområder for planter og dyr basert på eksisterende kartdata. I alle tilfelle trenger man best mulig oversikt over de natursystemene som er involvert.

#### Tilnærminger ved romlig skalering

Det er i prosjektet anvendt flere forskjellige metoder, men vi kan allikevel si at det i hovedsak er 2 tilnærminger til romlig skalering:



**Figur 4.1.1**  
 Datainnsamling utføres på enkeltlokalteter i vassdraget samtidig som vi ønsker å vite noe om tilstanden i hele nedbørfeltet.

- **Nedbørfeltbasert modellering** baserer seg på at studieområder slås sammen til relativt homogene enheter, slik at de parameterne som brukes i modellen kan antas å variere lite innenfor hver av disse enhetene. Ved å anvende en arealfordelt modell kan studieområdet deles inn i flere separate enheter som kobles sammen ved en modellberegning. Nedbørfeltbaserte modeller kan blant annet anvendes til å simulere vannbalanse og avrenning av nitrogen og fosfor. Også i slike modeller er man avhengig av at kunnskapen om feltet som oftest er basert på punktmålinger.

- **Representativ utvelgelse:** Denne metoden innebærer å gjennomføre en statistisk utvelgelse av representative lokaliteter i det aktuelle vassdraget eller nedbørfeltet, fulgt av detaljstudier av de utvalgte lokalitetene. Kunnskapene vi skaffer oss fra disse utvalgte lokalitetene kan vi så benytte for liknende nedbørfelt og vannforekomster. Dette krever en oversikt eller database over samtlige aktuelle lokaliteter, og en mulighet til å foreta utvalg basert på ønskede kriterier. Dette kalles en stratifisert utvelgelse av prøvelokaliteter. Denne metoden benyttes for eksempel i forbindelse med overvåking av sur nedbør og ved studier av leveområder for fisk eller bunndyr i elver.

Begge disse metodene bygger på kjennskap til de områdene man studerer. Det kan være en utfordring å skaffe seg tilstrekkelig kunnskap og oversikt. En vesentlig kilde til kunnskap er eksisterende kart. Særlig gjennom moderne digital bearbeiding og analyse av kartdata (GIS), har vår utnyttelse av eksisterende data som finnes i ulike kartverk blitt mer effektiv. En mer aktiv tilnærming med **Kartbaserte metoder** baserer seg på data/informasjon innhentet gjennom detaljundersøkelser i punkt eller små områder kombinert med kartbaserte data med dekning for hele det arealet vi ønsker å behandle som en enhet, for eksempel hele Glommas nedbørfelt. Metoden er benyttet til storskala naturovervåking på land, analyser av arealbruk, habitatstudier



i marine områder og generelt til utledning av informasjon om terrengform (helning, eksposisjon, relieff, etc.).

Det finnes ingen universelle oppskaleringemetoder som vil fungere for alle typer naturfaglige prosesser. Prosessene er så forskjellige at hver og en må analyseres og håndteres på sin særegne måte. Utgangspunktet med å analysere data for å bestemme likhet og representativitet, er imidlertid felles. Den metoden som er best egnet for oppskalering av én bestemt prosess vil kunne variere med det tilgjengelige datagrunnlaget og hvordan de oppskalerte resultatene skal anvendes.

### Nedbørfeltbaserte modeller for kvantifisering av fosfor-tilførsler

Mange innsjøer i lavereliggende områder av Norge opplever fortsatt årlige, uønskede oppblomstringer av planktonalger. I enkelte innsjøer er det sågar registrert masseforekomster av giftproduserende alger. Algeveksten drives i stor grad av tilførsler av plantenæringsstoffer, og fosfor regnes for å være den viktigste i ferskvann. Prosessen med økende belastning og omsetning av næringsalter kalles eutrofiering eller overgjødning. Kildene til tilførsler av fosfor vil variere fra ett nedbørfelt til det neste, men avrenning fra landbruket, utslipp fra spredt bebyggelse og restutslipp fra renseanlegg og industri er som regel alle viktige, menneskeskapt kilder. I enkelte belastede innsjøer kan dessuten de interne tilførsler gjennom mobilisering av fosfor fra bunnsedimentene ("interngjødning") bidra til en ytterligere forverring av overgjødning og gjøre det vanskeligere å gjenopprette en normal tilstand i innsjøene.

Nedbørfeltbaserte modeller kan være svært nyttige for å kvantifisere fosforkildenes sammensetning, lokalisere problemområder og analysere hvordan tilførslene varierer i tid og rom. Modeller kan dessuten anvendes til å vurdere effekter på vannkemi og økosystem av ulike tiltak for

å redusere tilførslene. Det finnes i dag en rekke modeller til slike analyser, fra enkle overslagsberegninger til avanserte, areal-distribuerte og prosessbaserte modeller.

**TEOTIL** er en modell som lenge er blitt benyttet for å beregne årlige tilførsler av nitrogen og fosfor til marine områder i Norge. Beregningene brukes til å vurdere endringer i belastningen i forhold til de nasjonale og internasjonale målsettingene om å redusere de menneskeskapt tilførslene til Skagerrak med 50 %. Modellen bruker opplysninger om utslipp fra punktkilder som industri, bebyggelse og akvakultur. De diffuse kildene, det vil si avrenning fra ulike arealtyper, beregnes ved hjelp av tall for årlig stofftap for ulike arealtyper (såkalte arealspesifikke tapskoeffisienter) som inkluderer både jordbruksområder og norske fjell- og skogområder. Tapskoeffisientene for landbruksarealene er fastsatt på grunnlag av målinger og sammenhenger beregnet i det nasjonale programmet for forurensningsovervåking (JOVA). I tillegg inngår den mengde nitrogen som transporteres med luften og avsettes på vannflatene (langtransportert forurensning). TEOTIL benytter informasjon om vassdragets dreneringsmønster til å beregne stofftransport ned igjennom vassdraget. Det kan også legges inn tall for tilbakeholdelse av nitrogen og fosfor i innsjøene basert på kjente sammenhenger. Resultatene kan presenteres per fylke, kommune eller delnedbørfelt, og angis enten som total transportert stoffmengde eller beregnet konsentrasjon i vannmassen. Modellen kan kobles mot det geografiske informasjonssystemet ArcGIS 9 slik at resultatene kan presenteres på kart. **Figur 4.1.2** viser resultatene av modellberegninger utført med TEOTIL i Glomma. TEOTIL er utviklet ved NIVA og blir kontinuerlig forbedret gjennom testing og sammenligning med andre modeller.

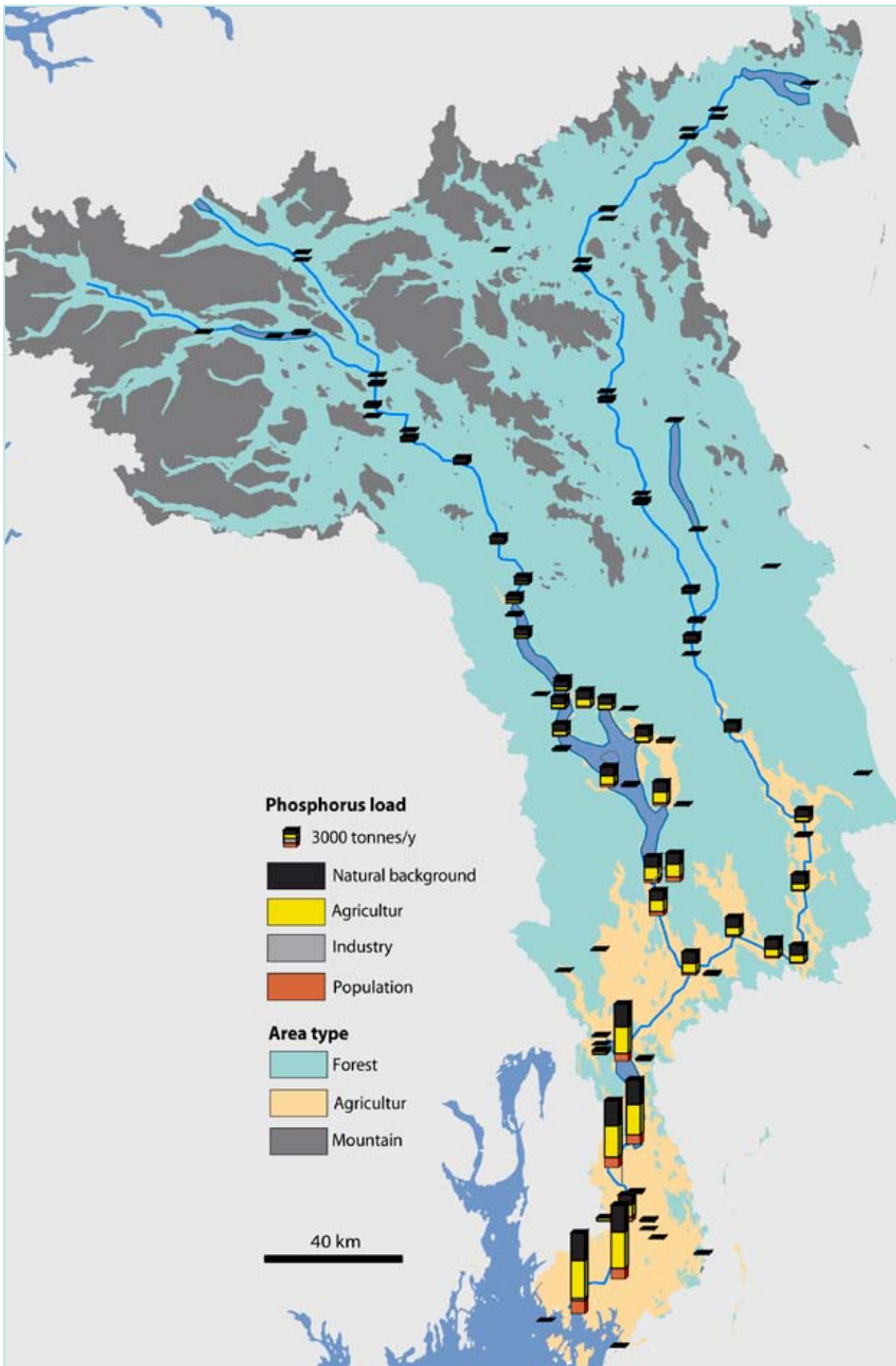
Prosesser som beskriver fosforets omsetning i jorda og i vassdraget og transportveier samt endringer i jordbrukspraksis, er

i liten grad representert av modellen. For eksempel må endringer i koeffisientene for stofftap fra jordbruksområdene som skyldes gjennomførte tiltak beregnes separat.

**INCA-P er en prosessbasert modell** som krever noe mer inngangsdata og som er mer tidkrevende å anvende enn TEOTIL. Samtidig gir den større innsikt i de prosessene som finner sted i nedbørfeltet og vassdraget. Modellen kan også i større grad enn TEOTIL anvendes til å vurdere effekten på vannkvaliteten av flere typer tiltak. INCA-P kan analysere effekten av redusert gjødning, endret tidspunkt for spredning av gjødsel og endring av forholdet mellom organisk og uorganisk gjødsel. **Figur 4.1.3** viser skjematisk hvordan modellen konstrueres og tilpasses (kalibreres) ett bestemt nedbørfelt. Den kan anvendes til å romlig ekstrapolere fosforverdier, generere tidsserier samt analysere effekten av bestemte scenarier (for eksempel tiltak). INCA-P utvikles ved University of Reading i England og tilpasses norske forhold gjennom et nært samarbeid med NIVA.

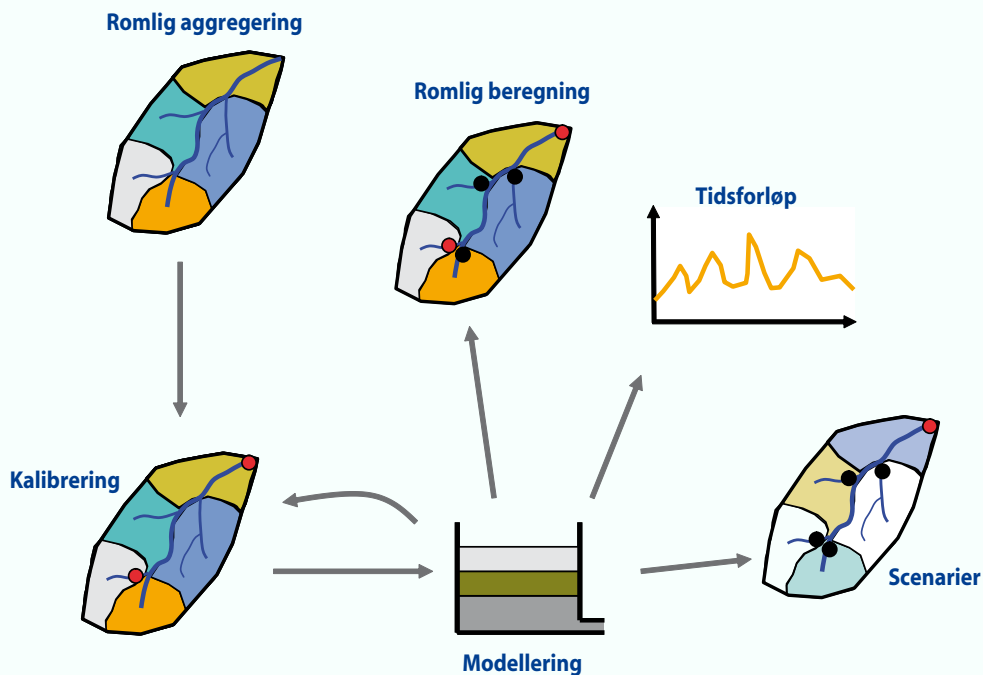
### Romlig variabilitet i nedbørfelt og effekter på vann og stofftransport

Prosessbaserte hydrologiske modeller krever at man har kjennskap til hvordan jorda er sammensatt (jorda kan ha ulike partikkelstørrelser fra leire og silt til sand og grus, se f.eks kapittel 1.2 og 1.3). Dette påvirker jordas vannledningsevne og evnen jorda har til å binde til seg og bryte ned ulike forurensninger. Denne typen data, og spesielt den variasjonen disse viser i et område, er som regel ikke tilgjengelige fordi de er kostbare å samle inn. Ved modellering av store områder kan det være vanskelig å simulere den naturlige variasjonen som man vet finnes. Da kan det være nødvendig å slå sammen områder, og fjerne noe av variabiliteten slik det er illustrert for jordarts sammensetning på Skuterud nedbørfelt (**Figur 4.1.4**). Når man skal modellere store nedbørfelt er det helt

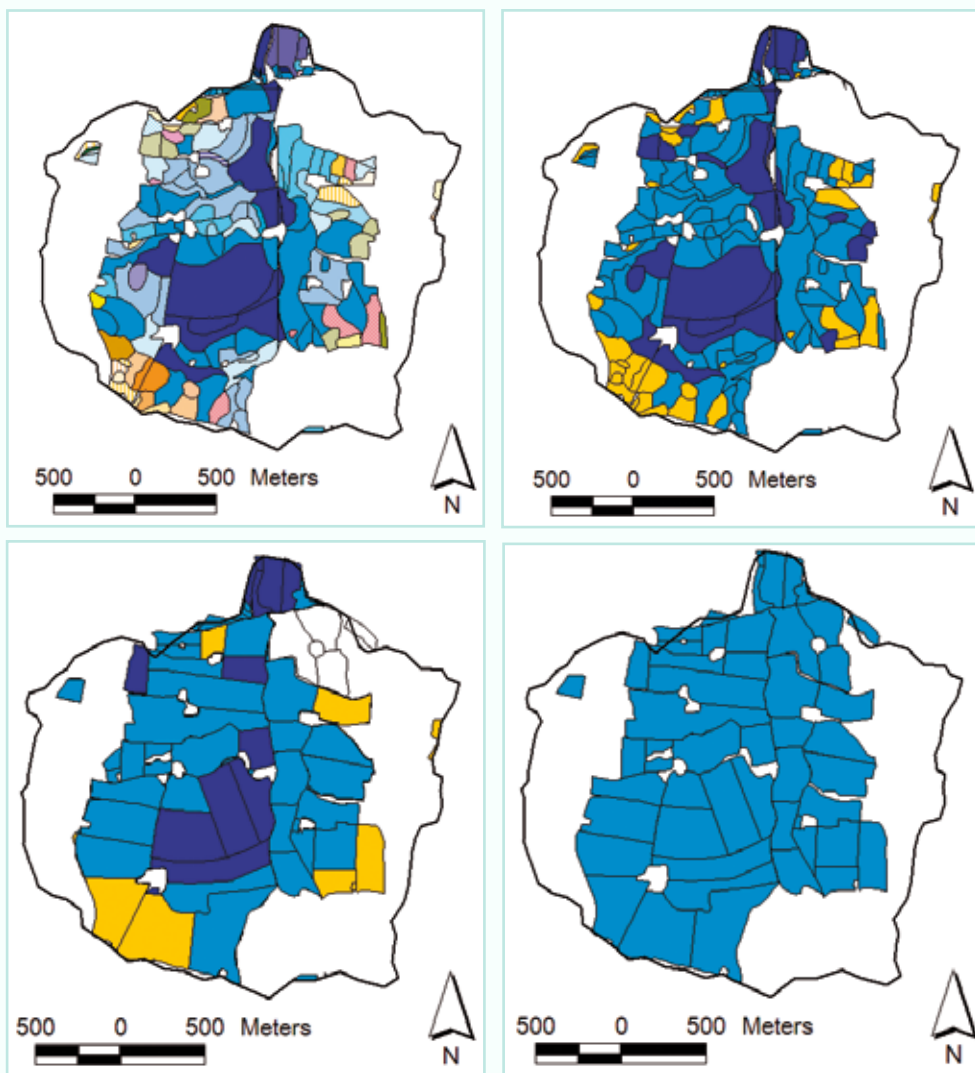


**Figur 4.1.2**

Figuren viser fosforbelastning og kildesammensetning ved ulike lokaliteter langs Glommavassdraget.



**Figur 4.1.3**  
En kalibrert utgave av INCA-P kan anvendes til å analysere romlig variasjon i fosforkon-sentrasjon og -belastning, variasjon over tid og effekten på transport av næringsstoffer utfra ulike tiltakstrategier.

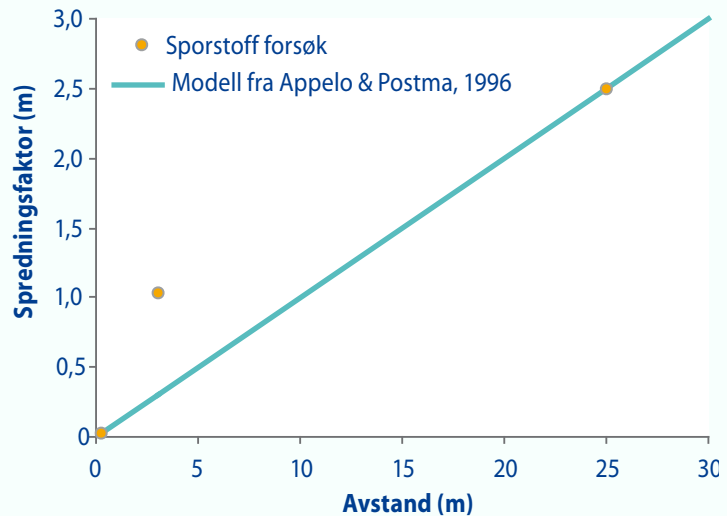


**Figur 4.1.4**  
Fordeling av jordarter på Skuterud nedbørfelt på Ås. Kartet øverst til venstre viser 34 jordtyper, øverst til høyre er jordartssammensetningen redusert til 3 fordelt på de opprinnelige delområdene. Nederst til venstre er disse feltene slått sammen etter fordeling av jorder. I det siste kartet nederst til høyre er det valgt å representere hele arealet med samme jordtype.



**Figur 4.1.5**

Beregnet spredningsfaktor på grunnlag av målte gjennombruddskurver i forsøk med stofftransport i porøse filtre med transportavstander på 24 cm, 3 m og 24 m (prikker). Resultatene er vist sammen med en modell foreslått av nederlandske forskere (heltrukken linje).



nødvendig å glatte ut noe av variasjonen, kunsten er å beholde nok informasjon om feltet til at modellen representerer prosessen godt nok.

Dersom man har kunnskap om variabiliteten i jordfysiske parametere, kan denne benyttes for å utføre modellsimuleringer av ulike prosesser, for eksempel vanntransport, gjennom en rekke variable felt. Dette er svært nyttig i forhold til risikovurderinger og scenarionalyser. Mange prosesser vil endre karakter når skalaen endres. I grunnvannslæren mente man tidligere at spredningsfaktoren for forurensning kunne betraktes som konstant innen en jordtype, men dette har vist seg ikke å stemme. I sporstoffforsøk utført i filtersystemer konstruert for rensing av kloakk, så man på spredningen av fosfor og et salt som ikke bindes til jord. De minste filtrene var 24 cm lange mens det største var på 24 m (et utendørs anlegg for rensing av kloakk for en skole). I disse forsøkene fant man at spredningsfaktoren økte med økt skala (**Figur 4.1.5**). Grunnen til at spredningsfaktoren øker er at økt avstand fører

til at en fanger opp mer av den variasjonen som finnes i naturen. Denne mekanismen er også kjent fra annen forskning og illustrerer en typisk skalaeffekt.

### Kartbaserte metoder

I denne delen av prosjektet har vi gått nærmere inn på to forskjellige problemstillinger knyttet til skalering av informasjon.

- Vi har først modellert elvesletter i hele Glommas nedbørfelt. De opplysningene som da har framkommet, er sammenlignet med resultatene fra prosjektet som har studert elveslettene ved Ringebru (kapittel 1). Til sammen gir disse to studiene indikasjoner på om detaljkunnskapen innsamlet ved Ringebru kan generaliseres for hele nedbørfeltet til Glomma. Tilsvarende kan vi også få indikasjoner på om en generell modellering av naturtyper kan produsere data som er nyttige for en vurdering av forholdene i et mindre, utvalgt område.

- For det andre har vi sett på hele Glommas nedbørfelt og samlet informasjon for alle delnedbørfelt som vi har kunnet identifisere ved bruk av NVEs database REGINE. Ved hjelp av statistisk analyse har vi sett på hvordan de ulike nedbørfeltene grupperer seg med tanke på likhet og ulikhet.

### Elvesletter i Glommas nedbørfelt

Tidligere har vi karakterisert elver og elvelandskap ut fra høydeinformasjon som finnes i standard kartverk. Ved undersøkelser som dekker store områder, er man avhengig av å kunne bruke opplysningene som finnes i standard-kartverkene. Norges standard topografiske kartserie gir en "høydedatabase" med 25 m oppløsning. Det betyr at høyde over havet er oppgitt for punkter med en innbyrdes avstand på 25 m over hele landet. Dette burde være en fantastisk datakilde for å modellere naturtyper i vassdrag i stor detalj. Mulighetene er imidlertid begrenset fordi dataene kommer fra kartinformasjon der høydeinformasjonen er gitt av koter med

20 m mellomrom (ekvidistanse). Det betyr at selv om dataene har stor geografisk oppløsning (25 meter), er høydenøyaktigheten begrenset på grunn av den grove bakgrunnsinformasjonen. For detaljert analyse av terrengformer i flate landskap, som for eksempel vanlige elvegradienter og detaljer i terrenget på elvesletter, er denne høydeoppløsningen for grov til å gi et nøyaktig bilde av virkeligheten.

Høydeinformasjonen i de topografiske kartene gir imidlertid grunnlag for en grovere inndeling av terrenget. Vi delte terrenget inn i klassene "flatt terreng" – helling mindre enn 2 grader, "rolig terreng" – helling mellom 2 og 5 grader, "middels bratt terreng" – helling mellom 5 og 10 grader og bratt terreng – helling mer enn 10 grader. Vi tok utgangspunkt i at elveslettene ligger innenfor områder med "flatt terreng" inntil elveløp. Dette gjorde det forholdsvis enkelt å identifisere hvor elveslettene kan ligge i nedbørfeltet.

Den grove klasseinndelingen og kartenes unøyaktige høydeoppløsning vanskeliggjorde imidlertid analysen noe. Det var vanskelig å skille elveslettene fra andre flate naturtyper som vi finner i tilknytning til elvelandskapet. For eksempel vil store områder rundt Åkersvika ved Hamar falle inn under kategorien flatt terreng, og samtidig ligge i direkte tilknytning til elv, uten at dette er en elveslette. For å begrense slike arealer har vi laget en avstandsbuffer på 1 km til alle elvene slik at det terrenget modellen definerer som elvesletter ble begrenset til å ligge mindre enn 1 km fra elva.

Men selv med denne begrensningen kom det i modelleringen med store områder som ikke er elvesletter, spesielt fra landskapstyper med flatt terreng. På bakgrunn av erfaringene fra Ringebru fant vi at vi i typiske dallandskap heller undervurderer enn overvurderer forekomsten av elvesletter, og at 3° helling er bedre egnet som grenseverdi enn 2°. Modellen (kartet) (Figur 4.1.6) viser områder der vi kan

forvente å finne elvesletter, snarere enn en nøyaktig avgrensning av elveslettene areal. For Glommas nedbørfelt vil dette gi en tilnærmet oversikt over forekomsten av elveslettene. Disse opplysningene kan sammenstilles med inngrepsdata og kunnskap om for eksempel biologisk mangfold og hvordan det påvirkes av inngrep. På denne måten vil modellresultatet være et viktig verktøy når resultatene av for eksempel prosjektet på elveslettene ved Ringebru skal skaleres opp til en vurdering av tilsvarende situasjon for hele Glommas nedbørfelt.

### *Hvor like eller ulike er delnedbørfeltene til Glomma?*

Glomma er Norges største nedbørfelt og dekker 11-12 % av Norges areal. Nedbørfeltet strekker seg fra våre høyeste fjell, med spisse tinder og breer, til flatbygdene på Østlandet og kyststrøkene i Østfold. Mangfoldet av naturtyper er stort, og det kan være vanskelig å vite hva man skal legge vekt på når likhet/ulikhet og representativitet skal vurderes.

Vi tok utgangspunkt i NVEs database REGINE, som er den beste vi har når det gjelder avgrensning av nedbørfelt. Fra denne databasen er det mulig å definere 321 nedbørfelt som spenner i størrelse fra hele Glomma på nær 42.000 km<sup>2</sup> til Grimsvatnets nedbørfelt i Nordmarka ved Oslo med et areal på 4 km<sup>2</sup>. REGINE definerer få nedbørfelt som er så små. Vårt utvalg av enkeltnedbørfelt er derfor ikke fullstendig arealdekkende for hele området når det gjelder små nedbørfelt.

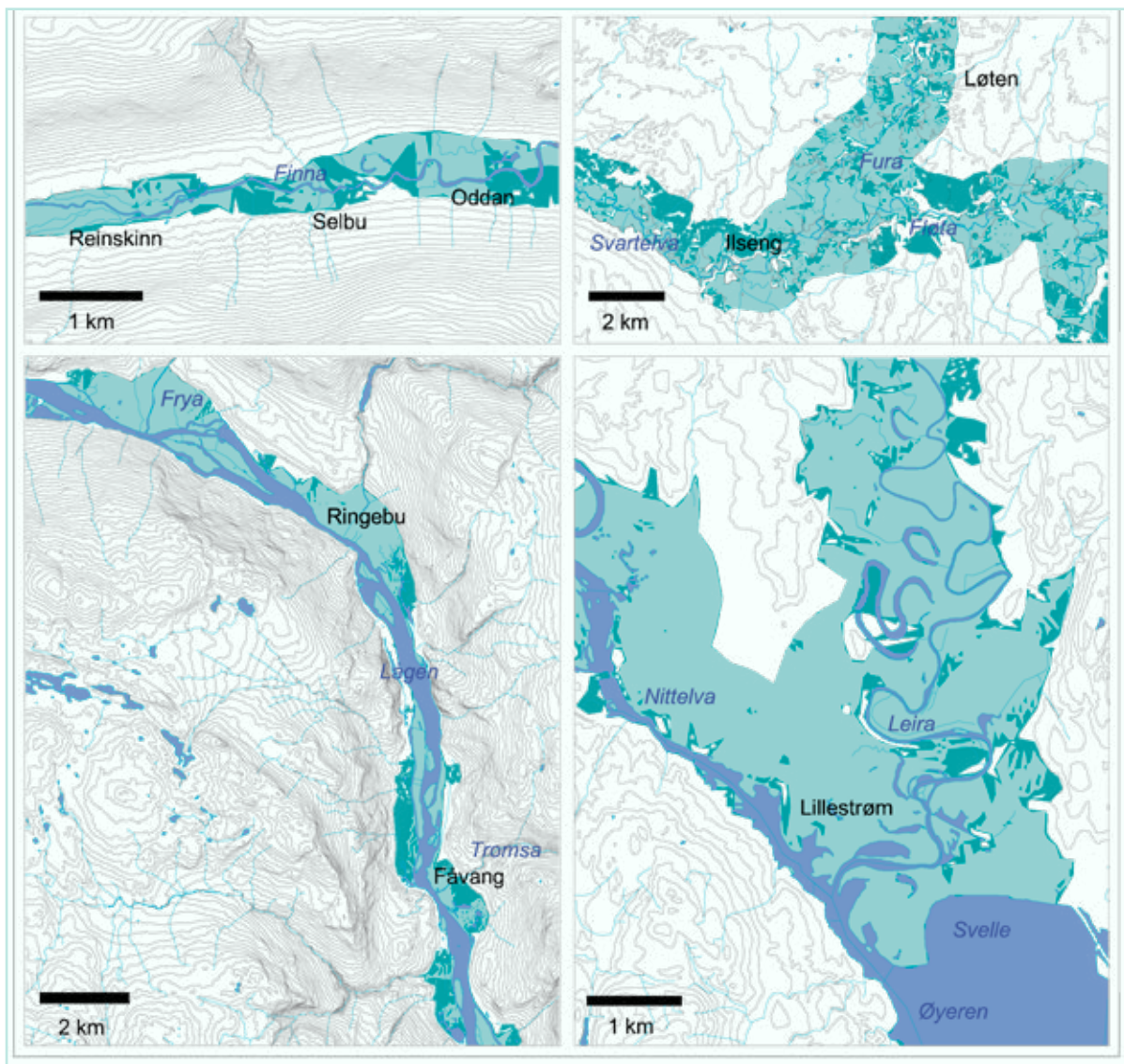
For disse 321 nedbørfeltene avledet vi ca 50 parametere med informasjon om terreng, geologi, arealtype og klima. Mange av parametere er nært knyttet til hverandre. Det er for eksempel sammenheng mellom nedbørmengde, arealbruk (som jordbruksareal) og høyde over havet. Samlingen av egenskaper vil imidlertid danne et grunnlag for å se på hvor like eller ulike de forskjellige nedbørfeltene er.

Alle dataene er gjort arealuvhengige. Det betyr at for eksempel mengden av myr er angitt som prosent dekning av myr i nedbørfeltet, mens antall vann eller innsjøer er oppgitt som antall vann per km<sup>2</sup>. Ellers er dataene oppgitt som gjennomsnittsverdier, med variasjonsbredde for hvert enkelt nedbørfelt. Dataene er behandlet statistisk med en metode som sorterer og måler likhet mellom alle parametere og nedbørfeltene (Figur 4.1.7). Dette ga oss et grunnlag for å vurdere hvilke parametere som er viktigst for å beskrive variasjonsgradienten i materialet.

Vi har imidlertid data som vi vet er viktige ved karakterisering av nedbørfelt og elver, men som vi ikke fikk med i analysen. Dette gjelder for eksempel mange biologiske egenskaper som ikke er kartlagt for så store områder at analysen blir meningsfull. Det gjelder også egenskaper som kan leses fra kartmaterialet eller databasene, men som har så skjev fordeling at de ikke kan vurderes statistisk korrekt med de metodene vi brukte. Ved en detaljert analyse av resultatene er det viktig at slike forhold blir godt presentert og vurdert.

Hovedgradienten i materialet er knyttet til naturvariasjonen fra lavland til fjell. Egenskaper som gjennomsnittlig høyde og mengde skog mot mengde åpent (ikke skogvokst) areal, spenner ut hovedgradienten sammen med en del klimaparametere. Den nest viktigste gradienten i materialet er knyttet til mengden rik geologi (berggrunnsgeologi knyttet til kalk, amfibolitt, fyllitt og jordarten marin leire på den ene siden og mengde myr på den andre). Tredje viktigste gradient ser ut til å være knyttet til klimatiske faktorer.

Hvis vi sorterer de ulike nedbørfeltene i forhold til hverandre ser vi at nedbørfeltene fordeler seg jevnt i forhold til de to viktigste gradientene (Figur 4.1.7). Dette viser den gradvise overgangen i naturforhold fra nedbørfelt til nedbørfelt og peker også på viktige egenskaper i naturvaria-



**Figur 4.1.6**  
 Modellerte elvesletter for utvalgte områder i Glommas nedbørfelt, Finna (venstre øverst), Åkersvika (høyre øverst), Lågen (venstre nede) og nordre Øyeren (høyre nede). Lyse grønne områder er elvesletter modellert med en helning på  $\leq 2$  grader og mørkere grønn som kommer i tillegg ved en helning på  $\leq 3$  grader .

sjoner på nedbørfeltnivå som det må tas hensyn til ved skalering og dataoverføring. Dette har stor betydning ved vurdering av type- og referanseverdier i vassdragene.

Det verd å merke seg at størrelsen på nedbørfeltet ikke ser ut til å være avgjørende for analysen. Det største nedbørfeltet i analysen er hele Glomma som jo omfatter hele analysen og dermed hele den totale variasjonen. Det er viktig å understreke at alle parameterene er gjort størrelsesuavhengige, men størrelsen er allikevel dekket opp i analysen som en passiv parameter. Det vil si at den ikke i seg selv får lov å dominere analysen som en selvstendig parameter.

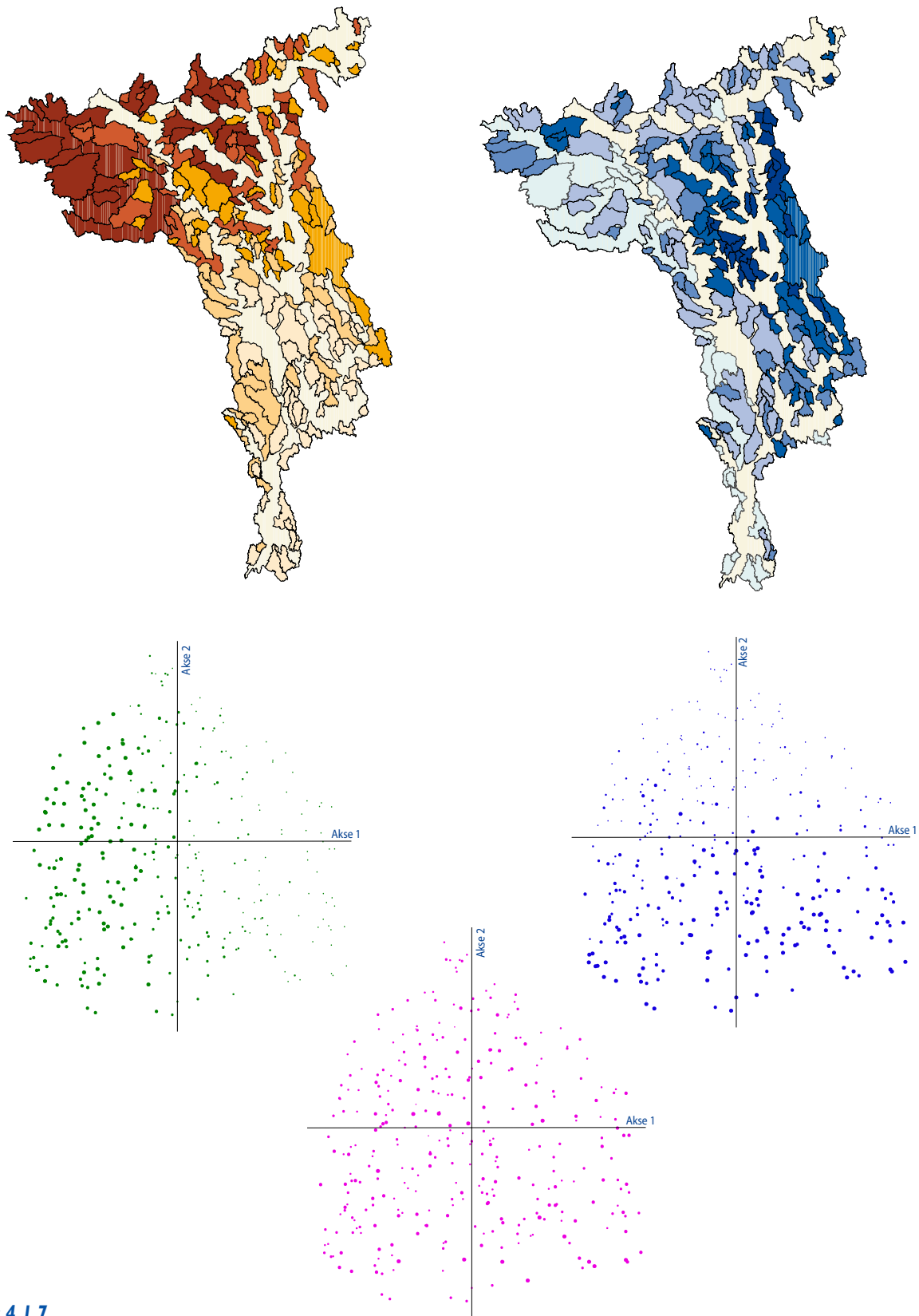
### Konklusjoner

Analysen basert på kartdata er nyttige i forbindelse med å modellere naturtyper, skalere opp kunnskap innhentet fra mindre delområder til hele nedbørfelt, samt for å gruppere nedbørfelt etter grad av likhet. Denne metodikken kan benyttes alene eller sammen med annen utvalgsmetodikk og skaleringsmetodikk, for å øke presisjonen og sikkerheten av analysen.

Statistiske måter å måle likhet/ulikhet på, gir også mulighet for å måle representativitet. Det er da viktig å tenke på hva man måler i forhold til, det vil si hva man mener det skal være representativt for. Det er ikke nødvendigvis interessant å finne ut

hvilket delnedbørfelt som er mest representativt for Glomma, men det kan være viktig å vite hvor mange små nedbørfelt man trenger for å etablere et nett med observasjoner som kan være representative for hele Glomma. Med et annet utvalg av studieområder kan denne teknikken også brukes til å finne elver som er representative for et større område, eller for en bestemt type elver (for eksempel breelver eller leirelver). I slike sammenhenger vil teknikken være verdifull i søk etter type og referansevassdrag som i forbindelse med forvaltningen av norske vassdrag generelt, og vernede vassdrag spesielt.





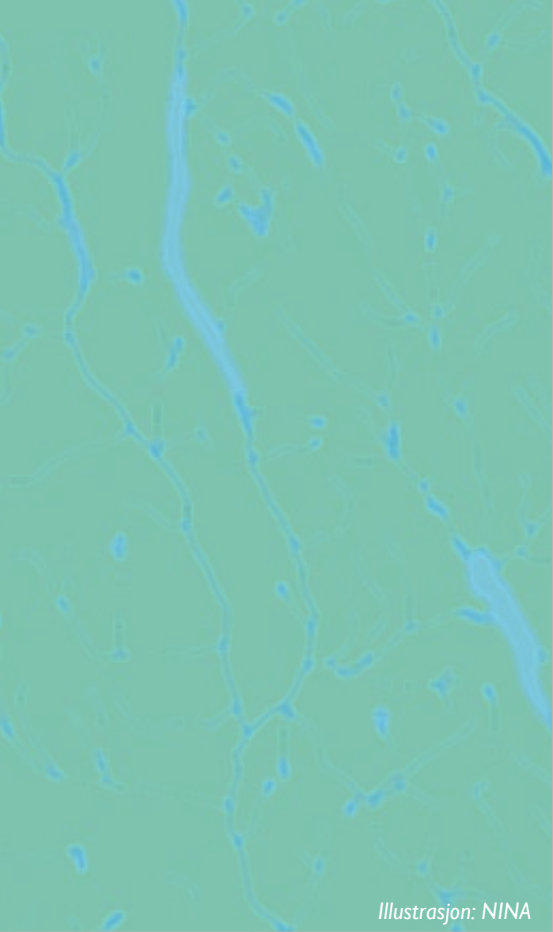
**Figur 4.1.7**

Statistisk analyse av likhetene mellom nedbørfelt i Glomma basert på en rekke miljøparametere innhentet fra eksisterende kartdata. Kartet øverst til venstre viser en likhetsindeks basert på den viktigste variasjonsgradienten. Denne er tolket som en gradient fra høyfjell til skogleddt lavland. Dette kan illustreres ved figuren under (grønne prikker) der verdiene for hvert enkelt nedbørfelt er satt inn i et diagram med de to viktigste variasjonsgradientene som akser (akse 1 og akse 2). Størrelsen på prikkene øker med andel skogdekke i nedbørfeltet. Tilsvarende for den nest viktigste variasjonsgradienten er kart og diagram til høyre i figuren. Kartet viser den geografiske fordelingen, mens størrelsen på de blå prikkene angir andel rik geologi (se teksten) i nedbørfeltet. Størrelsen på prikkene i det nederste diagrammet angir størrelsen på nedbørfeltet. Den ganske jevne fordelingen viser at hovedresultatene er ganske uavhengig av størrelsen på nedbørfeltet.

# 5 Ny og nyttig viten

*Kunnskapsbasert forvaltning av store vassdrag byr på mange utfordringer som krever forskningsmessig kunnskap fra mange fagfelt. I dette strategiske instituttprogrammet har vi valgt noen sentrale elementer, nemlig bærekraftig forvaltning av elvesletter, effektene av reguleringsdammer, kontroll av diffuse forurensningskilder og skaleringsproblematikk (eller "hva slags forhold er det mellom detalj og helhet?").*

*Gjennom de ulike delprosjektene har vi skaffet til veie mye ny kunnskap som bør være til nytte for forvaltningen. Det er likevel klart at dette temaet er så bredt og komplisert at behovet er stort for ytterligere anvendt forskning fokusert både på de temaene vi har arbeidet med og mange andre. Spesielt avslører implementeringen av EUs Rammedirektiv for vann at vår kunnskap om biologisk mangfold, miljøforhold og virkningen av forvaltningspraksis i norske vassdrag i mange tilfelle er mangelfull og lite tilpasset dagens krav.*



Illustrasjon: NINA

## Elvesletter

Prosjektarbeidet med miljøforhold og biologisk mangfold på elveslettene og bruk og forvaltning av denne naturen, som er sjelden langs norske vassdrag, har blant annet vist:

- Tapet og forringelsen av naturtypene knyttet til elvesletter er mer omfattende og skjer forttere enn tidligere antatt. I Ringebru kommune har tapet vært omfattende, spesielt i løpet av de siste 20 årene da flomsikring med påfølgende oppdyrking har vært det mest skadelige inngrepet.
- Plan- og bygningsloven (PBL) og de kommunale planprosessene som er etablert i tilknytning til dette lovverket er ikke i stand til å bevare elveslettearealene i et så stort omfang at mangfoldet av damtyper og arter sikres. Selv om de fleste inngrep blitt vurdert gjennom relativt grundige kommunale planprosesser etter PBL, der verne- og brukerinteresser skal balanseres, øker arealet som berøres av inngrep raskt. Årsaken er at inngrepene i stor grad vurderes enkeltvis og ikke i sammenheng med tidligere inngrep og hva som er igjen av intakte områder. Våre kunnskaper om elveslettene som økosystem og de prosessene som er viktige for utforming og opprettholdelse av denne naturtypen er riktignok mangelfull, men den kunnskapen som finnes blir ikke tillagt avgjørende vekt i den kommunale planprosessen. De biologiske verdiene taper når de blir vurdert opp mot andre samfunnsnyttige tiltak.
- Arealvern gjennom naturvernloven er et godt tiltak for å bevare større sammenhengende elveslettearealer. I naturreservatet i Ringebru kommune har man ikke fått den fragmenteringen som har skjedd i de andre delene av kommunens elvenære arealer.
- Vassdragsplanlegging i form av vassdragsplaner har i dette området hatt liten betydning for bevaring av de biologiske verdiene på elveslettene.
- Antall arter i vannvegetasjonen i dammer, evjer og flomløp på elvesletta ved Ringebru er klart høyere enn det man kan forvente å finne i en innsjø med samme areal. Årsaken til dette er at de ulike dammene representerer ulike habitater. En utbygging av elvesletta som fører til reduksjon i flompåvirkning og lengre tørrleggingsperioder fører til en nedgang i artsantallet.
- Dammer representerer ingen egen type av vannforekomst i Vannrammedirektivet og det er en utfordring å håndtere dammer i forhold til typifisering og vurdering av økologisk status. Den foreliggende undersøkelsen har imidlertid gitt svært verdifull bakgrunnskunnskap om artsforekomst og artssammensetning i dammer på elvesletter, og om hvilke miljøfaktorer som påvirker dette.
- Vi har vist at den geografiske beliggenheten av dammene er viktig for hvilke organismer de inneholder og at ulike organismegrupper har forskjellig utbredelse inne elvesletta. Geografisk spredning av dammene er viktig for eksempel for å fange opp mangfoldet av krepsdyrarter, mens det er mindre forskjeller mellom dammene når det gjelder vannplanter og biller. Det finnes derfor viktige områder for det biologiske mangfoldet også utenfor det nåværende verneområdet.
- Deler av området er under sterk forandring på grunn av inngrep, og noen av damtypene er mer påvirket av inngrep enn andre. Inngrepene kan i visse tilfelle være umulige å rette opp, noe som begrenser dammenes bevaringsverdi. Vi har illustrert hvordan man kan beregne hvordan de inngrep som er gjennomført begrenser muligheten for å oppnå bevaringsmål der det biologiske mangfoldet blir godt representert. For å sikre den gjenværende variasjonen, er det viktig å gjennomføre helhetlig planlegging, der vern, bruk og inngrep ses i sammenheng.



Undersøkelser av sedimentasjon og jordkvalitet på elvesletta viser at beliggenheten i forhold til elva har større effekt på jordkvalitet enn størrelsen på flommene. Vannhastigheten er avgjørende for hvor grovt sediment vannet er i stand til å bære med seg. Når vannet strømmer inn på elvesletta mister det fort hastighet og det grøveste materialet avsettes raskest. Vegetasjonssoner fører til en enda raskere reduksjon i vannhastigheten, og forsterker effekten. Grov og middels fin sand som storflommene bærer med seg, felles ut raskt når vannet strømmer inn over land. Storflommer vil legge igjen finsand lengre inne på elvesletta enn mindre flommer. Det var ingen tydelige spor etter storflommen «Stor-Ofsen» (1789) i form av grovkornet lag i de jordprofilene vi analyserte. Dagens flomverk fører til at de små oversvømmelsene som avsetter silt og leir hovedsakelig er borte. Storflommer gir i dag gjerne brudd i flomverk slik at sporene etter en storflom trolig vil bli tydeligere i dag enn de ble på slutten av 1700-tallet.

Tiltak mot landbruksforurensning av grunnvann på elvesletter har fram til nå fått liten oppmerksomhet. Vi har avdekket at små topografiske forskjeller i slike områder kan ha vesentlig betydning for vinterhydrologi og lokal nydanning av grunnvann om våren. Lokale forskninger kan bli viktige områder ved lokalisering av framtidige tiltak mot landbruksforurensning på elvesletter.

## Reguleringsdammer

Etableringen av elvemagasin i norske vassdrag har gitt store økologiske endringer både lokalt og regionalt.

- Den viktigste negative effekten av slike magasin er sannsynligvis knyttet til fiskevandring. En dam vil representere et fysisk vandringshinder selv om det er bygd fisketrapp. Dette er kjent fra studier av fisketrapp i en rekke vassdrag. Studier i Løpsjøen i Søndre Rena, Åmot kommune, har vist at fiskesamfunnet på oversiden av dammen sannsynligvis

representerer et like alvorlig biologisk vandringshinder ved at predasjonspresset øker som følge av økte tettheter av fiskespisende arter som gjedde og abbor. Genetiske undersøkelser av ørret viser at den fragmenteringen av bestandene som har skjedd som følge av dammer trolig har endret den genetiske strukturen hos denne arten i Søndre Rena.

- Studiene i Løpsjøen viser imidlertid også at vassdraget har fått et nytt verdifullt landskapselement i form av en grunn og produktiv innsjø. Dette har gitt vassdragsavsnittet økt mangfold både fysisk og biologisk. Nye vanndekte arealer har ført til økt biologisk produksjon og nye habitater for både planter og dyr. Det har utviklet seg en vannvegetasjon av høyere planter som omfatter flere arter som ellers er sjeldne i denne delen av landet. Løpsjøen er blitt en regionalt viktig kjernelokalitet for mangfold av vannplanter. Et artsrikt og produktivt bunndyrsamfunn gir også grunnlag for stor fiskeproduksjon og et mangfoldig fugleliv, og Løpsjøen har utviklet seg til en regionalt viktig fuglelokalitet. Liten reguleringshøyde og små vannstandsvariasjoner gjennom året sikrer stabile forhold og reduserer ulempene av reguleringen.
- Opprettholdelse av vandringsystemer hos fisk vil sannsynligvis bli et viktig miljømål for sterkt modifiserte vannforekomster i forbindelse med implementeringen av EUs Rammedirektiv for vann. Utbedring av fisketrapp vil være et viktig tiltak for å sikre oppstrøms vandring. Vi har gjennom dette prosjektet vist at det også må fokuseres på den nedstrøms vandringen til både unge stadier og gytefisk av for eksempel harr og ørret. Særlig blir ungfisk utsatt for predasjon fra rovfisk på nedstrøms vandring gjennom elvemagasin, noe som fører til sterk seleksjon mot vandringsatferd i bestandene.

## Diffuse kilder

Konstruerte våtmarker i små landbruksbekker er et godt supplement til god agromisk praksis for å redusere forurensning fra landbruket. Vår forskning har tatt sikte på å optimalisere anleggene for en best mulig retensjon av sedimenter, næringsalter og plantevernmidler. Et forsøksanlegg med åtte ulike våtmarksfilter har gitt oss følgende resultater:

- Det var best tilbakeholdelse (retensjon) av næringsaltene fosfor (målt som totalfosfor) og nitrogen (målt som totalnitrogen) under ett i organiske, beplantede våtmarksfilter med ulike dyp.
- Tilbakeholdelse av både totalfosfor og totalnitrogen varierer fra år til år. Hydraulisk belastning (det vil si vannføring inn i anlegget) er sannsynligvis hovedårsak til denne variasjonen.
- Våtmarksfiltrene fjernet mellom 10-30 % av det tilførte algetilgjengelige fosforet.
- Hvis man ved høsting greier å holde algefiltret i den eksponentielle vekstfase, og forlenge filterrennene til 120 m (det tredobbelte av hva man har i forsøksanlegget i Lier i dag), vil man ved algefiltre kunne fjerne det aller meste av algetilgjengelig fosfor, selv ved svært høye konsentrasjoner.
- I gjennomsnitt når mindre enn 6 % av plantevernmidlene som tilføres nedbørfeltet når våtmarksfiltrene i forsøksanlegget. Avrenningen av plantevernmidler fra nedbørfeltet øker med økende hydraulisk belastning, og er størst direkte etter sprøyting.
- Gjennomsnittlig retensjon av plantevernmidler i anlegget varierer mellom 15 og 41 %. Stor avrenning fra nedbørfeltet førte til økte mengder plantevernmidler kom inn i anlegget. Retensjonen av plantevernmidler var større (målt i %) i år med stor hydraulisk belastning.
- Adsorpsjon til organisk materiale og eksponering for sollys (fotokjemisk nedbryting) viste seg å være gunstig med hensyn på retensjon av plantevernmidler. Dette er årsakene til at hellelagt filter

uten vegetasjon og halmfilter var mest effektive i tilbakeholdelse av plantevernmidler.

- Det er målt tilbakeholdelse av leirpartikler på mellom 35 og 76 %, avhengig av forhold i nedbørfelt og fangdammens størrelse. Fordi leirpartiklene er bundet i aggregater, dvs. leira er kittet sammen i små klumper, skjer det en sedimentering selv om enkeltpartikler av leir er så små at de ikke ville sedimenteres i små fangdammer. Ettersom nedbrytingen av aggregatene trolig øker med transportavstanden, bør fangdammer anlegges nærmest mulig de erosjonsutsatte arealene.
- Krepssdyrfaunaen i fangdammene reflekterer tydelig forskjeller i vannkvalitet mellom inn- og utløp. Artsrikdommen hos vannlopper var i hele undersøkelsesperioden størst i utløpet. Flere av vannloppeartene som bare ble påvist i utløpet av Lierdammen, er egnet som indikatorer på landbruksforurensing.
- Det ble registrert i alt 36 arter krepssdyr, 24 vannlopper og 12 hoppekreps. Dette er høye tall, tatt i betraktning at det totalt bare er registrert 135 arter vannlopper og hoppekreps i Norge.

Undersøkelsene av rensedammer for avrenning fra veg har gitt ny kunnskap som kan utnyttes ved bygging og drift av slike dammer:

- Avrenningen som ble tilført de undersøkte rensedammene utgjorde 10 - 40 % av nedbøren som falt på vegstrekningen. Dagens praksis hvor avrenning fra veg beregnes som for tette flater i byområder bør derfor revideres.
- Avrenning fra veg tilført rensedammene var tidvis meget sterkt forurenset (SFT-veiledning 97:04) med de trafikktypiske metallene kobber, sink og nikkel samt næringsstoffene fosfor og nitrogen
- Slam som ble samlet i rensedammene hadde et så høyt innhold av tunge oljekomponenter at det legger føringer for hvordan slammet skal disponeres

- Tilførsel av vegsalt førte til at det dannet seg en saltsjiktning i rensedammene gjennom vintersesongen, med tungt salt vann i bunnen og lettere og ferskere vann på toppen. Denne saltsjiktningen påvirker oppholdstid, strømningsforhold og rensegrad i dammen.

Naturlig forekommende isotoper i vann og jord kan være nyttige verktøy for å studere ulike nedbørfeltprosesser av betydning for forvaltningen av vassdragene.

- Analyse av hydrogen- og oksygenisotoper i vann er en godt innarbeidet metode innenfor hydrologien, og vi viser at kombinert analyse av ulike hydrogen- og oksygenisotoper kan gi ny og verdifull informasjon om strømningsveger i små nedbørfelt. Dette danner igjen et viktig grunnlag for vurdering av forurensningsrisiko og tiltaksplanlegging. Flere av isotop-teknikkene er ikke tidligere benyttet under norske forhold, og dette har gitt viktig innsikt i metodenes muligheter og begrensninger i forhold til bruk innen vassdragsforvaltning:
- Kombinert analyse av nitrogen- og oksygenisotoper i nitrat kan være et nyttig hjelpemiddel i forbindelse med sporing av diffuse kilder som har bidratt til nitratinnholdet i landbruksbekker. Metoden må imidlertid brukes med varsomhet i større nedbørfeltkala, hvor det ofte er en svært kompleks sammensetning av markslagstyper og ulike nitrogenkilder.
- Et velkjent problem innen vassdragsforvaltningen er å kvantifisere retensjonsprosesser for næringsalter i vann. Vi gir et eksempel på bruk av stabile nitrogenisotoper som hjelpemiddel for å kvantifisere betydningen av denitrifikasjon (bakteriell omdanning av nitrat til nitrogen-gass) i kunstig anlagte fangdammer.
- Analyse av isotopen <sup>7</sup>Be (beryllium) i jordpartikler har gjort det mulig å spore kildematerialet til partikkeltransport i bekker. Metoden er ikke tidligere utprøvd i Norge, men i et eksempel fra Skuterudbekken i Akershus er det vist

at <sup>7</sup>Be-tilførselene fra atmosfæren kan utnyttes til å identifisere transportprosesser for jordpartikler i landskapet.

## Skalering

Vårt arbeid med romlig skalering av vassdragsinformasjon har bidratt til en bevisstgjøring omkring den romlige variabiliteten som finnes i datagrunnlag og naturprosesser, og hvilken usikkerhet det medfører å overføre data fra ett område til et annet. Skalaprojektet har knyttet eksisterende kunnskap om romlig skalering fra forskjellige fagområder sammen og gjennom dette fungert som en tverrfaglig og integrerende aktivitet. Ved å fokusere på analyse og modellering av delnedbørfelt som romlig enhet, bidrar prosjektet til å øke relevansen av forskningsresultater ved at de lettere kan tilpasses forvaltningens behov. Dette vil være viktig blant annet ved utviklingen av vassdragsvise forvaltningsplaner som en del av innføringen av EUs Rammedirektiv for vann i norsk forvaltning.

# Formidling fra "Nedbørfeltorientert forvaltning av store vassdrag"

## Trykte publikasjoner

- Bakken, T.H., Stabbetorp, O., French, H., Erikstad, L., Borsányi, P., Kaste, Ø., Turtumøygard, S., Selvik, J.R., Snilsberg, P. & Harby, A. 2003. Strategisk instituttprogram (SIP): Nedbørorientert forvaltning av store vassdrag. Delprosjekt: Romlig skalering av vassdragsinformasjon. - NIVA-rapport 4664-2003: 40 s.
- Bakken, T.H., Tjomsland, T. & Abelsen, R. 2006. Strategisk instituttprogram (SIP): Testing og vurdering av metoder for romlig skalering av fosfordata. - NIVA-rapport 5243-2006 (in prep.).
- Bechmann, M & Øygarden, L. 2003. Bruk av isotopene Be-7, Pb-210 og Cs-137 til studier av sedimenttransport i nedbørfelt. - Foredrag/Abstract. Forskerseminar for Forskningsprogrammene PROFO og PROOF. Quality Hotell Olavsgaard, Skedsmo. 14- 15. oktober 2003.
- Blankenberg, A-G.B., Haarstad K. & Braskerud B.C. 2006. Pesticide retention in an experimental wetland treating non point source pollution from agriculture run-off. - Water Science and Technology. (in press.)
- Blankenberg, A-G B. & Braskerud B.C. 2003. Lierdammen – a wetland testfield in Norway. Retention of nutrients, pesticides and sediments from agriculture runoff. - Proceedings of the 7th Int. Specialist Conf. on Diffuse Pollution and Basin Management. 17-22.08.2003. Dublin, Ireland. U.K.
- Blankenberg, A-G,B., Haarstad, K. & Søvik, A.K. 2006. Nitrogen retention in constructed wetland filters treating diffuse pollution. - Proceedings of the specialist conference on Diffuse Pollution and Sustainable Basin management. Book of abstracts. 18- 22 Sept, 2006 Istanbul, Turkey.
- Blankenberg, A-G. B. & Braskerud, B.C. 2006. Phosphorus retention in constructed wetland filters treating diffuse agriculture pollution. - Water and Environmental Management Series. Tartu University Press. NJF Report Vol. no 5, 2006. Proceedings NJF Seminar 373. Transport and retention of pollutants from different production systems. Tartu, Estonia, 11–14 June 2006. Eds.: Toomas Tamm and Liisa Pietola. ISBN: 1653-2015.
- Blankenberg, A-G.B. & Braskerud, B. 2005. Pesticide retention in the Lier Experimental wetland. - Proceedings from NJF seminar no. 374. Is living water possible in agricultural areas? Seminar on ecological engineering tools to combat diffuse pollution. June 20-22, 2005, Norway. Jordforsk book nr. 48/05. pp.134-136;145. ISBN: 82-7467-537-1.
- Blankenberg, A-G.B. & Braskerud, B.C. 2005. An introduction to the Lier experimental wetland. - Proceedings from NJF seminar no. 374. Is living water possible in agricultural areas? Seminar on ecological engineering tools to combat diffuse pollution. June 20-22, 2005, Norway. Jordforsk book nr. 48/05. pp.122-124;145. ISBN: 82-7467-537-1.
- Blankenberg, A-G.B., Braskerud, B.C. & Haarstad, K. 2006. Pesticide retention in two small constructed wetlands, treating non-point source pollution from agriculture run-off. - International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 86: 225-231. ISSN: 0306-7319 print: 1029-0397.
- Blankenberg, A-G.B., Haarstad, K. & Braskerud, B.C. 2005. Pesticide retention in an experimental wetland treating non-point source pollution from agriculture runoff. - Proceedings of the specialist conference on Diffuse Pollution. Book of abstracts:1:2005. 9-12.08.05, Sandton Convention Centre, Johannesburg, South Africa.
- Braskerud, B. & Blankenberg, A.G.B. 2005. Nitrogen retention in the Lier wetland. – Abstract in: Proceedings from NJF seminar no. 374. Is living water possible in agricultural areas? Seminar on ecological engineering tools to combat diffuse pollution. Editor: B. Braskerud. June 20-22, 2005, Norway, 146 pp.
- Braskerud, B. & Blankenberg, A.G.B., 2005. Phosphorous retention in the Lier wetland. - In: Proceedings from NJF seminar no. 374. Is living water possible in agricultural areas? Seminar on ecological engineering tools to combat diffuse pollution. Editor: B. Braskerud. June 20-22, 2005, Norway, 146 pp.<http://www.jordforsk.no/fagnat/NJFseminar374book.pdf>
- Deelstra, J. & Iital, A. 2006. The flashiness index and transport/retention of nutrients and suspended solids. - Pp. 62 – 69 in: NJF Report Vol.2 No 5, 2006. Proceedings NJF Seminar 373. Transport and retention of pollutants from different production systems. Tartu, Estonia, 11–14 June 2006. Eds.: Toomas Tamm and Liisa Pietola
- French, H. & Deelstra, J. 2003. Modelling at Jordforsk - Objectives and overview of present and potential models. - Jordforsk report no. 70/03 <http://www.jordforsk.no/modeller.htm/jfmodelreport.pdf>
- Hindar, K. & Kvaløy, K. 2003. Genetisk undersøkelse av ørret fra Mistra og Søndre Rena i Glomma-vassdraget. - NINA Minirapport 41, 5 s.



- Hovik, S. & Stokke, K.B. 2004. EUs rammedirektiv for vann - en utfordring for norsk vassdragsplanlegging og -forvaltning. - Plan 6/2004.
- Kaste, Ø., Bechmann, M., Mørkved, P.T., Barkved, L.J. & Selvik, J.R. 2006. Tracing sources of nitrate in agricultural catchments by natural stable isotopes. - NIVA report 5240-2006, 21 pp.
- Kløve, B. & Kværner, J. 2003. Use of variation in water isotopic signature (3H, 2H and 18O) in routing water flow pathways. Poster/Abstract. - Forskerseminar for Forskningsprogrammene PROFO og PROOF. Quality Hotell Olavsgaard, Skedsmo. 14-15. oktober 2003.
- Kværner, J. & Kløve, B. 2006. Tracing sources of summer streamflow in boreal headwaters using isotopic signatures and water geochemical components. - Journal of Hydrology (doi:10.1016/j.jhydrol.2006.05.008.)
- Kværnø, S.H. & French, H.K. 2004. Water flow and heat transport in partially frozen unsaturated soils. - Poster presentation at International Symposium Unsaturated Zone Modelling: Progress, Challenges and Applications. Wageningen, Nederland, 3.-6. oktober 2004.
- Kværnø, S.H. & Deelstra, J. 2003. Modelling soil frost and snow dynamics under unstable winter climate. CoupModel simulations in the Skuterud catchment. - Jordforsk report 37/03, 31 pp.
- Miljøalliansens årbok 2002. Strategisk instituttprogram: Nedbørfeltorientert forvaltning av store vassdrag (2002 – 2006).
- Museth, J., Brandrud, T. E., Johansen, S. W., Kjellberg, G., Løvik, J. E., Reitan, O., Sandlund, O. T., Taugbøl, T. & Aanes, K. J. 2006. Elvemagasinet Løpsjøen i Søndre Rena – undersøkelser av vegetasjon, dyreplankton, bunndyr, fisk og fugl 35 år etter etablering. - NINA Rapport 168.
- Mørkved, P.T., Dörsch, P., Søvik, A.K. & Bakken, L.R. (Submitted). Simplified preparation for the 15N-analysis in soil NO<sub>3</sub>- by the denitrifier method. - Soil Biology and Biochemistry.
- Sandlund, O. T. 2004. Tech notes: Norwegian researchers study watershed. HRW 12 (1): 40.
- Sandlund, O. T., Museth, J., Taugbøl, T. & Østby, K. 2006. Population characteristics of whitefish (*Coregonus lavaretus*) in a 30 year old river reservoir: Løpsjøen, SE Norway. - Archiv für Hydrobiologie. In press.
- Schartau, A. K., Dervo, B., Halvorsen, G., Hanssen, O., Storeid, S-E., Stabbetorp, O., Østdahl, T., Andersen, O. & Berger, H. M. 2005. Dammer og evjer på elvesletter – effekter av inngrep på biologisk mangfold. - S. 73-78 i Heggberget, T.M. & Jonsson, B. (red.). Landskapsøkologi: arealbruk og landskapsanalyse. NINAs strategiske instituttprogramer 2001-2005. NINA Temahefte 32. 100s.
- Sveistrup, T.E. & Braskerud, B.C. 2005. Aggregates keep the clay and P-retention high in small wetlands. - Proceedings from NJF seminar no. 374 (80-81): Is living water possible in agricultural areas? Seminar on ecological engineering tools to combat diffuse pollution. June 20-22, 2005, Norway.
- Sveistrup, T.E., Braskerud, B.C. & Marcelino, V. 2006. Aggregates stimulate clay particle settling in constructed wetlands. - Proceedings from NJF seminar no. 373 (156-159): Transport and retention of pollutants from different production systems. Tartu, Estonia, 11-14 June 2006. . Eds.: Toomas Tamm and Liisa Pietola
- Søvik, A.K. & Mørkved, P.T. (Submitted). Nitrogen retention in small constructed wetlands treating agricultural non-point source pollution – Estimating denitrification by the use of stable nitrogen isotopes. - Journal of Environmental Quality.
- Søvik, A.K. & Mørkved, P.T., 2005. Nitrogen retention processes in constructed wetlands - use of stable nitrogen isotopes to estimate denitrification. - Abstract in: Proceedings from NJF seminar no. 374. Is living water possible in agricultural areas? Seminar on ecological engineering tools to combat diffuse pollution. Editor: B. Braskerud. June 20-22, 2005, Norway, 146 pp.
- Taugbøl, T., Jonsson, N., Sandlund, O. T., Hindar, K., Jonsson, B., Aanes, K. J., Museth, J., Langdal, K. & Linløkken, A. 2003. Fisk og bunndyr i Rena og Glomma mellom Skjefstadfoss og Røros. - NINA Oppdragsmelding 802: 1-36.
- Taugbøl, T., Museth, J., Berge, O. & Bergerås, R. 2004. Ørret, harr og gjedde i Løpsjøen og Søndre Rena. Undersøkelser før anlegg og militær aktivitet etableres. - NINA Oppdragsmelding 861: 1-52.
- Walseng, B. 2005. Microcrustaceans as an indicator of trophy in a constructed wetland. - Proceedings from NJF seminar no. 374. Is living water possible in agricultural areas? Seminar on ecological engineering tools to combat diffuse pollution. June 20-22, 2005, Norway. Jordforsk book nr. 48/05. s.136-138;145. ISBN: 82-7467-537-1.
- Østdahl, T., Skurdal, J., Kaltenborn, B.P. & Sandlund, O.T. 2002. Possibilities and constraints in the management of the Glomma and Lågen river basin in Norway. – Large Rivers 13 (3-4), Arch. Hydrobiol. Suppl. 141 (3-4): 471-490.

### Faglige foredrag

- Bakken. 2002. Scaling and representativity. Perspectives from NIVA, Norway. Presentasjon workshop EU Cost Action 626 on Habitat studies. Ghent, Belgia. 12. - 13. desember 2002.
- Bakken, 2005. Spatial scaling of river basin data and informati Presentert på workshop "Integrated River Basin Modelling and the WFD", 17-18 November, 2005, Institute for Environmental Studies, Netherlands
- Berge, D. 2005. Phosphorus retention. - Seminar on Ecological engineering tools to combat diffuse pollution. Is Living Water possible in agricultural areas. / 22. 06. 2005 / Lier, Norway.
- Blankenberg, A-G.B., Braskerud, B.C. & Haarstad, K.. 2004. Pesticide Retention In Two Small Constructed Wetlands, Treating Non-Point Source Pollution From Agriculture Run-off. - International Journal of Environmental Analytical Chemistry

- for the 3rd European Conference on "Pesticides and Related Organic Micropollutants in the Environment", 7-10.08.2004. Halkidiki, Greece,
- Blankenberg, A-G.B. & Braskerud, B.C. 2005. An introduction to the Lier Experimental Wetland. - Seminar on Ecological engineering tools to combat diffuse pollution. Is Living Water possible in agricultural areas. / 20. 06. 2005 / Jeløya, Moss, Norway.
- Blankenberg, A-G.B. & Braskerud, B.C. 2005. Pesticide retention in the Lier Experimental wetland. - Seminar on Ecological engineering tools to combat diffuse pollution. Is Living Water possible in agricultural areas. / 22. 06. 2005 / Lier, Norway.
- Blankenberg, A-G.B. & Braskerud, B.C. 2005. Presentation of the Experimental Wetland – "Lierdammen". - Seminar on Ecological engineering tools to combat diffuse pollution. Is Living Water possible in agricultural areas. / 22. 06. 2005 / Lier, Norway.
- Blankenberg, A-G.B., Haarstad, K. & Braskerud, B.C. 2006. Nitrogen retention in Constructed wetland filters treating diffuse pollution. - IWA - Specialist conference on Diffuse Pollution and Sustainable Basin management. / 18-22.09.2006 Istanbul, Turkey.
- Blankenberg, A-G.B., Haarstad, K. & Braskerud, B.C. 2005. Pesticide retention in an experimental wetland treating non-point source pollution from agriculture runoff. - IWA/WISA - Diffuse Pollution Specialist Conference / 9-12.08.2005 / Sandton Convention Centre, Johannesburg, South Africa.
- Braskerud, B.C. & Blankenberg, A-G.B. 2005. Nitrogen retention in the Lier wetland. - Seminar on Ecological engineering tools to combat diffuse pollution. Is Living Water possible in agricultural areas. / 22. 06. 2005 / Lier, Norway.
- Braskerud, B.C. & Blankenberg, A-G.B. 2005. Phosphorus retention in the Lier wetland. - Seminar on Ecological engineering tools to combat diffuse pollution. Is Living Water possible in agricultural areas. / 22. 06. 2005 / Lier, Norway.
- French, H.K. 2004. Definisjon av skala - metoder og verktøy i skalering. Resultat av prosjektet: Forvaltning av store vassdrag (NIVA, NINA, Jordforsk, NTNU og SINTEF). -Fagmøte: Mange bekker små gjør en stor å - skalering av hydrologiske prosesser på ulike nivåer. Norsk Hydrologiråd/Jordforsk/NLH, Ås, 5. mai 2004
- Haarstad, K. & Snilsberg, P. 2006. Tracer compounds: From waste leachate to Ground Water. - Foredrag, COST 629 Workshop: Optimizing ground water networks. From data to decision making. Cagliari, Sardinia, Sept. 4-5.
- Kværner, J. & Kløve, B. 2005. Tracing sources of streamflow in boreal headwaters using isotopic signatures and water geochemical components. – Foredrag på Sluttkonferanse for Forskningsprogrammet PROFO, Forurensninger: Kilder, spredning, effekter og tiltak. Norges Forskningsråd, Clarion Hotel Oslo Airport, Gardermoen. 21-23. november 2005.
- Museth, J. & Qvenild, T. 2006. Endringer i vandringsatferd hos harr som følge av reguleringer i Glommavassdraget. - Foredrag på Fiskesymposiet 2006. Arr: EBL kompetanse. Statkraft, Lysaker, 7. februar 2006.
- Museth, J., Berge, O., Qvenild, T., Sandlund, O.T. & Taugbøl, T. 2006. Transformation of grayling migration patterns in rivers by hydropower dams. – Foredrag på Riverine Hydroecology Conference TISORS II Stirling, Skottland, August 2006.
- Sandlund, O. T., Museth, J. & Taugbøl, T. 2006. The fish community in river reservoirs: a gauntlet to run for migrating salmonids? – Foredrag på Riverine Hydroecology Conference TISORS II Stirling, Skottland, August 2006.
- Sandlund, O. T., Museth, J., Taugbøl, T. & Østby, K. 2005. Population characteristics of whitefish (*Coregonus lavaretus*) in a 30 year old river reservoir: Løpsjøen, SE Norway. - Foredrag på IX Coregonid Symposium, Olsztyn, Polen, August, 2005.
- Walseng, B. 2005. Microcrustaceans as an indicator of trophy in a constructed wetland. - Seminar on Ecological engineering tools to combat diffuse pollution. Is Living Water possible in agricultural areas. / 22. 06. 2005 / Lier, Norway.
- Øygarden, L. 2004. Strømningsveier i nedbørfelt- transportveier- vann- partikler- pesticider. -Seminar i Miljøringen 4- 5. november 2004.
- Øygarden, L. 2005. Næringsalter, partikler og pesticider i nedbørsfelt. – Foredrag på PROFO sluttkonferanse. Forurensninger: Kilder, spredning, effekter og tiltak, Norges Forskningsråd, Gardermoen, 21. - 23. november 2005.

# Kontaktadresser til rapportens forfattere

## Instituttene

### Norsk institutt for naturforskning (NINA)

Trondheim:

Postadresse: 7485 Trondheim

Besøksadresse: Tungasletta 2

7047 Trondheim

Telefon 73 80 14 00; Telefax 73 80 14 01

Oslo:

Gaustadalleen 21, 0349 Oslo

Telefon 73 80 14 00; Telefax 22 33 11 01

Lillehammer:

Fakkelgården, 2624 Lillehammer

Telefon 73 80 14 00; Telefax: 61 22 22 15

### Norsk institutt for by- og regionforskning (NIBR)

Postadresse: Postboks 44 Blindern

0313 Oslo

Besøksadresse: Gaustadalleen 21, 0349 Oslo

Telefon: 22 95 88 00; Telefaks: 22 60 77 74

### Norsk institutt for vannforskning (NIVA)

Gaustadalleen 21

0349 OSLO

Telefon: 22 18 51 00; Telefax: 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 3

4879 Grimstad

Telefon: 37 29 50 55 ; Telefax: 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 4

2312 Ottestad

Telefon: 62 57 64 00 ; Telefax: 62 57 66 53

### Bioforsk Jord og miljø

Frederik A. Dahls vei 20, 1432 Ås

Telefon: 64 94 71 00

## Forfattere

Bakken, Tor Haakon (NIVA Hovedkontor) tor.bakken@niva.no

Bakkestuen, Vegar (NINA Oslo) vegar.bakkestuen@nina.no

Barton, David (NIVA Hovedkontor) david.barton@niva.no

Bechmann, Marianne (Bioforsk Jord og miljø) marianne.bechmann@bioforsk.no

Berge, Dag (NIVA Hovedkontor) dag.berge@niva.no

Blankenberg, Anne-Grete B. (Bioforsk Jord og miljø) joragb@bioforsk.no

Brandrud, Tor Erik (NINA Oslo) tor.brandrud@nina.no

Braskerud, Bent (Bioforsk Jord og miljø) bent.braskerud@bioforsk.no

Dervo, Børre K. (NINA Lillehammer) borre.dervo@nina.no

Eggestad, Hans Olav (Bioforsk Jord og miljø) hans.olav.eggestad@bioforsk.no

Erikstad, Lars (NINA Oslo) lars.erikstad@nina.no

French, Helen (Bioforsk Jord og miljø) Helen.French@bioforsk.no

Gjershaug, Jan Ove (NINA Trondheim) jan.o.gjershaug@nina.no

Halvorsen, Gunnar (NINA Oslo) gunnar.halvorsen@nina.no

Hindar, Kjetil (NINA Trondheim) kjetil.hindar@nina.no

Hovik, Sissel (NIBR) sissel.hovik@nibr.no

Johansen, Stein W. (NIVA Hovedkontor) stein.johansen@niva.no

Jonsson, Bror (NINA Oslo) bror.jonsson@nina.no

Jonsson, Nina (NINA Oslo) nina.jonsson@nina.no

Kaste, Øyvind (NIVA Sørlandsavdelingen) oeyvind.kaste@niva.no

Kjellberg, Gösta (NIVA Østlandsavdelingen)

Kløve, Bjørn (Bioforsk Jord og miljø) Bjorn.Klove@bioforsk.no

Kværner, Jens (Bioforsk Jord og miljø) Jens.Kvarner@bioforsk.no

Kværnø, Sigrun (Bioforsk Jord og miljø) sigrun.kvaerno@bioforsk.no

Källqvist, Torsten (NIVA Hovedkontor) torsten.kallqvist@niva.no

Løvik, Jarl Eivind (NIVA Østlandsavdelingen) jarl.loevik@niva.no

Mjelde, Marit (NIVA Hovedkontor) marit.mjelde@niva.no

Museth, Jon (NINA Lillehammer) jon.museth@nina.no

Mørkved, Pål Tore (Institutt for energiteknikk) pal.tore.morkved@ife.no

Reitan, Ole (NINA Trondheim) ole.reitan@nina.no

Roseth, Roger (Bioforsk Jord og miljø) roger.roseth@bioforsk.no

Rusch, Graciela M. (NINA Trondheim) Graciela.Rusch@nina.no

Sandlund, Odd Terje (NINA Trondheim) odd.t.sandlund@nina.no

Schartau, Ann Kristin (NINA Oslo) ann.k.schartau@nina.no

Selvik, John Rune (NIVA Hovedkontor) john.selvik@niva.no

Sloreid, Svein-Erik (NINA Oslo) svein.sloreid@nina.no

Stokke, Knut Bjørn (NIBR) knut.b.stokke@nibr.no

Sveistrup, Tore (Bioforsk Jord og miljø) tore.sveistrup@bioforsk.no

Syversen, Nina (Asplan Viak AS) Nina.Syversen@asplanviak.no

Søvik, Anne Kristine (Bioforsk Jord og miljø) anne.sovik@bioforsk.no

Taugbøl, Trond (Glommen og Laagens Brukseierforening) tt@GLB.no

Tjomsland, Torulv (NIVA Hovedkontor) torulv.tjomsland@niva.no

Walseng, Bjørn (NINA Oslo) bjorn.walseng@nina.no

Wilmann, Bodil (NINA Trondheim) bodil.wilmann@nina.no

Østdahl, Torbjørn (Glommen og Laagens Brukseierforening) toe@GLB.no

Øygarden, Lillian (Bioforsk Jord og miljø) lillian.oygarden@bioforsk.no

Aanes, Karl Jan (NIVA Hovedkontor) karl.aanes@niva.no



## NINAs publikasjoner

### NINA Rapport

Dette er en ny, elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs 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. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

### Annen publisering

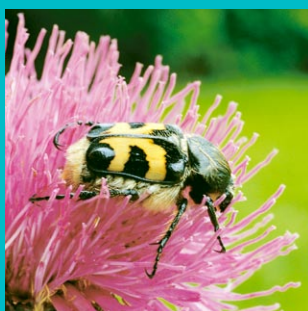
I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

# NINA Temahefte 35

ISSN: 0804-421X

ISBN-10: 82-426-1751-1

ISBN-13: 978-82-426-1751-4



## Norsk institutt for naturforskning NINA

NINA hovedkontor

Postadresse: 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

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