



RAPPORT LNR 5223-2006

Kartlegging av miljø- variable i problem- vekstområder med krypsiv

Tovdalsvassdraget



Krypsiv i Tovdalselva ved Bås (Foto: Stein W. Johansen)

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

Postboks 1264 Pirsenteret
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 87 10 34 / 44
Telefax (47) 73 87 10 10

Tittel Kartlegging av miljøvariable i problemvekstområder med krypsiv Tovdalsvassdraget	Løpenr. (for bestilling) 5223-2006	Dato Juni 2006
	Prosjektnr. Undernr. 24198	Sider Pris 39
Forfatter(e) Stein W. Johansen	Fagområde Vannforvaltning	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sørlandet	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Krypsivprosjektet på Sørlandet, Fylkesmannen i Vest-Agder	Oppdragsreferanse Edgar Vegge
---	----------------------------------

Sammendrag

Det opprinnelige prosjektet hadde som mål å gå videre med en mer detaljert analyse av alt krypsiv-materiale fra Tovdalsvassdraget, samt å kartlegge miljøvariable i problemvekstområder med krypsiv og tilstøtende referanseområder med tanke på å finne grenseverdier for ulike parametere som kan medføre problemvekst. Denne rapporten omhandler første fase i dette prosjektet, som i hovedsak dokumenterer alle krypsivregistreringer fra perioden 1995-2004 og generell tidsutvikling i miljøvariable som klima, vannføring, vanntemperatur og kjemisk vannkvalitet i perioden 1980-2004. Som en generell oppsummering kan man si at det har vært gode vekstforhold for krypsiv i perioden 1995-2004. På evelokalitetene har krypsiv vært stabil eller vist økt forekomst. De største forekomstene og eksempler på problemvekst er utviklet på stilleflytende partier på fint substrat. Problemvekst var til stede på flere slike områder allerede i 1995 da overvåkingen startet. Tidligere beskrivelser fra enkeltlokaliteter i vassdraget kan tolkes slik at det har vært eksempler på "dominerende forekomst" på evelokaliteter og "stor utbredelse" i innsjøer helt tilbake til 1975. Samlet sett synes det å være en klar dokumentasjon på at vi nå er inne i en klimatisk gunstig periode for vekst av krypsiv. Global oppvarming, økende CO₂ i atmosfæren og økt vinteravrenning er alle faktorer som vil virke positivt i forhold til vekst og overlevelse av krypsiv på Sørlandet. CO₂ balansen i vannfasen kan være et viktig element å følge opp ved en videreføring av årsakskomplekset som styrer problemvekst av krypsiv i våre vassdrag.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tovdalsvassdraget 2. Krypsiv 3. Tidsutvikling 4. Vekstfaktorer 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tovdalsvassdraget 2. Bulbous rush 3. Time trends 4. Growth factors
---	---

Stein W. Johansen

Stein W. Johansen
Prosjektleder

Stig A. Borgvang

Stig A. Borgvang
Forskningsleder

Jarle Nygard

Jarle Nygard
Ansvarlig

**Kartlegging av miljøvariable i problemvekstområder med krypsiv
Tovdalsvassdraget**

Forord

”Krypsivprosjektet på Sørlandet” ble etablert i 2002. NIVA fikk tidlig, etter eget initiativ, oppdrag med å utarbeide rapporten ”Faktorer som påvirker problemvekst av krypsiv i Sør-Norge; datagjennomgang, analyser og forslag om videre studier” (Hindar m.fl. 2003). På bakgrunn av dette arbeidet ble det sendt inn prosjektforslag på ”Kartlegging av miljøvariable i problemvekstområder med krypsiv”, for å komme videre med årsaksforklaringen til problemvekst av krypsiv. Tovdalsvassdraget ble valgt som arbeidslokalitet for prosjektet.

Kontrakt på prosjektet ble etablert i juli 2004. Det opprinnelige prosjektforslaget er blitt noe justert både mhp. innhold og budsjett. På et møte på NIVA i slutten av november 2004 og et senere møte i Kristiansand 1.mars 2005, ble det enighet mellom oppdragsgiver (”Krypsivprosjektet på Sørlandet”) og oppdragstaker at prosjektet skulle konsentrere seg om eksisterende data innenfor Tovdalsvassdraget og at disse skulle gjennomgås og evalueres før eventuelle nye feltregistreringer skulle gjennomføres. Dette skulle skje innenfor halvparten av det opprinnelige prosjektbudsjettet.

Foreliggende rapport er derfor i vesentlig grad en bearbeiding av overvåkingsdata generert i andre prosjekter som ”Effekter av kalking på biologisk mangfold i Tovdalsvassdraget” og kalkingsovervåkingen i regi av DN. Det er benyttet klimadata fra DNMI's E-klima database, data for døgnmiddelvannføring og døgnmiddeltemperatur fra NVEs database HYDRA II og vannkvalitetsdata fra SFTs sur nedbør overvåking og DN's kalkingsovervåking.

Oslo, juni 2006.

Stein W. Johansen

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	9
2. Områdebeskrivelse	10
3. Materiale og metoder	12
3.1 Materiale	12
3.2 Metoder	13
3.2.1 Krypsivregistreringer	13
3.2.2 Statistiske trend-analyser.	14
4. Vekst av krypsiv i Tovdalsvassdraget	15
4.1 Observert vekst på enkeltlokaliteter i perioden 1995-2004	15
4.1.1 Elvelokaliteter	15
4.1.2 Innsjølokaliteter	22
4.1.3 Øvrige lokaliteter	25
4.2 Tidsutvikling i perioden 1995-2004	27
4.3 Tidligere registreringer av krypsiv i Tovdalsvassdraget	28
5. Miljøvariable	28
5.1 Generelle miljøkrav for krypsivvekst	28
5.2 Tidsutvikling klimatiske forhold	29
5.3 Tidsutvikling i ulike miljøvariable viktig for krypsivvekst	32
5.3.1 Hydrologi	32
5.3.2 Vanntemperatur	33
5.3.3 Vannkvalitet	34
6. Kobling av miljøforhold til vekst av krypsiv	34
7. Litteratur	37

Sammendrag

Det opprinnelige prosjektet hadde som mål å gå videre med en mer detaljert analyse av alt krypsivmateriale fra Tovdalsvassdraget, samt å kartlegge miljøvariable i problemvekstområder med krypsiv og tilstøtende referanseområder med tanke på å finne grenseverdier for ulike parametere som kan medføre problemvekst. Denne rapporten omhandler første fase i dette prosjektet, som i hovedsak dokumenterer alle krypsivregistreringer fra perioden 1995-2004 og generell tidsutvikling i miljøvariable som klima, vannføring, vanntemperatur og kjemisk vannkvalitet i perioden 1980-2004.

Fra perioden 1995-2004 finnes det data om krypsiv generert i prosjektene "Effekter av kalking på biologisk mangfold i Tovdalsvassdraget" og senere kalkingsovervåkingen i regi av DN. Krypsiv har blitt registrert på tre ulike nivåer på en rekke lokaliteter; forekomst etter semikvantitativ 5-delt skala, arealdekning registrert ved undervannsfotografering og lengdevekst av årsskudd. Alle tilgjengelige data er satt sammen i forhold til tidsutvikling.

Når det gjelder typiske innsjølokaliteter har vi to eksempler på små innsjøer (Finnslandsvatn og Mårvatn), som begge hadde store bestander av krypsiv i 1995 og som holdt seg stabile i flere år, men som klart har fått redusert forekomst av krypsiv spesielt i slutten av perioden (2003 og 2004). Lokaliteten i den betydelig større innsjøen Herefossfjorden, har hatt motsatt utvikling ved at krypsivet har økt i omfang både i arealutbredelse og mektighet. Mens de to små innsjøene begge hadde betydelig innslag av problemvekst i begynnelsen av perioden har denne blitt betydelig redusert, mens perioder med problemvekst er blitt vanlig på lokaliteten i Herefossfjorden.

På hurtigstrømmende elvelokaliteter med grovt substrat var det i begynnelsen av perioden lite krypsiv. Denne situasjonen har holdt seg stabil på samtlige lokaliteter med ett unntak. Lokaliteten ved Gauslå har vist en markert økning i forekomst av krypsiv, spesielt de siste årene, ved at rosetplanter har vokst tettere og medført økt arealdekning.

På elvelokaliteter med finere substrat dominert av sand, grus og små stein og hurtig til moderat strømhastighet, er det registreringer fra bare en lokalitet i Skjeggedal, hvor det i hele perioden har vært stabil liten forekomst uten problemvekst.

På elvelokaliteter med finere substrat dominert av sand og grus og med moderat strøm til stilleflytende partier, har krypsiv holdt seg stabilt eller vist økt forekomst siden 1995. Ingen av lokalitetene har vist redusert forekomst over tid. Blant disse elvelokalitetene finner vi eksempler på områder som allerede i 1995 hadde problemvekstbestander av krypsiv og som senere har opprettholdt denne status. Vi finner også lokaliteter hvor krypsiv var vanlig forekommende, men som i perioden har utviklet seg til å bli lokalt dominerende med problemvekstbestander.

Som en generell oppsummering kan man si at det har vært gode vekstforhold for krypsiv i perioden 1995-2004. På elvelokalitetene har krypsiv vært stabil eller vist økt forekomst. De største forekomstene og eksempler på problemvekst, er utviklet på stilleflytende partier på fint substrat. Problemvekst var til stede på flere slike områder allerede i 1995 da overvåkingen startet. Tidligere beskrivelser fra enkeltlokaliteter i vassdraget kan tolkes slik at det har vært eksempler på "dominerende forekomst" på elvelokaliteter og "stor utbredelse" i innsjøer helt tilbake til 1975.

Fra slutten på 80-tallet har det vært en klar dominans av høyere årsmiddel-temperatur enn normalen. Likeså er det en klar tendens til relativt høy vinternedbør i den samme perioden. Global oppvarming, økende CO₂ i atmosfæren og økt vinteravrenning er alle faktorer som vil virke positivt i forhold til vekst og overlevelse av krypsiv på Sørlandet. Samlet sett synes det derfor å være en klar dokumentasjon på at vi nå er inne i en klimatisk gunstig periode for vekst av krypsiv.

Det ble ikke funnet noen signifikant trend i de årlige minimums- eller maksimums-vannføringer, samt middel, median og signifikant vannføring på noen av de to målestasjonene Flaksvatn og Austenå for måleperioden 1980-2004. For perioden 1991-2004 er det funnet en signifikant økning i median-temperaturen ved Flaksvatn for vekstsesongen mai-november, men ingen signifikante trender i årlige min, middel, median eller maksimums-temperaturer.

I perioden med krypsivregistreringer (1995-2004) var det ingen signifikante trender i vannføringsparametere, mens det har vært en økende middeltemperatur i vannet på våren og i vekstsesongen. På kalkede lokaliteter har det vært en signifikant økning i pH, Ca, Alk-E og TOC. På referanselokaliteten har det også vært en signifikant økning i pH og TOC i samme periode. Størst endringer synes altså å ha vært i den kjemiske vannkvaliteten som følge av kalkingen.

I et forsøk på å teste om trender i miljøvariable kunne forklare økende trender i krypsivdekning på elvelokaliteter, viste to eksempler fra lokaliteter som ligger i områder med hurtig strøm og dominans av grovt substrat og som pr. i dag har dekningsnivåer langt under det en regner som problemvekst, at det var trender i vannkvaliteten som gav størst forklaringsgrad. At det nå kan synes å være en mulig sammenheng mellom kalking og god vekst av krypsiv ved en indirekte CO₂ effekt på enkelte lokaliteter, kan også overføres til andre typer lokaliteter som ligger i områder med mer gunstige forhold for utvikling av problemvekst. Det synes derfor som om CO₂ balansen i vannfasen kan være et viktig element å følge opp ved en videreføring av undersøkelsene omkring årsakskomplekset som styrer problemvekst av krypsiv i våre vassdrag.

Summary

Title: Mapping the environmental conditions in areas with nuisance growth of *Juncus bulbosus*.
Tovdalsvassdraget.

Year: 2006

Author: Stein W. Johansen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4944-3

The objective of this project was to do a detailed analyse of all existing material about *Juncus bulbosus* from Tovdalsvassdraget and to map the different environmental factors in areas heavily impacted with substantial stands of this macrophyte. The objective was also to define the limit values of the environmental factors that cause substantial biomass development. This report deals with the first phase in this project; a documentation of all registrations of *Juncus* in the period 1995-2004 and general time trends in environmental factors such as climate, water discharge, water temperature and chemical water quality in the period 1980-2004.

From the period 1995-2004 data about *Juncus* have been generated in the project "Effects of liming on the biological diversity in Tovdalsvassdraget" and subsequently in connection with the monitoring programme on effects of liming directed by the Directorate for Nature Management (DN). *Juncus* has been quantified at several locations; occurrence according to a semi quantitative 5- split scale, area cover scored by underwater photography and yearly growth in plant length. All data are compiled in terms of time series.

There were two examples with locations in small lakes (Finnslandsvatn and Mårvatn), which both had huge stands of *Juncus* in 1995. They kept stable conditions for several years, but clearly got reduced occurrence of *Juncus* especially at the end of the period (2003 and 2004). One location in the considerably larger Lake Herefossfjorden, shows the opposite trend where *Juncus* has increased both in area cover and biomass. As the two small lakes both had considerable amounts of "problem growth" in the beginning of the period, this has been considerable reduced, while periods with "problem growth" has been common at the location in Herefossfjorden.

Fast flowing river locations with coarse substrate had insignificant occurrence of *Juncus* when the registrations started. This situation was stable for all the locations except the location at Gauslå which shows a significant increase in *Juncus* covering. This occurred over the last years, due to rosette plants which grow denser and started developing mats.

Only one location in Skjeggedal with more fine substrate dominated by sand and gravel and fast to moderate stream velocity, was studied. In this location *Juncus* had stable little occurrence without "problem growth" all the time.

In river locations with finer substrate dominated by sand and gravel and moderate to slow flowing areas, *Juncus* has been stable or shown increased occurrence since 1995. None of the locations have shown reduced occurrence during the time period. Among these river locations we find examples of areas heavily impacted with *Juncus* already in 1995, and which have maintained this status. We also find locations where *Juncus* was a common species with normal occurrence, but in the period developed to be locally dominating with stands of "problem growth".

As a general assessment we can say that there has been good conditions for *Juncus* growth in the period 1995-2004. On river locations *Juncus* has been stable or shown increased occurrence. The largest biomasses and examples of "problem growth" have developed in slow flowing areas on fine

substrate. "Problem growth" was already present in several areas when the monitoring started in 1995. Earlier descriptions from a few locations in this river basin can be understood in one way that it has been examples of "dominating occurrence" on river locations and "substantial occurrence" in lakes back to 1975.

From the end of the 80-ties there has been a clear dominance of higher middle temperature of the year compared to normal conditions. In the same period there has also been a clear trend towards relatively higher winter precipitation. Global warming, increasing CO₂ in the atmosphere and increased water runoff during winter are all factors that will appear positively according to growth and survival of *Juncus* in the southern part of Norway. An overall view clearly show a documentation of a climatic favourable period for growth of *Juncus bulbosus*.

It was not found any significant trend in the yearly minimum and maximum discharge and in the average, median and significant discharge on the metering stations Flaksvatn and Austenå for the period 1980-2004. In the period 1991-2004 there has been a significant increase in the water median temperature on Flaksvatn for the growth period May-November, but no significant trends in yearly min, average, median or maximum water temperature.

In the period when *Juncus* has been monitored (1995-2004), there has been no significant trends in discharge parameters, while there has been an increased average temperature in the water in the spring time and in the growth season. Limed locations have shown a significant increase in pH, Ca, Alkalinity and TOC. In the reference location there has also been a significant increase in pH and TOC in the same period. Most considerable changes seem to be in the chemical water quality as a result of liming.

In an attempt to test if trends in environmental factors could explain increasing trends in *Juncus* coverage on river locations, two examples from locations in areas with fast flow dominated by coarse substrate and today have cover levels far below the definition of "problem growth", shows that there were trends in the water quality that gave largest degree of explanation. The fact that there seems to be a possible correlation between liming and massive growth of *Juncus* through an indirect CO₂ effect in some locations, can also be transferred to other types of locations lying in areas with more favorable conditions for development of "problem growth". The CO₂ balance in the water therefore seems to be an important element to follow up in future studies about the causal complexity which govern "problem growth" of *Juncus* in our watercourses.

1. Innledning

I 2000 ble det laget en kunnskapstatus over konsekvenser av reguleringsinngrep på vannvegetasjon i elver under NVEs vassdragsmiljøprogram (Johansen m.fl. 2000). I den rapporten ble det lagt vesentlig vekt på tilgroing av krypsiv og mulige årsaker til dette. Rapporten konkluderte med at de aller fleste problemområdene med krypsiv fantes på regulerte elveavsnitt og at regulering fremsto som en viktig faktor for problemvekst av krypsiv i elver. I samme rapporten ble det gjort en sammenligning av observert krypsivvekst i Mandalselva (sterkt regulert) og Tovdalselva (lite regulert), koblet til en del miljøforhold som klima, hydrologi og vannkvalitet. I perioden 1995-2000 hadde vekst av årsskudd av krypsiv vært tilnærmet like god i begge vassdrag. For perioden 1980-2000 viste sammenligningen at den vesentlige faktoren som skilte disse vassdragene var omfanget av reguleringsinngrep. Både mulige naturlige klimarelaterte svingninger i nedbør og temperatur, forsuring og kalking og eventuelle påvirkninger av økte næringstilførsler syntes å virke likt i de to vassdragene. Det ble påpekt at milde vintre med mye nedbør kunne være årsaken til lite tap av krypsivplanter i deler av Tovdalselva som ikke var regulert, og at mildt nedbørrikt klima generelt kunne være årsaksfaktor nummer 2 etter regulering for fremvekst av krypsiv i Sørlandsvassdragene.

”Krypsivprosjektet på Sørlandet” ble etablert i 2002. I forkant av oppstart av dette prosjektet, ble det som et forprosjekt utarbeidet en rapport ”Krypsiv i Sørlandsvassdrag”, som bl.a. oppsummerer resultatene fra en spørreundersøkelse til kommunene i Vest-Agder og Birkenes i Aust-Agder om status for krypsiv i vassdragene (Lynnebakken og Moe 2001). Generelt konkluderte rapporten med at det var økende problemer med tilgroing av krypsiv i vassdragene på Sørlandet. For Tovdalsvassdraget ble det opplyst at den uønskede krypsivveksten startet på 80-tallet. På strekningen fra utløp Herefossfjorden og nedover startet veksten i 90-årene og ble oppgitt å være i sterk økning. Tovdalsvassdraget ble vurdert å være et interessant vassdrag siden problemveksten var nokså ny og sterkt økende (Lynnebakken og Moe 2001).

Straks etter oppstart av ”Krypsivprosjektet på Sørlandet”, ble noe av innsatsen kanalisert til å få en oversikt over hva som fantes av krypsiv-data i Sørlandsvassdragene samt om noen av disse data-settene var egnet til å gå videre med i tilfellet årsaksforklaringen til problemvekst av krypsiv (Hindar m.fl. 2003). I forbindelse med dette arbeidet ble det funnet få datasett med tidsutvikling fra samme sted, noe som begrenser bruken av data mot endringer som går over lang tid og som eventuelt har stor årlig variasjon (forsuring, klimavariasjon). Innledende analyser av krypsiv-data fra Tovdal- og Mandalselva viste at analyser basert på funn/ikke funn av krypsiv gav liten informasjon om hvilke faktorer som påvirket krypsiv. Dette skyldes at krypsiv er vidt utbredt og at planten er svært tolerant overfor variasjon i miljøet. Problemvekst kjennetegnes bl.a. av høy dekningsgrad for krypsiv. Analysen av dekningsgrad viste at strømhastighet var viktigst for variasjon i dekningsgrad. Det ble også funnet en uavhengig tidstrend som forklarte mye av variasjonen. Videre kunne sommertemperatur (både i luft og vann), høyde over havet og organisk karbon (TOC) i vannet forklare deler av variasjonen.

På denne bakgrunn ble det foreslått å gå videre med en mer detaljert analyse av alt materiale fra Tovdalsvassdraget samt å kartlegge miljøvariable i problemvekstområder med krypsiv og tilstøtende referanseområder med tanke på å finne grenseverdier for ulike parametre som kan medføre problemvekst. Denne rapporten omhandler første fase i dette prosjektet, som i hovedsak dokumenterer alle krypsivregistreringer fra perioden 1995-2004 og generell tidsutvikling i miljøvariable som klima, vannføring, vanntemperatur og kjemisk vannkvalitet i perioden 1980-2004. Kartlegging av miljøvariable og deres grenseverdier spesielt knyttet problemvekst av krypsiv og problemvekstområder, er ikke med i denne fasen.

2. Områdebeskrivelse

Tovdalsvassdraget består av to hovedgreiner i øvre del; Tovdalselva (Tovdalsgreina) og Uldalsgreina. Tovdalselva har sitt utspring i grensetraktene mellom Straume og Setesdal og Fyresdal, og renner ut i havet ved Topedalsfjorden nær Kristiansand. Vassdraget har en lengde på ca. 12 mil. Tovdalselvas nedbørfelt er relativt smalt ned til Herefossfjorden. Uldalsåna munner ut like ved Tovdalselvas utløp i Herefossfjorden. De to elvene bidrar med henholdsvis ca 42 og 58 % av vannføringen i vassdraget ifølge Samlet plan fra 1984. Uldalsvassdraget består av tre hovedgreiner; Skjeggedalsåna, Hovlandsåna og avrenning fra Oggeområdet.

Mens Tovdalsgreina er uregulert ned til Herefossfjorden, er deler av Uldalsvassdraget regulert til vannkraftproduksjon. Konsesjon er gitt i to omganger; 1957 og 1969 (Asvall 2002). Hanefossen kraftverk utnytter fallet mellom Hanefossmagasinet og Herefossfjorden, totalt 69 meter. Maks driftsvannføring i kraftverket er på 34 m³/s. Dette er ca halvparten av middelvannføringen i hele vassdraget. Før reguleringen til kraftproduksjon ble Kolstraumen dam bygget som en tømmerfløtingsdam etter konsesjon fra 1931 med en reguleringshøyde mellom kote 158,18 og 160,90 (Asvall 2002). Oppstrøms dammen er det skiftevis strykpartier med langstrakte innsjøer mellom, regnet nedenfra, Kolstraumfjorden, Vågsdalsfjorden, Flatlandsfjorden, Nystølfjorden og Mjåvassfjorden, i alt ca 11 km. Dette området omtales som Kolstraumsmagasinet. I nordenden av Mjåvassfjorden, ved Steane, møtes den uregulerte Skjeggedalselva fra nord og den regulerte Vatnedalselva/Vesterelva fra Eptevann. Som følge av reguleringen av Uldalsgreina er Herefossfjorden og vassdragsstrengen fra utløp Herefossfjorden og ut til havet påvirket av regulering.

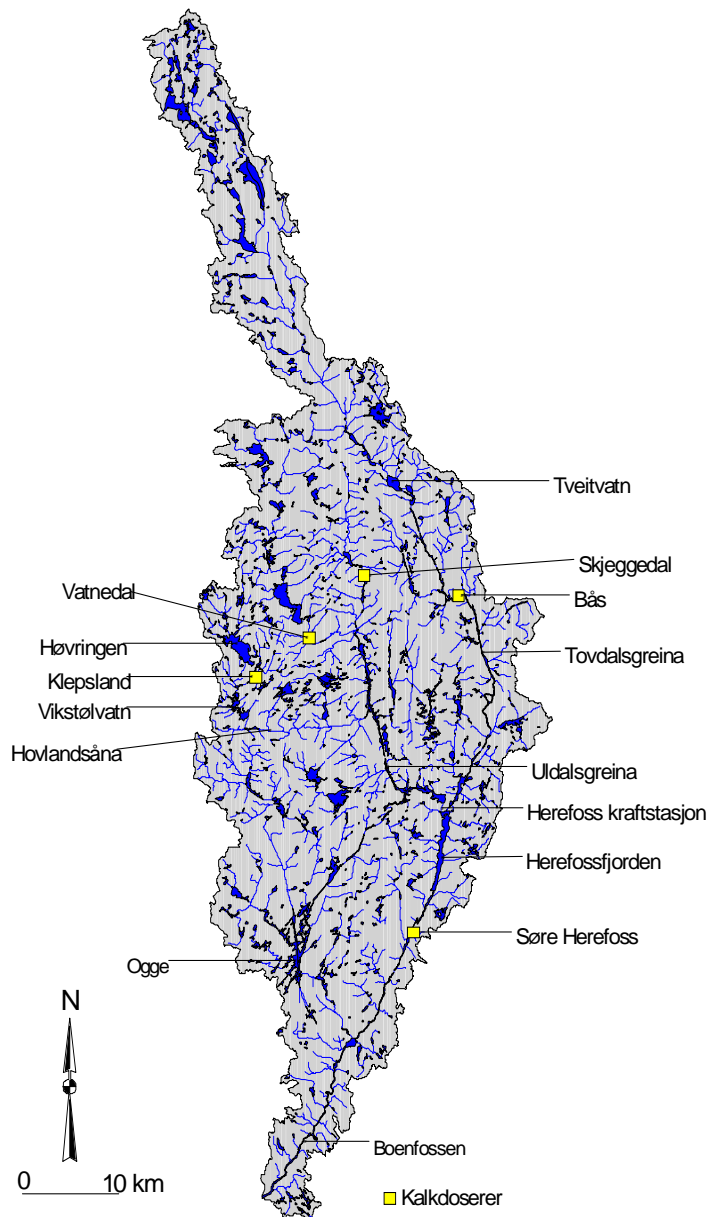
Tovdalsvassdraget er karakterisert ved et stort spekter av naturtyper fra nakent fjellandskap i nord (800-1000 moh.) til småkupert Sørlands-natur i sør. Tovdalselva var tidligere en meget god lakseelv, men var i mange år så påvirket av sur nedbør at laksebestanden etter hvert døde ut. Elva har i lang tid vært kronisk sur med pH < 5,0 og svært lave Ca-konsentrasjoner og svært liten bufferkapasitet pga. dominans av tungt forvitterlig gneis og granitt i nedbørfeltet. NIVA utarbeidet i 1991 kalkingsplan for Tovdalsvassdraget (Hindar 1991). I planen ble det foreslått ulike alternativer, men hovedalternativet innebar at det ble satt opp kalkdoserere på seks ulike steder i vassdraget. Det ville beskytte fiskebestander i øvre deler i tillegg til laks og sjøaure. I oktober 1996 ble vassdraget fullkalket, og planen fra 1991 ble langt på vei fulgt. Avviket fra planen var at et doseringsanlegg i øvre del av Tovdalsgreina (ved Austenå) ble sløffet og at dosereren i Hovlandsåna ble satt opp helt oppe ved Høvringsvatn (Klepland) og ikke i nedre del av dette sidevassdraget (Hindar m.fl. 2000). **Figur 1** viser dagens plassering av kalkdosererne. Kalkingen har som biologisk mål å sikre tilstrekkelig god vannkvalitet for reproduksjon av laks i elva. Dette skal samtidig sikre livsmiljøet for de fleste andre forsuringsfølsomme vannorganismer. Kalking høyt oppe i vassdraget skal også sikre bestander av innlandsfisk.

Tabell 1. Nøkkeldata for Tovdalsvassdraget (fra DN 2004).

<i>Vassdragsnr, fylke:</i>	020, Telemark, Aust-Agder og Vest-Agder
<i>Kartreferanse, utløp:</i>	4472-64525, kartblad 1511 II
<i>Areal, nedbørfelt:</i>	1885 km ²
<i>Spesifikk avrenning:</i>	34.5 l/s/km ²
<i>Middelvannføring:</i>	65 m ³ /s
<i>Regulering:</i>	Uldalsgreina i vest er regulert (Hanefossen kraftstasjon). Boenfossen er regulert til kraftproduksjon for Boen Bruk.
<i>Lakseførende strekning:</i>	Ca. 35 km til Herefossfjorden
<i>Kalking:</i>	Hovedprosjektet med doserere ble satt igang 24. oktober 1996. Ogge (areal 11.6 km ²) ble kalket i juli 1996 og september 1997.

Tabell 2. Nedbørfeltareal og spesifikk avrenning i ulike vassdragsavsnitt (fra Hindar m.fl. 2000).

	Areal Km ²	Spes. avr. l/s*km ²
Øvre Tovdal	274	36.6
Tovdal	374	32.7
Skjeggedal	288	33.6
Høvringen-Mjåland	297	34.6
Ogge	306	37.6
Herefoss til sjøen	317	34.9
Sum hele vassdraget:	1856	35.0

**Figur 1.** Tovdalsvassdraget med de fem kalkdosererne inntegnet.

3. Materiale og metoder

3.1 Materiale

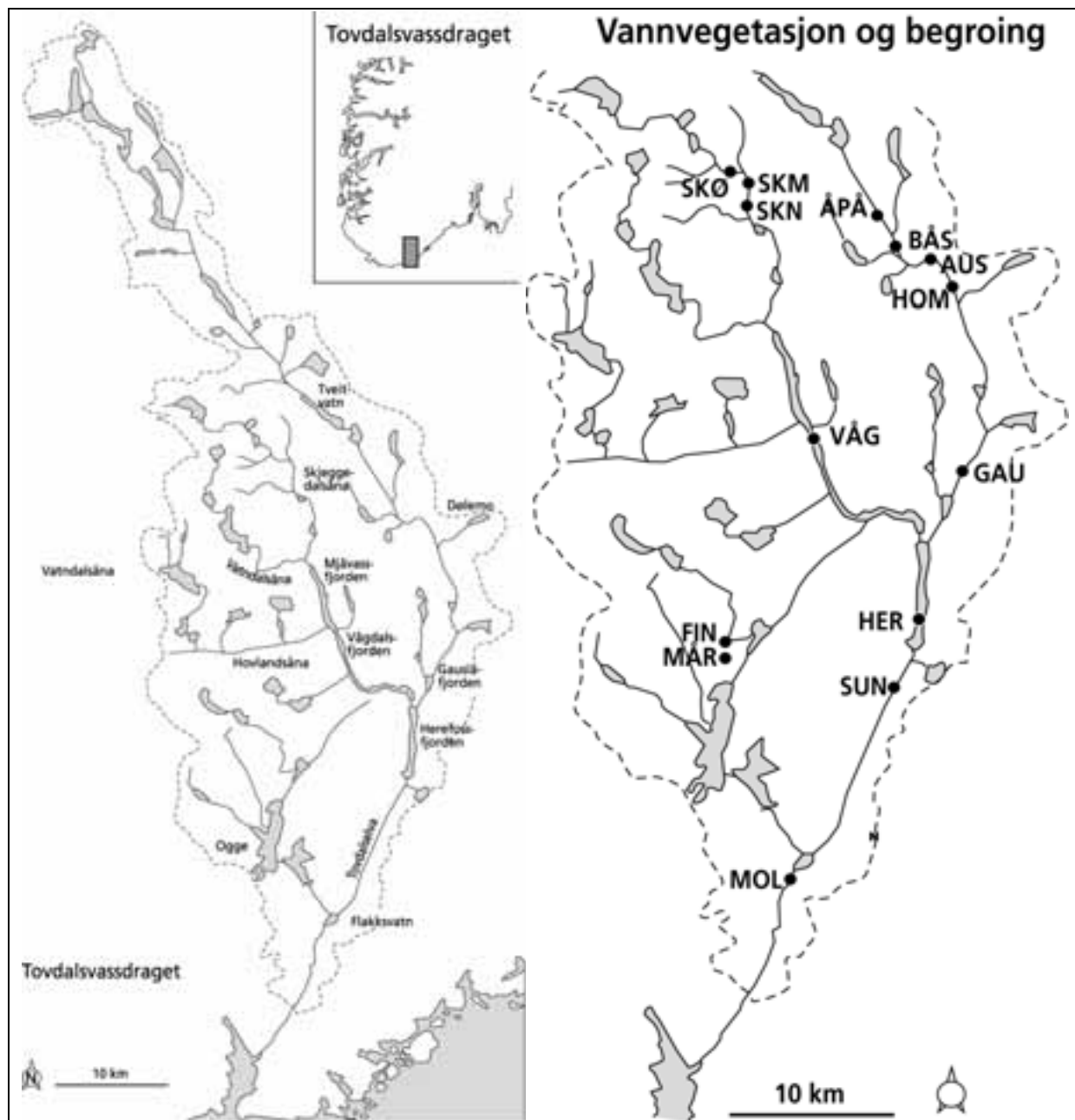
Tabell 3 gir en oversikt over lokaliteter i Tovdalsvassdraget som ble etablert i perioden 1995-1997 i forbindelse med prosjektet "Effekter av kalking på biologisk mangfold" (Brandrud m.fl. 1999 og 2000). De fleste av disse lokalitetene er senere fulgt opp i forhold til kalkingsovervåkingen fra og med 2001 (DN 2004) (**Figur 2**), slik at man i dag har flere lokaliteter med tidsserier på opp til 10 år. I **Tabell 4** er satt opp lokaliteter som er undersøkt med hensyn på forekomst av krypsiv fra 1-4 ganger. Alle lokalitetene er forsøkt karakterisert med hensyn til dominerende strømningsmønster, substrat og vannkvalitet i forhold til kalkpåvirkning og reguleringspåvirkning.

Tabell 3. Lokaliteter med registreringer av krypsiv i perioden 1995-2004. Grov karakterisering med hensyn på strømhastighet, substrat, vannkvalitet og reguleringspåvirkning.

kode	Lokalitetsnavn	strømhastighet	substrat	vannkvalitet	regulering	observasjonsår
SKØ	Skjeggedalsåna øvre	hurtig	grovt	ikke kalket	uregulert	1995-2001, 2003-2004
SKM	Skjeggedalsåna midtre	hurtig-moderat	grovt	kalket	uregulert	1995-2001, 2003-2004
SKN	Skjeggedalsåna nedre	hurtig-moderat	fint	kalket	uregulert	1995-2001, 2003-2004
VÅG	Vågsdalsfjorden	stilleflytende	fint	kalket	regulert	1995-2001, 2003-2004
ÅPÅ1	Åpål	hurtig	grovt	ikke kalket	uregulert	1996-2004
ÅPÅ2	Åpål	stilleflytende	fint	ikke kalket	uregulert	1996-2004
BÅS	Bås	stille-moderat	fint	ikke kalket	uregulert	1995-2004
AUS1	Austadkilen	hurtig	grovt	kalket	uregulert	1997-2001, 2003-2004
AUS2	Austadkilen	stilleflytende	fint	kalket	uregulert	1997-2001, 2003-2004
HOM	Hommedal	stilleflytende	fint	kalket	uregulert	1995-2001, 2003-2004
GAU1	Gauslå	hurtig	grovt	kalket	uregulert	1995-2004
GAU2	Gauslå	stille-moderat	fint	kalket	uregulert	1995-2004
SUN	Sundtjørnfossane	hurtig	grovt	kalket	regulert	1995-2001, 2003-2004
MOL	Mollestad bru	stille-moderat	fint	kalket	regulert	1996-2001, 2003-2004
HER	Herefossfjorden	innsjø	fint	kalket	regulert	1995-2001, 2003-2004
FIN	Finnslandsvatn	innsjø	fint	ikke kalket	uregulert	1995-2001, 2003-2004
MÅR	Mårvatn	innsjø	fint	kalket	uregulert	1995-2001, 2003-2004

Tabell 4. Lokaliteter med registreringer av krypsiv i perioden 1995-1998. Grov karakterisering med hensyn på strømhastighet, substrat, vannkvalitet og reguleringspåvirkning.

kode	Lokalitetsnavn	strømhastighet	substrat	vannkvalitet	regulering	observasjonsår
GAU3	Gauslå bakevje	"innsjø"	fint	ukalket/kalket	uregulert	1995-1998
SUN2	Sundtjørnfossane	"innsjø"	fint	ukalket/kalket	regulert	1995-1998
OGG	Oggevann, Tormodsbukt	innsjø	fint	ukalket/kalket	uregulert	1996-1998
RAM	Ramse	stilleflytende	fint	ikke kalket	uregulert	1995-1996
SVE	Svenes	stilleflytende	fint	ikke kalket	uregulert	1996
HERN	Herefoss nord	stille-moderat	fint-grovt	ikke kalket	uregulert	1996
KJE	Kjærestrøm	hurtig	grovt	ikke kalket	regulert	1996
RUG	Rugsland	stilleflytende	fint	ikke kalket	regulert	1996
RET	rettåna	hurtig-moderat	grovt	ikke kalket	uregulert	1996
TVE	Tveite kirke	stilleflytende	fint	kalket	regulert	1998
RYE	Ryen	stilleflytende	fint	kalket	regulert	1998



Figur 2. Kart over Tovdalsvassdraget. Lokalteter med krypsiv-registreringer i perioden 1995-2004 som er med i dagens kalkingsovervåking, er markert.

3.2 Metoder

3.2.1 Krypsivregistreringer

I ulike prosjekter er krypsivregistreringer gjort på forskjellige måter alt etter ønsket målsetning og detaljeringsgrad. I denne sammenstillingen er det brukt data generert gjennom 3 forskjellige metoder:

Forekomst etter semikvantitativ 5-delt skala.

Denne metoden blir bl.a. brukt i kalkingsovervåkingen og baserer seg på en delvis subjektiv vurdering av mengden av ulike arter på en lokalitet. En lokalitet kan være et avgrenset område i en elv eller innsjø. For å gi et kvantitativt inntrykk av forekomsten av en art, i dette tilfellet krypsiv, benytter man

en 5-delt skala hvor 1 = sjelden (mindre enn 5 eksemplarer), 2 = spredt, 3 = vanlig, 4 = lokalt dominerende og 5 = dominerende på store deler av lokaliteten (dvs. > 50 % dekning). Dette er en forholdsvis grov skala, men skiller likevel bra på nivåene "lite" og "mye" og kan brukes til å dokumentere tidsutvikling der det er større forskjeller og man har årlige observasjoner over flere år.

Arealdekning registrert ved undervannsfotografering.

Dette er en mer ressurskrevende metode, men kan til gjengjeld dokumentere endringer over tid på en mer nøyaktig måte. Det tas bilder av elvebunn og innsjøbunn i faste transekter eller ruter i dybdeintervannet 0,3-1,2 meter. Hvert bilde dekker et areal på 0,12 m². I enkelte tilfeller blir det også tatt et større antall bilder tilfeldig innenfor et avgrenset område, såkalt random fotografering. Metoden er sårbar i forhold til variabel vannføring på den måten at ekstremt lavvannsperioder og flomperioder vil oppfattes som dårlige observasjonsforhold på enkelte lokaliteter, siden det kan gjøre faste transekter "utilgjengelig". I de fleste tilfeller vil imidlertid stasjonsområdet være tilgjengelig ved bruk av random fotografering.

En analyse av bildene gir informasjon om dekningsgrad, forholdet spredt – dominerende forekomst og hastighet på tilvekstprosesser. I denne sammenstillingen er det beregnet midlere dekningsgrad av krypsiv basert på alle bilder pr. lokalitet pr. tidspunkt. Det er også beregnet fordelingen av dekningsgrader av krypsiv pr. bilde fordelt på intervallene < 1%, 1-10%, 10-25%, 25-50% og > 50% dekning.

Årsskudd lengdevekst.

Krypsiv danner ofte utløpere fra rosettplanter som vi kaller årsskudd. Lengden av årsskudd sier noe om vekstforholdene på lokaliteten der krypsiv vokser. For å få et mål på årstilvekst i krypsivbestander, kan en ta prøver av de lengste årsskuddene i bestanden på lokaliteten og måle disse. Materialet fra Tovdalsvassdraget er basert på middelerverdier av de 10 lengste årsskudd innsamlet på hver lokalitet. Metoden innehar en viss grad av subjektivitet da det i enkelte tilfeller kan være vanskelig å vite om man har funnet de lengste årsskuddene på spesielt større lokaliteter. Det kommer også en faktor inn i forhold til alder på bestandene som i enkelte tilfeller kan være vanskelig å bestemme. Erfaringer så langt viser likevel at årsskuddene i mange tilfeller kan gi god indikasjon på vekstforholdene.

3.2.2 Statistiske trend-analyser.

For å vurdere eventuelle trender i vekst av krypsiv på et utvalg av elvelokaliteter, samt trender i de ulike miljøvariabler, er det benyttet en ikkeparametrisk Mann-Kendall Test (Mann 1945, Kendall 1975). Denne statistiske testen undersøker tilstedeværelsen av en monoton økende eller avtagende trend og beregner et Sen's slope estimat for en eventuell lineær trend basert på årlige verdier (Sen 1968). Sen's slope tolkes akkurat på samme måte som et stigningstall i vanlig regresjon. Mann-Kendall testen krever minst 4 observasjoner, noe som gjør at en del lokaliteter ikke kan testes for trend. Likeledes kreves det minimum 10 observasjoner i en tidsserie for å beregne konfidensintervaller for Sen's slope estimatet. Signifikansnivå for trend/ ikke trend er satt til 0,05 %. For å teste om signifikante trender i dekningsgrad av krypsiv på enkelte lokaliteter kan forklares ved hjelp av trender i ulike miljøvariabler har man benyttet en såkalt partial Mann-Kendall test (PMK-test) (Libiseller & Grimvall 2002). Signifikansnivået er de samme som nevnt ovenfor.

I fremstillingen av miljøvariable/ faktorer er det benyttet min-, maks-, middel- og median-verdier for vanntemperatur (T) og døgnmiddelvannføringer (Q) for de enkelte år. I tilfellet vannføring er det også beregnet signifikant vannføring som per definisjon er middeler verdien av de 1/3 største vannføringer innenfor en definert periode; i dette tilfellet et år. Signifikant vannføring kan brukes som et mål på hydraulisk belastning og erosjonstrykk på bestandene av krypsiv i de enkelte vassdragsavsnitt.

4. Vekst av krypsiv i Tovdalsvassdraget

4.1 Observert vekst på enkeltlokaliteter i perioden 1995-2004

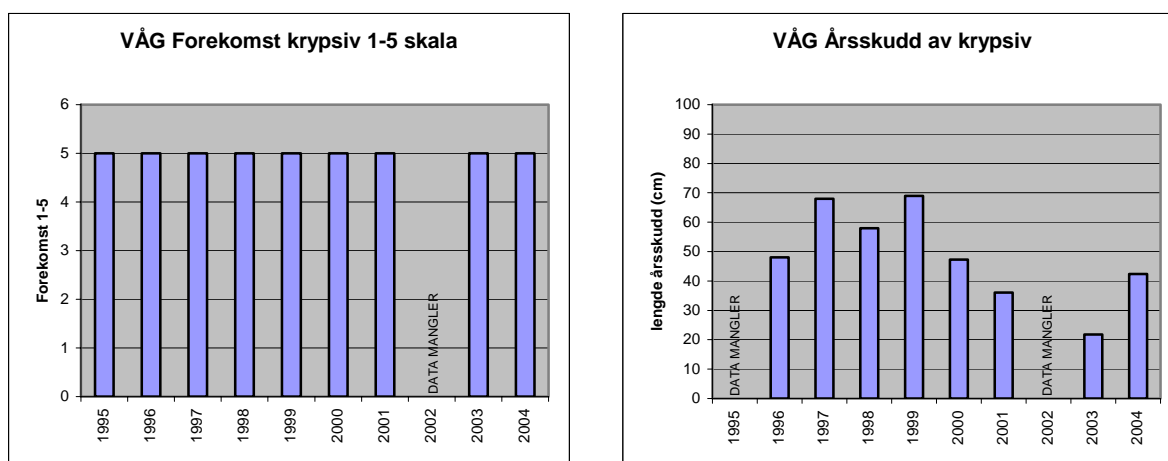
I dette kapitlet er det gjort en samlet fremstilling av de overvåkingsdata som finnes på krypsiv på de enkelte lokaliteter i Tovdalsvassdraget. Det er i første omgang satset på de lokaliteter hvor det finnes tidsserier. Lokaliteter med bare en til fire registreringer er tatt med i kapitlet øvrige lokaliteter. Omfanget av registreringer har vært noe varierende avhengig av type lokalitet. På de fleste lokaliteter med tidsserier er det et semikvantitativt mål på forekomst av krypsiv basert på en 5-delt skala og lengdemål på årsskudd av krypsiv. Bare noen lokaliteter har fotoregistrering i tillegg.

4.1.1 Elvelokaliteter

Vågsdalsfjorden (VÅG).

Lokaliteten i Vågsdalsfjorden ligger i et område med sand-substrat og er på grensen mellom en innsjølokalitet og stilleflytende elvelokalitet. Siden det som regel har vært svak strøm i vannet under de fleste registreringer, er det naturlig å regne den som representativ for en stilleflytende elvestrekning. Lokaliteten er påvirket av reguleringene i forbindelse med Hanefossen kraftstasjon og av kalking fra senhøsten 1996. Da lokaliteten ble etablert i 1995 var det store bestander av krypsiv i og nær overflaten og må betegnes som et typisk problemvekstområde. Denne situasjonen har vedvart i hele perioden selv om ikke krypsivet har vært i overflaten alle år pga variabel vannstand (**Figur 3**). Ser en på lengdevekst av årsskudd har denne variert noe og synes å ha hatt en relativt gunstig periode i årene 1997-1999 sammenlignet med de senere år.

Lokaliteten i Vågsdalsfjorden synes å være et eksempel på et type-område som har hatt miljøforhold til å gi problemvekst av krypsiv i hele perioden.



Figur 3. Lokalitet VÅG Vågsdalsfjorden. Forekomst av krypsiv basert på 1-5 skala og lengdevekst av årsskudd av krypsiv i perioden 1995-2004.

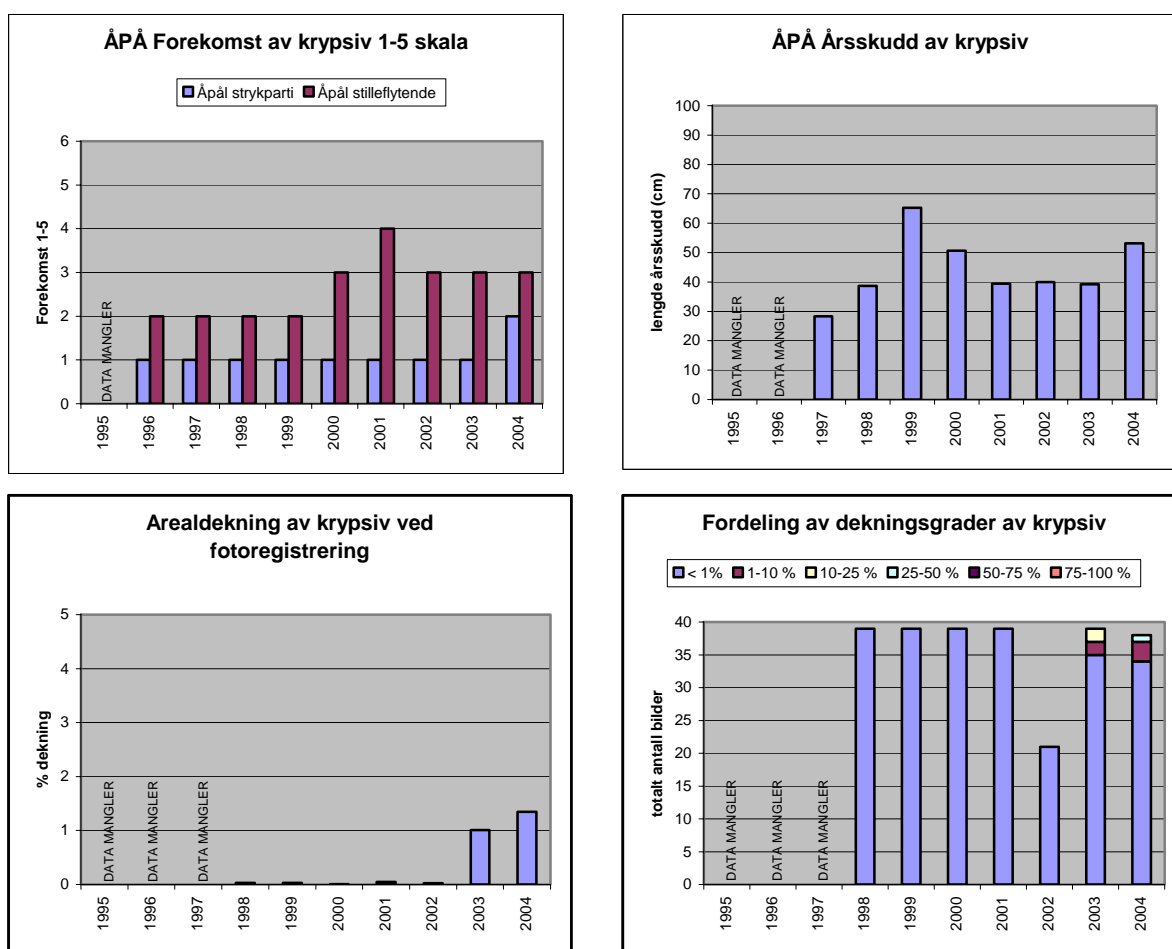
Åpål (ÅPÅ).

Lokaliteten ved Åpål består av to delområder; et hurtigstrømmende parti med dominans av stor stein og et stilleflytende parti dominert av sand og grus. Lokaliteten er upåvirket av kalking og er referanse for kalkpåvirkede lokaliteter nedstrøms. I det stilleflytende området vokste krypsiv spredt da lokaliteten ble etablert i 1996 (**Figur 4**). I perioden 1999-2001 ble det registrert en gradvis økning i forekomst med en foreløpig topp i 2001. Etter dette har forekomsten av krypsiv stabilisert seg på et

nivå med noe større forekomst enn da registreringene startet, men så langt ikke problemvekstnivå. Lengdevekst av årsskudd hadde en topp i perioden 1999-2000 i samme periode med økning i forekomst (**Figur 4**). Etter dette har veksten i årsskudd avtatt noe med unntak av 2004 som igjen viste relativt bedre vekst enn foregående år.

I strykpartiet med hurtigstrømmende vann har det i hele perioden vært lite krypsiv og da bare enkeltstående rosetter. Fotoregistreringene gjort i dette området viser klart dominans av bilder uten krypsiv (dekning < 1 %). Først i 2003 og 2004 er det kommet inn noen flere krypsivplanter som gir en liten økning både målt som forekomst og arealdekning. Økningen er foreløpig svært liten men samtidig påvisbar.

Åpål synes å representere et område som har fått økt forekomst av krypsiv på stilleflytende områder i perioden 1995-2004. Hurtigstrømmende område har lenge vært stabilt med svært lite krypsiv, men kan synes å ha fått en liten økning de siste to år.



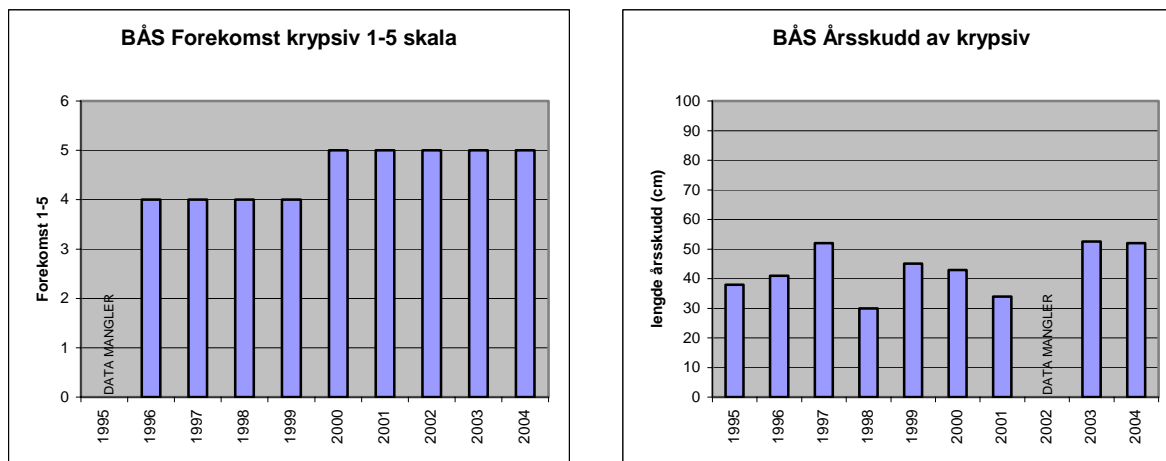
Figur 4. Lokalitet ÅPÅ Åpål. Forekomst av krypsiv basert på 1-5 skala, lengdevekst av årsskudd av krypsiv og arealdekning av krypsiv registrert ved undervannsfotografering i perioden 1995-2004.

Bås bru (BÅS).

Lokaliteten ved Bås bru representerer et parti med noe stilleflytende til mer moderat strømhastighet. Substratet består av en blanding av sand, grus og små stein. Lokaliteten er upåvirket av kalking og er referanse for kalkpåvirkede lokaliteter nedstrøms. Allerede ved etableringen i 1996 var krypsiv godt etablert med lokalt dominerende bestander. Denne tilstanden har vedvart og de senere år har krypsiv

ekspandert ytterligere og dominerer nå store deler av lokaliteten (**Figur 5**). Til tross for problemvekstnivåer på utbredelsen, har ikke krypsivet kommet til overflaten over store arealer ved normal vannføring. Dette fordi strømhastigheten gjennomgående er litt for høy til at plantene med letthet kan nå overflaten. Krypsiv har mer vekst som sammenhengende tepper på bunnen. Vekstmålinger av årsskudd som er tatt i det mest stilleflytende partiet, viser noe variasjon fra år til år, men ingen år med spesielt god vekst.

Lokaliteten ved Bås er representativ for et område som i hele perioden har hatt store forekomster av krypsivmatter på bunnen i moderat strømsterke partier.



Figur 5. Lokalitet BÅS Bås bru. Forekomst av krypsiv basert på 1-5 skala og lengdevekst av årsskudd av krypsiv i perioden 1995-2004.

Austadkilen (AUS).

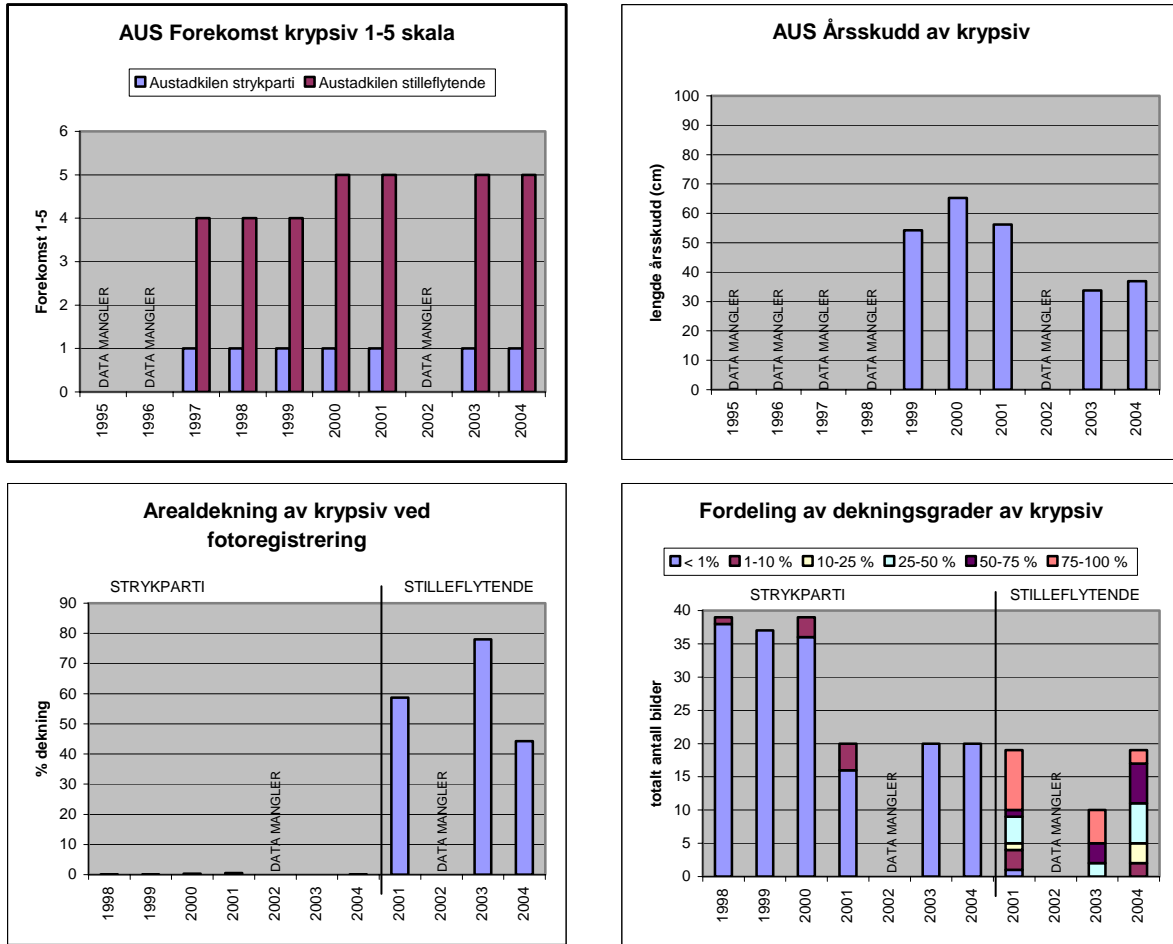
Lokaliteten ved Austadkilen er delt i et strykparti med grovt storsteinet substrat og et stilleflytende parti med sand og grus og etter hvert noe kalkavleiring fra dosereren på Bås. Fotoregistreringen startet i 1998 i strykpartiet og i 2001 på det stilleflytende partiet. I strykpartiet har krypsiv opptrådt svært beskjedent i hele perioden (**Figur 6**). I de få tilfeller hvor den er registrert er det kun som drivmateriale eller små rosetter som ikke har kunnet finne permanente feste for røtter. I det stilleflytende partiet har krypsiv hatt stor forekomst i hele perioden og i tillegg økt noe i utbredelse etter 1999. Til tross for noe økt utbredelse har det blitt målt kortere årsskudd i siste del av perioden.

Lokaliteten ved Austadkilen er representativ for en hurtigstrømmende lokalitet hvor substrat og strømhastighet har hindret krypsiv i å etablere seg. Likeså er det stilleflytende partiet et eksempel på et området med stor dominans av krypsiv i hele perioden 1997-2004.

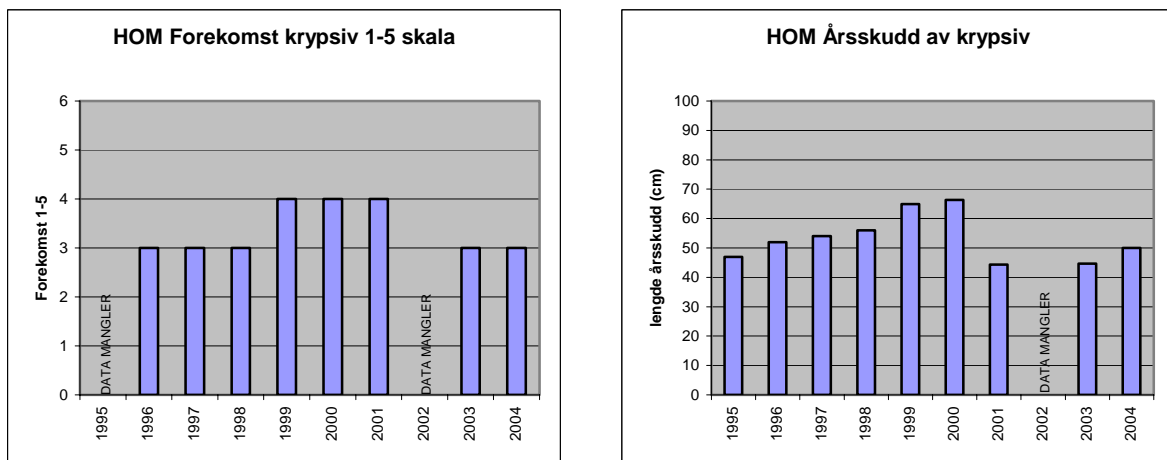
Hommedal (HOM).

Lokaliteten ligger i et stilleflytende område dominert av sand-substrat. Lokaliteten er påvirket av kalking fra senhøsten 1996. Krypsiv var til stede som en vanlig art ved etableringen av lokaliteten og viste noe økt forekomst i perioden 1999-2001 ved å opptre som lokalt dominerende (**Figur 7**). På lav vannføring har det vært bestander i og nær overflaten. Krypsivet har ikke ekspandert videre og har holdt seg på tilnærmet samme nivå i hele perioden. Ser en på lengdeveksten av årsskudd har denne vært stabil og svakt økende i perioden 1995-2000, for deretter å avta noe de senere år.

Lokaliteten ved Hommedal representerer et stilleflytende parti hvor krypsiv har opptrådt relativt stabilt i hele perioden.



Figur 6. Lokalitet AUS Austadkilen. Forekomst av krysiv basert på 1-5 skala, lengdevekst av årskudd av krysiv og arealdekning av krysiv registrert ved undervannsfotografering i perioden 1995-2004.

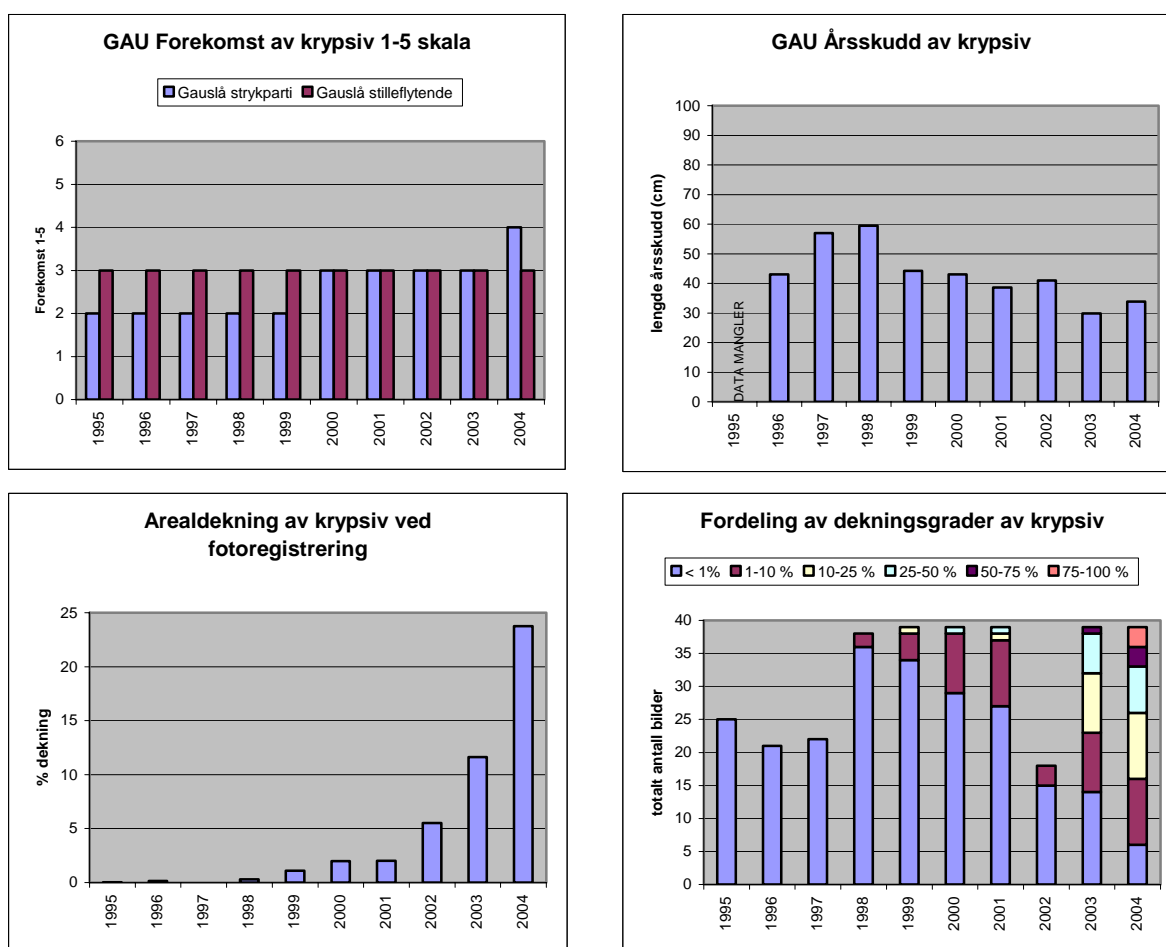


Figur 7. Lokalitet HOM Hommedal. Forekomst av krysiv basert på 1-5 skala og lengdevekst av årskudd av krysiv i perioden 1995-2004.

Gauslå (GAU).

Lokaliteten ved Gauslå er delt i et strykp parti med substrat dominert av stor og mellomstor stein og et stilleflytende parti med små stein, sand og grus. Lokaliteten er påvirket av kalking fra senhøsten 1996. På stilleflytende parti har forekomsten av krypsiv vært stabil i hele perioden 1995-2004 og ikke økt i omfang (**Figur 8**). Lengden av årsskudd viste en topp i 1997 og 1998; de to første årene etter kalkpåvirkning, men har senere blitt gradvis redusert til et minimum for perioden i 2003 og 2004. I strykp partiet vokste krypsivet svært spredt i 1995. Denne situasjonen holdt seg i flere år før en i 1998 begynte å se en økt kolonisering av små rosettplanter og som slo ut på økning i forekomst i 2000. De to siste årene, 2003 og 2004, har det blitt en økt fortetting av rosettplanter som vokser langs bunnen, noe som har gitt tydelig utslag i en sterk økning i arealdekning (**Figur 8**).

Lokaliteten ved Gauslå representerer et stilleflytende parti hvor krypsiv har opptrådt meget stabilt i hele perioden 1995-2004. Lokaliteten representerer også et strykp parti med sterk økt arealutbredelse av krypsiv i perioden 2001-2004.



Figur 8. Lokalitet GAU Gauslå. Forekomst av krypsiv basert på 1-5 skala, lengdevekst av årsskudd av krypsiv og arealdekning av krypsiv registrert ved undervannsfotografering i perioden 1995-2004. (For år 2002 er fotoregistreringen ufullstendig. Arealdekningen er derfor justert i forhold til manuelle registreringer i felt.)

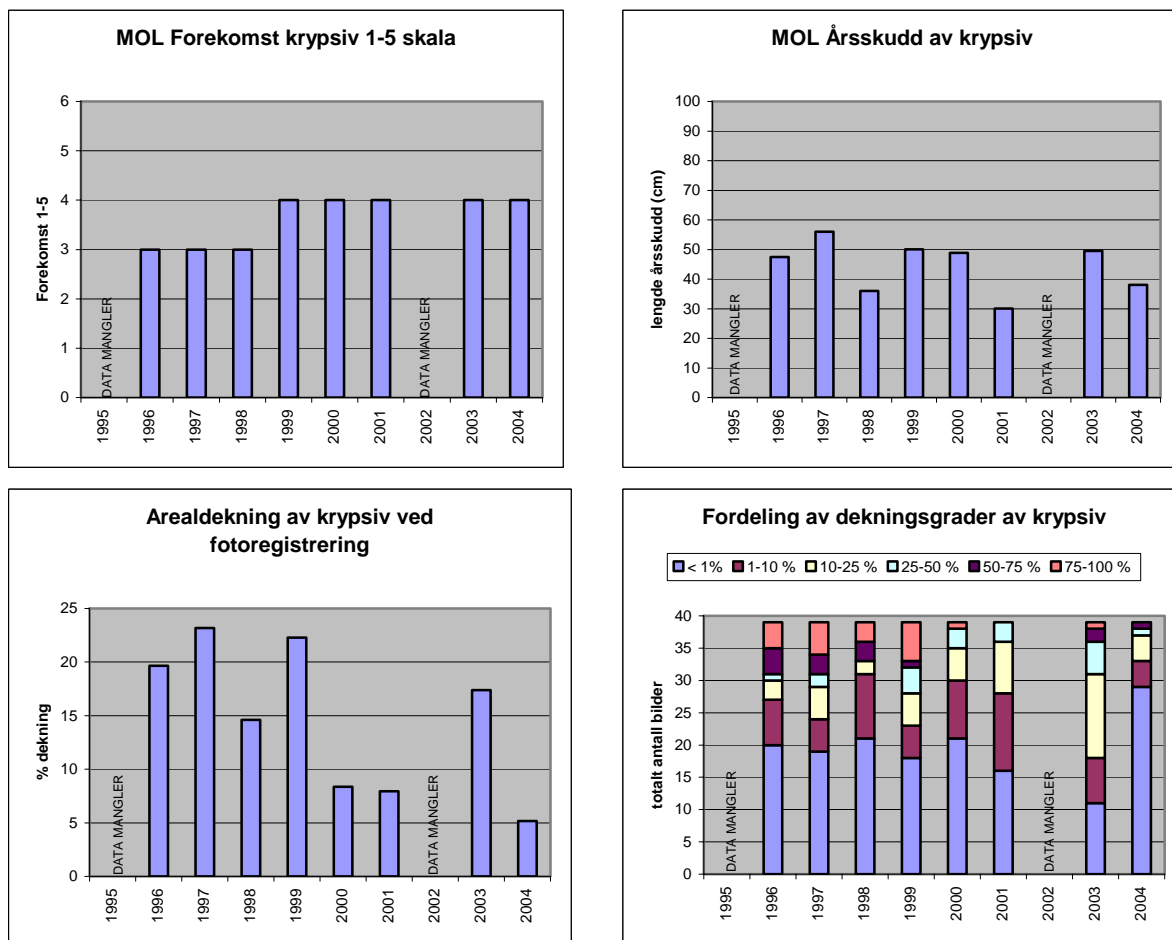
Mollestad bru (MOL).

Lokaliteten ved Mollestad bru representerer et parti med noe stilleflytende til mer moderat strømshastighet. Substratet består av en blanding av sand, grus og små stein. Lokaliteten er påvirket av kalking fra senhøsten 1996. Forekomsten av krypsiv har økt noe fra til å være vanlig til bli lokalt

dominerende siden 1996 (**Figur 9**). Lokaliteten har hatt bestander i og nær overflaten i år der observasjonene er gjort på lav vannføring og har gitt inntrykk av problemvekst. Det er bare i det mest stilleflytende området at bestandene har vist seg i overflaten. Lengden av årsskudd har vist noe år til år variasjon med dårligst utviklede årsskudd i 1998, 2001 og 2004. Ingen år skiller seg ut med spesielt god vekst.

Arealdekning av krypsiv ved fotoregistrering er gjort i området med moderat strømhastighet. Dette området er ikke like godt tilgjengelig på alle vannføringer. Relativt lav arealdekning i årene 2000, 2001 og 2004 skyldes derfor mer at arealet med størst dekning av krypsiv ikke har latt seg fotoregistriere disse årene. Registreringen i 2003 er mer sammenlignbar med første del av perioden. Arealdekningen synes å ha blitt noe redusert. Dette til tross for at antall bilder med krypsiv har økt. Andelen bilder med høy dekningsprosent er imidlertid gått ned, noe som kan indikere en viss erosjon i området. Imidlertid virker området å være av en natur hvor tilvekst og tapsprosesser sørger for en viss år til år variasjon.

Lokaliteten ved Mollestad bru synes representativ for et stilleflytende område med en økt forekomst av krypsiv i perioden. Samtidig representerer den et moderat strømsterkt parti hvor krypsiv har hatt stor forekomst i hele perioden, dog med tegn til noe år til år variasjon.

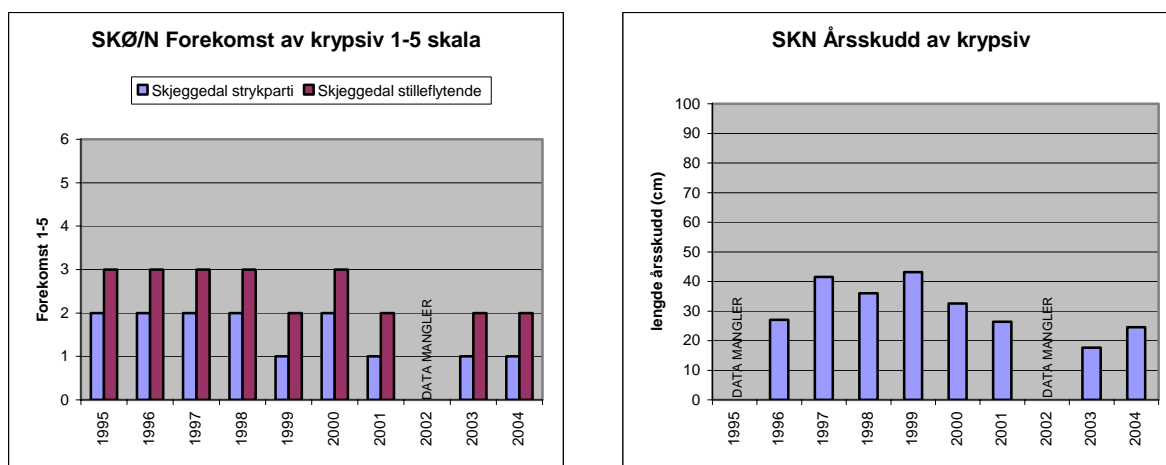


Figur 9. Lokalitet MOL Mollestad bru. Forekomst av krypsiv basert på 1-5 skala, lengdevest av årsskudd av krypsiv og arealdekning av krypsiv registrert ved undervannsfotografering i perioden 1995-2004. For årene 2000, 2001 og 2004 er fotoregistreringen ufullstendig og ikke direkte sammenlignbar med de andre årene.

Skjeggedal (SKØ, SKM).

Skjeggedal er representert med to lokaliteter. SKØ ligger i et strykparti med et substrat dominert av stor stein. Lokaliteten ligger oppstrøms kalkdoserer og er følgelig referanselokalitet i forhold til kalking. Det har i hele perioden vært svært lite krypsiv på denne lokaliteten og målt som forekomst har det vært en liten nedgang (**Figur 10**). SKN ligger ca 1 km nedstrøms kalkdoserer og er følgelig kalkpåvirket fra senhøsten 1996. Substratet på denne lokaliteten er mer dominert av småstein, sand og grus og er moderat til stilleflytende. Det har i hele perioden vært noe mer krypsiv på denne lokaliteten men aldri mye og tendensen de senere år har vært avtagende. Lengdevekst av årsskudd har også vist en redusert tilvekst etter 1999.

Lokalitetene i Skjeggedal er eksempler på områder med grovt og fint substrat hvor krypsiv har gjort lite av seg i hele perioden 1995-2004.

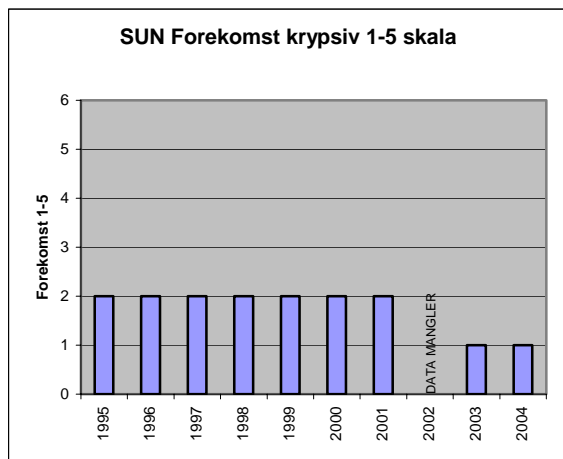


Figur 10. Lokalitetene SKØ og SKN i Skjeggedal. Forekomst av krypsiv basert på 1-5 skala og lengdevekst av årsskudd av krypsiv i perioden 1995-2004.

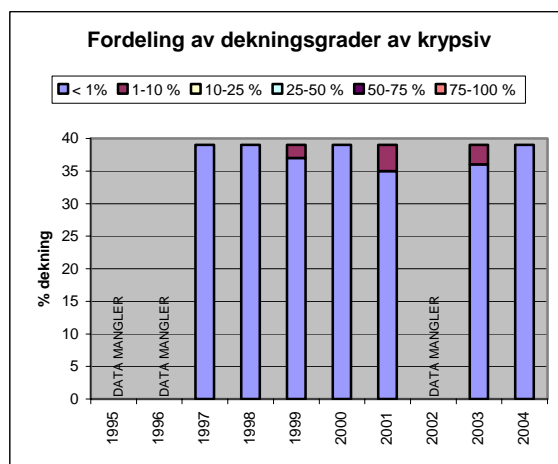
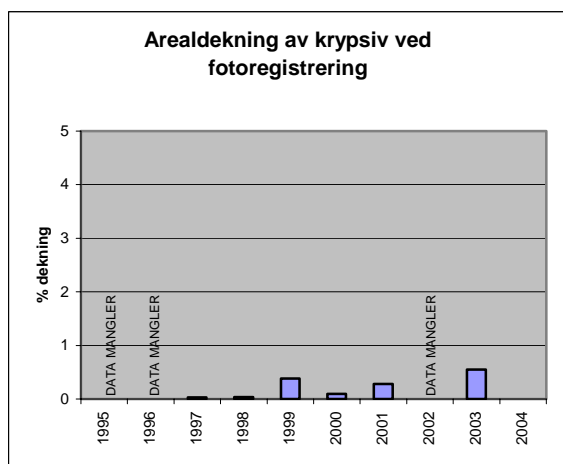
Sundtjørnfossane (SUN).

Lokaliteten ligger i et strykparti dominert av grovt storsteinet substrat nedstrøms kalkdoserer utløp Herefossfjorden. Lokaliteten er påvirket av kalking fra senhøsten 1996. Lokaliteten har i hele perioden hatt liten forekomst av krypsiv (**Figur 11**). Det har aldri vært aktuelt å måle lengdevekst av årsskudd pga lite planter og kun rosettplantevekst. Arealdekningen av krypsiv har vært svært liten, men likevel målbar. Siden lokaliteten har begrenset tilgjengelighet på høy vannføring er ikke alle observasjons-seriene direkte sammenlignbare. 1999 og 2003 kan godt sammenlignes og viser stor grad av stabilitet.

Lokaliteten ved Sundtjørnfossane er representativ for et moderat til hurtigstrømmende parti med grovt substrat hvor krypsiv har hatt liten forekomst i hele perioden 1995-2004.



På denne lokaliteten har det alltid bare vært rosettplanter uten årsskudd.



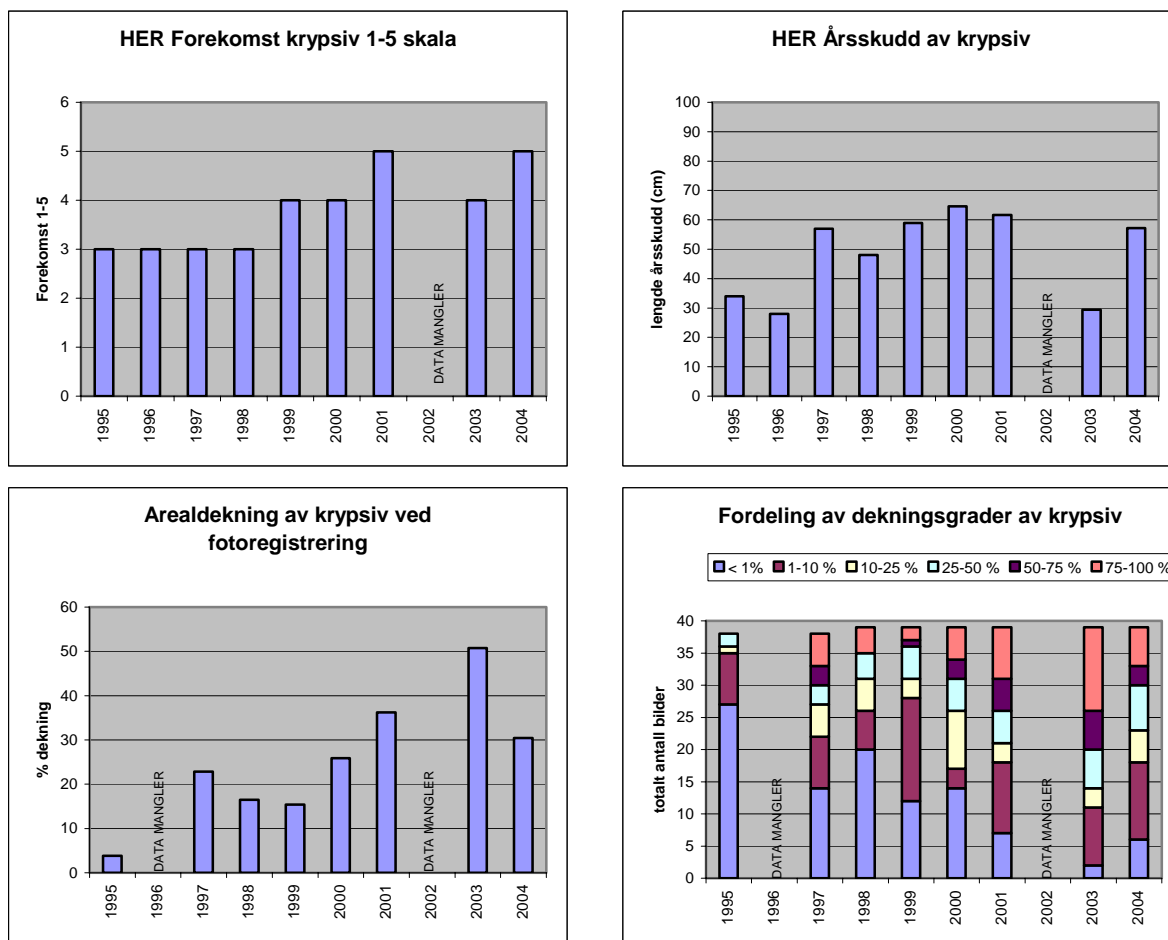
Figur 11. Lokalitet SUN Sundtjørnfossane. Forekomst av krypsiv basert på 1-5 skala, lengdevekst av årsskudd av krypsiv og arealdekning av krypsiv registrert ved undervannsfotografering i perioden 1995-2004.

4.1.2 Innsjølokaliter

Herefossfjorden ved Engebu (HER).

Denne lokaliteten ble valgt fordi den tidligere var brukt i andre vegetasjonsstudier og hadde en del informasjon om bl.a. krypsiv registrert ved undervannsfotografering (Rørslett 1994). Overvåkingen startet i 1995 og har årlige observasjoner med unntak av 2002. Lokaliteten er påvirket av kalking fra senhøsten 1996. Ser en på forekomsten av krypsiv har den variert mellom 3 og 5 basert på den 5-delte skalaen (**Figur 12**). Det har vært en økt forekomst av krypsiv i perioden frem til 2004, men også tegn til noe nedgang i 2003. De lengste årsskuddene er målt i perioden 1997-2001, i samme perioden hvor det er registrert en økt forekomst. Relativt lange årsskudd ble igjen målt i 2004 sammen med en økning i forekomst fra 2003 til 2004. Fotoregistreringen representerer en mindre del av lokaliteten og er direkte knyttet til dekningsgrad på innsjøbunnen. Også her viser dataene en økende arealdekning av krypsiv i perioden (**Figur 12**).

Lokaliteten i Herefossfjorden har i perioden 1995-2004 gått fra en tilstand fra å ha krypsiv som en vanlig art til å ha krypsiv som lokalt dominerende til i enkelte år å kunne dominere store deler av lokaliteten. Enkelte år har det vært store bestander i og nær overflaten. Samtidig har en sett at det kan være svingninger fra år til år.



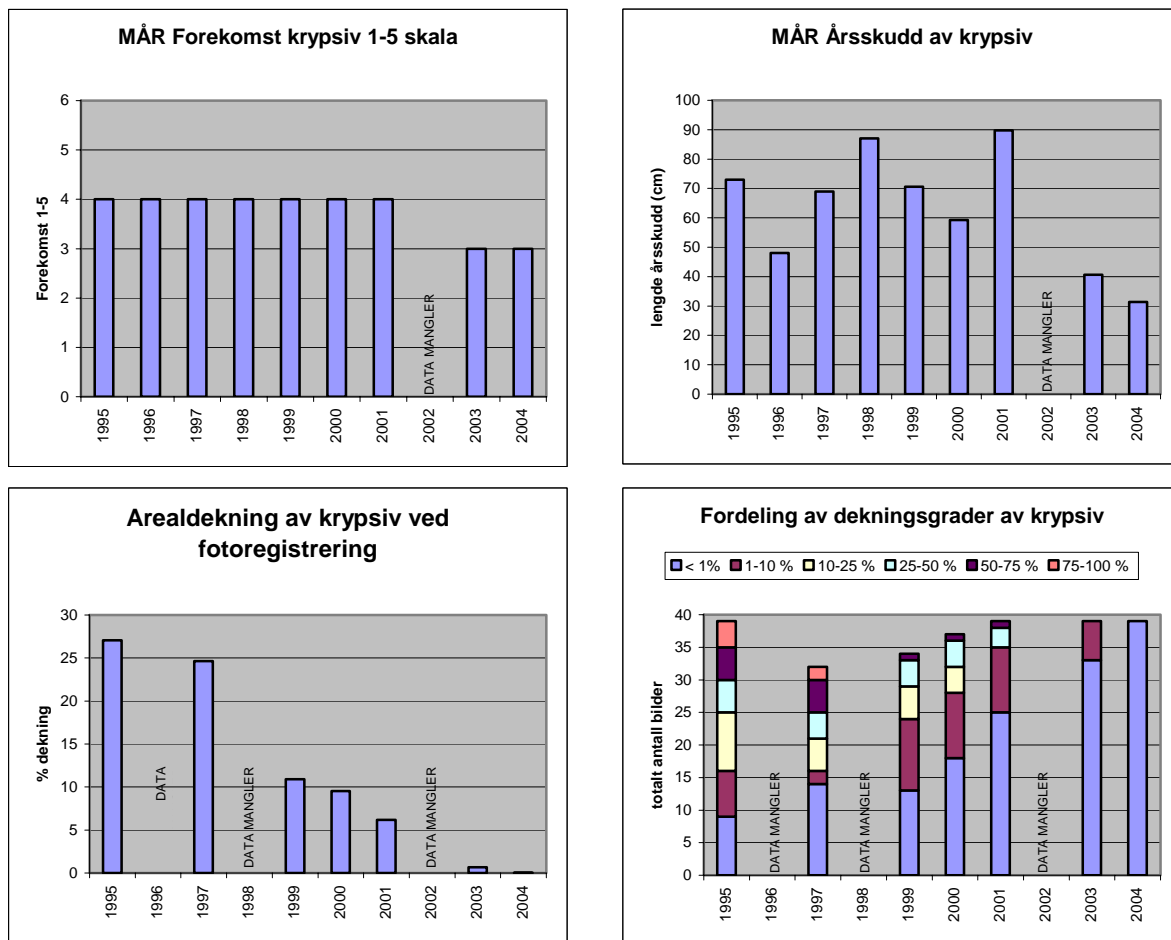
Figur 12. Lokaltet HER Herefossfjorden ved Engebu. Forekomst av krypsiv basert på 1-5 skala, lengdevekst av årsskudd av krypsiv og arealdekning av krypsiv registrert ved undervannsfotografering i perioden 1995-2004.

Mårvatn (MÅR).

Mårvatn er liksom Finnslandsvatn en betydelig mindre innsjø enn Herefossfjorden. Den ble første gang kalket høsten 1998. Overvåkingen startet i 1995 og har årlige observasjoner med unntak av 2002. Da registreringene startet i 1995 var krypsiv lokalt dominerende over store deler av innsjøen og det var store bestander i og nær overflaten. Denne situasjonen holdt seg fram til og med 2001 (**Figur 13**). Etter dette har de store krypsivbestandene gått noe tilbake, og i de senere år har planten ikke blitt registrert med lokalt dominerende bestander. Ser en på veksten av årsskudd viser den noe år til år variasjon med de lengste årsskudd i 1998 og 2001 (**Figur 13**). De korteste årsskudd for hele perioden ble målt i 2003 og 2004.

Lokaliteten for fotoregistrering ble lagt i et område som i 1995 hadde vel 25 % dekning av krypsiv og hvor det var bestander i overflaten (**Figur 13**). Arealdekningen av krypsiv har gått gradvis ned i perioden og var nærmest fraværende i 2003 og 2004. Denne utviklingen er i samsvar med det totale bildet for hele innsjøen.

Mårvatn representerer en innsjø hvor krypsiv over flere år hadde store forekomster, men som i de senere år har vist en tilbakegang.

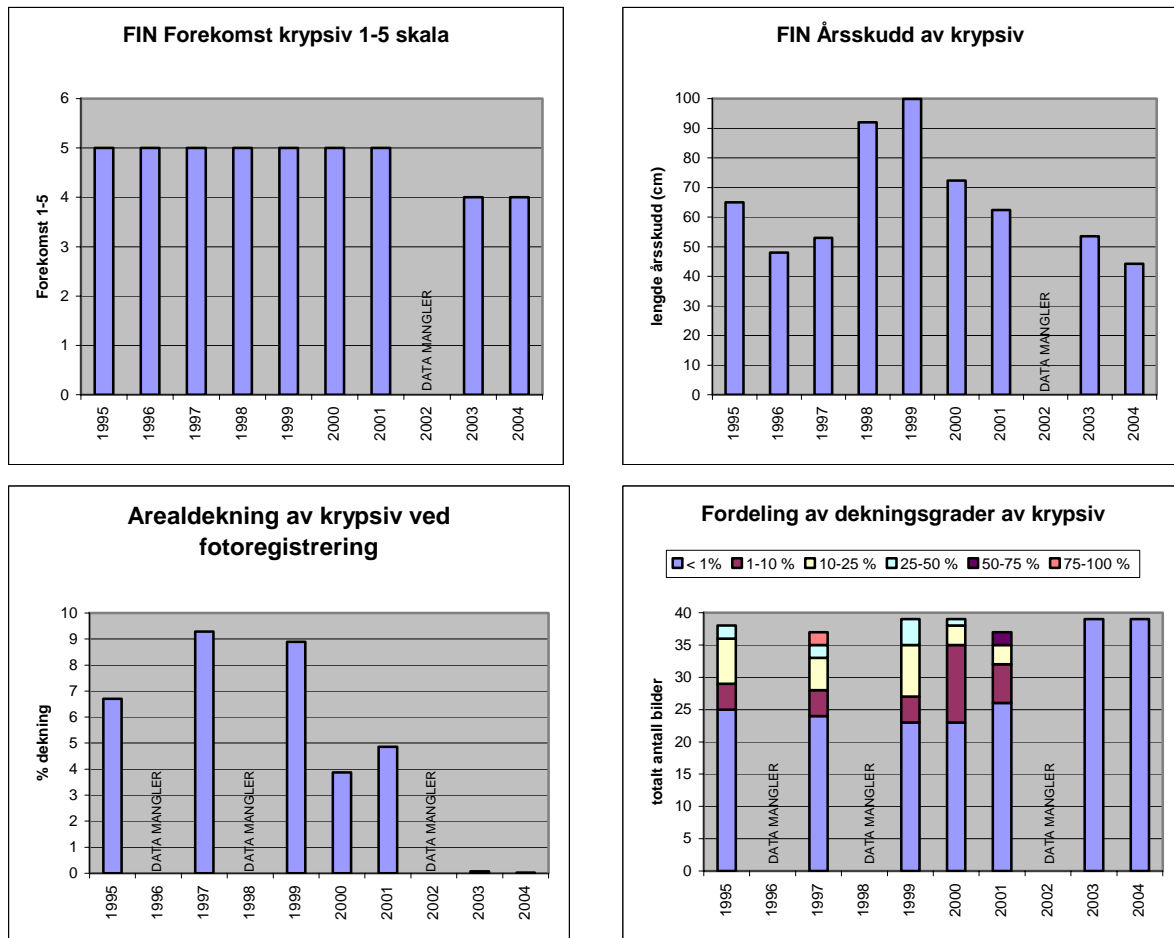


Figur 13. Lokaltet MÅR Mårvatn. Forekomst av krypsiv basert på 1-5 skala, lengdevekst av årsskudd av krypsiv og arealdekning av krypsiv registrert ved undervannsfotografering i perioden 1995-2004.

Finnslandsvatn (FIN).

Finnslandsvatn er en betydelig mindre innsjø enn Herefossfjorden og er upåvirket av kalking. Den har vært en referanse til Mårvatn. Overvåkingen startet i 1995 og har årlige observasjoner med unntak av 2002. Da registreringene startet i 1995 var krypsiv dominerende over store deler av innsjøen og det var store bestander i og nær overflaten. Denne situasjonen holdt seg fram til og med 2001 (**Figur 14**). Etter dette har de store krypsivbestandene gått noe tilbake, men planten er fortsatt lokalt dominerende flere steder i innsjøen. Ser en på veksten av årsskudd, har den variert noe i perioden. Spesielt i årene 1998 og 1999 ble det målt ekstra lange årsskudd (**Figur 14**). Etter dette tidspunkt har årsskudd blitt stadig kortere med de korteste for hele perioden i 2004. Fotoregistreringen representerer også her en avgrenset lokalitet i innsjøen. Lokaliteten ble lagt i et område hvor det i utgangspunktet var lite krypsiv. Fram til 1999 ble det registrert en meget liten økning i dekningsgraden av krypsiv som deretter avtok og var nærmest fraværende i 2003 og 2004. Denne utviklingen er i samsvar med det totale bildet for hele innsjøen.

Finnslandsvatn representerer en innsjø hvor krypsiv over flere år hadde store forekomster, men som i de senere år har vist en tilbakegang.



Figur 14. Lokaltet FIN Finnslandsvatn. Forekomst av krypsiv basert på 1-5 skala, lengdevekst av årskudd av krypsiv og arealdekning av krypsiv registrert ved undervannsfotografering i perioden 1995-2004.

4.1.3 Øvrige lokaliteter

I dette avsnittet er satt sammen data om forekomst av krypsiv på lokaliteter undersøkt i perioden 1995-1998 innenfor prosjektet "Effekter av kalking på biologisk mangfold i Tovdalsvassdraget" (Brandrud m.fl. 1999 og 2000). **Tabell 5** viser en oversikt over i alt 11 lokaliteter som ble undersøkt fra 1 til 4 ganger og hvor det eksisterer et semikvantitativt mål på forekomst av krypsiv basert på en 5-delt skala.

Samlet sett gir disse lokalitetene et inntrykk av at krypsiv var spredt i hele vassdraget og stedvis hadde utviklet problemvekstbestander allerede i 1996, dvs. før oppstart kalking. Problemvekstbestander var knyttet til stilleflytende (innsjøpregede) partier på fint substrat. Grovt substrat i mer hurtigstrømmende områder hadde bare spredte forekomster av krypsiv.

GAU3 Gauslå avsnørt baklone.

Denne lokaliteten ligger like ved dagens overvåkningslokalitet ved Gauslå, men er spesiell ved at den er mer eller mindre avsnørt ved lav vannføring og ellers en typisk bakevje. Fint substrat og stillestående til svak strøm har gitt gode vekstforhold for krypsiv som var stabilt dominerende på store deler av lokaliteten i hele perioden 1995-1998.

Tabell 5. Forekomst av krypsiv på 11 lokaliteter i Tovdalsvassdraget i perioden 1995-1998. Semikvantitativt mål på forekomst av krypsiv basert på en 5-delt skala.

Lokalitetskode:	1995	1996	1997	1998
GAU3 Gauslå avsnørt baklone	5	5	5	5
SUN2 Sundtjørnfossane stille parti	3	3	3	3
OGG Oggevann, Tormodsbukt ved Sørli		4	4	4
RAM Ramse	2	2		
SVE Svenes		4		
HERN Tovdalsgreina før Herefossfjorden		3		
KJÆ Kjærestrom sør for Sennumstad		1		
RUG Rugsland		4		
RET Rettåna ved Fidjetun ut av Oggevann		3		
TVE Tveite kirke				2
RYE Ryen				2

SUN2 Sundtjørnfossane stille parti.

Denne lokaliteten ligger like ved dagens overvåkningslokalitet ved Sundtjørnfossane like nedstrøms Herefossfjorden. Området er spesielt med en dam i et flomløp og er mer innsjøpreget og avsnørt og er ikke en del av elvestrengen. Krypsiv opptrådte med stabile bestander i hele perioden 1995-1998 uten å danne problemvekst.

OGG Oggevann, Tormodsbukt ved Sørli.

Lokaliteten er en av de mange buktene i Oggevann hvor krypsiv har vært lokalt dominerende med bestander i overflaten i perioden 1996-1998.

RAM Ramse.

Sakteflytende innsjøpreget lokalitet og den øverste undersøkte lokaliteten i vassdraget. Lokaliteten hadde bare spredte forekomster av krypsiv i perioden 1995-1996. Lokaliteten ble undersøkt i 1978 (Næss 1983) og hadde tilsynelatende noe større forekomster av krypsiv den gang.

SVE Svenes.

Typisk sakteflytende elvelokalitet med fint substrat. Her dannet krypsiv store bestander i overflaten i 1996 og var lokalt dominerende.

HERN Tovdalsgreina før Herefossfjorden.

Lokaliteten representerer området nedre del av Tovdalsgreina før samløp med Herefossfjorden. Krypsiv var vanlig forekommende i 1996 men det var ikke antydning til problemvekstbestander.

KJÆ Kjærestrom sør for Sennumstad.

Hurtigstrømmende lokalitet med grovt substrat. Krypsiv gjorde svært lite ut av seg, kun rosettplanter i 1996. Samme område ble undersøkt i 1978 (Næss 1983) hvor krypsiv ble angitt å ha sparsom forekomst.

RUG Rugsland.

Sakteflytende parti på fint substrat av sand og grus nedstrøms Flaksvatn. Krypsiv var lokalt dominerende med bestander i overflaten på lav vannføring.

RET Rettåna ved Fidjetun ut av Oggevann.

Hurtigstrømmende parti med grovt substrat hadde bare spredte forekomster av krypsiv i 1996. På mer sakteflytende parti var krypsiv mer vanlig men dannet ikke problemvekstbestander.

TVE Tveite kirke og RYE Ryen.

To sakteflytende lokaliteter med fint substrat i vassdragets nedre deler hvor krypsiv kun hadde spredte rosetter i 1998.

4.2 Tidsutvikling i perioden 1995-2004

Tidsutvikling med hensyn på status for krypsiv er vurdert og satt opp i **Tabell 6**. Når det gjelder krypsiv og tidsutvikling i perioden 1995-2004 er bildet noe varierende i forhold til type lokaliteter.

Tabell 6. Status for krypsiv i perioden 1995-2004 vurdert i forhold til lokalitetstype.

Lokalitetstype:	Status krypsiv:	Lokalitet:
Innsjø stor	økning	HER
Innsjø liten	nedgang	FIN, MÅR
Elv grovt substrat, hurtig strøm	stabilt liten forekomst	SKØ, SKM, ÅPÅ1, AUS1, SUN
Elv grovt substrat, hurtig strøm	økning	GAU1
Elv fint substrat, hurtig-moderat strøm	stabilt liten forekomst	SKN
Elv fint substrat, stille-moderat strøm	stabilt eller svak økning	BÅS, GAU2, MOL
Elv fint substrat, stilleflytende	stabilt eller svak økning	ÅPÅ2, AUS2, HOM, VÅG

Når det gjelder typiske innsjølokaliteter har vi to eksempler på små innsjøer (Finnslandsvatn og Mårvatn), som begge hadde store bestander av krypsiv i 1995 og som holdt seg stabile i flere år, men som klart har fått redusert forekomst av krypsiv spesielt i slutten av perioden (2003 og 2004). Lokaliteten i den betydelig større innsjøen Herefossfjorden, har hatt motsatt utvikling ved at krypsivet har økt i omfang både i arealutbredelse og mektighet. Mens de to små innsjøene begge hadde betydelig innslag av problemvekst i begynnelsen av perioden har denne blitt betydelig redusert, mens perioder med problemvekst er blitt vanlig på lokaliteten i Herefossfjorden.

På hurtigstrømmende elvelokaliteter med grovt substrat var det i begynnelsen av perioden lite krypsiv. Denne situasjonen har holdt seg stabil på samtlige lokaliteter med ett unntak. Lokaliteten ved Gauslå har vist en markert økning i forekomst av krypsiv, spesielt de siste årene, ved at rosetplanter har vokst tettere og medført økt arealdekning.

På elvelokaliteter med finere substrat dominert av sand, grus og små stein og hurtig til moderat strømhastighet, er det registreringer fra bare en lokalitet i Skjeggedal, hvor det i hele perioden har vært stabil liten forekomst uten problemvekst.

På elvelokaliteter med finere substrat dominert av sand og grus og med moderat strøm til stilleflytende partier, har krypsiv holdt seg stabilt eller vist en økt forekomst i perioden. Ingen av lokalitetene har vist redusert forekomst over tid. Blant disse elvelokalitetene finner vi eksempler på områder som allerede i 1995 hadde problemvekstbestander av krypsiv og som senere har opprettholdt denne status. Vi finner også lokaliteter hvor krypsiv var vanlig forekommende, men som i perioden har utviklet seg til å bli lokalt dominerende med problemvekstbestander.

Som en generell oppsummering kan man si at det har vært gode vekstforhold for krypsiv i perioden 1995-2004. På elvelokalitetene har krypsiv vært stabil eller vist økt forekomst. De største forekomster og eksempler på problemvekst, er utviklet på stilleflytende partier på fint substrat. Problemvekst var til stede på flere slike områder i 1995.

4.3 Tidligere registreringer av krypsiv i Tovdalsvassdraget

Før 1995 finnes det sparsomt med informasjon om krypsiv i Tovdalsvassdraget og ingen systematisk registrering i form av overvåkingsaktivitet.

I Næss (1983) finnes det noe data om krypsiv på enkelte elvelokaliteter registrert i 1977-1978. Dette er primært et arbeid om økologiske studier av mosevegetasjon, slik at krypsiv ikke er vektlagt. Siden det var svært liten variasjon mellom mange av de undersøkte lokalitetene, er det bare 8 av de totalt 28 undersøkte lokaliteter som er illustrert med representative transekter for hele vassdraget. Forekomst av krypsiv er notert der planten har vært til stede i 5 av de 8 transektene. Bare en lokalitet hadde vanlig til dominerende forekomst. Denne lokaliteten var noe innsjøpreget med finkornet substrat og liten strømhastighet. Krypsiv ble angitt med sparsom forekomst i transekter med grovt substrat og relativt høyere strømhastighet. Ut fra transektbeskrivelsene kan man konkludere med at krypsiv var utbredt i hele vassdrages hovedstreng i 1977 og at planten var mest utbredt på stilleflytende partier på fint substrat.

Når det gjelder innsjøer har Oggevann vært undersøkt ved flere anledninger. Halvorsen (1977) skrev at krypsiv hadde stor utbredelse i innsjøen i 1975. Denne situasjonen ble bekreftet ved senere undersøkelser både i 1991 (Brandrud og Mjelde 1993) og 1993 (Rørslett 1994), noe som dermed bekrefter at krypsiv har stedvis vært vanlig også i innsjøer i dette vassdraget i lengere tid.

I Rørslett (1994) står det en kortfattet beskrivelse av status for krypsiv i Herefossfjorden basert på registreringer gjort i 1988, 1989 og 1993 bl.a. på lokaliteten ved Engebu (dagens overvåkingslokalitet i Herefossfjorden). "Krypsiv (*Juncus bulbosus*) spiller liten rolle, med unntak for etpar beskyttede bukter i nord". Denne beskrivelsen kan tolkes dithen at krypsiv gjorde lite av seg ved Engebu i perioden 1988-1993 og at det neppe ble observert problemvekst av krypsiv i denne perioden. Når det gjelder buktene i nord kan man tolke utsagnet slik at det har vært observert krypsiv i overflaten i dette tilfellet slik at det i perioden 1988-1993 kan ha vært problemvekstbestander i dette området av Herefossfjorden.

Basert på de få nevnte undersøkelser synes det som om krypsiv med sikkerhet har vært tilstede både i elvestrengen og i innsjøer i Tovdalsvassdraget siden 1975 og med dagens generelle erfaring med planten, trolig lenge før dette.

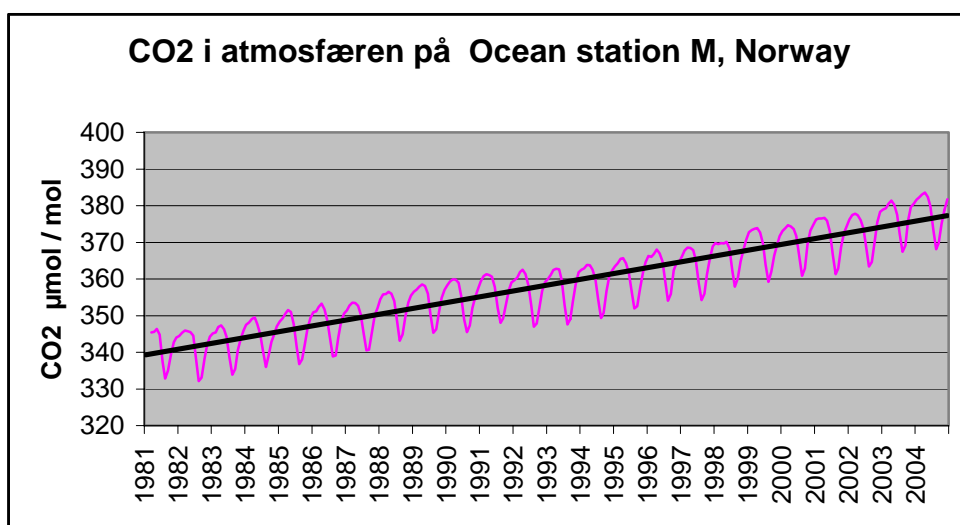
5. Miljøvariable

5.1 Generelle miljøkrav for krypsivvekst

Det er i tidligere rapporter gjort rede for generelle miljøkrav for krypsiv og hvilke miljøforhold som til nå har vist å kunne skape problemvekst (Johansen m.fl. 2000, Hindar m.fl. 2003). For en mer utfyllende oversikt henvises til disse rapporter. Det er ingen tvil om at klima (meteorologiske forhold) er en styrende og avgjørende påvirkningsfaktor for flere av de viktige miljøvariable for krypsivvekst. Dette gjelder både hydrologiske forhold (vannvolum og strømhastighet), vanntemperatur (årstidsvariasjon) og vannkvalitet (konsentrasjoner av esensielle forbindelser til produksjon av nytt plantemateriale). Det er derfor viktig å få en god oversikt over tidsutvikling i de klimatiske forhold i områdene hvor man i dag synes å oppleve en situasjon hvor der er problemer med for mye krypsiv i forhold til tidligere.

5.2 Tidsutvikling klimatiske forhold

Klima er i dag et tema globalt som det forskes mye på i forbindelse med påståtte klimaendringer. Det er nå etter hvert blitt god dokumentasjon på at vi i vårt område er inne i en periode med global oppvarming og økende CO₂ i atmosfæren (**Figur 15**). Modellberegninger har nå vist at økende konsentrasjon av CO₂ i atmosfæren kan ha stor betydning for økosystemer i ferskvann og spesielt for vekst av vannplanter som er tilpasset CO₂ opptak i vannfasen (Schippers m.fl. 2004), noe som er tilfelle for krypsiv. Modellberegninger av fremtidige klimascenarier har også vist at de sørlige og vestlige deler av Norge må forvente mer nedbør og større avrenning i vassdragene vinterstid i forhold til dagens situasjon og at den typiske vårfloppen blir mindre tydelig og erstattet med økt hyppighet av mindre flommer (Kaste m.fl. 2005). Global oppvarming, økende CO₂ i atmosfæren og økt vinteravrenning er alle faktorer som vil virke positivt i forhold til vekst og overlevelse av krypsiv på Sørlandet.



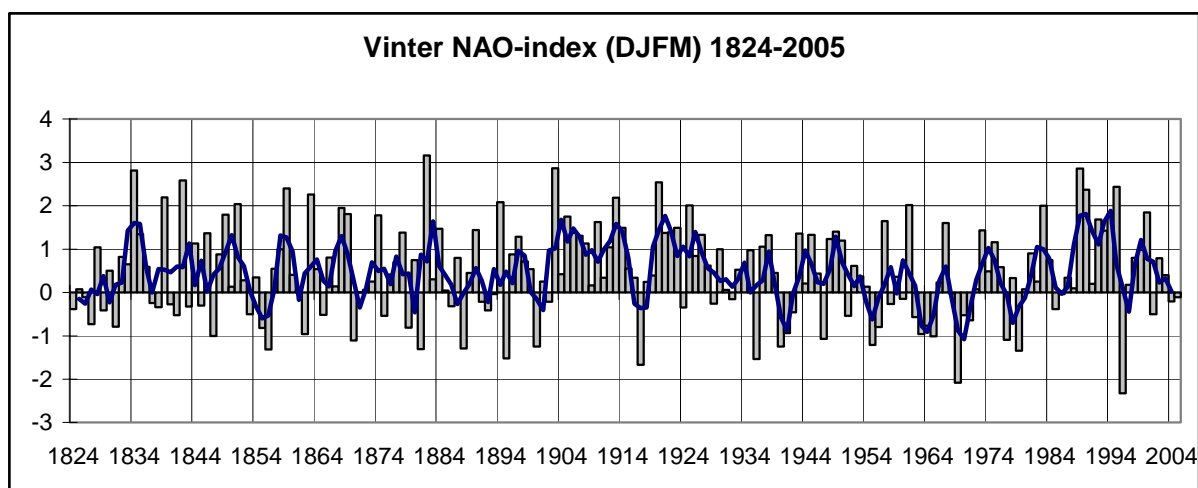
Figur 15. CO₂ konsentrasjon i atmosfæren på en overvåkingsstasjon i havet vest for Norge i perioden 1981-2004. Kilde: NOAA ESRL 2006. URL: <http://cmdl.noaa.gov/ccgg/iadv/>.

I de senere år har man begynt å se på sammenhenger mellom klimatiske mønstre over lengere tid og respons i vann og vassdrag. Nylig ble variasjoner i klimatiske faktorer vist å gi et viktig bidrag til å forklare de store variasjonene i årsklassestyrke hos ørret og dermed fisket på Hardangervidda, som er beskrevet i tidligere tider og som er blitt observert de siste årene (Rognerud m.fl. 2003). I et annet prosjekt er det påvist en klar sammenheng mellom sjøsaltdeposisjon, sjøsaltepisoder i vassdrag på Vestlandet og i Nord-Trøndelag og NAO-indeksen (den nordatlantiske svingning) (Hindar m.fl. 2002). I dette arbeidet har man koblet tidsserier med vannkjemidata fra begynnelsen av 80-tallet og frem til 2001 med NAO vinter-indeksen.

Det nordatlantiske atmosfæriske sirkulasjonsmønster eller den nordatlantiske svingning (NAO) er sterkt assosiert med værforholdene i Europa (Osborn et al. 1998; Marshall et al. 2001). Svingningens styrke uttrykkes ved NAO-indeksen (North Atlantic Oscillation Index; Hurrell 1995; Marshall et al. 2001), og den er basert på forskjell i lufttrykk målt ved havnivå mellom det nordlige (Island) og noe sørligere (Azorene) Atlanterhavet. Høye positive verdier i høst- og vintermånedene, dvs. unormalt lavt trykk ved Island og høyt ved Azorene, framkaller kraftige vestlige vinder, frontnedbør og relativt høye temperaturer over blant annet Storbritannia og Skandinavia. Samtidig observeres kaldt og tørt vær i Middelhavsområdet. NAOI er derfor også assosiert med en rekke ulike effekter, fra fylling av reguleringsmagasiner/strømforbruk i Norge, via størrelsen på olivenavlinger i Middelhavsområdet til

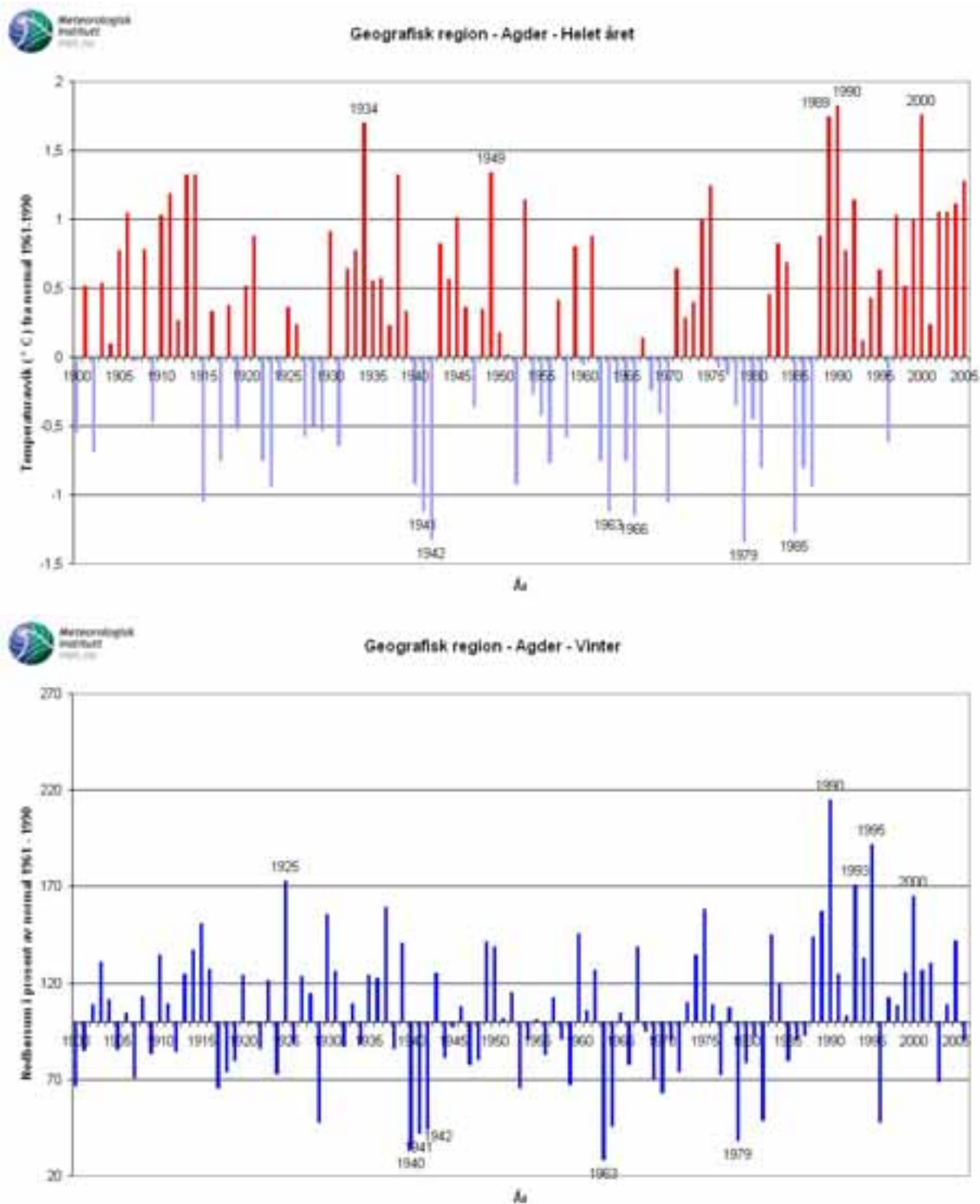
økologiske effekter (se f.eks. Stenseth et al. 2002). Det er sterke korrelasjoner mellom NAOI og ulike effekter både i Storbritannia/Skandinavia og Nord-Amerika.

NAO-indeksen er interessant også i forhold til krypsiv og ble da også benyttet som den viktigste klimamiljøvariabel i en ordinasjonsanalyse mellom krypsiv og miljøvariabler, siden den viste seg å ha høy korrelasjon med bl.a. vintermiddeltemperatur, vinternedbør og snødekke (Hindar m.fl. 2002). I **Figur 16** er satt opp vinter NAO-indeksen som representerer månedene desember – mars, helt tilbake til 1824. Indeksen viser klare år til år variasjoner, men det går også fram at det har vært perioder hvor det flere år på rad har vært høye positive indeksverdier. I den senere tid dreier dette seg om periodene 1989-1995 og 1997-2000 avbrutt av den kalde vinteren 1996. Disse periodene dekker det tidsrommet da det ble dokumentert økende krypsivvekst flere steder i sørlandsvassdragene. Man må tilbake til årene 1903-1930 for å finne tilsvarende lange sammenhengende perioder med høye positive indeksverdier. Ut fra krypsivregistreringene på slutten av 80-tallet og frem til i dag kan man godt tenke seg at det har vært gunstige forhold for krypsivvekst også i tidligere tider, men at man må et stykke tilbake i tid og gjerne så langt tilbake at det ikke finnes god dokumentasjon på de botaniske forhold i vassdragene på Sørlandet.



Figur 16. NAO-index for vinterperioden desember-mars (DJFM) for årene 1824-2005.

Andre klimatiske forhold er illustrert i **Figur 17**. Fra slutten på 80-tallet har det vært en klar dominans av høyere årsmiddeltemperatur enn normalen. Likeså er det en klar tendens til relativt høy vinternedbør i den samme perioden. Samlet sett synes det derfor å være en klar dokumentasjon på at vi nå er inne i en klimatisk gunstig periode for vekst av krypsiv.



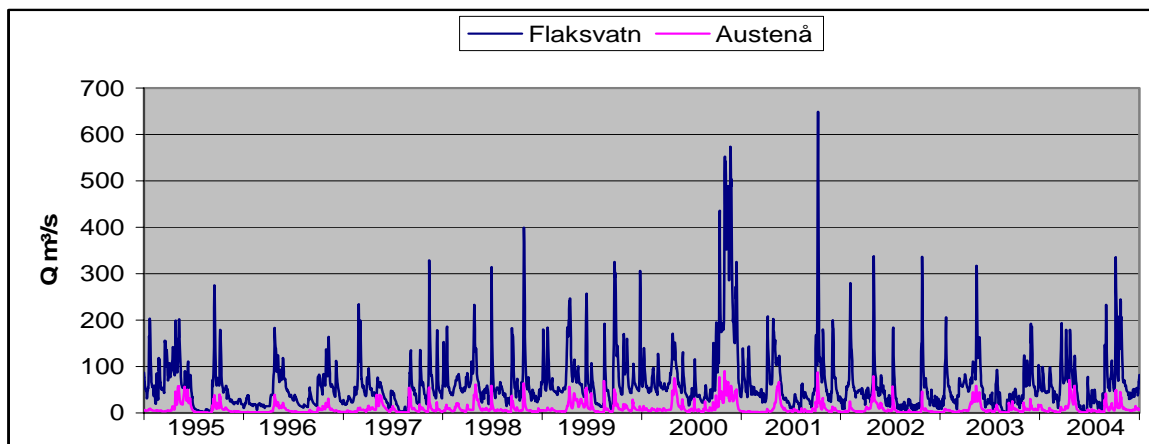
Figur 17. Klima i Agder-regionen i perioden 1900-2005. Øverst: avvik i årsmiddeltemperatur i forhold til normalperioden 1961-1990. Nederst: nedbørsum for vinterperioden desember-februar i prosent av normalen for perioden 1961-1990. Data fra Meteorologisk institutt, URL: <http://met.no>.

5.3 Tidsutvikling i ulike miljøvariable viktig for krypsivvekst

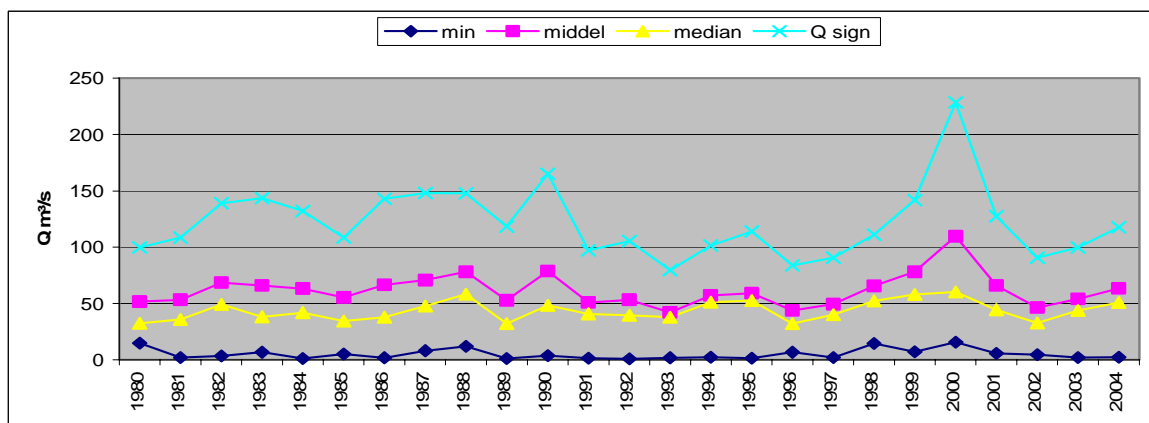
I forbindelse med prosjektet "Vekst av krypsiv i elver" under NVEs FoU-program Miljøbasert vannføring, ble ulike miljøvariable for Tovdalsvassdraget samlet og illustrert (Johansen 2006). Det ble også foretatt trendanalyser for flere parametre i forhold til perioden 1980-2004 og perioden 1995-2004 med registreringer av krypsiv. I de følgende avsnitt er hovedtrekkene i vannføringsregimet, vanntemperatur og vannkvalitet fremstilt.

5.3.1 Hydrologi

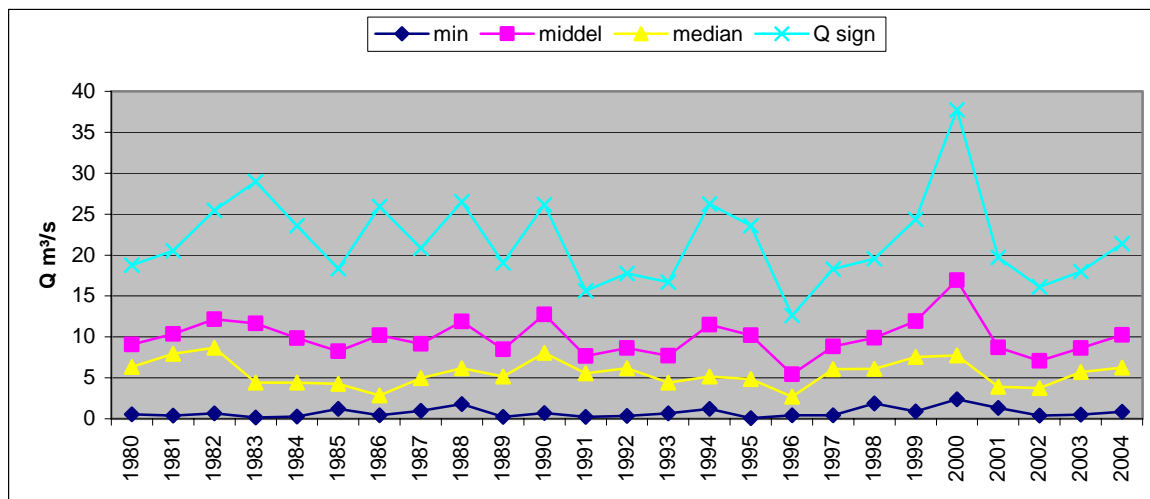
Det hydrologiske regimet i Tovdalselva er illustrert i **Figur 18** ved døgnmiddelvannføringer ved Austenå og Flaksvatn i perioden med krypsivregistreringer. Austenå representerer uregulert tilstand i de øvre deler av vassdraget, mens Flaksvatn representerer de nedre deler av vassdraget hvor også vann fra den regulerte Uldalsgreina inngår. Det har vært to store flommer i perioden, høsten 2000 og 2001. Variasjonen i vannføring er generelt stor gjennom året. Tidsutvikling i vannføringen ved Flaksvatn og Austenå er fremstilt i **Figur 19** og **Figur 20**. Det ble ikke funnet noen signifikant økende eller avtagende trend i de årlige minimums- eller maksimums-vannføringer, samt middel, median og signifikant vannføring på noen av de to målestasjonene for måleperioden 1980-2004. For perioden 1995-2004 med krypsivregistreringer ble det heller ikke funnet signifikante trender i noen av parametrene. I deler av denne perioden 1996-2000 var det imidlertid en jevn økning i årlig middelvannføring og signifikant vannføring, samt relativt høyere årlig minimumsvannføring. Dette kan generelt ha vært en gunstig periode for etablering, vekst og overlevelse av krypsiv i vassdraget.



Figur 18. Døgnmiddelvannføring i Tovdalselva målt ved Austenå og Flaksvatn i perioden 1995-2004.



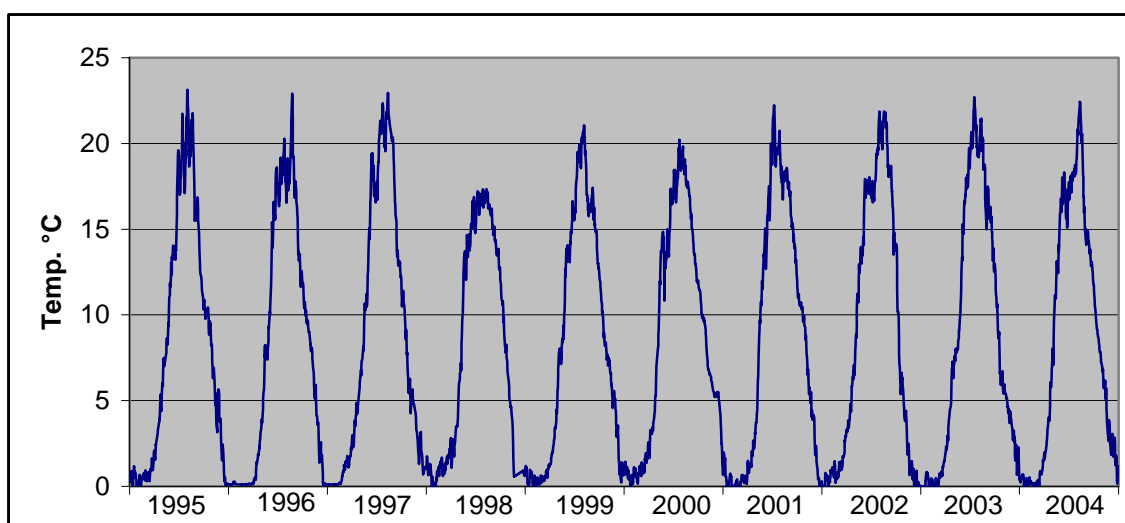
Figur 19. Tidsutvikling for vannføringsparametre i Tovdalselva ved Flaksvatn i perioden 1980-2004. Årlige minimums, middel og median vannføringer samt beregnet signifikant vannføring.



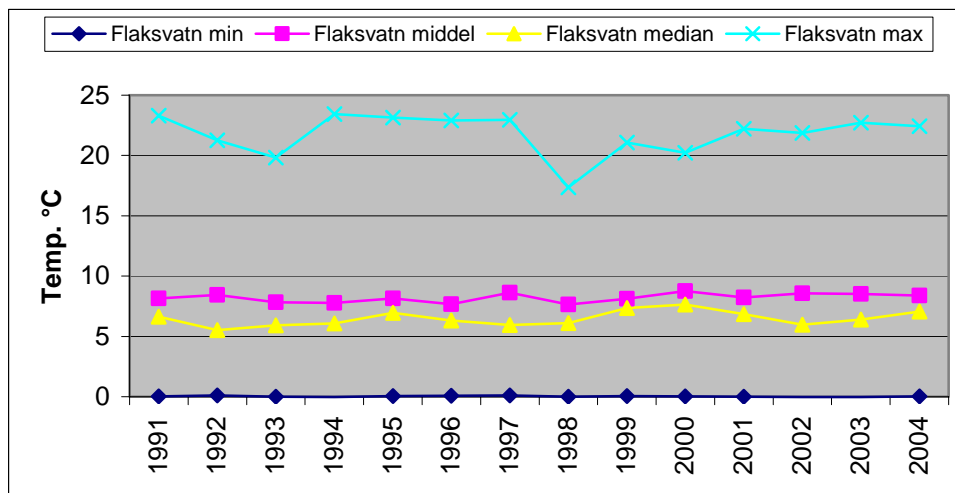
Figur 20. Tidsutvikling for vannføringsparametre i Tovdalselva ved Austenå i perioden 1980-2004. Årlige minimums, middel og median vannføringer samt beregnet signifikant vannføring.

5.3.2 Vanntemperatur

Temperatur regimet i Tovdalselva målt i nedre deler ved Flaksvatn er illustrert i **Figur 21** ved døgnmiddeltemperaturer i perioden med krypsivregistreringer. Vintertemperaturen har hvert år kommet ned mot 0°C, men varigheten av perioden med så lav temperatur har variert. Vintrene 1996 og 1997 synes å være de siste vintrene med relativt lange kuldeperioder og dermed mulighet for isdannelse. Tidsutvikling i vanntemperatur er fremstilt i **Figur 22**. For perioden 1991-2004 er det funnet en signifikant ($p < 0,05$) økning i median-temperaturen for vekstsesongen mai-november men ingen signifikante trender i årlige min, middel, median eller maksimums-temperaturer. For perioden med krypsivregistreringer 1995-2004 er det funnet en signifikant ($p < 0,05$) økning i middel-temperaturen på våren og for vekstsesongen mai-november. Det er da også en svak men ikke signifikant økning i den årlige graddagssum i perioden. Dette kan tyde på at det temperaturmessig har blitt noe gunstigere vekstsesonger for krypsiv.



Figur 21. Døgnmiddeltemperatur i Tovdalselva ved Flaksvatn i perioden 1995-2004 med krypsivregistreringer.



Figur 22. Tidsutvikling i vanntemperaturen i Tovdalselva for perioden 1991-2004. Årlige minimums-, maksimums-, middel- og median-verdier.

5.3.3 Vannkvalitet

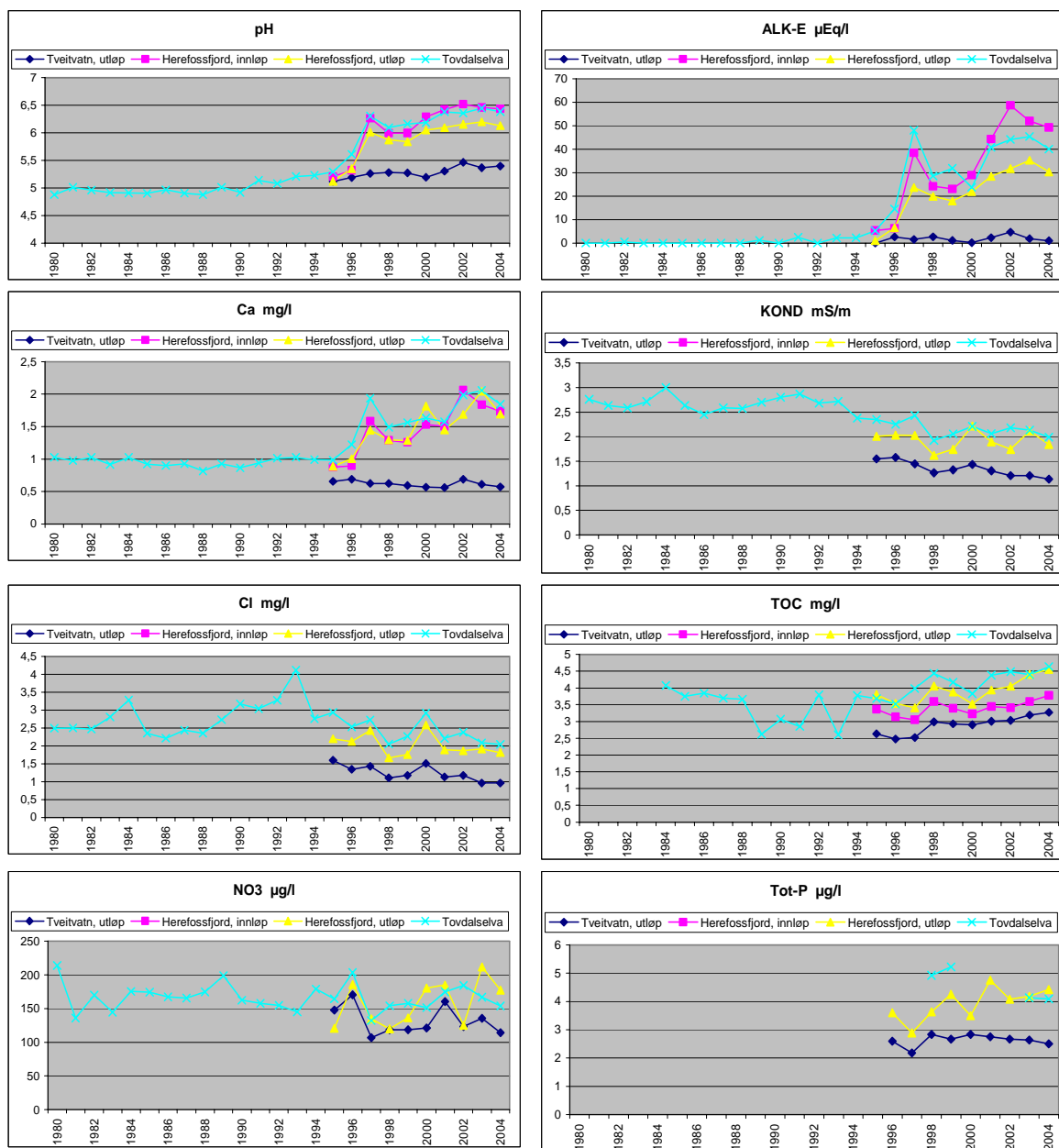
Vannkvaliteten i Tovdalselva er fremstilt i **Figur 23**. Tovdalselva var kronisk sur med $\text{pH} < 5$ i en lengre periode før kalking. Etter fullkalking har det skjedd en markert og signifikant ($p < 0,001$) økning i pH, Ca og alkalinitet (ALK-E). Konduktiviteten har hatt en tilsvarende signifikant nedgang. Perioden 1995-2004 med registreringer av krypsiv viser også signifikante ($p < 0,01$ og $p < 0,05$) økninger i pH, Ca, alkalinitet og TOC på de kalkpåvirkede lokaliteter. På referanselokaliteten ved Tveitvatn har det vært en signifikant ($p < 0,01$) økning i både pH og TOC og en tilsvarende signifikant ($p < 0,01$) nedgang i konduktivitet og klorid. Nitrat viser ingen signifikant trend verken før eller etter kalking.

6. Kobling av miljøforhold til vekst av krypsiv

I forbindelse med prosjektet "Vekst av krypsiv i elver" under NVEs FoU-program Miljøbasert vannføring, ble det gjort forsøk på kobling av miljøforhold til vekst av krypsiv (Johansen 2006). Trender i miljøvariable ble koblet mot trender i dekningsgrad av krypsiv på elvelokaliteter som var undersøkt ved hjelp av undervannsfotografering. I Tovdalsvassdraget var det 2 slike lokaliteter (GAU og SUN) med signifikant økt dekning av krypsiv og 2 lokaliteter (ÅPÅ og AUS) som hadde økt dekning, men ikke signifikant. I tillegg var det en lokalitet nederst i elva (MOL) med i utgangspunktet høy krypsiv-dekning, som hadde en ikke signifikant nedgang. I den samme perioden var det ingen signifikante trender i vannføringsparametre, mens det har vært en økende middeltemperatur i vannet på våren og i vekstsesongen. På kalkede lokaliteter har det vært en signifikant økning i pH, Ca, Alk-E og TOC. På referanselokaliteten har det også vært en signifikant økning i pH og TOC i samme periode. Størst endringer synes altså å ha vært i den kjemiske vannkvaliteten som følge av kalkingen.

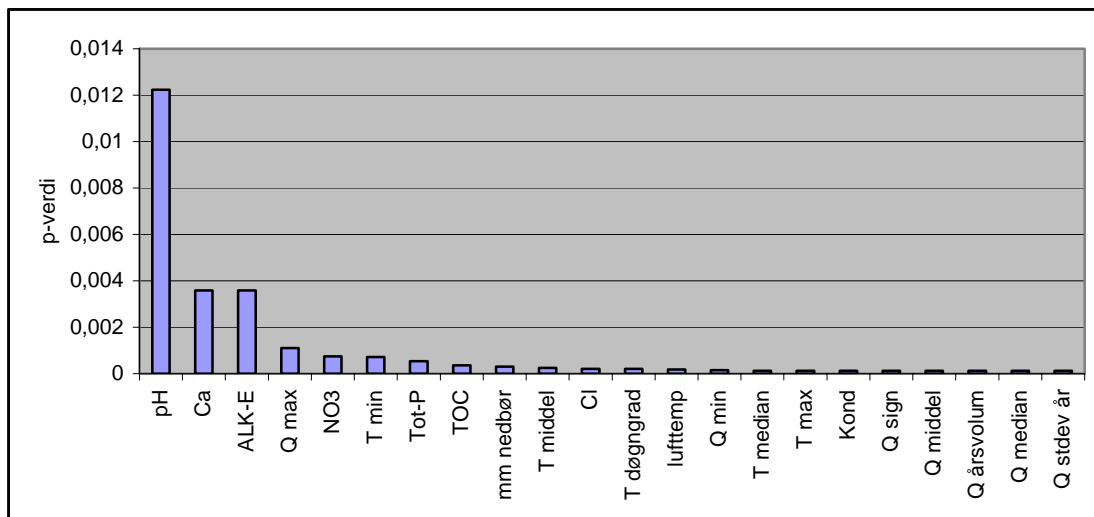
For å teste om signifikante trender i dekningsgrad av krypsiv kunne forklares ved hjelp av trender i ulike miljøvariable ble det benyttet en såkalt partial Mann-Kendall test (PMK). På lokalitet GAU viste krypsiv en sterkt signifikant økende trend med p-verdi $p=0,000123$. Ved å kjøre PMK med en og en av de aktuelle miljøvariable, viste hele 18 av 22 testede variable å gi en høyere p-verdi for krypsiv-trenden enn den opprinnelige samtidig som krypsiv-trenden fortsatt var signifikant på nivå $p < 0,05$ (**Figur 24**). Det betyr at alle de 18 parametre teoretisk sett er med på å forklare noe av krypsiv-trenden. Bare 3 av variablene ga imidlertid en betydelig økning av p-verdien, dvs. med en

faktor > 10. Disse 3; pH, Ca og ALK-E som er svært godt korrelert, har dermed størst forklaringsverdi i forhold til den økende kripsiv-trenden på denne lokaliteten.

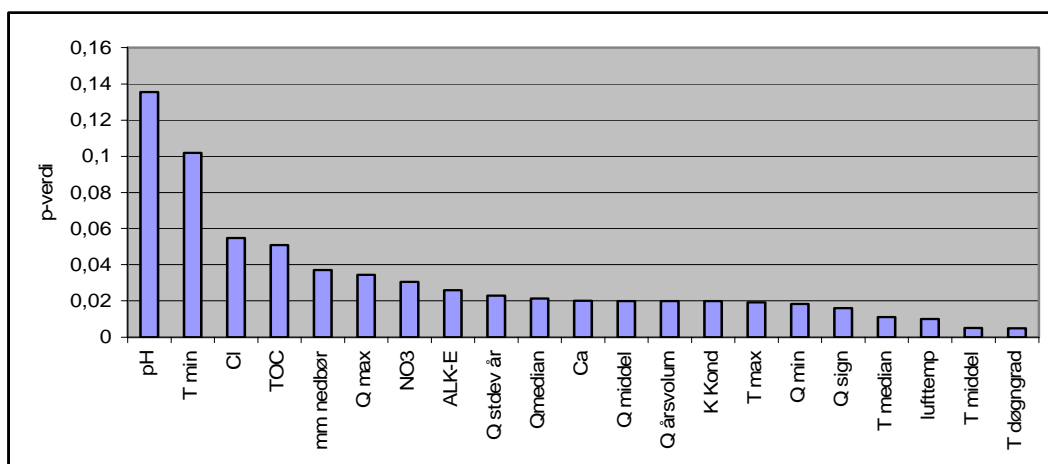


Figur 23. Tidsutvikling vannkvalitet i Tovdalsvassdraget. Årlige middelverdier fra 4 lokaliteter; Tveitvatn ukalket, Herefossfjorden innløp (kalkpåvirket), Herefossfjorden utløp (kalkpåvirket) og Tovdalselva (nederst i vassdraget ved Boenfoss).

På lokalitet SUN viste kripsiv en mindre signifikant økende trend med p-verdi $p=0,019389$, enn ved GAU. Dekningsnivået var også betydelig mindre enn ved GAU. PMK-test gav i dette tilfellet et noe annet resultat. Av de 21 variable gav 14 høyere p-verdi for kripsiv-trenden enn den opprinnelige, men bare 10 samtidig som kripsiv-trenden var signifikant på nivå $p < 0,05$ (Figur 25). For 4 av variablene ble kripsiv-trenden ikke signifikant, dvs. den nye p-verdi ble $> 0,05$. Dette tolkes dithen at disse variablene har en meget høy forklaringsgrad i forhold til kripsiv-trenden. Igjen er det pH som kommer best ut.



Figur 24. Partial Mann-Kendall test av miljøvariable relatert til krypsiv-trend på lok. GAU i Tovdalsvassdraget. Nye p-verdier for krypsiv-trend justert for samtlige miljøparametre. Opprinnelig p-verdi for krypsiv var $p=0,000123$.



Figur 25. Partial Mann-Kendall test av miljøvariable relatert til krypsiv-trend på lok. SUN i Tovdalsvassdraget. Nye p-verdier for krypsiv-trend justert for samtlige miljøparametre. Opprinnelig p-verdi for krypsiv var $p=0,019389$.

For begge lokalitetene i Tovdalsvassdraget med signifikant økende trender i dekning av krypsiv er det altså trender i vannkvaliteten som gir størst forklaringsgrad. Vannføringsparametrene spiller mindre rolle. Som en mulig forklaring på at vannkvaliteten i form av økende pH har gitt økt vekst av krypsiv enkelte steder, kan det ha en mulig forklaring i CO_2 -tilgangen for plantene. Krypsiv er en CO_2 -plante og alle faktorer som bidrar til økt CO_2 i vannfasen kan dermed tenkes å påvirke krypsivveksten. I tilfellet Tovdalsvassdraget vil økende pH medføre økt nedbrytning av organisk materiale i systemet som kan frigjøre mer CO_2 til vannfasen. Den økende trenden i TOC kan også sammen med økt pH, medføre økt tilgang på CO_2 ved nedbryting. En generell økning av CO_2 -nivået i atmosfæren, vil også bidra positivt i samme retning, siden det alltid vil tilstrebes likevekt mellom CO_2 i atmosfæren og i vannet.

Disse to eksemplene på forklaring av trender i krypsivdekning med trender i miljøvariable er ikke knyttet til problemvekstområder. Dette er lokaliteter som ligger i områder med hurtig strøm og dominans av grovt substrat og som pr. i dag har dekningsnivåer langt under det en regner som problemvekst. At det nå kan synes å være en mulig sammenheng mellom kalking og god vekst av

krypsiv ved en indirekte CO₂ effekt på enkelte lokaliteter, kan også overføres til andre typer lokaliteter som ligger i områder med mer gunstige forhold for utvikling av problemvekst. På lokaliteter som i utgangspunktet har hatt problemvekst har man både i Mandalselva og Tovdalselva eksempler på økt lengdevekst av årsskudd på krypsiv etter kalking (DN 2005). Dette kan også være en mulig CO₂ effekt som det kan være vanskelig å måle, men som likevel kan være sannsynlig. Det synes derfor som om CO₂ balansen i vannfasen kan være et viktig element å følge opp ved en videreføring av årsakskomplekset som styrer problemvekst av krypsiv i våre vassdrag.

7. Litteratur

Asvall, R.P. 2002.

Uldalsvassdraget. Virkninger av reguleringene på isforholdene på strekningen fra Risdal (Steane) til Hanefossmagasinet. – NVE-oppdagsrapport serie B nr. 4-2002, 17 sider.

Brandrud, T.E. og Mjelde, M. 1993.

Tålegrenser for overflatevann. Makrovegetasjon. – Naturens tålegrenser, fagrapport nr. 29, 38 sider + vedlegg.

Brandrud, T.E., Halvorsen, G., Raddum, G.R., Brettum, P., Halvorsen, G.A., Lindstrøm, E-A., Scnell, Ø.A., Storeid, S-E. & Walseng, B. 1999.

Effekter av kalking på biologisk mangfold. Basisundersøkelser i Tovdalsvassdraget 1995-96. DN-utredning 1999-9.

Brandrud, T.E., Brettum, P., Dolmen, D., Halvorsen, G., Halvorsen, G.A., Lindstrøm, E-A., Romstad, R. og Scnell, Ø.A. 2000.

Effekter av kalking på biologisk mangfold. Undersøkelser i Tovdalsvassdraget 1997-98, de to første årene etter kalkingsstart. - DN-utredning 2000-4.

DN 2004.

Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2003. – DN-notat 2004-2.

Halvorsen, K. 1977.

Makrofyttvegetasjonen i en del vann på Agder. – SNSF-rapport, TN 36/77, 154 sider.

Hindar, A., Tjomsland, T. og Høgberget, R. 2000.

Optimalisering av kalkingsstrategien i Tovdalsvassdraget. – NIVA-rapport 4239-2000, 70 sider.

Hindar, A., Tørseth, K. Henriksen, A. og Orsolini, Y. 2002.

Betydningen av den nordatlantiske svingning (NAO) for sjøsaltepisoder og forsuring i vassdrag på Vestlandet og i Trøndelag. – NIVA-rapport 4592-2002, 37 sider.

Hindar, A., Johansen, S.W., Andersen, T. og Saloranta, T. 2003.

Faktorer som påvirker problemvekst av krypsiv i Sør-Norge; datagjennomgang, analyser og forslag til videre studier. – NIVA-rapport 4688-2003, 35 sider.

Hurrell, J. W. 1995.

Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation. *Science* 269: 676-679.

Johansen, S.W., Brandrud, T.E. og Mjelde, M. 2000.

Konsekvenser av reguleringsinngrep på vannvegetasjon i elver. Tilgroing med krypsiv.
Kunnskapsstatus. – NIVA-rapport 4321-2000, 67 sider.

Johansen, S.W. 2006.

Vekst av krypsiv i elver. Betydningen av redusert vannføring i forhold til andre miljøendringer. – Miljøbasert vannføring Rapport nr. 8-2006, 61 sider.

Kaste, Ø., Wright, R.F., Barkved, L.J., Bjerkeng, B., Engen-Skaugen, T., Magnusson, J., Sælthun, N.R. 2005.

Linked models to assess the impacts of climate change on rivers and fjords. Results from a Strategic Institute Programme 2002-2004. – NIVA-rapport 4949-2005, 60 sider.

Kendall M.G. 1975.

Rank Correlation Methods. - Charles Griffin, London.

Libiseller, C., Grimvall, A., 2002. Performance of partial Mann–Kendall tests for trend detection in the presence of covariates. - *Environmetrics* 13, 71–84.

Lynnebakken, T. og Moe, E. 2001.

Krypsiv i Sørlandsvassdrag. Rapport fra forprosjekt. – Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen, Rapport 1-2001, 22 sider + vedlegg.

Mann H.B. 1945. Nonparametric Tests against Trend. - *Econometrica* 13, 245-259.

Marshall, J., Kushnir, Y., Battisti, D., Chang, P., Czaja, A., Dickson, R., McCartney, M., Saravanan, R., & Visbeck, M. 2001.

North Atlantic Climate Variability: phenomena, impacts and mechanisms. - *Inter. Jour. Climatology*, vol.21, No.15: 1863-1898.

NOAA ESRL 2006.

Global Monitoring Division. Carbon Cycle Greenhouse Gases Group (CCGG). Interactive Atmospheric Data Visualization. - URL: <http://cmdl.noaa.gov/ccgg/iadv/> .

Næss, I. 1983.

Økologiske studier av mosevegetasjonen i rtennende vann i Gjerstad- og Tovdals-vassdraget, Aust-Agder fylke. – Cand.real.-oppgave i spesiell botanikk, Det Matematisk-Naturvitenskaplige Fakultet, UiO, november 1983, 149 sider.

Osborn, T.J., Briffa, K.R., Jones, P.D., Tett, S.F.B. og Schweingruber, F.H. 1998.

Relationships between European climate and the North Atlantic Oscillation: observations, models and paleodata. - Final report for NERC, contract GR9/02522. (internettversjon).

Rognerud, S., Borgstrøm, R., Qvenild, T. og Tysse, Å. 2003.

Ørreten på Hardangervidda. Næringsnett, kvikksølvinnhold, ørekytespredning og klimavariasjoner – følger for fiske og forvaltning. –NIVA-rapport 4712-2003, 68 sider.

Rørslett, B. 1994.

Langtidsendringer i makrovegetasjon i innsjøer i Sør-Norge. Eksempler fra Sørlandet og Maridalsvatn i Oslo. – NIVA-rapport 3179-1994, 42 sider.

Schippers, P., Vermaat, J.E., de Klein, J. and Mooij, W.M. 2004.

The Effect of Atmospheric Carbon Dioxide Elevation on Plant Growth in Freshwater Ecosystems. – *Ecosystems* 7: 63-74.

Sen, P.K. 1968.

Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. - Journal of the American Statistical Association. 63:1379-1389.

Stenseth, N.C., Mysterud, A., Ottersen, G., Hurrell, J., Chan, K.-S. og Lima, M. 2002.

Ecological effects of climate fluctuations. - Science 297: 1292-1296.