

Gjenvekst av krypsiv etter tiltak, og effekter av kalking på krypsiv i Otra ved Rysstad



Hovedkontor

Økernveien 94
0579 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Gjenvekst av krypsiv etter tiltak, og effekter av kalking på krypsiv i Otra ved Rysstad	Løpenummer 7733-2022	Dato 23.03.2022
Forfatter(e) Susanne C. Schneider Eivind Ekholt Andersen Petra Mutinova	Fagområde Ferskvannsbiologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Setesdal	Sider 28 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) Krypsiv på Sørlandet	Kontaktperson hos oppdragsgiver Anna Despard Asgard
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 210174/210175

<p>Sammendrag</p> <p>Otra ved Rysstad har i lang tid hatt utfordringer med massevekst av krypsiv. Mekanisk fjerning av krypsiv i utvalgte områder der plantene er til særlig sjenanse for fiske og bading blir sett på som det mest praktiske tiltaket, men det er ukjent hvor raskt krypsivet kommer tilbake etter tiltak. I tillegg er Otra ved Rysstad blitt kalket siden april 2021, og det er blitt uttrykt bekymring for at kalkingen kan føre til ytterligere krypsiv vekst. Kartlegging av krypsiv i august 2021, det vil si cirka ett år etter at krypsiv ble fjernet i et utvalgt område og 4 mnd. etter at kalkingen startet, viser at (1) det kun var begrenset gjenvekst av krypsiv; dette tyder på at gjenveksten foregår sakte; og (2) kalkingen har hittil ikke hatt målbar effekt på krypsiv biomasse.</p>

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> krypsiv tiltak gjenvekst kalking 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> Juncus bulbosus measures regrowth liming
---	--

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Susanne C. Schneider
Prosjektleder

Leonard Sandin
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7469-1
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

Gjenvekst av krypsiv etter tiltak, og effekter av kalking på krypsiv i Otra ved Rysstad

Forord

Denne rapporten analyserer gjenvekst av krypsiv etter tiltak (klipping og harving) som ble gjennomført i juni 2020 i Otra, i et område ved Rysstad i Setesdal. Dataene som ble samlet inn skal også danne grunnlag for å studere mulige effekter på krypsiv biomasse av en kalkdoserer, som ble satt i drift våren 2021 ved utløpet av Brokke kraftverk.

Oppdragsgiver er Krypsiv på Sørlandet (KPS). Deres representanter i prosjektet har vært Anna Despard Asgard og Lillian Raudsandmoen, som takkes for godt samarbeid.

Feltarbeid er utført av Susanne Schneider, Eivind Ekholt Andersen og Petra Mutinova (NIVA). Vi takker Torstein Try for lån av båt til feltarbeid. Bearbeidelse av data er utført av Susanne Schneider, som også har hatt ansvar for rapporten. Kirstine Thiemer laget kart over krypsiv dekningsgrad før tiltaket ble satt i verk i juni 2020. Kvalitetssikring av rapporten er utført av Leonard Sandin (NIVA).

Oslo, 24. mars 2022

Susanne Schneider

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	7
1.1	Bakgrunn.....	7
1.2	Formål.....	9
2	Metode	10
2.1	Registrering av krypsiv dekningsgrad og lengde	11
2.2	Detaljkartlegging av krypsiv vekstformer	13
3	Resultater	15
3.1	Gjenvekst av krypsiv etter tiltak.....	15
3.2	Effekter av kalking på krypsiv	20
3.2.1	Krypsiv biomasse i Rysstadbassenget	20
3.2.2	Detaljkartlegging av krypsiv vekstformer og andre vannplanter.....	21
4	Diskusjon	22
4.1	Metodikk for kvantifisering av krypsiv	22
4.2	Effekt av flom på krypsiv	24
4.3	Effekt av tiltak, og gjenvekst av krypsiv etter tiltak.....	25
4.4	Effekter av kalking	26
5	Konklusjon	27
6	Referanser	28
	Vedlegg A	29
	Vedlegg A1: krypsiv dekningsgrad	29
	Vedlegg A2: gjennomsnittlig plantelengde.....	30
	Vedlegg A3: maksimal plantelengde.....	31

Sammendrag

Otra har i lang tid hatt utfordringer med massevekst av krypsiv. Et av områdene der det finnes særdeles mye krypsiv er et forholdsvis stilleflytende område mellom Bjørgum og Straume, nedstrøms utløpet av Brokke kraftverk, som omtales som Rysstadbassenget. Årsaken til den massive krypsivveksten i Rysstadbassenget ble allerede på 1980-tallet antatt å henge sammen med reguleringen av elva, spesielt med utbygning av Brokke kraftverk.

Mekanisk fjerning av krypsiv i områder der plantene er til særlig sjenanse (f.eks. fiske og bading) blir sett på som det mest praktiske tiltaket, både i Otra og andre områder i Norge som opplever store utfordringer med krypsiv. Krypsivet blir som regel først klippet fra en båt, og etterpå blir sedimentet «harvet» for å fjerne mest mulig av krypsiv-røttene. Uten andre tiltak må det imidlertid forventes at krypsivet vokser tilbake. For å kunne planlegge hvor ofte tiltak må gjennomføres, er det derfor viktig å ha informasjon om hvor raskt krypsivet reetableres etter tiltak.

Otra har blitt kalket ved dosereralking i utløpet av Brokke kraftverk siden april 2021. Kalking av vann og vassdrag har vært et forholdsvis vanlig tiltak mot forsuring i Norge, men har dog i enkelte tilfeller ført til uønskede bi-effekter, deriblant tilgroing av vann med krypsiv. Det er derfor blitt uttrykt bekymring for at kalkingen kan føre til ytterligere krypsiv vekst i Rysstadbassenget.

Vi kartla krypsiv biomasse i utvalgte områder i Rysstadbassenget for å (1) kvantifisere gjenvekst av krypsiv etter tiltak, og (2) for å skaffe kunnskap i hvilken grad kalkingen påvirker krypsiv vekst i Rysstadbassenget. Dataene var også egnet til å vurdere effekten på krypsiv biomasse av en flom, som foregikk i juni 2020.

Ett år etter tiltaket, og et halvt år etter at kalkingen startet, kan vi konkludere med at:

- Metodikken som vi valgte for kvantifisering av krypsiv biomasse er velegnet for å karakterisere områder på flere tusen kvadratmeter. Metodikken er forholdsvis enkel å bruke, og samtidig velegnet til å kvantifisere mulige kalkingseffekter, kvantifisere vekst av krypsiv etter tiltak, samt andre formål der kvantifisering av krypsiv biomasse er sentralt.
- Kalkingen som startet i april 2021 hadde ingen målbar effekt på krypsiv biomasse i Rysstadbassenget i august 2021.
- Effekten på krypsiv biomasse i Rysstadbassenget av en økning i vannføring på litt i overkant av 100 m³/s (flom som foregikk i juni 2020) var liten. Dette tyder på at flommer ikke er en effektiv metode for å redusere krypsiv biomasse i områder der dekningsgraden er høy. Det er likevel mulig at regelmessige flommer kan hindre krypsiv re-etablering dersom man klarer å redusere krypsiv dekningsgrad tilstrekkelig på andre måter.
- Klipping og harving førte til en betydelig reduksjon i krypsiv biomasse. Resultatene antyder imidlertid at det er umulig å «bli kvitt krypsiv» ved klipping og harving. Det må derfor forventes at krypsivet kommer tilbake. Ett år etter tiltaket var det lite gjenvekst av krypsiv. Dette tyder på at tilgroingen foregår sakte.

Summary

Title: Regrowth of the aquatic plant *Juncus bulbosus* after mechanical removal, and effect of river liming on *J. bulbosus* biomass in the Otra river at Rysstad

Year: 2022

Author(s): Susanne C. Schneider, Eivind Ekholt Andersen, Petra Mutinova

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7469-1

Mass development of bulbous rush (*Juncus bulbosus*) has been reported in the river Otra since 1964, after the establishment of the Brokke hydropower plant. One of the areas with highest *J. bulbosus* biomass is the Rysstad basin, a relatively slowly flowing area situated a few kilometres downstream the Brokke power plant and upstream the Hekni power plant.

The water plants have in the last years been regularly mechanically removed from relatively small areas in the Rysstad basin, where they hinder fishing, but it is unknown how fast regrowth of the water plants occurs. Also, liming of the Rysstad basin has started in April 2021, and there were concerns that the liming might lead to further *J. bulbosus* growth. We mapped biomass of *J. bulbosus* in selected areas in the Rysstad basin, to (1) quantify plant regrowth after mechanical removal, and (2) provide knowledge on how the liming might affect *J. bulbosus* biomass. From our data, it also was possible to assess the effect of a spate that occurred in June 2020, on *J. bulbosus* biomass.

Our results show that (1) the liming had no effect on the biomass of *J. bulbosus* yet, half a year after the liming started, (2) the spate that occurred in June 2020 and which increased river discharge by about 100 m³/s had no major effect on *J. bulbosus* biomass; this indicates that artificial spates are not an effective way for removing *J. bulbosus* biomass in areas with dense plant cover; and (3) mechanical removal reduced *J. bulbosus* significantly, and one year after the removal there only was limited regrowth; this indicates that the plants (re-)grow slowly.

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Otra har i lang tid hatt utfordringer med massevekst av krypsiv. Et av områdene der det finnes særdeles mye krypsiv er et forholdsvis stilleflytende område mellom Bjørgum og Straume, nedstrøms utløpet av Brokke kraftverk, som omtales som Rysstadbassenget. Dette området ble i lang tid brukt av lokalbefolkningen til fisking, båtkjøring og bading, og i dag finnes det i tillegg både campingplass og hotell her. I Rysstadbassenget ble det observert økende tilgroing med krypsiv på 1970-tallet, og på 1980-tallet var mer enn 50 % av bassenget dekket med krypsiv (Rørslett 1987). Det førte til at bruken av området til fisking og båtkjøring ble sterkt redusert. I dag er dekningsgraden av krypsiv enda større, og Rysstadbassenget er et av områdene i Norge med mest utpreget massevekst av krypsiv. Årsaken til den massive krypsivveksten i Rysstadbassenget ble allerede på 1980-tallet antatt å henge sammen med reguleringen, spesielt med utbygning av Brokke kraftverk (Rørslett 1987).

Rysstadbassenget ligger noen få kilometer nedstrøms Brokke som er den største kraftstasjonen i Otra. Brokke kraftverk ble startet i 1964 med 3 aggregater, og er senere utvidet med ytterligere et aggregat i 1976. Kraftverket har en installert effekt på 330 MW og største driftsvannføring er på 136 m³/s. Siden byggingen av Brokke kraftverk har vannføringen i Rysstadbassenget i all hovedsak blitt bestemt av driftsvannføringen på Brokke, samt noe resttilsig. Store flommer eller perioder med særdeles lav vannstand er blitt kraftig redusert. Byggingen av Brokke kraftverk førte i utgangspunktet ikke til en større forandring i den årlige gjennomsnittsvannføringen i Rysstadbassenget (Rørslett 1987). Men siden Brokke kraftverk ble satt i drift har vannføringen i Rysstadbassenget blitt høyere om vinteren, og lavere om sommeren, enn tilfellet før reguleringen. Den høye vintervannføringen har ført til fravær av isdannelse i Rysstadbassenget etter reguleringen.

Nedstrøms Rysstadbassenget ligger Hekni kraftstasjon, et elvekraftverk som kom i drift i 1995. Kraftverket har en installert effekt på 57,2 MW og største driftsvannføring er på 170 m³/s. I forbindelse med Hekni kraftverk ble det bygget en inntaksdam ved Tjurrmo. Dette medførte at medianvannstand ved Rysstad økte med cirka 0,25 m (Rørslett 1987). Reguleringen har dermed ført til at vannstanden i Rysstadbassenget i dag er noe høyere og samtidig mye mindre variabel enn før.

Rysstadbassenget er dermed blitt forandret fra et habitat som før reguleringen var utsatt for jevnlig forstyrrelser (flom, tørke, islegging), til et habitat med forholdsvis stabile forhold året rundt. Dette har ført til at biomassen av vannplanter i Rysstadbassenget, først og fremst krypsiv, ikke lenger blir påvirket av «regelmessige naturlige forstyrrelser». En større del av biomassen overlever derfor over en lengre periode, og fordi krypsiv er en flerårig plante, kan den bare «fortsette å vokse» og bygge opp store biomasser over flere år.

Fordi den «naturlige reduksjonen» av krypsivet ble sterkt begrenset etter reguleringen, har det blitt vurdert ulike typer tiltak for å redusere krypsiv biomassen. Det ble satt i gang undersøkelser på mulige tiltak i området nedstrøms Brokke allerede på 1980-tallet (Rørslett 1987). Flere ulike typer tiltak ble diskutert og til dels testet: mekanisk fjerning, manuell rensning, spyleflommer, og innfrysning ved lav vintervannføring (Rørslett 1991; Johansen 2002). Alle disse tiltakene er kostbare, og har i ulik grad lyktes i å fjerne krypsiv. Felles for dem er at krypsivet kommer relativt raskt tilbake igjen etter fjerning. Johansen (2002) konkluderte derfor med at tiltakene krever jevnlig oppfølging.

Innfrysning av krypsiv er et tiltak som etterlikner den opprinnelige forstyrrelsen før elva ble regulert. Tiltaket ble gjennomført i Rysstadbassenget i 1991 og 2011, og hadde god effekt, særlig i de grunneste partiene (Rørslett 1991; Ousdal og Gadomska 2011; Mjelde m.fl. 2012). Samtidig ble det observert betydelig grad av gjenvækst i de dypere partiene, løsprevet plantemateriale ble fraktet helt ned til Åraksfjorden, og isgangen skadet en kabel som krysser elva. I tillegg medfører innfrysning betydelig tap i kraftproduksjon i en periode midt på vinteren der strømprisene gjerne er høye. Innfrysning har derfor ikke blitt gjennomført jevnlig. En økning i vannføring ble vurdert som en mulighet for å hindre tilslamming og fjerne vegetasjon i terskelbassenger, men det ble konkludert med at en økning i vannføring først vil ha virkning ved svært høye vannføringer (Hindar og Grande 1987), og dette var ikke ønskelig av andre årsaker.

Av den grunn blir mekanisk fjerning av krypsiv i områder der plantene er til særlig sjenanse (f.eks. fiske og bading) sett på som det mest praktiske tiltaket, både i Otra og andre områder i Norge som opplever store utfordringer med krypsiv. Krypsivet blir som regel først klippet fra en båt, og etterpå blir sedimentet «harvet» for å fjerne så mange av krypsiv-røttene som mulig. Uten noen form for videre forstyrrelser forventes det imidlertid at krypsivet kommer tilbake. For å kunne planlegge hvor ofte tiltak må gjennomføres, er det derfor viktig å ha informasjon om hvor raskt krypsivet reetableres etter tiltak.

I tillegg til regulering har mange av vassdragene på Sørlandet i flere tiår vært utsatt for forsuring. De øvre delene av Otra har i mindre grad vært utsatt for forsuring enn mange andre vassdrag på Sørlandet, fordi det forekommer en del metamorfe og sedimentære bergarter øst for Valle og nord for Vatnedalen (Hindar og Grande 1987). Disse bergartene er litt mer kalkholdige enn gneis og granitt, og avrenningsvannet er derfor mindre surt enn i øvrige deler av Otra-vassdraget, eller i andre vassdrag på Sørlandet. På 1980-tallet ble det derfor ikke observert alvorlig forsuring i øvre deler av Otra-vassdraget, selv om vassdraget mottok betydelige mengder av sur nedbør (Hindar og Grande 1987). På de strekningene i Otra der hovedvannmassen er lagt i tunnel, domineres imidlertid vannkvaliteten av sidevassdrag. Sidevassdragene er til dels sure, slik at pH i Otra der hovedløpet har redusert vannføring kan bli lavere enn den ville ha vært dersom vannet fra de sure sidevassdragene hadde blitt «fortynnet» av de mindre sure hovedvannmassene. Dette gjelder strekninger nord for Valle oppstrøms Brokke kraftverk, og sør for Tjurrmo dammen der vannet ledes i tunnel til Hekni kraftverk.

Mens krypsiv er en art som godt tåler forsuring, er forholdene annerledes for en av Norges mest spesielle fiskebestander med høy vernestatus, bleka. Bleka er en relikts laks i Byglandsfjorden som gjennomfører hele livssyklusen i ferskvann, og som tidligere var utbredt fra Byglandsfjorden helt opp til Flåni nedstrøms Hallandsfossen i Valle (Barlaupt m. fl. 2021). På slutten av 1960-tallet ble bleka nesten utryddet av de samlede effektene av forsuring og vassdragsreguleringer. Siden den gangen har blekebestanden blitt holdt i live ved utsetninger av yngel eller rogn. For å sikre god vannkvalitet i deler av Otra med forekomst av bleke, ble det derfor utviklet en kalkingsplan (Kaste og Hindar 1994), men kalkingen ble ikke satt i gang i øvre del av Otra. Avtagende forsuring de siste tiårene har gjort at bleka i dag er på vei til å reetableres som en naturlig reproduserende bestand, selv om det fortsatt forekommer episoder med forsuring, blant annet fra utløpet av Brokke kraftstasjon (Barlaupt m. fl. 2021). Selv om denne forsuringen er episodisk heller enn kronisk, ble det vurdert at episodene kan hemme reetableringen av bleke på strekningen oppstrøms Byglandsfjorden. Som en konsekvens av dette ble kalking av utløpet fra Brokke kraftverk iverksatt fra våren 2021, som ett av flere tiltak for å sikre en blekebestand som er selvreproduserende i vassdraget, og som på sikt også er høstbar (Barlaupt m. fl. 2021). Dosereren ved utløpet av Brokke kraftverk ble satt i full drift den 20. april 2021, og skal levere pH 6.3 nedstrøms doseringspunktet.

Kalking av vann og vassdrag har vært et forholdsvis vanlig tiltak mot forsurening i Norge. Tiltaket har dog i enkelte tilfeller medført uønskede bi-effekter, deriblant tilgroing av vann med krypsiv (Brandrud 1995). De første indikasjonene på en tilgroing med krypsiv etter kalking kom fra Rogaland og Vest Agder omkring 1990 (Brandrud 1995). Innsjøkalking kan føre til krypsiv massevekst dersom kalken synker ned til sedimentet, fordi gjenforsuring av vannet mobiliserer CO₂ fra kalken, samt at kalken øker nedbrytningen av organisk materiale i sedimentet. Denne prosessen mobiliserer både CO₂, NH₄⁺ og fosfor, som kan tas opp av krypsivet (Brandrud 2002; Roelofs m.fl. 1994). Når «alt» organisk materiale i sedimentet er blitt mineralisert, blir det mindre fluks av CO₂ og næringssalter fra sedimentet, og dette kan føre til en kollaps av krypsivet etter noen år (Lucassen m.fl. 2016).

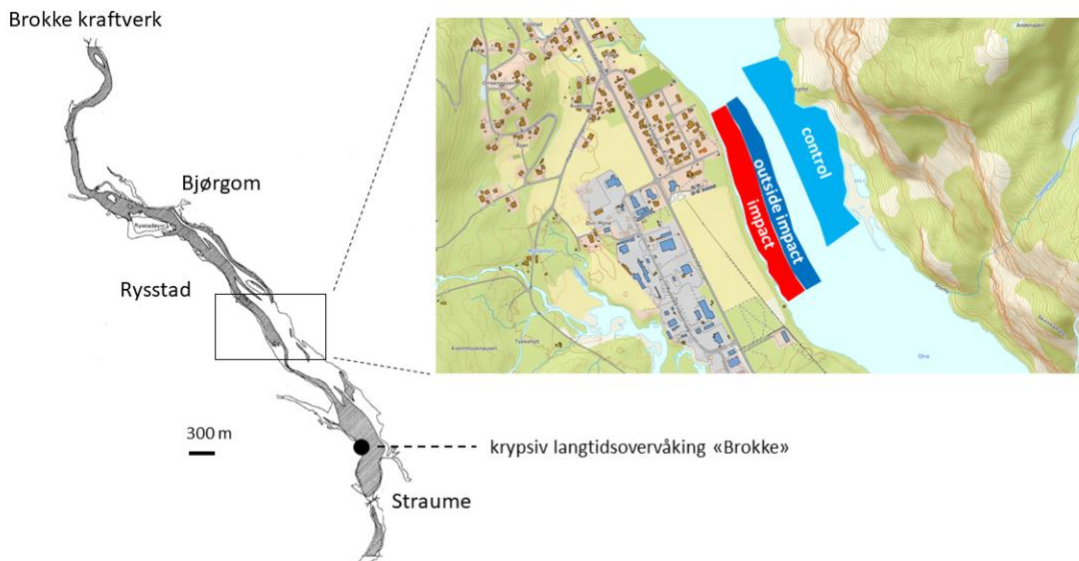
Liknende kalkingeffekter er imidlertid ikke med sikkerhet blitt observert i rennende vann. I Suldalslågen, for eksempel, ble det ikke observert effekter av kalking på krypsiv biomasse (Johansen 1997). En mulig forklaring er at kalking med doserer i rennende vann fører til en relativt stabil høy pH i vannet uten gjenforsuring, slik at CO₂, NH₄⁺ og fosfor i mindre grad blir mobilisert fra sediment. Brandrud (1995) konkluderte derfor med at Otravassdraget i sin helhet vil få «relativt små vegetasjonsendringer som følge av kalkingen». Samtidig konkluderte han at det «på kort sikt kan være fare for økt problemvekst lokalt, særlig i det allerede sterkt tilgrodde område nedstrøms Brokke». Dette fordi det «kan oppstå forhøyete CO₂ konsentrasjoner der surt vann møter kalket vann, og hvis det er slik at krypsiv også i stilleflytende vann kan være karbonbegrenset, kan man tenke seg en form for blandsoneseffekt med forøket krypsivvekst». I områder rett nedstrøms dosereren er også muligheten tilstede for avsetning av kalk på bunnen av elva, særlig i stilleflytende områder.

1.2 Formål

Målet med prosjektet har vært to-delt:

1. Kvantifisere gjenvekst av krypsiv etter tiltak (klipping og harving) som ble gjennomført i Rysstadbassenget i juni 2020, for å skaffe bedre kunnskap om hvor raskt krypsiv vokser og hvor ofte tiltak må gjennomføres.
2. Kvantifisere biomasse av krypsiv i utvalgte områder av Rysstadbassenget, for å skaffe kunnskap om i hvilken grad kalkdosereren i utløpet av Brokke kraftverk som ble satt i drift i april 2021, påvirker krypsiv vekst i Rysstadbassenget.

2 Metode



Figur 1. Til venstre: forekomst av krypsiv i Rysstadbassenget i 1986, fra Rørslett (1987); stasjonen «Brokke», der krypsiv vekstformer overvåkes årlig siden 2014, er markert; heldekkende skravur markerer meget tett vegetasjon av krypsiv i 1986. Til høyre: plassering av utvalgte undersøkelsesområder kategorisert som «impact», «outside impact», og «control»; bakgrunn fra Norgeskart.

Ulike metoder for kartlegging av vannplanter er egnet til ulike formål. Oversiktskartlegging kan dekke store områder, men er ofte lite detaljert, slik at det kun fanges opp store endringer i plantebiomassen. Detalj kartlegging, derimot, kan oppdage små forskjeller i plantelengde eller dekningsgrad, men slike detaljerte undersøkelser kan som regel ikke gjennomføres over store områder. Valg av egnet undersøkelseslokalitet for detalj kartlegging er derfor svært kritisk, fordi endringer som skjer utenfor den avgrensede lokaliteten ikke fanges opp.

Dersom kalking skulle påvirke krypsiv bestanden i Rysstadbassenget, forventes det en gradvis økning i biomasse. Kartleggingen skal derfor være egnet til å kunne oppdage også forholdsvis små endringer i krypsiv dekningsgrad og plantelengde over tid. For å kunne fange opp slike endringer valgte vi å gjennomføre to typer kartlegginger:

- 1) registrering av dekningsgrad og plantelengde i større områder på flere tusen kvadratmeter, men uten registrering av vekstformer; denne metoden er egnet til å dekke et representativt område av Rysstadbassenget, samtidig som det er mulig å gjennomføre kvantitative målinger slik at man kan fange opp gradvise endringer. Metoden er også egnet til å kvantifisere gjenvekst av krypsiv i «impact» området, der krypsiv ble fjernet i juni 2020.
- 2) detalj kartlegging av krypsiv vekstformer i en liten prøveflate; denne metoden er egnet til å fange opp svært detaljerte endringer, men kan kun brukes i forholdsvis små prøveflater.

Begge metoder omfatter også registrering av andre arter vannplanter som forekommer på registreringspunktene (metode 1) og prøveflaten (metode 2).

2.1 Registrering av krypsiv dekningsgrad og lengde

I perioden 15. - 22.6.2020 ble krypsiv fjernet fra et cirka 670 m langt og 60 m bredt område på vestsiden av Rysstadbassenget (Figur 1). I dette området («impact») er det vanlig å fiske etter ørret, men sluken setter seg ofte fast i det tette krypsivet. Fjerningen ble gjennomført av et firma ved at krypsiv biomassen først ble klippet fra en båt. Etterpå ble elvebunnen harvet, for å fjerne krypsiv røtter så godt som mulig. Området der krypsiv ble fjernet omtales som «impact» i denne rapporten (Figur 1). I tillegg til «impact» området ble to områder avgrenset, der krypsiv ikke ble fjernet: «outside impact» er cirka 40 m bredt og 670 m langt, og ligger rett ved siden av «impact». «Control» er cirka 570 m langt og mellom 70 og 140 m bredt, og ligger på den andre siden av elva (Figur 1). Begge områder ble valgt ut med tanke på at de skal være mest mulig lik «impact» med tanke på krypsiv dekning før tiltaket ble gjennomført, vanddybde, sediment sammensetning, vannhastighet, og lysforhold.

I alle tre områder («impact», «outside impact» og «control») ble krypsiv dekningsgrad estimert på et stort antall målepunkter (Tabell 1). Plasseringen av målepunktene er tilfeldig innen de avgrensede områdene, men ligger av praktiske hensyn langs transekter der båten drev nedstrøms elva. Målingene ble gjennomført fra båt, der personen som satt foran i båten observerte elvebunnen ved hjelp av vannkikkert og estimerte krypsiv dekningsgrad og eventuell forekomst av andre vannplantearter på hvert målepunkt, en person logget GPS koordinater på hvert målepunkt og noterte resultatene, mens den tredje personen holdt båten i posisjon mens målingene foregikk (Figur 2). På hvert målepunkt ble cirka en kvadratmeter av bunnen observert. I tillegg til krypsiv dekningsgrad ble vanddybde, «maksimal plantelengde» og «gjennomsnittlig plantelengde» målt på hvert målepunkt ved hjelp av tommestokk og vannkikkert. «Maksimal plantelengde» er et uttrykk for hvor høyt i vannet den lengste krypsivplanten på hvert målepunkt står, mens «gjennomsnittlig plantelengde» er et uttrykk for hvor høyt i vannet krypsiv «flekken» står på hvert målepunkt. På målepunkter der «maksimal plantelengde» og «gjennomsnittlig plantelengde» er like, er krypsiv flekken ensformet og «avrundet». Når enkelte krypsiv såter vokser lengre enn resten av «flekken», blir «maksimal plantelengde» lengre enn «gjennomsnittlig plantelengde». Dekningsgrad og «gjennomsnittlig plantelengde» ble brukt til å regne ut krypsiv biovolum, et tall som angir hvor mange «liter vann» krypsiv «fyller» på en kvadratmeter elvebunn.

For å kvantifisere krypsiv biomasse som ble fjernet gjennom tiltaket, og gjenvekst av krypsivet i tiden etter, ble målingene gjennomført både før og etter tiltaket. Målingene foregikk som regel over to dager, men for en enklere oversikt angis de i denne rapporten med datoene som er gitt i Tabell 1. For å kunne skille mellom effekten av tiltaket og andre forstyrrelser som kan føre til en reduksjon i krypsiv biomasse (for eksempel høyere vannhastighet, vissning av planter, fugler som spiser på og i plantene) sammenliknes utviklingen av krypsiv biomassen i «impact» området med utviklingen i «outside impact» og «control» områder. I «outside impact» og «control» områdene ble krypsiv kun påvirket av «naturlige» variasjoner, mens krypsiv i «impact» området ble påvirket av både tiltaket og naturlige variasjoner. Dette er viktig, blant annet fordi vannføringen økte betydelig i perioden 13. – 23. juni 2020, det vil si like før og under tiltaket (vannføringen i Valle, det vil si oppstrøms Brokke kraftverk, økte fra cirka 15 m³/s før tiltaket, til cirka 150 m³/s). Den økte vannhastigheten som generelt følger med økt vannføring kan tenkes å rive løs krypsiv planter.



Figur 2. Registrering av krypsiv i «control» området i Otra ved Rysstad, 18.08.2021

Resultatene i «outside impact» og «control» områdene danner også grunnlag for å vurdere en eventuell effekt som kalkingen ved utløpet av Brokke kraftverk måtte ha på krypsiv i Rysstadbassenget. Kalkdosereren ble satt i full drift 20. april 2021, og skal levere pH 6.3 nedstrøms kalkpunktet. Krypsiv biomassen i 2020 var ikke påvirket av kalkingen og brukes derfor som referanse, for å sammenliknes med situasjonen etter oppstart av kalkingen. Kartleggingen i 2021 ble gjennomført den 17. august, og som sammenligningsgrunnlag «før kalkingen» brukes resultatene fra 9. september 2020, det vil si den siste kartleggingen før kalkingen startet. Krypsiv vokste noe fra 4. august til 9. september 2020 (det vil si den nest siste og siste kartleggingen i 2020), men for å vurdere mulige effekter av kalkingen er det naturlig å sammenlikne med den høyeste biomassen som ble oppnådd før kalkingen startet.

Resultatene i «impact» område før tiltaket (7. juni 2020) vil trolig etter hvert kunne brukes til å tolke mulige effekter av kalkingen. Utfordringen er imidlertid at krypsiv biomassen i impact område mest sannsynlig ville ha økt fra juni til august/september 2020 dersom det ikke hadde blitt gjennomført tiltak. Det betyr at resultatene fra juni 2020 i «impact» område er litt lave til å direkte kunne sammenliknes med resultater fra august de påfølgende årene. Det ventes derfor med å tolke dataene fra «impact» område i henhold til kalkingen til vi har fått mer kunnskap om hvordan krypsiv kommer tilbake etter tiltaket.

Krypsiv vokser, som mange andre vannplanter, flekkvis. Det betyr at «flekke» med tette og lange planter kan forekomme ved siden av områder der det er små eller ingen vannplanter. Ved å undersøke mange målepunkter i et område «jevnes disse forskjellene ut», slik at man får et godt kvantitativt estimat for den gjennomsnittlige dekningsgraden og plantelengden i et større område. Undersøkelsene i «impact», «outside impact» og «control» områdene omfatter mange målepunkter (Tabell 1) som er fordelt på flere tusen kvadratmeter, og er derfor godt egnet til å kvantifisere eventuelle effekter av kalkingen, og gjenvekst av krypsiv etter tiltak, i Rysstadbassenget.

Tabell 1. Antall målepunkter som ble undersøkt i de tre områdene

dato	antall målepunkter		
	impact	outside impact	control
07.06.2020 (en uke før tiltaket)	83	63	136
24.06.2020 (like etter tiltaket)	69	65	132
04.08.2020 (6 uker etter tiltaket)	66	54	139
09.09.2020 (11 uker etter tiltaket)	99	42	121
17.08.2021	78	52	122

Som nevnt ovenfor, ble den maksimale og gjennomsnittlige lengden av krypsiv «flekkene» registrert på hvert målepunkt. For å karakterisere et større område, i denne rapporten henholdsvis «impact», «outside impact» og «control», beregnes det gjennomsnittet for alle målingene som ble utført i et område. For den gjennomsnittlige og maksimale lengden av krypsiv, kan dette gjøres på to ulike måter:

- ved å regne ut gjennomsnittet for alle målinger, inkludert de målepunktene der det ikke ble registrert krypsiv; resultatet kalles for «høyde av krypsiv flekker» (på Engelsk «patch height») og angir hvor høyt i vannet krypsiv flekkene står i gjennomsnittet på et tilfeldig valgt målepunkt.
- ved å regne ut gjennomsnittet kun for de målingene der krypsiv ble registrert (og dermed ignorere målepunktene der krypsiv ikke ble registrert); resultatet kalles for «krypsiv plantelengde» (på Engelsk «plant length») og karakteriserer den gjennomsnittlige lengden på de krypsiv plantene (flekkene) som finnes.

I denne rapporten valgte vi å fremstille gjennomsnittlig og maksimal krypsiv lengde, altså resultatene fra områder hvor krypsiv ble dokumentert, det vil si at målepunkter uten forekomst av krypsiv ble utelatt fra beregningene. Dette ble gjort fordi «plant length» (beregnet etter metode b), i motsetning til «patch height» (beregnet etter metode a), er **uavhengig av dekningsgraden** til krypsiv. Den faktiske lengden av krypsiv plantene er et mål for lengdevekst av plantene, og er derfor et uttrykk for vekst som er uavhengig av dekningsgrad. En økning i dekningsgrad kan betraktes som «horisontal vekst» eller «spredning», mens en økning i plantelengde kan anses som «vertikal vekst». I tillegg til plantelengde omtaler vi i denne rapporten krypsiv dekningsgrad, og andel målepunkter der det ikke fantes krypsiv, i hvert undersøkelsesområde.

2.2 Detaljkartlegging av krypsiv vekstformer

Krypsiv kan ha ulike vekstformer:

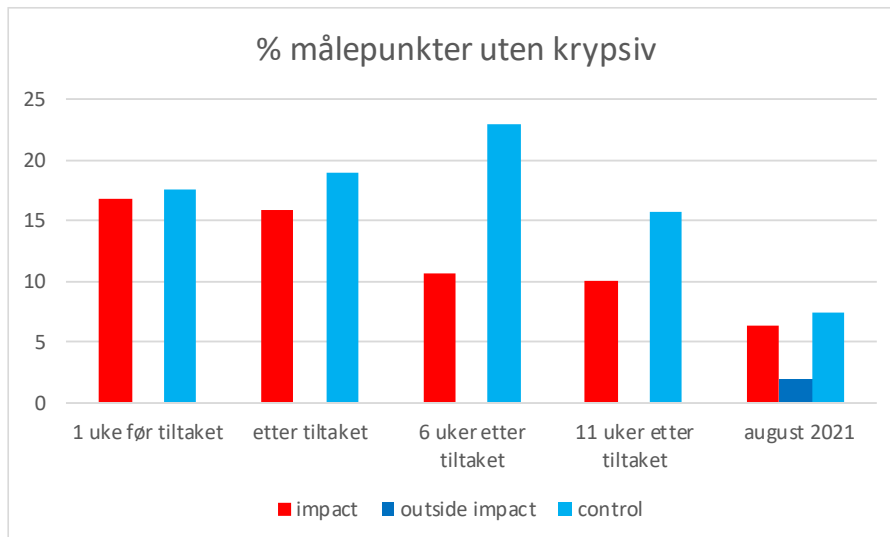
- rosettplanter = planter uten tydelige årsskudd,
- enkeltsåter = planter med blanding av rosetter og tydelige årsskudd og der plantene vokser enkeltvis/i små grupper,
- såtevekst = planter der årsskudd dominerer og der plantene vokser i såteform.

Opplevelsen av hvorvidt krypsiv utgjør et problem avhenger gjerne av vekstform, der såtevekst oppleves som «mest sjenerende». Dessuten kan det tenkes at kalkingen fører til en økning i

forekomsten av enkelte vekstformer, for eksempel enkeltsåter eller såtevekst. En eventuell effekt av kalkingen på ulike krypsiv vekstformer ble kvantifisert 14. juli 2021 i en mindre prøveflate på cirka 15 m lengde og 6 m bredde, som ligger på vestsiden av Rysstadbassenget cirka 650 m oppstrøms Straume (Figur 1). Prøveflaten inngår i krypsiv langtidsovervåking, og målinger ble gjennomført etter samme metodikk hvert år siden 2014 (Moe & Demars 2017). På denne prøveflaten ble dekningsgrad estimert separat for hver vekstform, og for hver vekstform er det tatt 6 målinger av plantens lengde. I tillegg er andre vannplanter blitt registrert.

3 Resultater

3.1 Gjenvekst av krypsiv etter tiltak



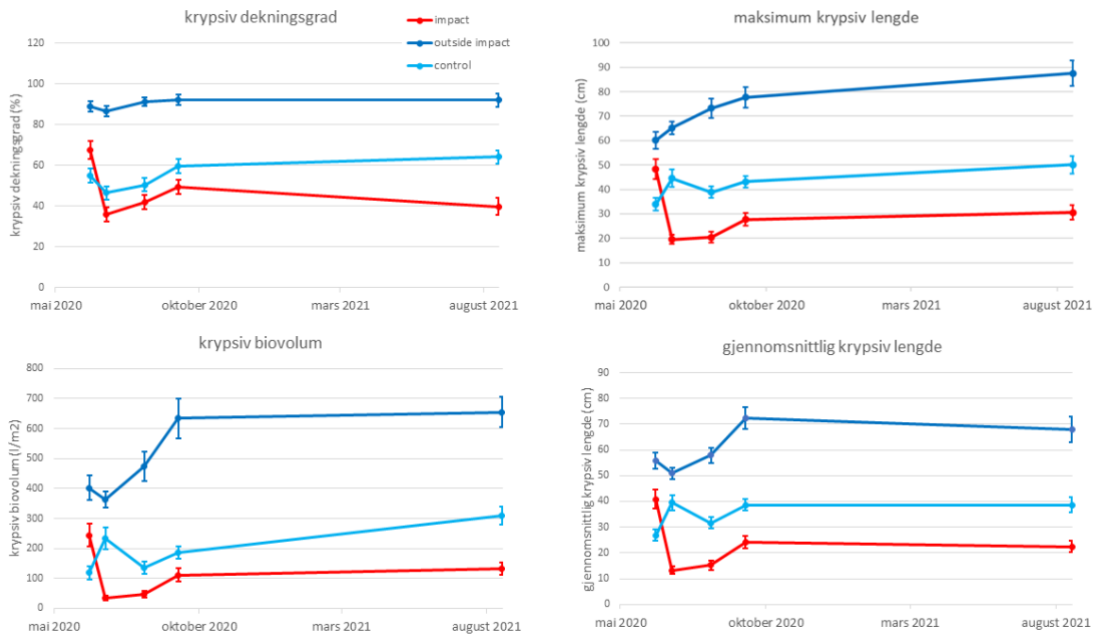
Figur 3. Andel (i prosent) av målepunktene der det ikke ble registrert krypsiv i 2020 (før og etter tiltaket som ble gjennomført i juni 2020), og august 2021

Krypsiv vokser gjerne flekkvis, hvilket betyr at det kan forekomme små områder uten krypsiv ved siden av områder med høy krypsiv dekning. Andel målepunkter der det ikke ble registrert krypsiv kan være et uttrykk for i hvilken grad både naturlige (fisk som graver i bunnen, flom, tørke) og menneskeskapt forstyrrelser klarer å hindre etablering av krypsiv på elvebunnen. I juni 2020 ble det på cirka 17 % av målepunktene i «**impact**» området ikke registrert krypsiv, og denne andelen var nesten uforandret like etter tiltaket (Figur 3). Dette tyder på at hverken tiltaket eller flommen som pågikk i perioden like før og under tiltaket, greide å rense deler av elvebunnen for krypsiv. Siden juni 2020 gikk andelen målepunkter uten krypsiv i «**impact**» område kontinuerlig ned, fra cirka 17 % i juni 2020, til cirka 10 % i august/september 2020, og 6 % i august 2021. Det betyr at krypsiv spredde seg i «**impact**» området, og at det fantes færre kvadratmeter som var helt frie for krypsiv i 2021 enn i 2020.

I «**outside impact**» området ble det ikke registrert målepunkter uten krypsiv i 2020. Det betyr at det ikke fantes områder som, til en viss grad, ikke var dekket med krypsiv. I august 2021 var 2 % av målepunktene uten krypsiv, men det er en såpass liten andel at det ennå er vanskelig å trekke noen konklusjoner.

I «**control**» område var cirka 18 % av målepunktene helt frie for krypsiv i juni 2020, og denne andelen var nesten uforandret etter tiltaket (Figur 3). Andelen målepunkter uten krypsiv økte derimot til august 2020, der cirka 23 % av målepunktene var frie for krypsiv. Det er ukjent hvilke forstyrrelser som førte til denne økningen. Siden august 2020 gikk andelen målepunkter uten krypsiv ned, til 7 % i august 2021. Det betyr at krypsiv spredde seg fra august 2020 til august 2021 i «**control**» området. Resultatene tyder på at krypsiv dekningen er noe ustabil i «**control**» området, og at det forekommer forstyrrelser og tilvekst.

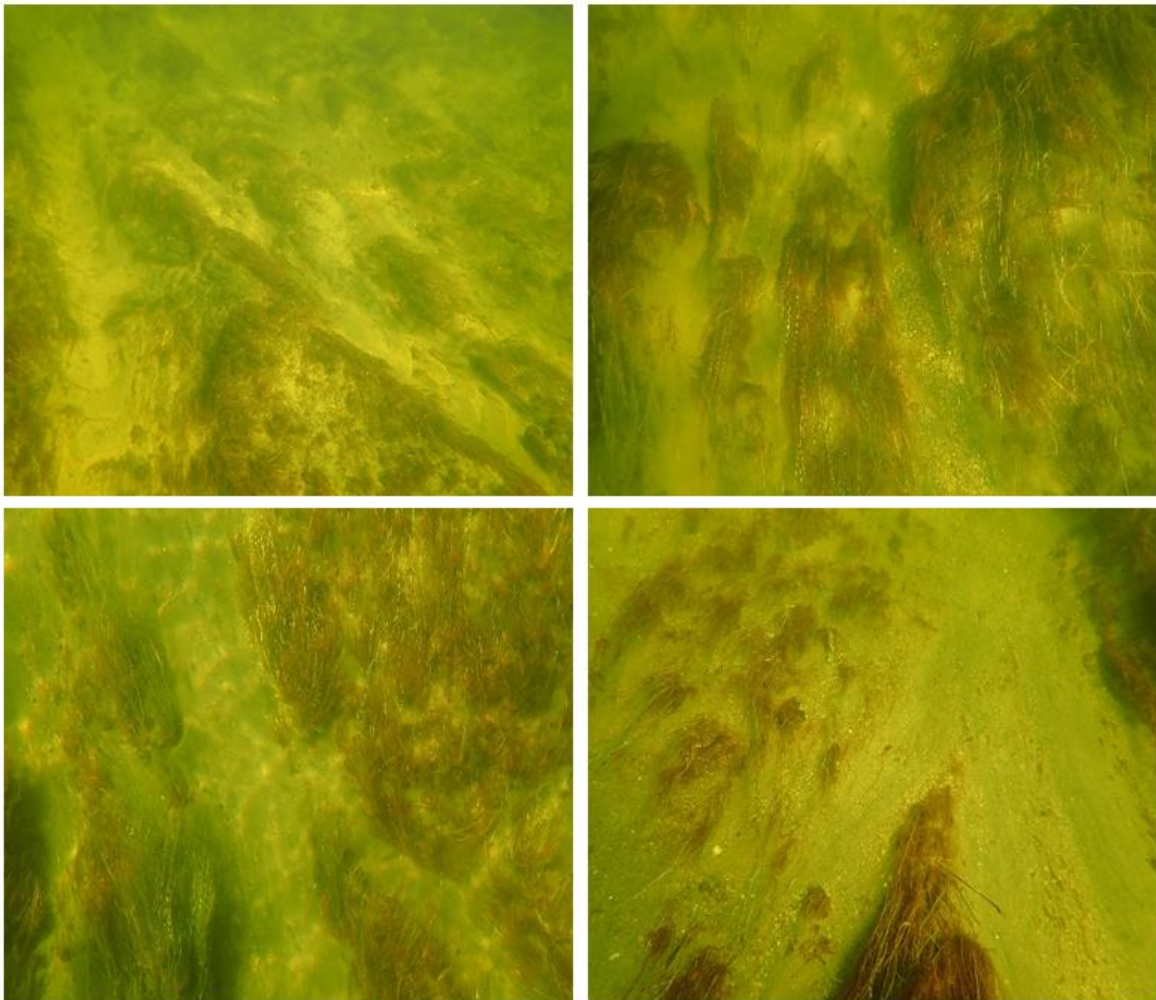
En interessant observasjon er at flommen som pågikk like før og under tiltaket ikke greide å øke andelen av målepunkter uten krypsiv, hverken i området «control», «impact» eller «outside impact». Dette tyder på at det er svært høye vannføringer som skal til for å rense deler av elvebunnen fra krypsiv (en økning på cirka 150 m³/s var ikke nok).



Figur 4. Dekningsgrad, maksimum og gjennomsnittlig plantelengde og biovolum av krypsiv i tre områder i Rysstadbassenget i 2020 og 2021. Krypsiv ble fjernet i «impact» området i juni 2020, det vil si mellom første og andre krypsiv måling. Kalkingen i utløpet av Brokke kraftverk ble satt i gang i april 2021. Figurene viser gjennomsnitt og «standard error of the mean». Maksimum og gjennomsnittlig krypsiv lengde ble beregnet uten målepunktene som var frie for krypsiv, det betyr at figuren viser lengden av de krypsiv plantene som fantes.

Krypsiv dekningsgrad ble beregnet som gjennomsnitt av den estimerte dekningsgraden på hvert målepunkt, inklusive de målepunktene der dekningsgraden var null. En gjennomsnittlig dekningsgrad på 40 % oppnås for eksempel når 4 av 10 målepunkter har 100 % dekning, og samtidig 6 av 10 null prosent dekning. Men 40 % dekning kan også oppnås om det er 40 % dekning på ethvert målepunkt innen undersøkelsesområdet. Krypsiv dekningsgrad og andel målepunkter uten krypsiv (se ovenfor) beskriver derfor ulike aspekter av krypsiv veksten i undersøkelsesområdet.

Tiltaket som ble gjennomført 15. - 22.6.2020 reduserte krypsiv dekningsgrad med 32 % i «**impact**» området, fra 68 % dekning en uke før tiltaket til 36 % dekning like etter (Figur 4). Maksimum krypsiv lengde ble redusert fra 48 cm til 20 cm, og gjennomsnittlig krypsiv lengde ble redusert fra 41 cm til 13 cm. Krypsiv biovolum i «**impact**» området ble betydelig redusert, fra 245 liter per kvadratmeter før tiltaket, til 35 liter per kvadratmeter like etter. På elvebunnen fantes det tydelige spor etter harvingen, og mange av de gjenværende krypsiv plantene var ødelagt i toppen (Figur 5). Selv om tiltaket førte til en betydelig reduksjon i krypsiv biomassen, viser resultatene at man ikke ble «kvitt krypsiv» gjennom tiltaket.



Figur 5. I juni/juli 2020 var det tydelige spor etter harvingen i «impact» området. Mange av krypsiv plantene som var igjen etter tiltaket var revet av, og ødelagt i toppen. Bilder tatt i juni/juli 2020, © K. Thiemer, NIVA

I samme tidsperiode (7.-24.6.2020) var dekningsgraden praktisk uforandret på rundt 88 % i «**outside impact**» området, mens maksimum krypsiv lengde økte ubetydelig fra 60 til 65 cm, og gjennomsnittlig krypsiv lengde gikk noe ned (fra 56 til 51 cm). Det betyr at flommen som pågikk i perioden 13.-23.06.2020, ikke påvirket krypsiv biomassen «outside impact» i nevneverdig grad.

Derimot gikk krypsiv dekningsgrad noe ned i «**control**» området, fra 55 % til 46 %, mens maksimum krypsiv lengde økte fra 34 cm til 45 cm, og gjennomsnittlig krypsiv lengde økte fra 27 cm til 39 cm. Nedgangen i dekningsgrad kan skyldes økt vannføring grunnet snøsmelting i perioden 13. – 23. juni 2020. Den økte vannføringen medførte høyere vannhastighet, og det kan ha ført til at enkelte krypsiv såtter ble revet løs av strømmen. Den økte vannføringen medførte også en økning i vannstand på rundt 70 cm i forhold til kartleggingen som ble gjennomført før tiltaket. Krypsiv planter som lå på vannoverflaten ved den første kartleggingen, kunne derfor «strekke seg lenger» ved den andre kartleggingen, da vannstanden var høyere. Dette forklarer sannsynligvis økningen i plantelengden fra 7. til 24.6.2020 i «control» område. Det betyr at økningen i gjennomsnittlig og maksimal plantelengde mest sannsynlig ikke var vekst, men heller et artefakt grunnet «utstrekning» av

plantene som lå på vannoverflaten ved den første kartleggingen. En lignende «utstrekning» ble ikke observert «outside impact», fordi ingen planter nådde vannoverflaten ved den første kartleggingen.

Totalt sett ser det derfor ut som i hvert fall mesteparten, om ikke alt, av reduksjonen i krypsiv dekningsgrad og biovolum i «impact» området mellom 7. og 24.6.2020 skyldes tiltaket heller enn flommen.

I løpet av de påfølgende ukene fram til september 2020 (fra 24.6. til 9.9. 2020) økte krypsiv dekningsgrad med rundt 13 % i både «control» og «impact» området (til henholdsvis 59 % og 49 %), mens dekningsgraden økte med kun 5 % i «outside impact» området (til 92 %; Figur 4).

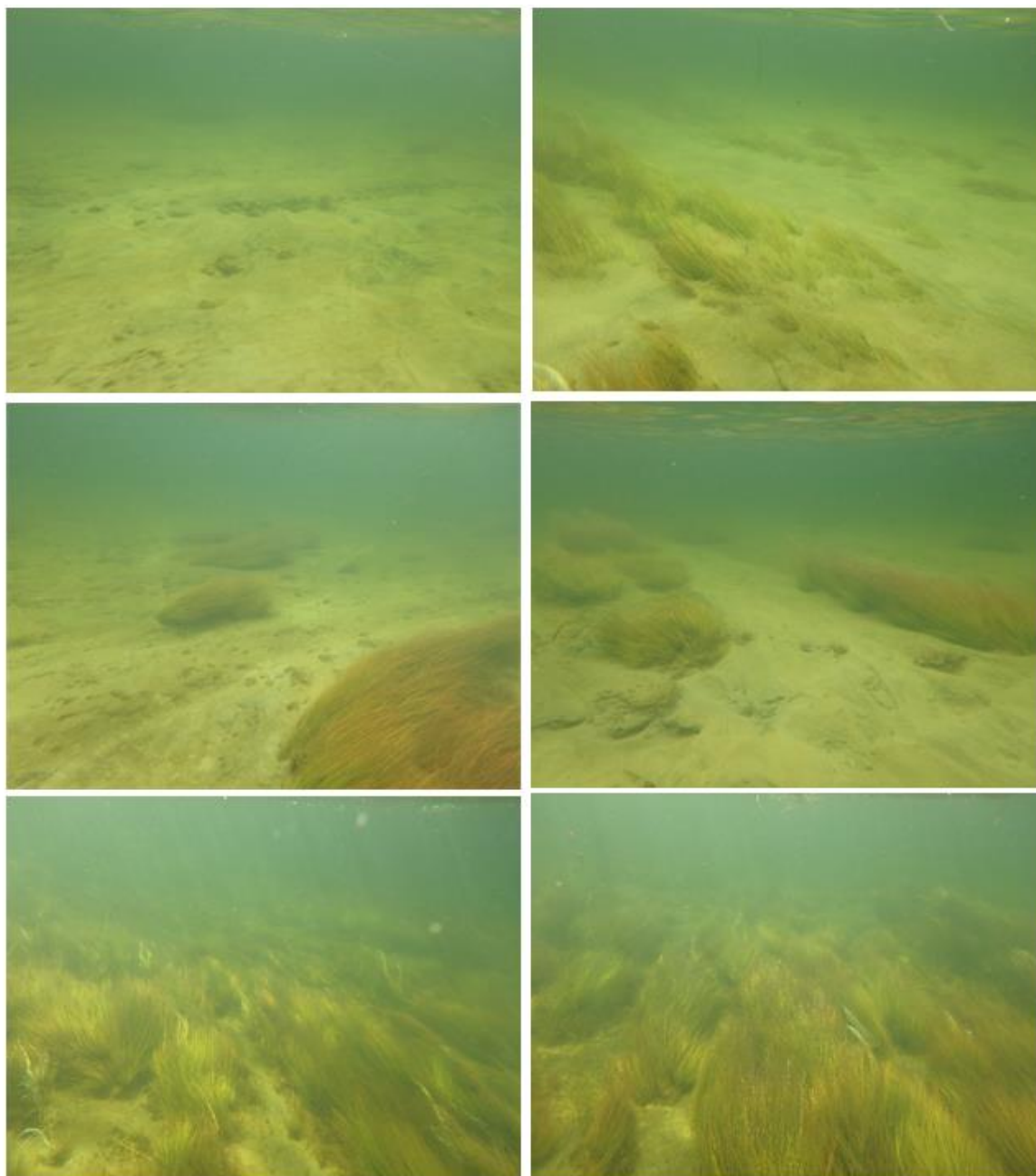
Gjennomsnittlig krypsiv lengde økte med rundt 11 cm i «impact» området og med rundt 16 cm i «outside impact» området fram til september 2020. Hvis man ser bort fra effekten som skyldes høy vannstand 24.6.2020, økte gjennomsnittlig krypsiv lengde også i «control» området med rundt 12 cm.

Totalt sett ser det derfor ut til at både krypsiv dekningsgrad og plantelengde økte utover sommeren 2020. Det betyr at plantene vokste i perioden fra juni til september 2020, både i lengden (plantelengde) og «til siden» (dekningsgrad). Dekningsgraden økte omtrent like mye i impact og control (13 %), mens den økte mindre outside impact (5 %). Dette er mest sannsynlig fordi dekningsgraden «outside impact» allerede var meget høy fra før, mens den var lavere enn 50 % i «control» og «impact» i slutten av juni 2020. Om man ser bort fra «utstrekningseffekten» under flommen i «control», økte gjennomsnittlig krypsiv lengde med 11 til 16 cm fra slutten av juni til begynnelsen av september 2020 i alle områder.

I lys av disse resultatene var det noe overraskende at krypsiv dekningsgrad i «impact» området i august 2021 var rundt 10 % lavere enn i september 2020, og lå på omtrent samme nivå som like etter tiltaket. Årsaken til dette er ukjent, men det kan tenkes at noen av plantene som var ødelagt i toppen (Figur 5) overlevde i flere uker etter tiltaket i 2020, men likevel ikke klarte seg gjennom vinteren. Undervannsbilder tatt i august 2021 (Figur 6) viser at plantene var friske og grønne, og det ble ikke observert «ødelagte» planter i august 2021.

Dekningsgraden forble uforandret mellom september 2020 og august 2021 i «outside impact», og nesten uforandret i «control» (vi registrerte en ubetydelig økning på 4 %). Maksimum krypsiv lengde økte mellom 3 og 10 cm i alle områdene (Figur 4) sammenliknet med september 2020. Gjennomsnittlig krypsiv lengde derimot var uforandret i impact og control, og 4 cm lavere outside impact. Dette er en ubetydelig endring, som kan skyldes tilfeldigheter.

Totalt sett tyder resultatene på at krypsiv biomassen ikke økte nevneverdig i noen av de kartlagte områdene i Rysstadbassenget i perioden september 2020 til august 2021, men at de lengste såtene i «krypsiv flekkene» ble noen centimeter lengre.



Figur 6. Innenfor «impact» område, der krypsiv ble fjernet med klipping og harving i juni 2020, fantes det områder som var nesten frie for krypsiv, områder der enkelte «flekker» var etablert, og områder som var dekket 100% med krypsiv. Gjennomsnittlig krypsiv lengde på de nederste bildene er cirka 30 cm. Det var få spor igjen etter harvingen året før, og krypsiv plantene så friske ut. Bildene ble tatt i «impact» området 18.08.2021 © S. Schneider, NIVA

Resultatene kan også presenteres detaljert som såkalte histogrammer (vedlegg A). Et histogram viser frekvensfordelingen av målepunktene i hvert av områdene («control», «impact», «outside impact») på hvert tidspunkt. Framstillingen kan lett bli litt uoversiktlig, men til gjengjeld er det mulig å oppdage om andelen målepunkter med høye eller lave verdier forandres over tid.

Histogrammene for impact området (vedlegg A-1, øverste rad) viser at andelen målepunkter som hadde høy dekningsgrad gikk drastisk ned like etter tiltaket, men økte gradvis siden. Like etter tiltaket var ingen av de målte krypsiv flekkene lengre enn 50 cm (vedlegg A-2, øverste rad), mens det forekom noen krypsiv flekker som var lengre enn 50 cm på de senere tidspunktene. Likeledes økte andelen av målepunktene der krypsiv var lengre enn 10 cm, og det ble flere målepunkter der de lengste krypsiv såtene var lengre enn 70 cm (vedlegg A-3, øverste rad). Dette er synlig i histogrammene ved at søylene «spres mot høyre» jo lengre tid som er gått etter tiltaket. Det betyr at det finnes flere målepunkter med noe lengre krypsiv enn like etter tiltaket, og flere målepunkter med høy dekningsgrad. **Selv om den totale gjenveksten av krypsiv var ubetydelig fram til august 2021 (vist i Figur 4), tyder likevel histogrammene på at krypsiv har, sakte men sikkert, begynt å komme tilbake.**

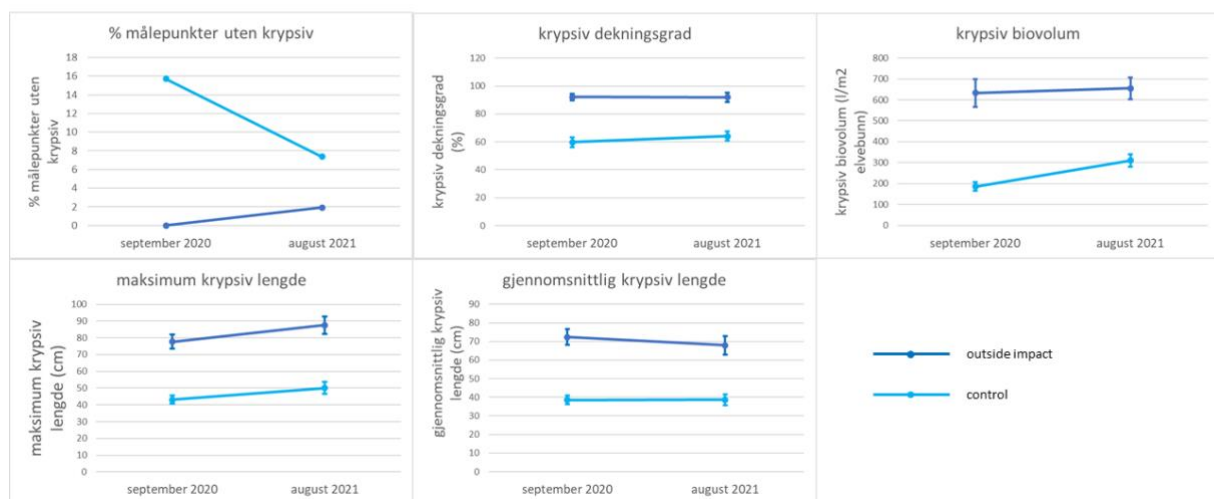
Sammenfattet finnes det flere indikasjoner som tyder på at krypsiv sakte men sikkert har begynt å reetablere seg etter tiltaket:

- 1) Færre målepunkter er frie for krypsiv
- 2) Flere målepunkter med høy dekning av krypsiv
- 3) Flere målepunkter der gjennomsnittlig krypsiv lengde er lengre enn 50 cm
- 4) Flere målepunkter der den lengste krypsiv såten er lengre enn 70 cm

Det meste av gjenveksten skjedde imidlertid utover sommeren 2020, og gjenveksten fortsatte ikke i samme tempo til august 2021 (det var ingen nevneverdige endringer mellom september 2020 og august 2021). Totalt sett var det kun begrenset gjenvekst ett år etter tiltaket.

3.2 Effekter av kalking på krypsiv

3.2.1 Krypsiv biomasse i Rysstadbassenget



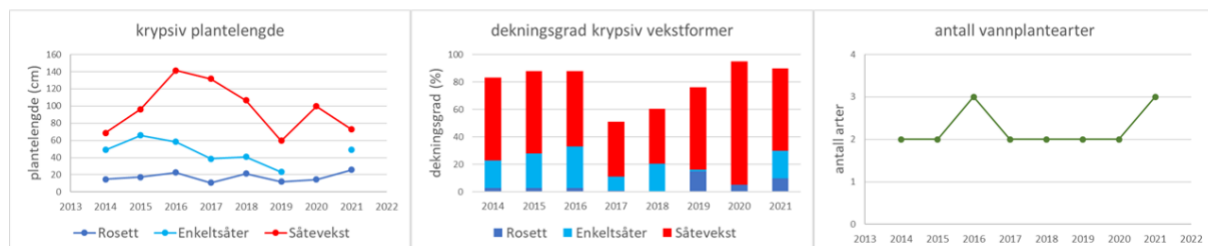
Figur 7. Krypsiv målinger i «control» og «outside impact» områdene, før og etter kalkingen. Dosererkalking i utløpet av Brokke kraftverk ble satt i drift i april 2021 og kalkingen påvirker hele Rysstadbassenget, både «control» og «outside impact». Gjennomsnittlig og maksimum krypsiv lengde ble beregnet uten målepunktene der det ikke fantes krypsiv, det betyr at dataene viser lengden på de krypsiv flekkene som finnes i det respektive området.

Lengden på de lengste krypsiv såtene økte noe fra september 2020 til august 2021 i både «control» og «outside impact», med henholdsvis 7 og 10 cm (Figur 7). Denne endringen er imidlertid liten, og kan skyldes måleusikkerhet. Utover det finnes det ingen konsistente endringer (det betyr endringer som foregår i både «control» og «outside impact») i hverken andel målepunkter uten krypsiv, krypsiv dekningsgrad, gjennomsnittlig krypsiv lengde eller biovolum. Det ble ikke registrert andre vannplanter enn krypsiv på noen av målepunktene. Hittil ser det derfor ut som kalkingen ikke påvirket krypsiv i Rysstadbassenget.

3.2.2 Detaljkartlegging av krypsiv vekstformer og andre vannplanter

Lengden av krypsiv rosettplanter har vært ganske stabil rundt 20 cm siden 2014, mens lengden av enkeltsåtene har svingt rundt cirka 50 cm (Figur 8). Såtevekst nådde et maksimum på opp til 140 cm i 2016 og 2017, men har svingt rundt 90 cm ellers. Den totale dekningsgraden av krypsiv på stasjon Brokke har svingt rundt 90%, med unntak av perioden 2017 til 2019, der dekningsgraden muligens ble redusert av en flom, et «privat tiltak» eller en annen form for forstyrrelse, og det tok 3 år å komme tilbake til samme nivå (Figur 8). Dekningsgraden av vekstformene var ganske stabil over alle år, med unntak av 2020 der det var mer såtevekst men ingen enkeltsåter. Bortsett fra krypsiv ble det i alle år funnet flotgras (*Sparganium* sp.) på stasjonen Brokke, og i tillegg i 2016 et enkeltfunn av blærerot (*Utricularia vulgaris/australis*), og i 2021 av evjesoleie (*Ranunculus reptans*).

Resultatene fra 2021 skiller seg på ingen måte fra tidligere år, og støtter dermed inntrykket av at kalkingen ved utløpet av Brokke kraftverk hittil ikke har påvirket krypsiv.



Figur 8. Lengde og dekningsgrad av de ulike krypsiv vekstformene, og antall vannplantearter (inkludert krypsiv) på stasjonen «Brokke» fra 2014 til 2021.

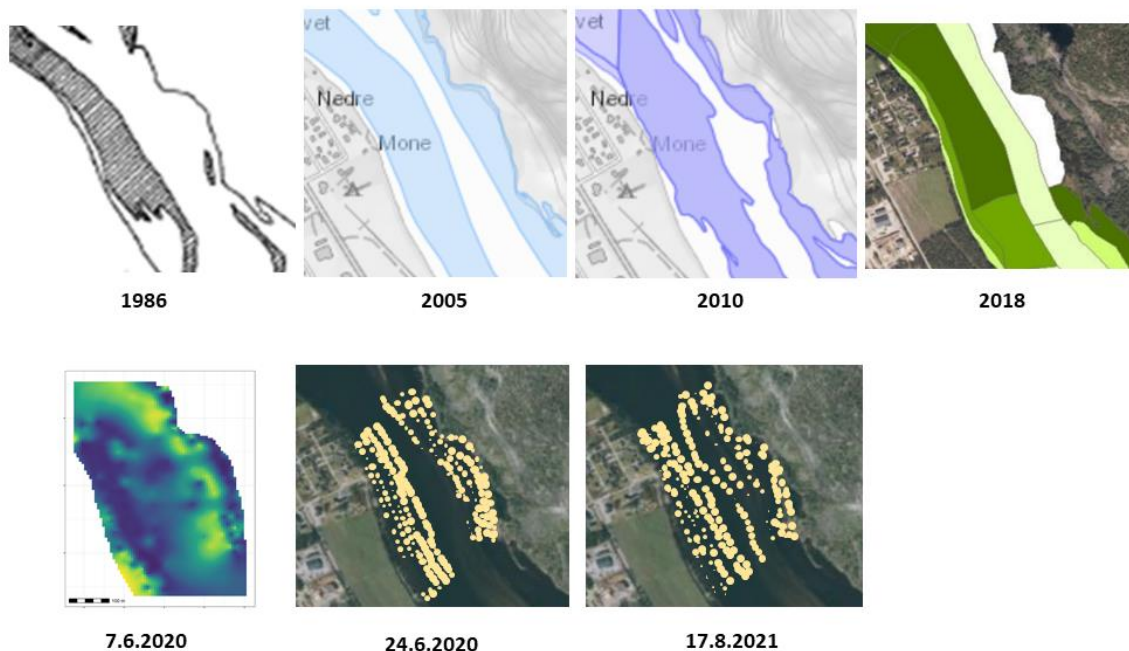
4 Diskusjon

4.1 Metodikk for kvantifisering av krypsiv

Det finnes flere måter å kartlegge vannplanter på, og disse er egnet til ulike formål. Figur 9 viser en sammenstilling av krypsiv kartleggingene som ble gjennomført i det område av Rysstadbassenget der «control», «impact» og «outside impact» ligger. Kart fra tidligere år ble laget basert på flyfotografering (Rørslett 1987; Reither og Jansen, 2012), fotografering fra helikopter (Haraldstad 2008), og snorkling (Velle m.fl. 2019). Kartene fra 2020 og 2021 er basert på data i denne rapporten.

Kartene viser at det i 1986 var meget tett vegetasjon av krypsiv kun på den vestre siden av Rysstadbassenget, mens det 20 og 25 år senere var mye krypsiv på begge sider av elva. Kartet laget av Velle m.fl. (2019) viser omtrent det samme bilde, med unntak av at det ikke ble oppdaget krypsiv i den nordvestlige delen av undersøkelsesområdet. Denne observasjonen er lite sannsynlig, og skyldes trolig «uflaks» eller «tilfeldigheter». Slike omstendigheter kan oppstå fordi en snorkler må svømme på kryss og tvers av elva, og da kan det forekomme at man ikke påtreffer områder med krypsiv (opp til 23 % av «control» området var ikke dekket av krypsiv; se våre resultater for «control» i Figur 3). Tolkningen av de tilgjengelige kartene siden 1986 er derfor at krypsiv massevekst på den vestre siden av undersøkelsesområdet oppsto før 1986, mens masseveksten på den østre siden oppsto mellom 1986 og 2005, og har vært der siden. I alle år fantes det et område i midten av elva der det var lite krypsiv. Utover en slik tolkning er det derimot ikke mulig å kvantifisere endringer i krypsiv mengde over årene. Dette skyldes a) at det er umulig å sammenlikne «meget tett» vegetasjon (Rørslett 1987) med «massivt krypsiv» (Haraldstad 2008), 50-100 % dekning (Reither og Jansen 2012), og kategoriene i dekningsgrad brukt av Velle m.fl. (2019), og b) at store områder på mange tusen kvadratmeter ble generalisert og slått sammen til sammenhengende flater. Snorkling eller fotografering fra fly eller helikopter er meget godt egnet til å kartlegge store områder i Otra, for eksempel hele elva på langs. På denne måten får man en oversikt «hvor skoen trykker» langs elva. Men snorkling eller fotografering er i liten grad egnet til å kvantifisere gradvise og små endringer i krypsiv dekningsgrad, og de er ikke egnet til å kvantifisere endringer i krypsiv lengde.

Metodikken som vi brukte i det foreliggende prosjektet har ulike fordeler og ulemper sammenliknet med fotografering eller snorkling. Det er mulig å lage kart basert på målepunktene, siden GPS koordinater for hvert målepunkt ble registrert. Kart kan lages i ulike applikasjoner, som GIS eller R, ved linear interkalibrering av dekningsgrad mellom målepunktene (se eksempel i Figur 9, 7.6.2020). Enklere kart kan lages i Excel, der større prikker indikerer høyere dekningsgrad (Figur 9, 24.6.2020 og 17.8.2021). Selv om de enkle Excel kartene er litt uoversiktlig, er det likevel tilstrekkelig til å kunne se effekten av tiltaket (det finnes kun små prikker langs den vestre delen av undersøkelsesområdet den 24.6.2020).



Figur 9. Krypsiv dekning i Rysstadbasenget siden 1986. 1986: Rørslett (1987); skravur markerer «meget tett» vegetasjon av krypsiv. 2005: Haraldstad (2008); fargelagte flater markerer «massivt krypsiv». 2010: Reither og Jansen (2012); fargelagte flater markerer 50-100 % dekning. 2018: Velle m.fl. (2019); hvite flater markerer «ingen krypsiv», og mørkere grønnfarger markerer 1-20, 21-40, 41-60, 61-80, og 81-100 % dekning; 2020 og 2021: egne data; 7.6.2020: K. Thiemer (upublisert); fra gul = 0 % dekning til mørkeblå = 100 % dekning. 24.6.2020 og 17.8.2021: større prikker markerer høyere dekningsgrad (fra 0 til 100 % dekning).

I tillegg til visualisering av resultatene i kart var det enkelt mulig å kvantifisere endringer i både dekningsgrad og plantelengde, og det var mulig å beregne biovolum, et mål for hvor mye krypsiv som finnes på en kvadratmeter elvebunn. Resultatene var stort sett konsistente og nokså stabile, selv om det finnes noe måleusikkerhet. Basert på den erfaringen vi hittil har bygget opp kan en endring i dekningsgrad på 10 % eller mer, og en endring i plantelengde på 10 cm eller mer, tolkes som en «betydelig endring». En utfordring er imidlertid at plantelengden i «control» området til en viss grad ser ut til å påvirkes av vannstanden. Ved lav vannstand når noen av plantene i «control» området vannoverflaten, og ligger som «overflatematter» på vannoverflaten. Disse plantene strekkes ut når vannstanden blir høyere. Det er en forholdsvis liten del i den nordøstlige delen av «control» området der krypsiv når vannoverflaten, men målingene som ble gjennomført ved svært høy vannstand den 24.6.2020 viser likevel at det kan påvirke gjennomsnittlig og maksimal plantelengde. Denne effekten er vanskelig å korrigere for, utover at det anbefales å ikke kartlegge «control» området når vannstanden er svært høy. I tillegg har vi i 2021 begynt å registrere på hvilke målepunkter krypsiv når vannoverflaten, slik at vi har en viss kontroll på fenomenet i årene som kommer.

Den største ulempen med metodikken vi valgte sammenlignet med fotografering og snorkling er at det tar lengre tid å kartlegge et område.

4.2 Effekt av flom på krypsiv

Selv om det ligger utenfor prosjektets ramme, byr dataene på en gyllen mulighet til å se nærmere på hvilken effekt en flom har på krypsiv biomasse. Vannføringen i Valle økte i perioden 13. – 23. juni 2020 fra cirka 15 m³/s til cirka 150 m³/s. Selv om den relative økningen i vannføring var betydelig mindre i Rysstadbassenget, der vannføringen i stor grad bestemmes av vannføringen fra Brokke kraftverk, var økningen i både vannstand og vannhastighet meget tydelig også i undersøkelsesområdet. Endringer i krypsiv biomassen mellom 7. og 24.6.2020 i «outside impact» og «control» kan derfor tolkes som en effekt av flommen.

Flommen førte ikke til økt andel målepunkter uten registrert forekomst av krypsiv (Figur 3). Det betyr at en økning i vannføring på litt i overkant av 100 m³/s sammenlignet med forholdene ved den første kartleggingen på 7.6.2020, ikke var tilstrekkelig til å fjerne etablerte krypsiv flekker fra bunnen av Rystadbassenget. I den sammenhengen er det verdt å merke seg at en flom av samme størrelse muligens ville klart å hindre krypsiv fra å etablere seg på «ren» sandbunn. Dette er fordi ukonsoliderte sandkorn forholdsvis lett kan beveges av en flom, og bevegelsen av sandkornene hindrer unge planter fra å kunne slå rot. Når tette krypsiv flekker først er etablert, fører røttene til en konsolidering av elvebunnen. Røttene holder på en måte tak i sandkornene, og hindrer på denne måten at flommen «slipper til». Av den grunn trengs det en mye større flom til å fjerne eksisterende krypsiv flekker, enn det trengs for å hindre at krypsiv etablerer seg på «ren sandbunn».

Likevel observerte vi ganske mye drivende krypsiv i Otra mens flommen pågikk. Det må bety at noen krypsiv planter ble revet løs. Det stemmer overens med at krypsiv dekningsgrad i «control» gikk ned fra 55 % til 46 % (Figur 4). I «outside impact», derimot, var det ingen forskjell mellom før og etter flommen (reduksjonen fra 89 % til 87 % prosent dekning kan ikke betraktes som signifikant; Figur 4). Det kan forklares med at deler av «control» ligger i et mer beskyttet område, der plantene generelt vokste noe mer oppreist enn i områder med høyere strømhastighet, slik som «outside impact». Det er derfor mulig at plantene i «control» i mindre grad var tilpasset høyere strømhastighet, og at flommen derfor klarte å rive løs enkelte krypsiv såter. En annen forklaringsmulighet er at flommen reduserte krypsiv dekningsgrad i områder der det fantes «nok» rent sandbunn rundt krypsiv flekkene fra før (slik som i «control» der mer enn 15 % av målepunktene ikke var bevokst med krypsiv; Figur 3), mens områder som hadde høy krypsiv dekning fra før (slik som «outside impact» der det ikke fantes målepunkter uten krypsiv) tålte økt vannhastighet bedre, rett og slett fordi vannet ikke «fikk tak i» krypsiv som vokste så tett.

Vår konklusjon er derfor at en økning i vannføringen på litt i overkant av 100 m³/s kan redusere krypsiv dekningsgrad til en viss grad i mer beskyttede områder, mens det er lite forskjell i områder som er tilpasset høyere vannhastighet og som har høy dekningsgrad. En flom vil derfor være mest effektiv i områder der krypsiv dekningsgrad er lav fra før.

Generelt var effekten av flommen på krypsiv biomasse beskjeden. Det tyder på at spyleflommer på nåværende tidspunkt, da krypsiv dekningsgrad er høy, ikke er særlig godt egnet til å fjerne krypsiv fra Rysstadbassenget. Dette stemmer overens med Hindar og Grande (1987), som konkluderte med at en økning i vannføring først vil ha virkning ved svært høye vannføringer. Det er likevel mulig at regelmessige flommer vil kunne klare å hindre krypsiv re-etablering dersom man skulle klare å redusere krypsiv dekningsgrad tilstrekkelig på andre måter.

4.3 Effekt av tiltak, og gjenvekst av krypsiv etter tiltak

Til tross for den høye vannføringen, som medførte en del praktiske utfordringer, reduserte tiltaket krypsiv dekningsgrad fra 68 % til 36 %, maksimal krypsiv lengde fra 48 cm til 20 cm, gjennomsnittlig krypsiv lengde fra 41 cm til 13 cm, og krypsiv biovolum fra 245 liter per kvadratmeter til 35 liter per kvadratmeter (Figur 4). Tiltaket førte altså til en betydelig reduksjon i krypsiv biomassen, slik at det igjen ble mulig å kjøre motorbåt og fiske i «impact» området. Resultatene antyder likevel at det ikke er mulig å «bli kvitt krypsiv» med klipping og harving. Det må derfor forventes at krypsivet kommer tilbake.

Gjenveksten startet allerede like etter tiltaket, og vi observerte både en økning i dekningsgrad og plantelengde i perioden fra juni til september 2020. Det betyr at krypsivet vokste, både vertikalt (økning i plantelengde) og horisontalt («spredning», økning i dekningsgrad). Dekningsgraden økte omtrent like mye i «impact» og «control» (cirka 13 %), mens den økte mindre «outside impact», mest sannsynlig fordi den der allerede var meget høy fra før. Økningen i maksimal plantelengde var 8-18 cm, og i gjennomsnittlig plantelengde 11 til 16 cm. Det betyr at økningen var omtrent på samme nivå i både «impact», «outside impact» og «control» (Figur 4; resultatene fra 24.6.2020 må tolkes med omhu siden vannstanden var så høy). Det betyr at plantene begynte å vokse i «impact» området like etter tiltaket, men ikke mer enn i andre områder i Rysstadbassenget. Vi observerte altså ingen eksplosiv vekst etter tiltaket. En slik effekt, altså økt vekst etter fjerning av vannplanter, er blitt observert andre steder, og forklares med redusert konkurranse og bedre tilgang til lys etter tiltaket (Baattrup-Pedersen m.fl., 2018).

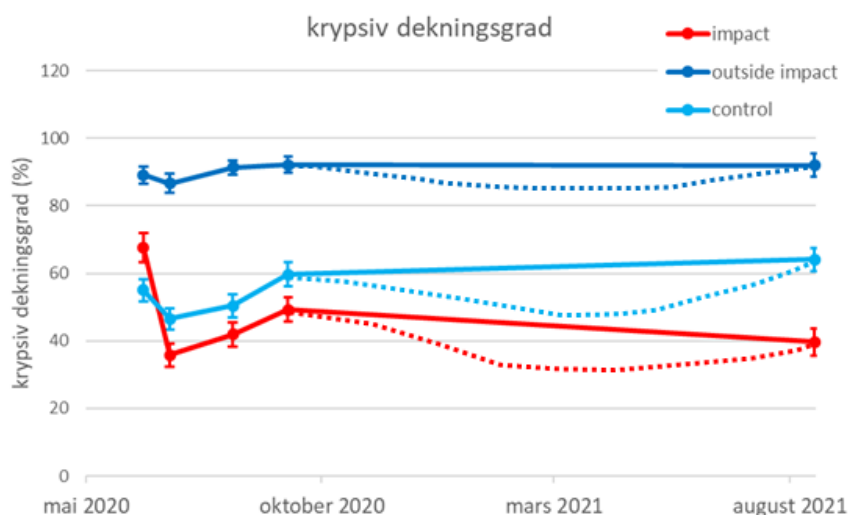
Den observerte gjenveksten av krypsiv i 2020 fortsatte ikke i 2021. Mens krypsiv dekningsgrad var uforandret i «control» og «outside impact», var den i «impact» rundt 10 % lavere enn i september 2020, og lå på omtrent samme nivå som like etter tiltaket. Etter tiltaket i 2020 observerte vi en del krypsiv planter som var ødelagt i toppen (Figur 5), og det kan tenkes at noen av disse plantene var synlige helt fram til september 2020, men likevel ikke overlevde på sikt. Når disse plantene døde, ble dekningsgraden redusert tilsvarende. En slik effekt kan forklare den observerte reduksjonen i dekningsgrad fra september 2020 til august 2021 kun i «impact» området, og stemmer overens med at undervannsbilder tatt i august 2021 ikke lenger viste «ødelagte» planter (Figur 6).

Gjennomsnittlig krypsiv lengde var uforandret i alle tre undersøkelsesområder, og maksimal krypsiv lengde økte mellom 3 og 10 cm i alle områdene. Totalt sett tyder resultatene derfor på at krypsiv biomassen ikke økte nevneverdig i noen av de kartlagte områdene i Rysstadbassenget i perioden september 2020 til august 2021, men at de lengste såtene i «krypsiv flekkene» ble noen centimeter lengre.

Første tegn som antyder en tilgroing i «impact» området er imidlertid synlige i histogrammene, som viser at det ble flere målepunkter der gjennomsnittlig krypsiv lengde var lengre enn 50 cm, og at det ble flere målepunkter der gjennomsnittlig krypsiv lengde var lengre enn 50 cm (Appendix A1-3). I tillegg ble det færre målepunkter som var frie for krypsiv (Figur 3). Resultatene tyder dermed på at krypsivet har begynt å komme tilbake, men at tilgroingen var begrenset ett år etter tiltaket, og at gjenveksten foregår sakte.

Forklaringen på hvorfor krypsiv i «outside impact» og «control» ikke fortsatte å vokse i samme tempo som det så ut til i 2020, er muligens at krypsiv biomassen «svinger» noe gjennom året. Det ser ut til at krypsiv kan vokse mellom juni og tidlig september, og øke både i dekningsgrad og plantelengde. Det er derimot sannsynlig at det er noe dødelighet av krypsivet i løpet av vinter og tidlig vår, på grunn av lite lystilgang og delvis høye vannføringer. Dette fører sannsynligvis til at en del

av biomassen visner, før plantene begynner å vokse igjen tidlig på sommeren. I «outside impact» og «control» områdene er det derfor sannsynlig at krypsiv biomassen «svinger» rundt en slags «likevekt», som ble etablert i løpet av tiårene etter at Rysstadbassenget ble regulert. Dersom det forholder seg slik, karakteriserer resultatene for både september 2020 og august 2021 den omtrentlige maksimale krypsiv biomassen gjennom året (Figur 10).



Figur 10. Utviklingen av krypsiv dekningsgrad ble antatt å være lineær mellom målepunktene (hele linjer). Det er derimot sannsynlig at den faktiske utviklingen går noe opp og ned, med laveste biomasse om vinteren, og høyeste på sensommeren. Stiplede linjer indikerer en hypotetisk utvikling av krypsiv dekningsgrad.

Det er sannsynlig at plantene visnet noe mer mellom september 2020 og august 2021 i «impact» området enn i «control» og «outside impact», fordi planter som ble ødelagt av tiltakene døde i løpet av vinteren. I løpet av de kommende årene forventes det at krypsiv biomassen i «control» kommer til å øke til omtrent samme nivå som før tiltaket. Dette skjer sannsynligvis ved å «svinge» oppover, det betyr at krypsivet kommer til å vokse noe om sommeren, og visne litt om vinteren. Siden krypsivet i løpet av et år sannsynligvis kommer til å visne litt mindre enn det vokser, kommer biomassen i «control» området sakte men sikkert til å øke i løpet av noen år.

4.4 Effekter av kalking

Kalking har tidligere ført til krypsiv massevekst i Norge. Effekten av kalking ble forklart med at en del av kalken sedimenterte, og gjenforsuret vann mobiliserte CO₂ fra kalken. I tillegg øker kalken nedbrytningen av organisk materiale i sedimentet, og denne prosessen frigjør både CO₂, NH₄⁺ og fosfor. Dermed økes tilgjengelighet av alle stoffer som kan tenkes å begrense krypsiv vekst (karbon, nitrogen og fosfor), noe som kan føre til økt vekst av krypsiv (Brandrud 2002, Roelofs m.fl. 1994).

Rysstadbassenget har vært kalket ved dosererkalking i utløpet av Brokke kraftverk siden 20. april 2021. Det ble ikke observert nevneverdig vekst av krypsiv mellom september 2020 (siste måling før kalking) og august 2021 (første måling etter kalking) i hverken «control» eller «outside impact» området. Dette tyder på at kalkingen i hvert fall ikke førte til en eksplosiv vekst av krypsiv. En alternativ forklaring kan være at en eller annen form for forstyrrelse (for eksempel flom, fisk som

graver i sedimentet) førte til økt dødelighet av krypsiv, og at økt vekst i forbindelse med kalking kompenserte for det. Det anbefales å følge med i krypsiv utviklingen de nærmeste årene, for å studere om kalkingen kan ha langsiktige effekter på krypsiv vekst.

5 Konklusjon

Rysstadbassenget har i lang tid hatt utfordringer med massevekst av krypsiv. Klipping og harving blir sett på som det mest praktiske tiltaket mot krypsiv, men det var uklart hvor raskt gjenveksten foregår. Rysstadbassenget er blitt kalket med dosererkalking siden april 2021, og det er viktig å sikre at kalkingen ikke fører til ytterligere vekst av krypsiv. Formålet med prosjektet var derfor å finne ut om kalkingen påvirker krypsiv biomasse, og hvor raskt krypsiv reetableres etter tiltak. Våre konklusjoner ett år etter tiltaket, og 4 mnd. etter at kalkingen startet, er:

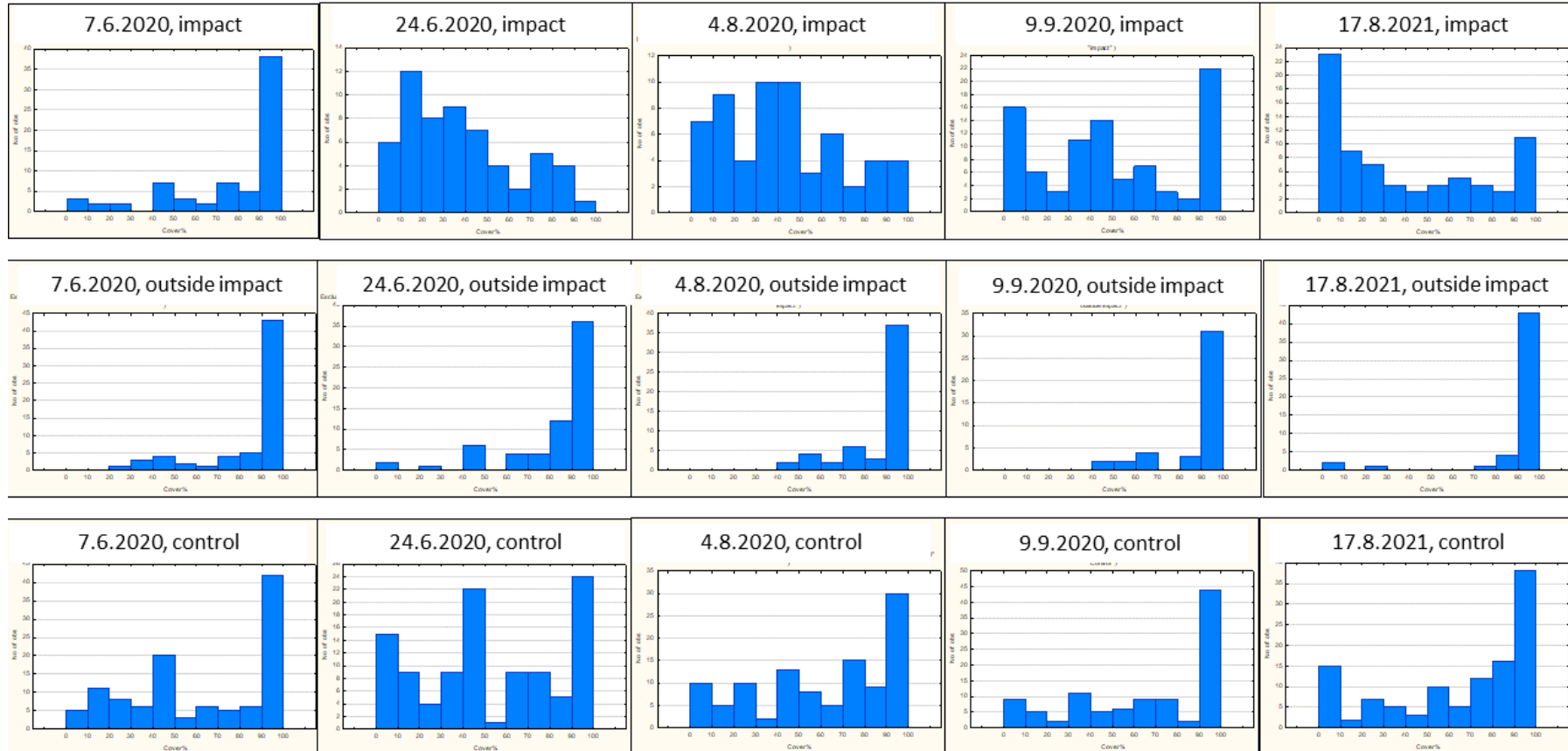
- Metodikken som vi valgte for kvantifisering av krypsiv biomasse er ny, men viste seg å være velegnet for å karakterisere områder på flere dekar. Metodikken er forholdsvis enkel å bruke, men samtidig velegnet til å kunne kvantifisere eventuelle effekter av kalkingen, kvantifisere vekst av krypsiv etter tiltak, eller til alle andre formål der kvantifisering av krypsiv biomasse er sentralt.
- Kalkingen som startet i april 2021 hadde ingen målbar effekt på krypsiv biomasse i Rysstadbassenget i august 2021.
- Effekten av en økning i vannføring på litt i overkant av 100 m³/s (flom som foregikk i juni 2020) på krypsiv biomasse i Rysstadbassenget var liten. Det tyder på at flommer ikke er en effektiv metode for å redusere krypsiv biomasse i områder der dekningsgraden er høy og substratet gir godt feste for røtter. Det er likevel mulig at regelmessige flommer vil kunne klare å hindre krypsiv re-etablering dersom man klarer å redusere krypsiv dekningsgrad tilstrekkelig på andre måter.
- Klipping og harving førte til en betydelig reduksjon i krypsiv biomasse. Resultatene antyder likevel at det ikke er mulig å «bli kvitt krypsiv» med klipping og harving. Det må derfor forventes at krypsivet kommer tilbake. Ett år etter tiltaket var det kun meget begrenset gjenvekst av krypsiv. Dette tyder på at tilgroingen foregår sakte.

6 Referanser

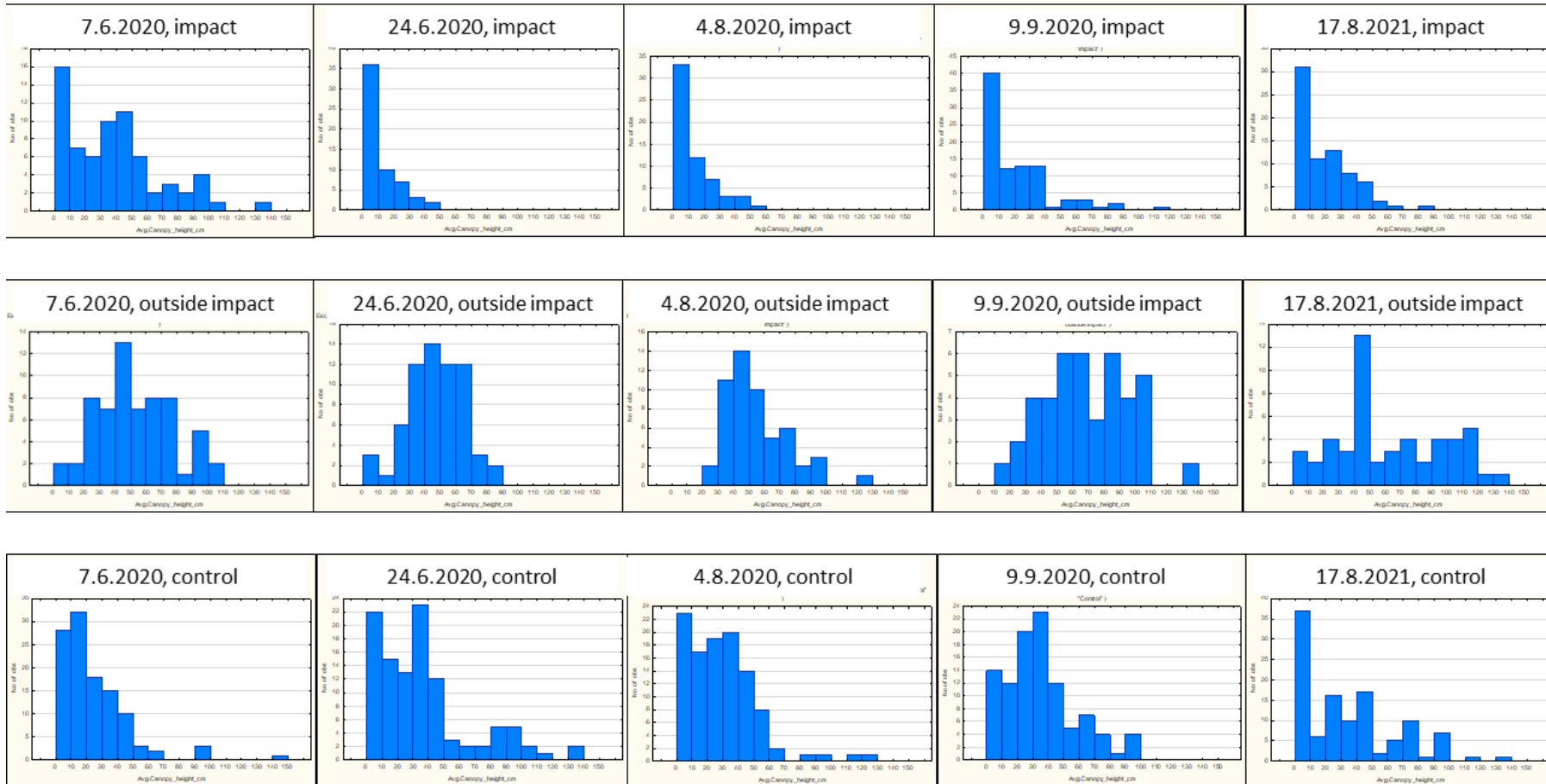
- Baatrup-Pedersen, A., Ovesen, N.B., Larsen, S.E., Andersen, D.K., Riis, T., Kronvang, B., Rasmussen, J.J. (2018). Evaluating effects of weed cutting on water level and ecological status in Danish lowland streams. *Freshwater Biology* 63, 652-661.
- Barlaup, B.T., med flere (2021). Bleka i Byglandsfjorden 2018-2021 – status, trusler og anbefalte tiltak. LFI rapport 422.
- Brandrud, T.E. (1995). Virkning av kalking på krypsiv og annen begroing i Otravassdraget. En konsekvensutredning. NIVA-rapport 3266.
- Brandrud, T.E. (2002). Effects of liming on aquatic macrophytes, with emphasis on Scandinavia. *Aquatic Botany* 73, 395–404.
- Haraldstad, M. (2008). Krypsiv i Otra. Tilstanden 2005 og forslag til vidare overvaking. Krypsivprosjektet på Sørlandet. <http://docplayer.me/54844952-Krypsiv-i-otra-tilstanden-i-forslag-til-vidare-overvaking.html>.
- Hindar, A., Grande, M. (1987). Otra 1980-1986 – tiltaksorientert overvåking. NIVA-rapport 2056.
- Johansen, S. W. (1997). Krypsiv i Suldalslågen 1997 – status for utbredelse og omfang før kalking. NIVA-rapport 3757.
- Johansen, S. W. (2002). Tiltaksplan for fjerning av krypsiv i Otra gjennom Valle kommune. NIVA rapport 4579.
- Kaste, Ø., Hindar, A. (1994). tiltak mot forsuring av Otra – kalkingsplan. NIVA-rapport 3052.
- Lucassen, E.C.H.E.T., Roelofs, J.G.M., Schneider, S.C., Smolders, A.J.P. (2016). Long-term effects of liming in Norwegian softwater lakes: the rise and fall of bulbous rush (*Juncus bulbosus*) and decline of isoetid vegetation. *Freshwater Biology* 61, 769–82.
- Mjelde, M., Kaste, Ø., Haraldstad, T., Moe, T. F., Barlaup, B. T., Pulg, U. (2012). Innfrysing av krypsiv nedstrøms Brokke kraftverk vinteren 2011; Vurdering av drift og sedimentasjon av løsrevet krypsiv på stasjoner i Otra nedstrøms tiltaket. NIVA-rapport 6337-2012.
- Moe T.M., Demars B.O.L. (2017) Årsrapport krypsivovervåking 2017. NIVA rapport 7202.
- Ousdal, J.-O., Gadomska, A.M. 2011. Fjerning av krypsiv ved innfrysing i Otra vinteren 2011. Foreløpig vurdering. Karttjenester AS, notat 29.7.2011, 14 s.
- Reither, E., Jansen, I.J. (2012). Kartlegging av krypsiv i Agder. Prosjektrapport Statens kartverk Kristiansand. Tilgjengelig på <https://docplayer.me/6096539-Kartlegging-av-krypsiv-i-agder.html>.
- Roelofs, J.G.M., Brandrud, T.E., Smolders, A.J.P. (1994). Massive expansion of *Juncus bulbosus* L. after liming of acidified SW Norwegian lakes. *Aquatic Botany* 48, 187–202.
- Rørslett, B (1987). Tilgroing i Otra nedstrøms Brokke. Problemanalyse og forslag om tiltak. NIVA-rapport 1997.
- Rørslett, B. (1991). Krypsiv i Otra nedstrøms Brokke: storskala innfrysingsforsøk 1991. NIVA-rapport 2660.
- Velle, G., Kurz, T., Dolva, B., 2019. Kartlegging av krypsiv manuelt og med drone - en pilotstudie. LFI-rapport nr: 353.

Vedlegg A.

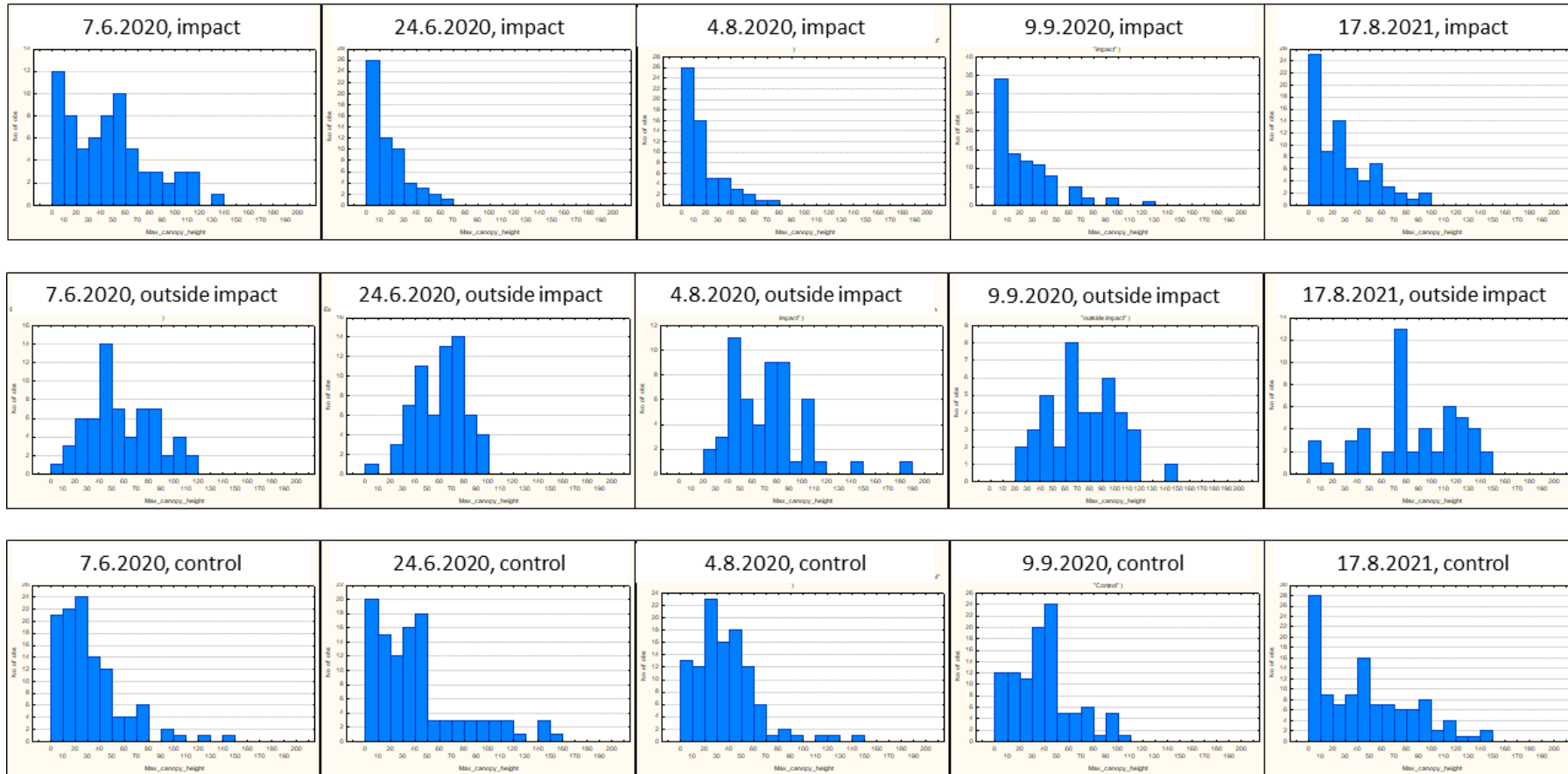
Vedlegg A1: krypsiv dekningsgrad



Vedlegg A2: gjennomsnittlig plantelengde



Vedlegg A3: maksimal plantelengde



NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressurs spørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.



Norsk institutt for vannforskning

Økernveien 94 • 0579 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no