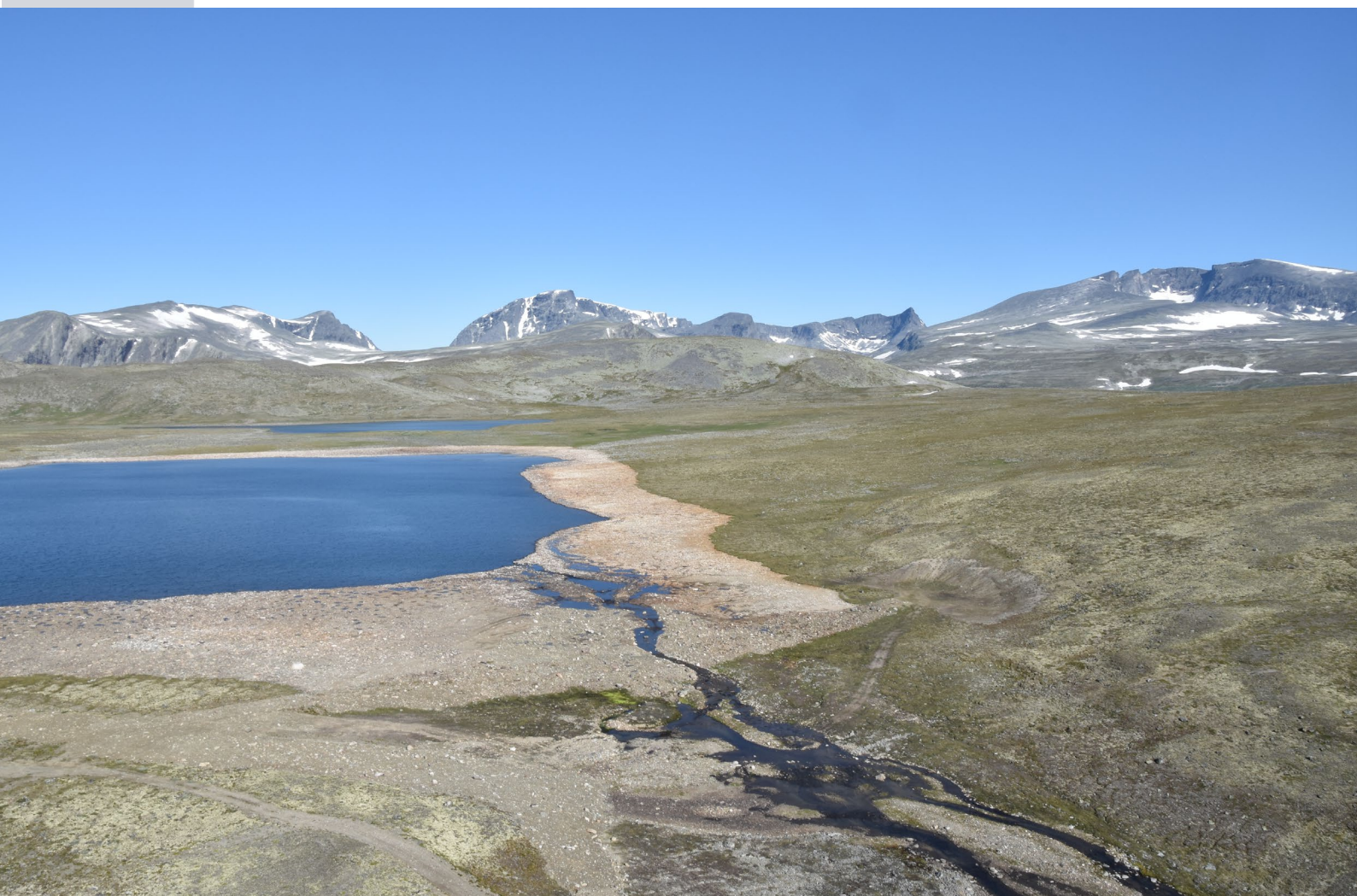


2077

NINA Rapport

Reetablering av vegetasjon i tørrlagte vannmagasin

Astrid Brekke Skrindo, Dagmar Hagen, Anne Catriona Mehlhoop, Frode Thomassen Singasaas og Yennie Katarina Bredin



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

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

NINA Temahefte

Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. Heftene har vanligvis en populærvitenskapelig form med vekt på illustrasjoner. NINA Temahefte kan også utgis på engelsk, som NINA Special Report.

NINA Fakta

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

Annen publisering

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

Reetablering av vegetasjon i tørrlagte vannmagasin

Astrid Brekke Skrindo
Dagmar Hagen
Anne Catriona Mehlhoop
Frode Thomassen Singsaas
Yennie Katarina Bredin

Skrindo, A.B., Hagen, D., Mehlhoop, A.C., Singasaas, F.T. & Bredin, Y.K. 2022. Reetablering av vegetasjon i tørrlagte vannmagasin. NINA Rapport 2077. Norsk institutt for naturforskning.

Oslo, januar 2022

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4862-4

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Marianne Evju

ANSVARLIG SIGNATUR

Forsknings sjef Kristin Thorsrud Teien (sign.)

OPPDRA GSGIVER

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

OPPDRA GSGIVERS REFERANSE

202108923-7

KONTAKTPERSON HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Arnljot Einride Strømseng

FORSIDEBILDE

Einøvlingsvatnet, demning fjernet i 2020. © Dagmar Hagen

NØKKEWORD

Litteraturstudie, tørrlagte magasin, dam, damfjerning, vannkraft, vegetasjon, revegetering, restaurering, vegetasjonsetablering

KEY WORDS

Literature study, drained reservoir, lakebed, dam, dam removal, hydro power, vegetation, revegetation, restoration

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor
Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo
Sognsveien 68
0855 Oslo
Tlf: 73 80 14 00

NINA Tromsø
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer
Vormstuguvegen 40
2624 Lillehammer
Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen
Thormøhlens gate 55
5006 Bergen
Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Skrindo, A.B., Hagen, D., Mehlhoop, A.C., Singasaas, F.T. & Bredin, Y.K. 2022. Reetablering av vegetasjon i tørrlagte vannmagasin. NINA Rapport 2077. Norsk institutt for naturforskning.

Naturinngrep og tap av leveområder for arter er regnet som den største trusselen mot naturmangfoldet, både i Norge og resten av verden. Dammer og andre vassdragsanlegg er store naturinngrep som påvirker naturmangfoldet betydelig både under bygging og mens de er i drift. Mer enn 50 000 dammer (demninger) høyere enn 15 m finnes i verden i tillegg til millioner av mindre dammer. Det internasjonale naturpanelet er klare på at det ikke lenger holder å unngå nye inngrep, men at områder må restaureres. Nedleggelse av dammer frigjør arealer som kan restaureres. NVE mottar og behandler stadig flere søknader om konsesjon til nedleggelse av dammer, men fremdeles er det relativt lite erfaring med nedleggelse i Norge.

Når dammene fjernes, senkes vannstanden og tidligere magasinbunner blir helt eller delvis tørrlagt. Disse tørrlagte områdene framstår som unaturlige elementer i landskapet, men ved å tilrettelegge for vegetasjonsetablering, så kan området gjenopprette naturverdier og framstå som mer attraktive for friluftsliv. Vegetasjonsetablering er også grunnlaget for at andre organismegrupper kommer tilbake og vil bidra til å hindre avrenning til det gjenværende vassdraget.

Formålet med prosjektet er å sammenfatte tilgjengelig kunnskap basert på internasjonal og nasjonal litteratur som omhandler revegetering av reguleringszone ved permanent senkning av vannstanden i vannmagasiner.

Vi har sammenstilt vitenskapelig og grå litteratur (rapporter og upubliserte data) som omhandler vegetasjonsetablering i tørrlagte vannmagasin. Det er gjennomført en rekke studier og forskning i tilknytning til damfjerning, men det faglige fokuset har i all hovedsak vært på fisk, sedimenter og vannøkosystemet generelt. Kun et fåtall forskningsprosjekter og studier omhandler vegetasjonsetablering i tørrlagte magasiner, som er temaet i denne studien. Ved å se de internasjonale studiene i sammenheng med norske studier som omhandler vegetasjonsetablering i sammenlignbare områder, kan vi oppsummere følgende råd om revegetering i tørrlagte magasin:

- Klar målformulering er avgjørende for å vurdere om det tar kort eller lang tid før vegetasjonssammensetningen oppfyller målet.
- Naturlig revegetering er den foretrukne revegeteringsmetoden i samtlige studier, og kun når forholdene ikke ligger til rette for naturlig revegetering, blir andre revegeteringsmetoder benyttet. Utfordringen ligger i å vurdere når det er nødvendig med ytterligere tiltak.
- De viktigste faktorene som må vurderes er: terrengform, sedimentsammensetning, (grovt/fint), erosjonsstatus, organisk innhold, fuktighet, avstand til omkringliggende vegetasjon, og forekomst av fremmede arter i nærområdet.

Astrid Brekke Skrindo (astrid.skrindo@nina.no) og Yennie Katarina Bredin: NINA Oslo, Sognsveien 68, 0855 Oslo.

Dagmar Hagen, Anne Catriona Mehlhoop og Frode Thomassen Singasaas: , NINA, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim.

Abstract

Skrindo, A.B., Hagen, D., Mehlhoop, A.C., Singaas, F.T. & Bredin, Y.K. 2022. Revegetation in drained reservoir. NINA Report 2077. Norwegian Institute for Nature Research.

Habitat loss and degradation is considered the greatest threat to biodiversity, both in Norway and the rest of the world. Dams and other hydropower facilities affect biodiversity both during construction and during operation. More than 50,000 dams higher than 15 m exist in the world in addition to millions of smaller dams. The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES, states that nature conservation is no longer enough to stop the loss of biodiversity. There is a need for restoration of degraded ecosystems. The Norwegian Water Resources and Energy Directorate, NVE, receives an increasing number of applications for dam removal, but still there are relatively little experience with dam removal in Norway.

When the dams are removed, the water level is lowered, and previous reservoirs are partially drained. These arid areas appear as foreign, but by facilitating the establishment of vegetation, the ecological conditions can be restored and the area might appear more attractive for people. Vegetation establishment facilitates the return of other groups of organisms and will help to prevent runoff to the remaining watercourse.

The purpose of this project is to summarize available knowledge based on international and national literature on revegetation in water reservoirs where the water level is permanently lowered due to dam removal.

A large number of studies on dam removal has been conducted, but the focus has mostly been on fish, sediments and the aquatic ecosystem in general. Only a few scientific studies focus on establishment of vegetation after dam removal, which is the topic of this report. By including international studies on dam-removal in addition to Norwegian studies on revegetation in comparable areas, we can summarize the following advice on revegetation in dry-laid reservoirs:

- A clear definition of the revegetation goal is crucial to assess whether it takes a short or long time before the vegetation composition meets the goal.
- Natural revegetation is the preferred revegetation method in all studies, and only when the conditions are not favorable to natural revegetation, other revegetation methods are used. The challenge is to assess when further measures are needed.
- The most important factors that should be considered when choosing revegetation methods are: topography, sediment composition (rough/fine), erosion status, organic content, moisture, distance to surrounding vegetation, and occurrence of invasive species in the area.

Astrid Brekke Skrindo (astrid.skrindo@nina.no) and Yennie Katarina Bredin: Norwegian Institute for Nature Research. Sognsveien 68, 0855 Oslo, Norway
Dagmar Hagen, Anne Catriona Mehlhoop and Frode Thomassen Singaas, Norwegian Institute for Nature Research. PO Box 5685 Torgarden, 7485 Trondheim, Norway.

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
1.1 Bakgrunn for studien	7
1.2 Formålet med studien	8
2 Metode	9
2.1 Søk etter vitenskapelig litteratur	9
2.2 Søk etter grå litteratur og praktiske erfaringer	10
3 Faglig gjennomgang	11
3.1 Miljøeffekter og begrunnelse for nedlegging av dammer	11
3.2 Revegetering etter damfjerning	12
3.2.1 Oppsummering av hovedfunn og mønster i vitenskapelig litteratur	13
3.2.2 Oppsummering av hovedfunn og mønster fra grå litteratur	16
3.2.3 Praktiske erfaringer i andre liknende naturinngrep i Norge.....	18
4 Oppsummering av svar på konkrete spørsmål	23
4.1 Planter etablerer seg raskt på tørrlagt magasinbunn med sedimenter?	23
4.2 Tidligere magasinbunn gir gode forhold for naturlig revegetering?	24
4.3 Sedimenter i tidligere magasiner har ofte en stor tilgjengelig frøbank?	25
4.4 Sedimenter er ofte svært rike på næringsstoffer plantene trenger?	25
4.5 Primærplanter etablerer seg alltid først?	25
4.6 Frø i sedimentet består av frø fra et begrenset antall arter?	26
4.7 Resultatet av tilkjørte vekstmasser vil være spredning av uønskede arter?	26
4.8 Etablering av vegetasjon i tidligere reguleringssone hvor sedimenter er vasket vekk tar minst 50 år?	27
5 Forslag til beslutningsstøtte for valg av revegeteringsmetode	28
6 Referanser	29

Forord

NVE mottar og behandler stadig flere søknader om konsesjon til nedleggelse av dammer, men fremdeles er det relativt lite erfaring med nedleggelse i Norge. NVE ønsket derfor en kunnskaps-sammenstilling som omhandler revegetering av reguleringszone ved permanent senkning av vannstanden i vannmagasiner og lyste ut et anbud, som NINA fikk tildelt i august 2021.

Litteraturstudiet er gjennomført i perioden august 2021 til januar 2022, og har inkludert både vitenskapelig litteratur samt rapporter, upubliserte data og praktiske erfaringer. NINA har benyttet både bibliotekfaglig og forskningskompetanse til oppdraget. Bibliotekar Frode Thomassen Sing-saas har hatt ansvar for litteratursøkene og forskerne har delt på arbeidet med litteraturanalsen. I tillegg har Dagmar Hagen og Astrid Brekke Skrindo inkludert annen relevant erfaring.

Kontaktperson hos NVE har vært Arnljot Einride Strømseng. Vi vil takke for konstruktivt og godt samarbeid i prosessen.

Oslo 31. januar. 2022
Astrid B. Skrindo
Prosjektleder

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for studien

Naturinngrep og tap av leveområder for arter er regnet som den største trusselen mot naturmangfoldet, både i Norge og resten av verden (IPBES et al. 2019). Dammer (ofte omtalt som demninger) og andre vassdragsanlegg er store naturinngrep som påvirker naturmangfoldet betydelig både under bygging og mens de er i drift. Det internasjonale naturpanelet (IPBES) er også klare på at det ikke lenger holder å unngå nye inngrep, men at områder må restaureres (IPBES et al. 2019). Nedleggelse av dammer frigjør arealer som kan restaureres.

Mer enn 50 000 dammer høyere enn 15 m finnes i verden, i tillegg til millioner av mindre dammer (Lejon et al. 2009). Habitatfragmentering på grunn av vannregulering er en stor trussel for akvatisk økosystem (Dudgeon 2010), men også terrestriske økosystemer er negativt påvirket av dammer, særlig der reservoarer fyller store arealer (Wu et al. 2004). Avhengig av størrelse og plassering kan dammer ha negativ påvirkning på menneskelig aktivitet, for eksempel ved å endre tilgang på fiskeressurser (Beck et al. 2012). Samtidig kan dammer resultere i nye forhold som kan ha stor verdi for folk, for eksempel tilgang til bade- og rekreasjonsområder, og som flomdemping (Menzie et al. 2012).

NVE mottar og behandler stadig flere søknader om konsesjon til nedleggelse av dammer, men fremdeles er det relativt lite erfaring med nedleggelse i Norge. Til nå har det blitt fjernet i underkant av 5000 dammer i Europa (Dam Removal Europe 2021) basert på tall fra Frankrike, Sverige, Finland, Spania, England, Wales, Skottland, Danmark, Portugal, Italia, Sveits, Estland og Tyskland. Antallet er økende også andre steder i verden (O'Connor et al. 2015). Erfaringer fra disse nedleggelsene kan bidra til viktig kunnskap for nedleggelse i Norge.

I Norge har Stortinget vedtatt mål om å restaurere 15 % av økosystemer med forringet tilstand innen 2025 (Sak - stortinget.no, Meld. St. 14, 2015-2016). Gjennom å restaurere reguleringsso-nene i tørrlagte vannmagasin kan man bidra til at Norge når denne målsetningen.

Når dammene fjernes, senkes vannstanden og tidligere magasinbunner blir helt eller delvis tørr-lagt. Disse tørrlagte områdene framstår som unaturlige elementer i landskapet, men ved å tilrettelegge for vegetasjonsetablering, så kan området gjenopprette naturverdier og framstå som mer attraktivt for friluftsliv. Vegetasjonsetablering er også grunnlaget for at andre organismegrupper kommer tilbake og vil bidra til å hindre avrenning til det gjenværende vassdraget.

Etablering av vegetasjon kan gjøres på mange måter. De tradisjonelle metodene er:

- så frø
- plante trær og busker
- naturlig revegetering/gjenvekst med eller uten jordbearbeiding

Det finnes ulike varianter av alle de tre hovedtypene. I tillegg kombineres ofte flere metoder og suppleres med jordforbedring, som for eksempel ved å tilføre nye masser og/eller gjødsel. Valg av revegeteringsmetoder avhenger både av hvilke tekniske, økologiske og økonomiske ramme-betingelser som finnes i det aktuelle prosjektet og hva som er målet for vegetasjonsetableringen. Valg av revegeteringsmetode må sees i sammenheng med målet, og derfor er konkretisering av mål avgjørende. Er målet å restaurere området tilbake til opprinnelig natur som var der før dammen ble bygd, er målet kun å hindre erosjon eller kun å tilrettelegge for friluftsliv, eller andre mål eller en kombinasjon av disse? Målet kan variere fra prosjekt til prosjekt og ulike revegeterings-metoder vil kunne bidra til å nå ulike mål.

NVE har erfaring med at naturlig gjenvekst går raskt i tørrlagte magasiner, men mangler vitenskapelig dokumentasjon. Flere høringsinnspill til arbeidet med revisjon av konsesjonsvilkår

etterspør planer for tilsåing av de tørrlagte områdene, men det finnes lite dokumentasjon som tilsier at tilsåing vil være gunstig.

Det er gjennomført en rekke studier og forskning i tilknytting til damfjerning i Europa og resten av verden, men det faglige fokuset har i all hovedsak vært på fisk, sedimenter og vannøkosystemet generelt. Kun et fåtall forskningsprosjekter og studier omhandler vegetasjonsetablering i tørrlagte magasiner, som er temaet i denne studien.

1.2 Formålet med studien

Formålet med prosjektet er å sammenfatte tilgjengelig kunnskap basert på internasjonal og nasjonal litteratur som omhandler revegetering av reguleringszone ved permanent senkning av vannstanden i vannmagasiner. Vi bruker også kunnskap fra andre typer naturinngrep og beskriver hvordan dette kan ha direkte relevans for magasiner. I litteraturstudien vurderer vi sammenhengen mellom revegeteringsprosjektenes målsetting og valg av revegeteringsmetoder slik at oppdragsgiver kan tilpasse vilkår og tiltakene til målsetting for enkeltprosjekter.

Det er mange fagfelt og tema som berøres ved fjerning av dammer, slik som fisk, bunndyr og substratforhold, men også samfunnsmessige forhold som endrede forhold for friluftsliv, sikkerhet, visuelle inntrykk osv. Dette har ikke vært tema for denne rapporten.

Litteraturstudiet vil brukes til å besvare følgende spørsmål eller hypoteser, utformet av oppdragsgiver:

1. Planter etablerer seg raskt på tørrlagt magasinbunn med sedimenter?
2. Tidligere magasinbunn gir gode forhold for naturlig revegetering?
3. Sedimenter i tidligere magasiner har ofte en stor tilgjengelig frøbank?
4. Sedimenter er ofte svært rike på næringsstoffer plantene trenger?
5. Primærplanter etablerer seg alltid først?
6. Frø i sedimentet består av frø fra et begrenset antall arter?
7. Resultatet av tilkjørte vekstmasser vil være spredning av uønskede arter?
8. Etablering av vegetasjon i tidligere reguleringszone hvor sedimenter er vasket vekk tar minst 50 år?

2 Metode

Metoder for å etablere vegetasjon er kjent både fra vitenskapelig litteratur, grå litteratur (rapporter og upublisert materiale) og gjennom praktiske erfaringer fra gjennomførte revegeteringsprosjekter og enkelttiltak.

2.1 Søk etter vitenskapelig litteratur

Litteratursøket etter vitenskapelig og publisert litteratur ble gjort gjennom søkemotorene Web of Science (core collection) og Scopus. Et bredt systematisk søk ble satt opp for å fange opp vitenskapelig litteratur. Etter diskusjoner og test-søk delte vi søkeordene inn i tre kategorier:

- Søkeord relatert til **reetablering av vegetasjon**
- Søkeord relatert til **tørrelgging og lignende**
- Søkeord relatert til **vannmagasin**

Søkeordene ble deretter satt sammen med hjelp av boolske operatører: OR mellom ord innen samme kategori, og til slutt AND mellom de ulike kategoriene. For de fleste ordene søkte vi i feltene for *title*, *abstract* og *keywords*, men vi anså noen av ordene i kategorien for reetablering som så sentrale at vi begrenset dem til tittelfeltet. Søkene ble satt opp i Web of Science Core Collection og Scopus 22.10.2021. Web of Science Core Collection består av følgende databaser: Science Citation Index Expanded (1987-nå), Social Sciences Citation Index (1987-nå), Arts & Humanities Citation Index (1987-nå) og Emerging Sources Citation Index (2017-nå). Søket i Scopus presenteres i **Figur 1**.

Reetablering av vegetasjon	Scopus-treff: Vannmagasin	Scopus-treff: Tørrelgging	Scopus-treff:
TITLE (reveget*)	1568 TITLE-ABS-KEY (water reservoir)	145672 TITLE-ABS-KEY (drain*)	424829
(TITLE (restor*)) AND (TITLE-ABS-KEY ((plant* OR vegetat*)))	11999 TITLE-ABS-KEY (impoundment)	8163 TITLE-ABS-KEY ("make dry")	70
(TITLE (reestablish*)) AND (TITLE-ABS-KEY ((plant* OR vegetat*)))	95 TITLE-ABS-KEY (dam)	120346 TITLE-ABS-KEY (dam removal)	2714
(TITLE (recover*)) AND (TITLE-ABS-KEY ((plant* OR vegetat*)))	17413 TITLE-ABS-KEY (hydropower reservoir)	5161 TITLE-ABS-KEY (drawdown zone)	1774
(TITLE (develop*)) AND (TITLE-ABS-KEY ((plant* OR vegetat*)))	93386	TITLE-ABS-KEY (reclaim*)	31132
(TITLE (redevelop*)) AND (TITLE-ABS-KEY ((plant* OR vegetat*)))	144	TITLE-ABS-KEY (reclam*)	53243
(TITLE (remed*)) AND (TITLE-ABS-KEY ((plant* OR vegetat*)))	4722	TITLE-ABS-KEY (draught*)	5516
TITLE-ABS-KEY (riparian)	24840	TITLE-ABS-KEY (dewater*)	27859
(TITLE (reclaim*)) AND (TITLE-ABS-KEY ((plant* OR vegetat*)))	1854	TITLE-ABS-KEY (floodplain)	27666
(TITLE (reclam*)) AND (TITLE-ABS-KEY ((plant* OR vegetat*)))	2272		
TITLE-ABS-KEY (seed bank*)	10284		
TITLE-ABS-KEY (Substrate sediment)	10608		
Til sammen - kombinert med OR:	175382 Til sammen - kombinert med OR:	256273 Til sammen - kombinert med OR:	556200
Alle 3 kolonner - kombinert med AND: 1024			

Figur 1. Figuren viser søketermer, boolske operatører (OR og AND) og antall treff i søkemotoren Scopus.

Søkestrengen i Web of Science så slik ut:

$(TI=(reveget*) OR (TI=(restor*)) AND TS=((plant* OR vegetat*)) OR (TI=(reestablish*)) AND TS=((plant* OR vegetat*)) OR (TI=(recover*)) AND TS=((plant* OR vegetat*)) OR (TI=(develop*)) AND TS=((plant* OR vegetat*)) OR (TI=(redevelop*)) AND TS=((plant* OR vegetat*)) OR (TI=(remed*)) AND TS=((plant* OR vegetat*)) OR TS=(riparian) OR (TI=(reclaim*)) AND TS=((plant* OR vegetat*)) OR (TI=(reclam*)) AND TS=((plant* OR vegetat*)) OR TS=(seed bank*) OR TS=(Substrate sediment)) AND (TS=(water reservoir) OR TS=(impoundment) OR TS=(dam) OR TS=(hydropower reservoir)) AND (TS=(drain*) OR TS=("make dry") OR TS=(dam removal) OR TS=(drawdown zone) OR TS=(reclaim*) OR TS=(reclam*) OR TS=(draught*) OR TS=(dewater*) OR TS=(floodplain))$

Søkene ga treff på 1921 publikasjoner (897 treff i Web of Science, og 1024 treff i Scopus). Vi hadde tre artikler som vi brukte som benchmark-artikler – altså relevante artikler som vi brukte som en målestokk for om søket fanget opp sentral litteratur (Auble et al. 2007, Orr & Stanley 2006, Shafroth et al. 2002). Alle tre artikler ble fanget opp.

Det er alltid en fare for at man ikke fanger opp alle relevante publikasjoner, men i tillegg til at de tre benchmark-artiklene ble med, søkte vi spesielt etter artikler knyttet til et av verdens største damnedleggingsprosjekter, der en stor variasjon av revegeteringsmetoder er inkludert (for eksempel Chenoweth et al. 2021).

De 1921 publikasjonene ble importert til EndNote, og etter at dublettene var fjernet, besto basen av 1321 publikasjoner. Disse ble delt inn i tre like store deler og eksportert til screeningsverktøyet Rayyan. Her gikk tre forskere gjennom hver sin del og vurderte hvilke publikasjoner som var relevante for oppdraget. En slik fremgangsmåte vil alltid innebære at man også fanger opp mye støy og irrelevant litteratur, og vi satt igjen med 59 relevante publikasjoner etter screeningsrunden.

2.2 Søk etter grå litteratur og praktiske erfaringer

Grå litteratur, som omfatter rapporter og upubliserte data, er ofte vanskelig tilgjengelig. Rapporter og nettsider kan være på mange ulike språk, generelle søkemotorer fanger ikke opp de relevante rapportene, eller det kan forekomme at relevante data er lagret på lokale servere. Praktiske erfaringer er ofte ikke rapportert i det hele tatt, men overføres fra prosjekt til prosjekt med de som innehar erfaringene. Dette er kjent fra anvendte avbøtende tiltak og også andre typer forvaltningstiltak (Evju et al. 2020). Vi har samlet rapporter, nettsider, erfaringer og annen dokumentasjon av vegetasjonsetablering etter damfjerning fra følgende kilder:

- Liste over norske konsesjoner som vi fikk tilsendt av oppdragsgiver
- Rapporter fra Sverige og Finland tilgjengeliggjort fra oppdragsgiver
- Nettstedet Dam Removal Europe, spesielt case-studier
- Google-søk med utgangspunkt i «dam removal revegetation» (og synonymer)
- Egne erfaringer fra nedlagte dammer
- Egne erfaringer fra andre avbøtende tiltak

Ut fra disse kildene har vi nøstet videre og funnet fram til noen eksempler. Vi mener at vi har fått en rimelig god oversikt over relevant grå litteratur, men kan ikke garantere at vi har fått med alt.

3 Faglig gjennomgang

3.1 Miljøeffekter og begrunnelse for nedlegging av dammer

Dammer og damfjerning er studert i svært mange prosjekter over hele verden. Dette henger sammen med at dammen er knyttet til viktig infrastruktur og bosetting verden rundt, som vannkraft, vannforsyning og landbruk, og dammene berører store arealer med svært stor befolkning. Også i Norge har dammer vært en del av næringsliv og infrastruktur gjennom flere hundre år, fra mindre anlegg for å kontrollere vann i små bekker og innsjøer, opp til enorme kraftverksdammer i regulerte vannmagasiner (**Figur 2**). Ettersom teknologien og arealbruken endres, blir også behovet for dammer endret. Dermed oppstår behovet for å fjerne noen dammer.

Organisasjonen Dam Removal Europe oppsummerer fire hovedgrunner for hvorfor dammer legges ned (Dam Removal Europe 2021):

1. Sikkerhet: Eldre dammer kan ha sikkerhetsutfordringer dersom de ikke fjernes eller forbedres.
2. Lover og regler: Regelverk som for eksempel EUs vanddirektiv kan kreve damfjerning for å oppnå god økologisk tilstand i den aktuelle vannforekomsten.
3. Økonomisk verdi: Fjerning av en dam er ofte billigere enn å reparere eller å erstatte med ny dam.
4. Miljø: Dammer reduserer den økologiske tilstanden i vannforekomsten og omgivelsene rundt og fjerning kan bidra til å forbedre dette.

I tillegg til de disse fire grunnene for nedleggelse ser vi at klimaendringer kan påskynde flere damfjerninger, enten fordi dammene ikke er designet for å håndtere økte vannmengder (Lejon et al. 2009), eller fordi de blir mindre effektive i tørre områder (Beatty et al. 2017).

I Norge er det i hovedsak fjerning av små dammer som omsøkes. Årsakene er i hovedsak at det ikke lenger er behov for dem, at dammene representerer kostnader til vedlikehold samt at det er kostnader knyttet til å sikre krav til sikkerhet nedstrøms dammene.



Figur 2. Dammer kan variere fra små og enkle byggverk (til venstre) for regulering av vannstand i små skogsvann opp til enorme konstruksjoner i store vannkraftreservoarer (til høyre). Foto Dagmar Hagen.

Selv om dammen kan ha mange negative konsekvenser, er fjerning av dammer assosiert med store politiske diskusjoner. Selv om kostnadene ved å reparere en dam kan være større enn å fjerne den, kan det likevel ofte være vanskelig å få midler til fjerning (Lejon et al. 2009). I mange saker opplever man at naboer og folk som bruker området, er motstander av fjerning, enten på

grunn av industri og næring og fordi området er viktig for rekreasjonsformål (Lejon et al. 2009, Magilligan et al. 2017, Tullos et al. 2016). Ulike studier viser at befolkningen som er mot damfjerning, er redd de vil miste naturgoder hvis den blir fjernet, mens de som er for fjerning, tror de vil få nye naturgoder hvis den blir fjernet (Reilly & Adamowski 2017). Selv om det er politisk vilje til og fokus på å beskytte arter, restaurere elver og våtmarker og bevare naturlige habitater, så har det, historisk sett, vært sjelden at naturhensyn alene er begrunnelse for å fjerne dammer (Magilligan et al. 2017).

3.2 Revegetering etter damfjerning

Nedleggelse av dammer gir miljøeffekter på kort og lang sikt, både økologiske og visuelle (**Figur 3**). Studier av disse effektene har så langt i hovedsak omfattet vannforhold, fisk, bunndyr og forurensing. I denne rapporten er fokuset på revegetering etter damfjerning. Vi har bygd opp vårt litteratursøk i henhold til dette, men likevel var revegetering kun nevnt så vidt i de fleste publikasjonene, og bare et fåtall av publikasjonene handlet om vegetasjon.



Figur 3. Oppgradering av denne dammen i Trondheim, med midlertidig senket vannstand illustrerer de potensielle visuelle effektene av damfjerning (Foto: Dagmar Hagen)

Begreperne revegetering, gjenvekst og vegetasjonsetablering er begreper som oftest beskriver prosessen der planter etableres, vokser og utvikler et vegetasjonsdekke. Begreperne tydeliggjør ikke hva slags vegetasjon som etableres, kun at det blir grønt. Målet med revegeteringen må tydeliggjøres i konkrete mål og delmål (Hagen & Evju 2013). Dersom målet er at det skal bli grønt fort, gjelder det å finne etableringsmetoder og arter som vokser og spirer raskt. Dersom målet er å etablere en vegetasjonssammensetning som ligner den opprinnelige før dammen ble bygd, eller at den skal være tilpasset de nye økologiske forholdene på stedet, så kan man beskrive

revegeteringsprosessen som en del av en naturrestaureringsprosess. Begrepet naturrestaurering, eller økologisk restaurering, defineres oftest som «aktive tiltak som tar sikte på å forbedre tilstanden i økosystemer som er forstyrret eller ødelagt og med den hensikt å forbedre naturen sin evne til å produsere økosystemtjenester» (IPBES 2019). Revegetering kan være en viktig del av en restaureringsprosess. Etableringstiltakene som da velges, legger til rette for at de stedlige artene skal komme tilbake, at de jordøkologiske prosessene skal igangsettes og at andre organismegrupper skal bruke området.

Kravspesifikasjonen i dette oppdraget legger vekt på at revegetering skal være viktig for å avbøte de negative konsekvensene for blant annet friluftsliv, landskap og vannkvalitet. Det er mulig å oppnå disse målene kun ved å tilrettelegge for å få det grønt fort. Men ved å tilrettelegge for at de stedege artene etableres og de økologiske prosessene igangsettes, vil de tørrelagte magasinene på sikt bli en del av de omkringliggende økosystemene. Vi vil derfor legge vekt på vegetasjonsutvikling som kan være en del av en restaureringsprosess, og ikke kun på hvordan oppnå et grønt område.

3.2.1 Oppsummering av hovedfunn og mønster i vitenskapelig litteratur

Etter systematisk screening av titler og sammendrag etter det store litteratursøket satt vi igjen med 59 vitenskapelige artikler som vi antok at omhandlet vegetasjonsetablering i forbindelse med dammer. Deretter gikk vi grundig gjennom disse 59 artiklene for å finne relevant informasjon for å svare ut hypotesene og spørsmålene som er kjernen i dette oppdraget.

Mange av studiene omhandlet forhold i elver, innsjøer og reservoar, men det var også elleve artikler som spesielt hadde studert tørrelagt magasinbunn. Av disse elleve er én fra Tsjekia, én fra Frankrike, åtte er fra USA (tre fra Wisconsin, tre fra Washington, én fra New Hampshire, én fra Colorado), mens en er uten spesiell geografisk kobling. Disse studiene dekker to forskjellige tema; a) studier av suksesjon og etablering av naturlig gjenvekst i magasiner, der det ikke er gjort aktive restaureringstiltak, og b) studier av effekter av aktive restaureringstiltak (planting, såing) og sammenlikning av områder med og uten aktive tiltak. Nedenfor følger en oppsummering av hovedfunn fra alle disse studiene.

Naturlig revegetering (eller gjenvekst) og suksesjon

Artikkelen fra Tsjekia (Prach et al. 2014) er en studie av naturlig suksesjon i områder som er utsatt for dramatisk forstyrrelse, slik som steinbrudd, gruver, ødelagte skogsområder, tungt forurensa areal, vegkanter, sedimentasjonsbasseng og tørrelagte vannmagasiner. Artikkelen tar utgangspunkt i at det ofte gjennomføres aktive revegeteringstiltak i slike tunge inngrep, gjerne med bruk av terrengforming, gjødsling, tilsåing og planting. De studerer om slike tiltak egentlig er nødvendig, eller om det beste tross alt kan være å stole på naturlig revegetering og suksesjon. Artikkelen påviser at det er en god del likheter mellom tidlig suksesjon i alle disse kraftig forstyrrede områdene. Generelt er det tilgangen på fuktighet som styrer tempo og retning på gjenvekst, og dersom naturlig gjenvekst får gå uforstyrret, blir de fleste områdene til skog. Svært tørre områder utvikler seg i retning av mer åpne vegetasjonstyper. Artsmangfold øker over tid ved naturlig gjenvekst, men et enda viktigere funn er at forekomst av «target species», de viktige artene som former økosystemet, er tilstede i alle de studerte områdene i løpet av 10-15 år. Spredning av fremmede arter var ikke noe stort problem i denne studien. Studien fra Tsjekia er relevant for oss fordi den viser at erfaringer fra andre typer naturinngrep kan være relevant for tørrelagte magasiner, som er nyttig, fordi det er så få studier av magasiner. Prach et al. (2014) studerer kun naturlig gjenvekst / suksesjon og ser ikke på bruk av aktive restaureringstiltak.

Studien fra Frankrike (Ravot et al. 2020) har også fokus på naturlig gjenvekst og suksesjon uten aktive revegeteringstiltak. De registrerte vegetasjonsutvikling, artsdiversitet og stabilitet i løsmasseavsetningene i bunnen av magasinet. Tilsvarende som i studien fra Tsjekia (Prach et al. 2014) konkluderer denne fra Frankrike med at naturlig gjenvekst gir spontan vegetasjonsutvikling med økt stabilitet og artsrike plantesamfunn, med lite fremmede arter. Det henvises også til

andre studier som viser det samme mønsteret for plantesamfunn langs elvebredder, med liknende substrat (se referanser i Ravot et al. (2020)). Stabilisering av sedimenter er et viktig formål med vegetasjonsetablering fordi sedimenter vil øke dødeligheten av fisk i elver nedstrøms dammen dersom dammen fjernes. For å begrense denne risikoen er det viktig med rask etablering av vegetasjon. Studien viser at vegetasjonsetableringen er rask når sedimentene i reservoaret er fuktige og næringsrike, men at det er lokale forskjeller avhengig av topografi, arealbruk i omgivelsene, substrat og tekniske løsninger i anlegget. Ravot et al. (2020) finner at tilgjengelige frø og plantedeler forekommer i sedimentene, som utgangspunkt for spontan kolonisering. Forekomst av frøbank i slike masser varierer, trolig avhengig av hvor lenge området har ligget sammenhengende under vann. Det er dokumentert levende frøbank i opptil hundre år gamle bunn-sedimenter (Leck 1987). Studien antyder at naturlig gjenvekst er en god metode for vegetasjonsetablering i tørrlagte magasiner, men at det kan være steder eller situasjoner hvor dette kan suppleres med tilplanting for å redusere tidsperioden fram til skog/buske-vegetasjon. De to metodene er ikke alternative, men supplerende.

Studien fra Colorado, USA, ser på spontan gjenvekst i bunnsedimenter i løpet av en fireårsperiode under damrehabilitering (Auble et al. 2007). Fokus i denne studien er først og fremst rettet mot hvilke arter som etablerer seg først, og i hvor stor grad dette er fremmede eller invaderende arter. Studien viser at andelen fremmede arter er høy, og den holder seg stabilt høy gjennom hele studieperioden, til tross for at både vegetasjonsdekningen og de dominerende artene endres underveis. Substratet tørket ut gjennom perioden, og dette førte til en markant endring i artssammensetning, der flerårige arter tok over for ettårige. To forhold som har stor betydning for vegetasjonsetablering, er hvordan terrenget var før dammen ble etablert og substratstørrelsen i bunnsedimentene. Dersom jord- og terrengforholdene i nedlagte magasiner er forskjellig fra slik det var før dammen ble bygd, kan man forvente at den nye vegetasjonen vil bli noe annet enn det som var der opprinnelig. Studien fra New Hampshire (Lisius et al. 2018) bekrefter på mange måter de samme resultatene, med rask etablering av ny vegetasjon og lite naken jord, men i denne studien var det ikke problem med fremmede arter. Utforming av den nye vegetasjonen (artssammensetning i forhold til omgivelsene og opprinnelig vegetasjon) er også her styrt av lokale forhold som terreng, fuktighetstilgang og stabilitet.

En av studiene fra Washington (Cortese & Bunn 2017) har også fokus på naturlig gjenvekst, men har studert betydning av mykorrhiza for vegetasjonsutvikling. Resultatene bekrefter at mykorrhiza har betydning for opptak av plantenæring, og at forekomst av mykorrhiza dermed gir bedre vekst for planter som etablerer seg i bunnen av reservoaret. Men enda mer relevant for vårt prosjekt, er den tydelige sammenhengen mellom avstand til intakt vegetasjon og forekomst av mykorrhiza. Små magasiner og kort avstand til intakt vegetasjonsdekke vil fremme etablering i strandsonen av de artene som vokser i nærheten av magasinet.

I en studie fra Wisconsin (Orr & Stanley 2006) er gjenvekst over tid analysert i en rekke reservoarer. Et generelt funn var at vegetasjonen i alle de gamle reservoar-områdene er dominert av noen få vanlige arter og supplert med et variabelt antall av andre arter. Etablering av ny vegetasjon gikk relativt raskt, men det var et problem med aggressive, invaderende arter i en del områder. Urter og gress kom inn ganske spontant, mens forekomst av tre-arter var korrelert med tiden siden damfjerning. Forekomst av fremmede arter økte også over tid, men skyldtes i stor grad en enkelt aggressiv gressart som fortrengte andre arter.

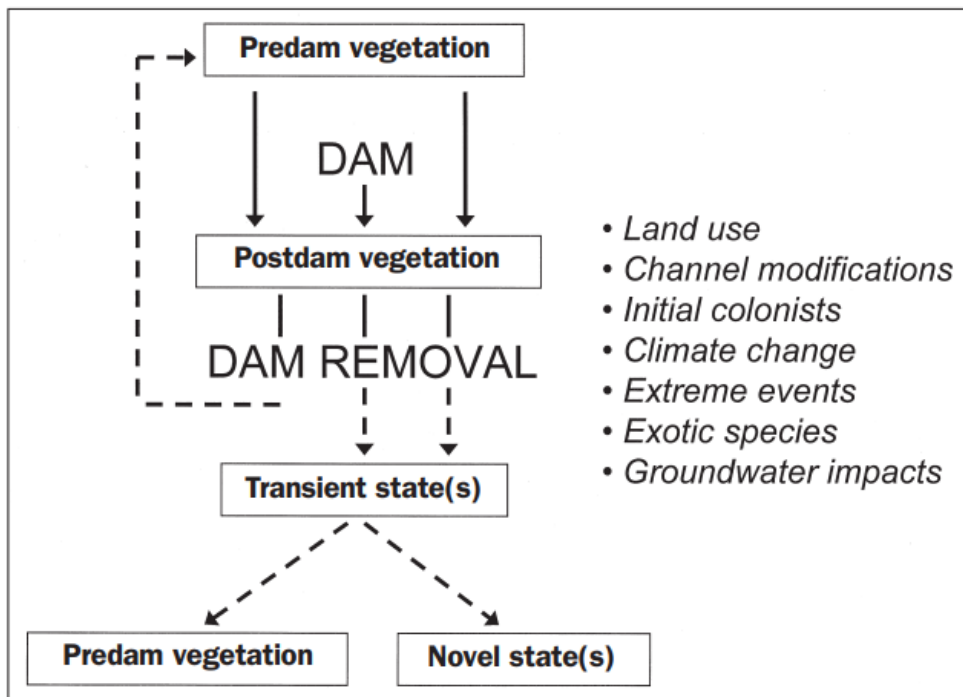
Bruk av aktive revegeteringstiltak

To studier fra Washington har studert effekten av ulike metoder for å etablere ny vegetasjon i magasiner og sammenliknet dette med naturlig gjenvekst (Chenoweth et al. 2021, Cook et al. 2011). Begge studiene er fra den store damfjerningen i elven Elwha, som er et av de mest studerte damfjerningsprosjektene i verden (Mapes 2016). I de to publiserte vegetasjonsstudiene inngår både tilsåing og utplanting, men også bruken av halm og betydning av mykorrhiza. Studien av Chenoweth et al. (2021) dokumenterer betydningen av jordforholdene for artsmangfold og vegetasjonsetablering i de tørrlagte magasinene. På finsubstrat langs stranda etablerte vegetasjonene seg godt på egen hånd, men planting økte artsmangfoldet spesielt på grovt substrat.

Både planting og tilsåing påvirker artssammensetningen i området. Studien konkluderer med at tilsåing og planting kan vurderes for å fremme raskere etablering på ugunstig substrat (her; grovt substrat) og dermed redusere oppslag av invasive arter. Det andre studiet (Cook et al. 2011) undersøkte effekten av tilplanting, påføring av organisk toppdekke (mulch/halm) og mykorrhiza (inokulert). Det ble dyrket fram småplanter fra frø av en rekke arter i veksthus, som ble plantet ut i tørrlagt reservoar, i kombinasjon med utsåing av frø fra lokale grasarter. I løpet av 20 måneder hadde de fleste artene fått mykorrhiza (også de som ikke hadde fått det kunstig tilført), og studien vurderte at inokulering av mykorrhiza var overflødig. Forekomsten av lokale pionerarter var størst i områder som ikke var behandlet, verken tilsådd eller med halm. Det var imidlertid best gjenvekst der det var tilført halm, og her var overflaten også mer stabil og hadde mindre avrenning og erosjon.

To av studiene fra USA har også studert vegetasjonsutvikling der det er plantet og sådd (Orr & Koenig 2006, Prach et al. 2019). Orr & Koeng (2006) brukte kanadakveke (*Elymus canadensis*) som såkalt ammeart («nurse plant») den første sesongen etter blottlegging. Kanadakveke ble plantet ut for å få rask etablering av vegetasjonsdekke, men hensikten er at den utplantede arten ikke skal overleve på sikt, men bidra til å begrense oppslag av fremmede arter på naken jord. Påfølgende år ble det sådd og plantet ut lokale arter med sikte på mer langsiktig vegetasjons-etablering. Utplantede arter klarte seg godt de første par årene, men etter fire år var mange av dem forsvunnet, og andelen fremmede arter var økende. Prach et al. (2019) sammenlignet bruken av frø og utplanting med naturlig gjenvekst. De fant at på fint substrat i magasinbunn etablerer vegetasjonen seg ganske raskt uten bruk av aktive tiltak som frø og utplanting, og uten at problemarter utgjør en utfordring. Derimot antydes at det kan være behov for å gjøre noen aktive tiltak på grovt substrat for å øke tempoet i gjenvekst.

I tillegg til de elleve artiklene fra litteratursøket i Web of Science og Scopus kom vi over en vitenskapelig review-artikkel av Shafroth et al. (2002) som gjennomgår hvilke faktorer som påvirker vegetasjonsutviklingen både mens dammen finnes og når den fjernes. Artikkelen presenterer et mulighetskart for å illustrere faktorer som avgjør om vegetasjonsutviklingen etter damfjerning vil resultere i tilsvarende vegetasjon som før dammen ble bygd («predam vegetasjon»), eller nye vegetasjonstyper («novel states»). De faktorene som inngår i studien, er: Arealbruk (skal områdene gro igjen, brukes eller bygges ut), grad av kanalisering av elveløp, klimaendringer, forekomst av ekstremvær, fremmede arter og grunnvannsforhold (**Figur 4**). Alle disse faktorene er også relevante for norske forhold og kan være utgangspunkt for videre utvikling av en modell for tilpasning av tiltak til lokale forhold. Dette kommer vi tilbake til i kapittel 5.



Figur 4. Vegetasjonsutviklingen kan ta flere retninger fra uregulert område, via regulert periode og etter at dammen er fjernet. Viktige faktorer er blant annet: menneskelig bruk og påvirkning, hvilke pionerarter og fremmede arter som finnes i området, klimaendringer og ekstremvær. Figuren er figur 5 i Shafroth et al. (2002).

Kort oppsummering av vitenskapelig publiserte studier

Ingen av de publiserte studiene er fra Norge eller Norden. Økosystemene og artene som er inkludert i studiene, er ikke helt sammenliknbare med forholdene hos oss. Samtidig er det flere generelle økologiske forhold som gjør at en del av resultatene likevel er relevante, som betydningen av substrat, fuktighet, mykorrhiza, de funksjonelle plantegruppene (gras, urter, trær) og suksesjon.

Naturlig revegetering i bunnen av magasiner går i all hovedsak greit og ofte ganske raskt, og det er en direkte sammenheng mellom tid og vegetasjonsutvikling. Substratstørrelse ser ut til å være viktig for hvor fort det går. Gjenveksten går mye seinere i områder med grovt substrat, og flere studier antyder et behov for aktive revegeteringstiltak under slike forhold. Fuktighet trekkes også fram som en viktig faktor, der naturlig gjenvekst går bedre i fuktige områder og uttørking kan endre artssammensetningen. Problemet med innførte arter varierer mye mellom de ulike studiene, fra ingen problemer til stort problem. Dette kan trolig forklares med lokale forhold og hvilke fremmede arter som finnes i området. Her er det vanskelig å dra en entydig konklusjon for norske forhold.

3.2.2 Oppsummering av hovedfunn og mønster fra grå litteratur

Konsesjonene som er gitt til nedleggelse av dammer de siste årene, har i all hovedsak anbefalt naturlig gjenvekst uten ytterligere revegeteringstiltak. Det finnes foreløpig ingen erfaringer fra disse prosjektene, men erfaringer herfra vil gi stor overføringsverdi til fremtidige konsesjonssøknader. NVE har helt siden 80-tallet undersøkt hvordan vegetasjonsutviklingen skjer i reguleringssoner og i permanente nedtapete arealer, både ved naturlig gjenvekst og med enkelte

eksperimenter med frø og planter (Berg 1989, Brittain 1989). Erfaringene fra disse prosjektene viser at naturlig gjenvekst ofte vil være tilstrekkelig dersom sedimentene får ligge i ro og dersom det er tilstrekkelig fuktighet, men at det kan ta lang tid. Studiene er gode eksempler, men data-grunnlaget er ikke stort nok til at vi kan trekke sikre konklusjoner.

I damnedleggingsprosjektene fra Finland og Sverige var fokuset på fisk, vannøkosystem og kulturmiljøet. Ingen av rapportene viste til aktive revegeteringstiltak, men i flere tilfeller ble det nevnt at det var god naturlig gjenvekst, som for eksempel i Hanefors kraftverk i Växjö kommune i Sverige (Sjöstrand 2018) og Acksjösystemet i Hagfors kommune (Hagfors kommune 2018) (**Figur 5**). Rapportene gir ikke informasjon om sediment, frøbank, substrat og andre viktige forhold for plantevekst. På tilsvarende vis rapporteres det om at en tørrlagt elvekant ble grønn ved fjerning av en dam i elva Nätraån i Sverige på bare noen måneder, men verken økologiske forhold eller hvilke arter som vokser der, ble rapportert (Lejon et al. 2009). Disse nordiske eksemplene viser at naturlig gjenvekst kan fungere godt i Norge, men vi finner ingen studier som viser hvilke forutsetninger som må være tilstede for at dette skal fungere uten ytterligere revegeteringstiltak.



Figur 5. Magasinet ble tømt i 2016. Den tidligere magasinbunnen tørket så opp, og fra mars til august 2017 utviklet vegetasjonsdekket seg som vist på bildene fra venstre til høyre. (Figur 18 og 19 i Sjöstrand 2018).

Organisasjonen Dam Removal Europe viser til omtrent 5000 damfjerninger i Europa og vektlegger de negative effektene dammer har på elveøkosystemet som en av hovedgrunnene til å fjerne dammene ([Home - Dam Removal Europe](#)). Prosjektene som presenteres på nettsidene til organisasjonen, har hovedfokus på damfjerningenes effekt på fisk og vannøkosystemet og mindre fokus på vegetasjonsetableringen i de tørrlagte områdene. Noe av grunnen kan være at et flertall av damfjerningene ikke resulterer i store magasin som bli tørrlagte, men kun mindre tørrlagte arealer langs elvekanter.

Orr & Stanley (2006) undersøkte revegeteringen etter at 30 dammer i Wisconsin, USA, var fjernet. Noen av områdene var omgjort til parker og rekreasjonsområder, mens 13 var overlatt til naturlig revegetering. Det ble raskt et tett vegetasjonsdekke, men anbefalingene er at dersom man ønsker at den opprinnelige vegetasjonstypen skal overta området, kan det være nødvendig med stedstilpassede revegeteringstiltak, særlig for å unngå invasjon av fremmede arter.

I et av verdens største damfjerningsprosjekt, knyttet til nedtapping av elven Elwha i staten Washington, USA, fjernet de flere dammer. Store områder ble tørrlagt og et omfattende revegeteringsprosjekt ble igangsatt. Her finnes det både vitenskapelig litteratur (se kap 3.2.1) og flere rapporter, masteroppgaver og nyhetsartikler (Baker 2012, Chenoweth 2011, Dillon 2021, Mapes 2016, Schuster 2015). De vitenskapelige konklusjonene er gjengitt i kapittel 3.2.1, her oppsummerer vi de forventede utfordringene og hvilke valg som ble tatt i forbindelse med revegeteringen. Målet med revegeteringen i dette omfattende prosjektet var å tilbakeføre området til skogen som

vokste her før dammene ble bygd og å hindre at fremmede invaderende arter etablerte seg. Hovedutfordringene kan oppsummeres slik:

- Tørrlagt magasinbunn mangler jordorganismer, røtter og andre levende plantedeler
- Det er ofte lite næring, da mye er vasket ut
- Områdene blir ofte tørre som er effekt av både at vannet er fjernet, men også på grunn av vind og sol
- Dersom områdene er store, vil arealet være langt unna intakt natur som kan spre frø, sporer og plantedeler som kan starte en suksesjon
- Dersom det finnes fremmede invaderende arter i nærheten, kan disse vinne kampen mot de stedege artene

For å møte disse utfordringene ble vannet sluppet ut sakte slik at minst mulig av sedimentene ble vasket ut. Så lagde de detaljerte og stedspesifikke revegeteringsplaner med ulike kombinasjoner av naturlig revegetering, tilsåing med frø, plante busker og små trær. Det overordnede prinsippet var å gjøre så lite som mulig, slik at størst mulig område kunne overlates til naturlig revegetering. Naturlig revegetering var derfor eneste metode i områdene nærmest skogen. Busker og trær ble oppformert i planteskoler, og frø ble samlet i nærområdene. Disse ble plantet ut der det var langt fra intakt vegetasjon og der det var grovt substrat eller andre utfordringer. Kontroll av fremmede arter var viktig i alle arealene og ble gjennomført ved blant annet å fjerne de som etablerte seg, men også ved å så inn et stort mangfold av stedlige frø og plante inn oppformerte stedlige planter. Revegeteringsprosjektet varte over flere år, og planene ble justert fra år til år ut fra hva som fungerte og ikke fungerte.

Utfordringene som beskrives i Elwha-prosjektet, vil også være relevante i valg av revegeteringsmetodene i store deler av Norge. Erfaringer fra revegeteringsprosjektet kan dermed i stor grad overføres til Norge.

Kort oppsummering av grå litteratur

Naturlig gjenvekst/revegetering er den mest brukte revegeteringsmetoden og den som foretrekkes de fleste steder. Andre revegeteringsmetoder anbefales, og er prøvd ut der man ikke anser naturlig gjenvekst for tilstrekkelig. I prosjekter som vurderer at fremmede arter kan utkonkurrere stedlige, anbefales både bekjempelsestiltak, men også utplanting og såing av stedege arter.

3.2.3 Praktiske erfaringer i andre liknende naturinngrep i Norge

Som vist gjennom denne rapporten, finnes det svært få studier av gjenvekst og vegetasjonsetablering i reguleringssoner som er gjennomført i under lignende forhold som i Norge. De rapporterte og publiserte studiene dokumenterer imidlertid en del generelle forhold som gjør dem relevante for oss (kap 3.2.1 og 3.2.2). Disse studiene viser flere trender og resultater som vi kan kjenne igjen fra noen norske studier i andre naturinngrep, som har en del til felles med tørrlagte magasiner. Noen gjennomgående funn er at følgende økologiske faktorer er vesentlig for gjenvekst og for effekten av restaureringstiltak: vanntilgang, mengden finstoff i jord, tilgang på organisk materiale og størrelsen på inngrepene (inkludert avstand til intakt vegetasjon). Nedenfor følger noen eksempler.

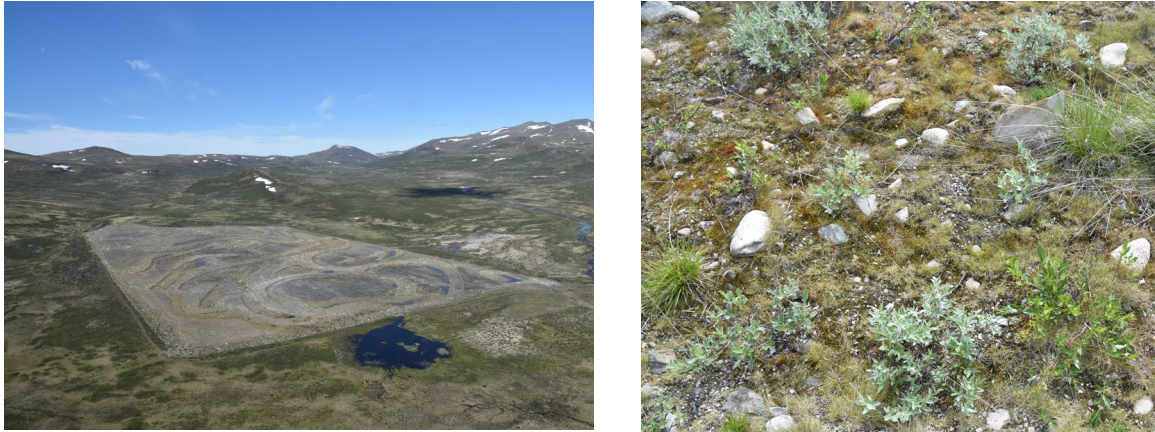
I en studie i Rødsmoen øvingsfelt, Åmot kommune, testet vi ut hvordan ulike revegeteringsmetoder fungerte i fullstendig eroderte områder i furuskog (**Figur 6**; vegetasjon ødelagt av militær øvingsaktivitet). Substratet var fin sand uten organisk innhold i et område med lite nedbør og artsfattig vegetasjon. I et eksperiment testet vi ulike kombinasjoner av erosjonshemmende matter, frø, næringstilførsel og organisk jord. Vi registrerte vegetasjonsutvikling gjennom sju år, oppfulgt av en enklere befaring etter 13 år. Resultatene er oppsummert i NINA Faktaark (Hagen & Skrindo 2011, Hagen et al. 2015). I områder helt uten vegetasjon er tilsåing en effektiv metode for å få rask vegetasjonsetablering og redusert fare for akutt erosjon, men effekten av tilsåing

avtar over tid. Tilføring av organisk toppjord kan ha positiv effekt på plantevekst, men det er en fare for spredning av fremmede arter, slik at dette tiltaket må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Bruk av erosjonsdempende matter gir økt stabilitet de første årene, men har liten langsiktig effekt med mindre de kombineres med tilført jord. Tilsådde frø i kombinasjon med erosjonsmatter hadde ingen effekt på vegetasjonsetablering i denne studien. I moderat forstyrrede områder er opphør av bruk den klart beste løsningen for etablering av vegetasjon.



Figur 6. Vegetasjonsødeleggelse etter militær øvingsaktivitet i Rødsmoen øvingsfelt. Foto: Dagmar Hagen.

Et av inngrepene som skulle tilbakeføres i forbindelse med restaureringen av Hjerkinnskytefelt på Dovrefjell, var den såkalte HFK-sletta. Dette er ei 240 da stor testsletta for ammunisjon som var planert og gruslagt og helt uten vegetasjon. Restaureringstiltakene inkluderte terrengforming, og omrøring av toppmasser over hele sletta, samt at det ble plantet ut steds egne vierplanter (oppformert fra stiklinger) og tilsådd med lokalt frø på deler av sletta (**Figur 7**). Vegetasjonsetablering er fulgt i permanente overvåkingsruter gjennom seks vekstsesonger. I tillegg er det gjennomført en rekke andre studier av vegetasjonsetablering i det tidligere skytefeltet som utfyller og styrker resultatene fra HFK-sletta (Hagen et al. 2022). Resultatene fra HFK-sletta er beskrevet i en vitenskapelig artikkel (Vloon et al. 2022) og viser at vegetasjonsetableringen er godt i gang, men varierer en god del. Tilgang på vann og finsubstrat fremmer vegetasjonsutviklingen. Utplanting av vierplanter fremmer etablering av andre lokale arter, spesielt dersom vieren plantes tett. Tilsåing med lokale frø (av sauesvingel *Festuca ovina*) øker vegetasjonsdekningen, men har ikke så stor betydning for artsmangfoldet. De to metodene kompletterer hverandre.



Figur 7. Oversiktsbilde og detaljbilde fra HFK-sletta i 2020 etter at vegetasjonsetablering er i gang. Foto: Dagmar Hagen.

Et annet tiltak som er gjennomført i tidligere Hjerkinnskytefelt, er fjerning av dammen ved Einøvlingvatnet (1385 m o.h.), som ble bygd i 1968-69 og fjernet i 2020. Dette var en fyllingsdam som ble bygd for å sikre vannforsyning til daværende Follidal gruver. Som konsekvens av utvidet vern i området (utvidet nasjonalpark i 2018), ble dammen vurdert som et tyngre teknisk inngrep som ble vedtatt fjernet. Nedtapping av magasinet førte til blottlegging av et vegetasjonsløst areal på ca. 100 da. Selv etter ca. 50 år som vannmagasin var det fortsatt rester av torv og jord i den tørrlagte sona, som trolig også har levende frøbank, fordi det var synlig spiring allerede sesongen etter nedtapping (**Figur 8**). Så høyt til fjells vil det imidlertid ta svært lang tid å etablere nytt vegetasjonsdekke og torvlag.

Mulige tiltak for vegetasjonsetablering ble drøftet, og det ble gjort et mindre forsøk med oppføring av duskull i veksthus (**Figur 9**), men dette er en svært ressurskrevende metode som kun er aktuell i små inngrep. Det ble etter en samlet vurdering konkludert med at det finnes ingen aktive vegetasjonstiltak som kan fremme lokal/stedegen vegetasjonsutvikling i et så stort areal. Aktuelle metoder som er testet ut i andre deler av fjellet, er uhensiktsmessige og vil uansett ta svært lang tid så høyt til fjells. De vil i tillegg øke risiko for andre naturinngrep i området og kan gi et visuelt inntrykk som er negativt for det totale landskapet. Tiltaket er omtalt av Hagen et al. (2022) og blir presentert i den kommende «Tiltakshåndbok for vassdragsrestaurering» (Muset & Hagen, i Pulch (red.) under arbeid).



Figur 8. Tørrlagt reguleringsone i Einøvlingsvatnet (1600 m o.h.) ett år etter nedtapping. Organiske matter er bevart på bunnen etter 40 års neddemming. Spiring av enkelte arter er i gang. Foto: Dagmar Hagen.



Figur 9. Forsøk på oppformering av duskull for bruk til revegetering av reguleringsoner. Foto: Dagmar Hagen.

I en studie av fire steintipper fra vannkraftutbygginger i fjellet i Sør-Norge, har vegetasjonssammensetningen blitt kartlagt på tre ulike tidspunkter (tidlig 1990-tallet, 2008 og 2015). Dataene har blitt brukt til å beskrive vegetasjon utviklingen og til å foreslå hvor lang tid det tar før steintippene vil ha en relativt lik vegetasjonssammensetning som områdene rundt (Rydgren et al. 2020, Rydgren et al. 2011, Sulavik et al. 2021) (**Figur 10**). Forskjellene mellom steintipper og tørrlagte magasinbunner er mange, som for eksempel at en steintipp har grovere substrat enn selv magasinbunn uten sedimenter, en steintipp vil drenere bedre enn en magasinbunn og en steintipp er konveks mens en magasinbunn er konkav, noe som vil påvirke de mikroklimatiske forholdene. Samtidig kan de magasinbunnene med dårligst vekstvilkår, som for eksempel vist i **Figur 9** av Einøvlingsvatnet, ha tilstrekkelig sammenlignbare forhold, slik at kunnskap fra steintipper er av interesse. Tørrlagte magasin i lavereliggende strøk og med finere substrat vil mest sannsynlig bli revegetert raskere. Rydgren et al. (2020) og Sulavik et al. (2021) oppsummerer at steintipper vil kunne oppnå relativt likt artsmangfold og vegetasjonsdekning som i omkringliggende, uforstyrrede områder, i løpet av ca. 50 år, men at det vil ta betydelig lengre tid å oppnå lignende vegetasjonssammensetning og jordegenskaper.



Figur 10. Fra Sulavik et al. (2021): De fire steintippene som ble studert. Øydalen ble fotografert i 2017, de andre i 2015.

4 Oppsummering av svar på konkrete spørsmål

Oppdragsgiver har formulert følgende hypoteser eller spørsmål som de ønsker at denne rapporten skal besvare:

1. Planter etablerer seg raskt på tørrlagt magasinbunn med sedimenter?
2. Tidligere magasinbunn gir gode forhold for naturlig revegetering?
3. Sedimenter i tidligere magasiner har ofte en stor tilgjengelig frøbank?
4. Sedimenter er ofte svært rike på næringsstoffer plantene trenger?
5. Primærplanter etablerer seg alltid først?
6. Frø i sedimentet består av frø fra et begrenset antall arter?
7. Resultatet av tilkjørte vekstmasser vil være spredning av uønskede arter?
8. Etablering av vegetasjon i tidligere reguleringssone hvor sedimenter er vasket vekk tar minst 50 år?

Med utgangspunkt i gjennomgangen av vitenskapelig og grå litteratur (kapittel 3.2.1 og 3.2.2.), samt en del konkrete eksempler fra liknende miljø og naturinngrep (kapittel 3.2.3) drøfter vi i det følgende hvert av de åtte spørsmålene. Vi besvarer dem så langt det er mulig. Samtidig problematiserer vi hvorfor spørsmålene ikke kan besvares direkte eller hva som er usikkert eller vanskelig å gi konkrete svar på. I tillegg synliggjør vi gjenværende kunnskapshull. Vi gjentar ikke referansene fra kapittel 3, men henviser til kapittel 3 for kilder.

4.1 Planter etablerer seg raskt på tørrlagt magasinbunn med sedimenter?

Dette spørsmålet krever en tydeliggjøring av hva som menes med **'etablering'**. Etablering av planter kan forstås som at de spirer, men en vanligere forståelse av begrepet er at planter faktisk har overlevd etter spiring, formerer seg slik at det har blitt ny vegetasjon på stedet. I tillegg må det konkretiseres hva som menes med **'raskt'**. Gjenvekst etter naturinngrep kan ta svært lang tid i ekstreme miljøer, som for eksempel i fjellet eller i store inngrep med grovt substrat, mens det kan gå mye raskere i laveliggende og næringsrike miljøer. Rask etablering er derfor relativt, avhengig av hvilken tidsskala og hvilket naturmiljø man omtaler.

Flere studier viser til svært rask spiring på tørrlagt magasinbunn, både høyt til fjells, som illustrert av at frø spirte allerede året etter fjerningen av dammen ved Einøvlingvatnet (1385 m o.h.) på Dovre (**Figur 8**), og at det tok kun noen få måneder før det var grønt der dammen i elva Nätraån i Sverige var fjernet. Vi har ikke funnet noen studier som dokumenterer hvor raskt ulike arter etablerer seg, hva som er tilstrekkelige sedimentmengder og heller ikke spesifikt hva som kreves av kvaliteten til sedimentene. Studier i ekstreme miljøer har vist at det kan ta svært langt å etablere et nytt vegetasjonsdekke med de samme egenskapene som tilsvarende vegetasjon i omkringliggende områder, men at det gjerne tar kortere tid for enkeltarter å spire og etablere seg.

For å kunne svare tydeligere på spørsmålet er det viktig å definere hva som er tilfredsstillende vegetasjonsdekke og hva som er ansett som raskt nok. Kravspesifikasjonen i dette prosjektet legger vekt på at revegetering er viktig for å avbøte de negative konsekvensene for blant annet friluftsliv, landskap og vannkvalitet. Målene med tiltakene må spesifiseres, slik at det blir klart om målet kun er at noen arter har begynt å spire, eller at det er grønt (uavhengig av hvilke arter som er tilstede) eller om målet er en vegetasjonssammensetning tilsvarende det som finnes i områdene rundt magasinet, der tiltaket må ses som en del av en restaureringsprosess.

Vi anbefaler at målet uttrykkes entydig slik at det er mulig å vurdere måloppnåelse, og at framtidige prosjekter dokumenterer etableringen av vegetasjonsdekke, slik at datagrunnlaget for å kunne vurdere hastighet på vegetasjonsetableringen vil bli bedre.

4.2 Tidligere magasinbunn gir gode forhold for naturlig revegetering?

For å besvare dette spørsmålet bør det klargjøres hva som er tilstanden i en **'tidligere magasinbunn'**. Forholdene for revegetering i norske magasinbunner varierer svært mye med geografisk plassering, topografi, naturtype før dammen ble bygd, utvaskingen av sedimenter mens det var et magasin og også under uttapping. Vi har ikke funnet gode kriterier for når tidligere magasinbunn gir gode forhold for naturlig revegetering, men revegeteringshastigheten vil være avhengig av de samme faktorene som vi kan se i revegetering etter andre typer inngrep og i andre deler av verden: substratet, fuktighet, tilgjengelige frø og plantedeler, vekstsesongen og at vinden eller vann fører til erosjon. Flere studier har påpekt betydningen av at arealene må ha en viss fuktighet for vegetasjonsetablering, forslag om sakte nedtapping for å unngå utvasking av sedimenter og frø har også vært foreslått for å optimalisere forholdene for naturlig revegetering.

De fleste studiene som er inkludert i denne litteraturstudien, har hatt naturlig revegetering som enten eneste eller en av flere revegeteringsmetoder. Generelt sett viser studiene at det er gode forhold for naturlig revegetering, men at det kan ta lang tid før vegetasjonssammensetning ligner den som fantes før oppdemningen.

I et av de største tørrlagte områdene etter damfjerning i verden, ved Elwha i staten Washington, USA, antok de at det ikke var tilstrekkelig med naturlig revegetering i områdene lengst unna kantsonen. En vurdering av om det finnes frøbank og hvor langt plantene i omgivelsene kan spres, vil være viktig for å avgjøre om hvorvidt aktive revegeteringstiltak bør iverksettes. Tilsvarende anbefaler andre studier å plante eller så frø hvis substratet er grovt og det er lite tilgjengelig finstoff.

I mange studier synliggjøres utfordringene med fremmede arter. Dersom det finnes fremmede karplanter i nærheten, så må deres spredningsevne og koloniseringsevne vurderes slik at man unngår at de etableres og hindrer at den stedlige vegetasjonen får etablert seg. Der det er mye fremmede arter, beskrives dette som en stor risiko som hindrer vellykket vegetasjonsetablering. Et interessant funn i de studiene vi har undersøkt, er at problemene med fremmede arter varierer mye. Dette indikerer at potensialet og risikoen for fremmede arter må vurderes grundig i hvert enkelt prosjekt.

Vi anbefaler en faglig vurdering av magasinbunnene før kravene i konsesjonen settes, der følgende faktorer inkluderes:

- Fare for vind- og vannerosjon
- Finnes det sedimenter med frøbank
- Substratets kornstørrelse
- Finnes det tilstrekkelig stedeegne frø (og plantedeler) i nærheten som enkelt kan og etablerer seg på magasinbunnen
- Er det fare for etablering av fremmede arter

Dersom en slik faglig vurdering konkluderer med at det er tilstrekkelig med naturlig revegetering, vil dette over tid være den løsningen som vil utvikle vegetasjonssammensetningen best tilpasset de økologiske forholdene.

Tilførsel av frø og planter kan raskere gi et vegetasjonsdekke, men kan gi en artssammensetning som er svært avvikende fra omkringliggende vegetasjon. Studier viser at naturlig gjenvekst vil gi en mer opprinnelig vegetasjon dersom det er tilgang på noe fuktighet og substrat og der det ikke er for lang avstand til frøkilder. Naturlig gjenvekst kan ta lang tid, som kan være mer en

kommunikasjonsutfordring til brukerne av arealene enn en økologisk utfordring (gitt små utfordringer med erosjon).

Dersom forholdene ikke er tilstrekkelig for naturlig revegetering, kan andre revegeteringsmetoder benyttes. Vi anbefaler at det gjøres så få tiltak som mulig for å igangsette naturlig gjenvekst. En gjennomgang av vanlige metoder er presentert i Hagen & Skrindo (2010, spesielt kapittel 10).

4.3 Sedimenter i tidligere magasiner har ofte en stor tilgjengelig frøbank?

Studiene vi har inkludert i analysen, har ingen systematiske frøbankstudier. Samtidig er naturlig revegetering den foretrukne revegeteringsmetoden i de aller fleste studier. Naturlig revegetering baserer seg på både frø fra frøbanken og fra frø og vegetativ formering fra omgivelsene, og ingen studier har eksplisitt beskrevet hvor mye som kommer fra frøbank og hvor mye som kommer fra omgivelsene.

Studier fra andre miljøer har vist at frø fra omgivelsene (frøregn) ofte er tilstrekkelig for å oppnå god vegetasjonsdekning.

4.4 Sedimenter er ofte svært rike på næringsstoffer plantene trenger?

Studiene vi har inkludert i analysen, har lite informasjon om næringsstoffer. Det finnes svært mange studier om sedimenter, men den største andelen handler om forurensing. Vi har ikke inkludert forurensing i vår litteraturstudie.

Flere av studiene har fokus på substratet, og anbefaler å tilrettelegge slik at finstoffet ikke blir vasket ut når magasinet tømmes. Næringsstoffer er ofte bundet til finstoff, slik at tilbakehold av finstoff også tilbakeholder næringsstoffer.

Revegetering på gammel magasinbunn vil trenge frø og næring, men også andre jordorganismer som for eksempel mykorrhiza, slik at de jordøkologiske prosessene kommer i gang. Flere av studiene i kapittel 3 har studert mykorrhiza. Tilføring av organisk materiale kan bidra til å bedre jordkjemi og næringstilgang, men det kan også endre den naturlige suksesjonen. Cook et al. (2011) studerte effekten av tilplanting, påføring av organisk toppdekke (mulch/halm) og mykorrhiza (inokulert), og i løpet av 20 måneder hadde de fleste artene fått mykorrhiza. Dette samsvarer med andre studier fra svært skrinne områder som viser at mykorrhiza raskt binder seg til røtter så fort plantene etablerer seg. Forskning tyder på at soppsporer rask spres inn i områdene, og spesielt dersom det er vegetasjon med de samme artene i nærheten.

Anbefaling: Der det er finstoff til stede, ingen synlige tegn til erosjon og magasinet er omkranset av vegetasjon, er det trolig tilstrekkelig å satse på naturlig gjenvekst. Der det er grovt substrat og lite sedimenter i magasinbunnen, kan det vurderes å gjøre revegeteringstiltak for å øke gjenvekst. Flere av studiene i denne rapporten gir gode forslag til hvordan dette kan gjøres. Analyse av jordprøver kan avdekke hvilke næringsstoffer som er til stede.

4.5 Primærplanter etablerer seg alltid først?

Også her må spørsmålet klargjøres før det kan besvares. Begrepet 'primærplanter' er per definisjon de artene som etablerer seg først i et område, for eksempel etter et naturinngrep eller etter en naturlig forstyrrelse (som et vulkanutbrudd eller at breer trekker seg tilbake og blottlegger

nytt land). Dermed blir spørsmålet en selvfølge. Det er mer relevant å se på forekomsten av **pionerarter**, som er arter med egenskaper som gjør at de spres og etablerer seg raskt i et nytt område. I økologisk teori omtales pionerarter også som fasilitatorer for videre vegetasjonsutvikling, slik at de i en del plantesamfunn blir erstattet av andre arter i løpet av en suksesjon. Noen pionerarter kan imidlertid klare seg godt i konkurranse med andre arter, slik at de finnes gjennom hele suksesjonsforløpet. Dette er for eksempel tilfelle i en del vegetasjonstyper i fjellet.

Hvilke arter som defineres som pionerplanter, varierer mellom ulike naturtyper. Ofte har disse karplantene følgende egenskaper: Lang frøbank, spirer lett på lysåpne områder, kort livssyklus med mange spiredyktige frø. I tillegg har mange moser gode pioneregenskaper.

Forutsetningen for at pionerplanter skal etablere seg først, er at de finnes i frøbanken eller at de vokser i nærheten av den tørrlagte magasinbunnen og produserer frø som kan spres inn i området. Flere av studiene beskriver de første artene som pionerarter, og i flere studier inkluderer dette fremmede arter, som ofte har de egenskapene som er beskrevet over. Det er sannsynlig at dette også gjelder for norske forhold.

Konklusjonen er at vi forventer at pionerplanter/primærplanter etablerer seg raskt dersom de finnes i området. Det vil være et utgangspunkt for en naturlig suksesjon tilpasset stedets økologiske forhold, gitt at fremmede arter ikke etablerer seg og dominerer.

4.6 Frø i sedimentet består av frø fra et begrenset antall arter?

Studier av frøbank og ulike arters overlevelse i frøbank er et stort tema som ikke inngår i denne studien. Ingen av studiene vi har inkludert i analysen, inneholder frøbankstudier. Men det finnes kunnskap om frøbankoverlevelse av pionerarter som kan forventes å kolonisere tørrlagte magasiner.

Ut fra generell kunnskap om frøbank og norske arter, så vil vi anta at mange pionerarter har frø som vil kunne overleve mange år i sedimenter.

4.7 Resultatet av tilkjørte vekstmasser vil være spredning av uønskede arter?

Det er få studier som omhandler tilkjørte vekstmasser. Tilkjørte vekstmasser kan gi spredning av uønskede arter, men det kommer an på hvor massene kommer fra. Stedlige masser uten uønskede arter vil ikke medføre dette problemet. Sannsynligheten for spredning av fremmede arter kan reduseres dersom massene hentes nær det stedet hvor de skal påføres. Men dersom fremmede arter allerede er et problem i nærområdet til magasinet vil det høyst sannsynlig også spre seg inn i de nakne områdene.

Gjennomgangen i kapittel 3 viser at problemet med fremmede arter er stedspesifikt og risikoen må vurderes grundig i hvert enkelt prosjekt.

Hvis man vurderer tilkjøring av masser for å øke revegeteringshastigheten, så er det avgjørende å vite hvor massene kommer fra, om massene har fremmede eller andre uønskede arter, og man må ha en skjøtselsplan som inkluderer bekjempelse av disse artene dersom det viser seg at det fantes uønskede arter i frøbanken.

4.8 Etablering av vegetasjon i tidligere reguleringszone hvor sedimenter er vasket vekk tar minst 50 år?

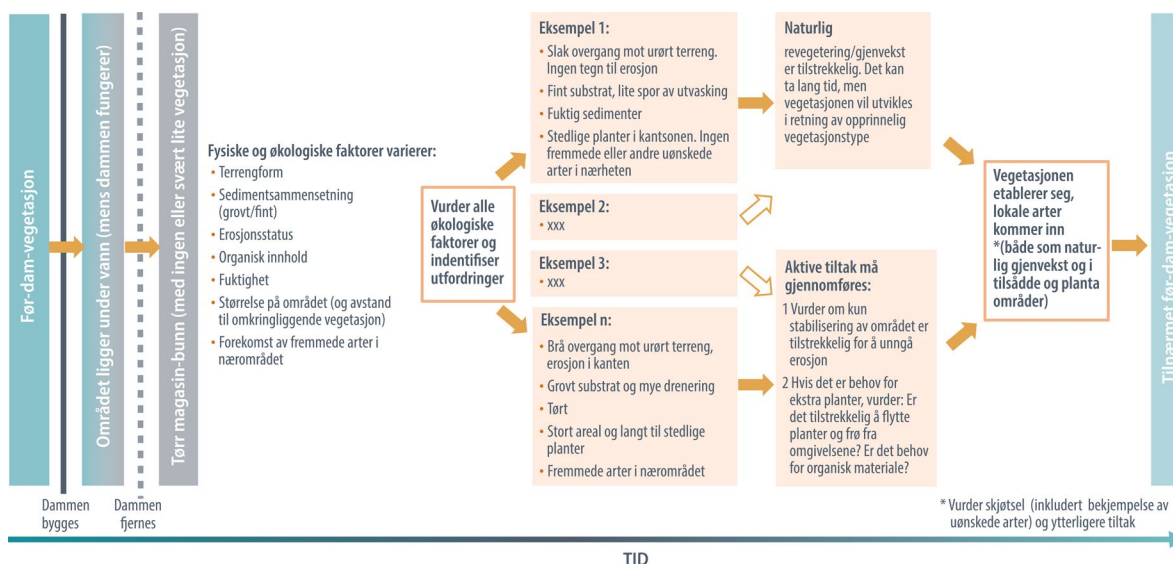
Igjen krever dette spørsmålet en konkretisering av hva som ligger i '**etablering av vegetasjon**'. Er det kun snakk om forekomst av enkeltarter, et vegetasjonsdekke eller en vegetasjonssammensetning som ligner omgivelsene?

Det er få studier som har forsøkt å konkretisere hvor lang tid vegetasjonsetablering vil ta. Det nærmeste eksempelet vi kommer, er studiene av steintippene i fjellet i Sør-Norge (Rydgren et al. 2020, Sulavik et al. 2021), der det ved bruk av avanserte vitenskapelige metoder er modellert tid til vegetasjonen er lik en urørt referansevegetasjon. Disse studiene anslår at man kan forvente full vegetasjonsdekning i løpet av 50 år. Dette kan sammenlignes med tidligere reguleringszone uten sedimenter. Men spørsmålet blir: Hva slags vegetasjonssammensetning vil man oppnå i løpet av 50 år? Det spørsmålet gjenstår å bli besvart og vil være avhengig av forholdene som er diskutert over.

5 Forslag til beslutningsstøtte for valg av revegeteringsmetode

Som de internasjonale studiene viser, så er naturlig revegetering den foretrukne revegeteringsmetoden i de fleste tilfeller. Vi anbefaler også denne metoden i norske tørrelagte magasinbunner dersom forholdene ligger til rette for det og dersom målet er at vegetasjonen skal være likest mulig omkringliggende vegetasjon og vegetasjonen før dammen ble bygd. Det finnes studier fra norske sammenlignbare situasjoner som støtter dette: To arbeider fra Dovrefjell viser at vegetasjonssammensetningen i områder som ble sådd med grasfrø ble mindre lik den omkringliggende vegetasjonen enn der naturlig revegetering var eneste revegeteringsmetode (Hagen & Evju 2013, Hagen et al. 2014). En studie fra Vestland viser at substratforhold er viktigere enn revegeteringsmetode for gjenvekst (Rydgren et al. 2013).

Det avgjørende er da å vurdere når naturlig revegetering ikke er tilstrekkelig, slik at andre tiltak må gjøres i tillegg. Vi foreslåen systematisk gjennomgang av spørsmål og vurderinger som kan brukes til beslutningsstøtte for oppdragsgiver (**Figur 11**).



Figur 11. Forslag til faktorer som må vurderes for å avgjøre om det er tilstrekkelig med naturlig revegetering eller om andre tiltak bør gjennomføres. Vi har vist et eksempel på vurdering der naturlig revegetering er tilstrekkelig og et eksempel der det er behov for ytterligere tiltak, men det finnes andre situasjoner som gir begge løsninger. Målet for revegeteringen i denne figuren er å etablere en vegetasjon tilnærmet lik før-dam-tilstanden.

6 Referanser

- Auble, G.T., Shafroth, P.B., Scott, M.L. & Roelle, J.E. 2007. Early vegetation development on an exposed reservoir: Implications for dam removal. *Environmental Management* 39(6): 806-818.
- Baker, R. 2012. Elwha River Revegetation Project: 2012 Lake Aldwell Seeding Trials. MSc. University of Washington, Washington.
- Berg, G., Faugli, P. 1989. Etterundersøkellesprogrammet - statusrapport. Norges vassdrag og energiverk Publikasjon. NVE.
- Beatty, S., Allen, M., Lymbery, A., Jordaan, M.S., Morgan, D., Impson, D., Marr, S., Ebner, B, Weyl, O.L.F. 2017. Rethinking refuges: Implications of climate change for dam busting. *Biological Conservation*. 209 pp. 188-195.
- Beck, M.W., Claassen, A.H. & Hundt, P.J. 2012. Environmental and livelihood impacts of dams: common lessons across development gradients that challenge sustainability. *International Journal of River Basin Management*. 10(1): 73-92.
- Brittain, J.E., Eie, J.A., 1989. Biotopjusteringsprogrammet Status 1989. Norges vassdrag og energiverk Publikasjon. NVE.
- Chenoweth, J., Bakker, J.D. & Acker, S.A. 2021. Planting, seeding, and sediment impact restoration success following dam removal. *Restoration Ecology*. <https://doi.org/10.1111/rec.13506>.
- Chenoweth, J., Acker, S.A., Henry, M. L. 2011. Revegetation and Restoration Plan for Lake Mills and Lake Aldwell. Elwha River Ecosystem Restoration Project. Olympic National Park and the Lower Elwha Klallam Tribe.
- Cook, K.L., Wallender, W.W., Bledsoe, C.S., Pasternack, G. & Upadhyaya, S.K. 2011. Effects of Native Plant Species, Mycorrhizal Inoculum, and Mulch on Restoration of Reservoir Sediment Following Dam Removal, Elwha River, Olympic Peninsula, Washington. *Restoration Ecology* 19(2): 251-260.
- Cortese, A.M. & Bunn, R.A. 2017. Availability and function of arbuscular mycorrhizal and ectomycorrhizal fungi during revegetation of dewatered reservoirs left after dam removal. *Restoration Ecology* 25(1): 63-71.
- Dam Removal Europe. 2021. Why remove dams? <https://damremoval.eu/>.
- Dillon, J. 2021. Elwha River Restoration. StoryMap. <https://storymaps.arcgis.com/stories/f0b02cf07a13491fbb9bc816e54b1180>.
- Dudgeon, D. (2010) Prospects for sustaining freshwater biodiversity in the 21st century: linking ecosystem structure and function. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2: 422–430.
- Evju, M., Hegre, H., Lyngstad, A., Svalheim, E., Thorvaldsen, P., Tingstad, L., Velle, L.G., Øien, D.-I. & Framstad, E. 2020. Overvåking av effekter av tiltak for truede arter og naturtyper. NINA rapport 1683. Norsk Institutt for Naturforskning.
- Hagen, D. & Skringo, A.B. 2011. Vedlikeholdsprosjekt i Rødsmoen skyte- og øvingsfelt. NINA Fakta 2. Norsk Institutt for Naturforskning.
- Hagen, D. & Evju, M. 2013. Using Short-Term Monitoring Data to Achieve Goals in a Large-Scale Restoration. *Ecology and society* 18(3): 29.
- Hagen, D., Hansen, T.I., Graae, B.J. & Rydgren, K. 2014. To seed or not to seed in alpine restoration: introduced grass species outcompete rather than facilitate native species. *Ecological Engineering* 64: 255-261.
- Hagen, D., Skringo, A.B. & Olsen, S.L. 2015. Forsterking av vegetasjonsdekke i Rødsmoen - skyte- og øvingsfelt – 7 år etter. NINA Fakta1. Norsk Institutt for Naturforskning.
- Hagen, D., Evju, M., Henriksen, P.S., Solli, S., Erikstad, L., Bartlett, J. 2022. From military training area to National Park over 20 years: Indicators for outcome evaluation in a large-scale restoration project in alpine Norway. *Journal for Nature Conservation*. 66. 126125.

- Hagfors kommun. 2018. Uppföljning av lokal åtgärdsplan för acksjösystemet. Dammen är uttriven och älven ä biotopvårdad. Klarälvens vattenråd, Fortum, Hagfors kommun, Länsstyrelsen Värmland.
- IPBES, Brondizio, E.S., Settele, J., Díaz, S. & Ngo, H. 2019. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES Secretariat: Bonn, Germany.
- Leck, M.A. 1987. Wetland seed banks. I: Leck, M. A., V.T. Parker, & R.L. Simpson (red.) Ecology of soil seed banks. Academic Press, London
- Lejon, A.G.C., Renöfält, B.M., Nilsson, C. 2009. Conflicts associated with dam removal in Sweden. *Ecology and Society*.14 (2).
- Lisius, G.L., Snyder, N.P. & Collins, M.J. 2018. Vegetation community response to hydrologic and geomorphic changes following dam removal. *River Research and Applications*. Volume 34(4): 317-327.
- Magilligan, F.J., Sneddon, C.S., Fox, C.A. 2017. The social, historical and institutional contingencies of dam removal. *Environmental Management*. 982-994.
- Mapes, L.V. 2016. Elwha: Roaring back to life. The Seattle Times. StoryMap. The Seattle Times, Seattle, Washington, USA. <https://projects.seattletimes.com/2016/elwha/>.
- Menzie, C.A., Dearthoff, T., Booth, P. & Wickwire, T. 2012. Refocusing on nature: Holistic assessment of ecosystem services. *Integrated Environmental Assessment and Management*. 8(3): 401-411.
- O'Connor J.E., Duda, J.J. Grant, G.E. 2015. 1000 dams down and counting. *Science*. 348 (6234):. 496-497.
- Orr, C.H. & Koenig, S. 2006. Vegetation community response to hydrologic and geomorphic changes following dam removals in Wisconsin. *Ecological Restoration* Volume 24(2): 79-86.
- Orr, C.H. & Stanley, E.H. 2006. Vegetation development and restoration potential of drained reservoirs following dam removal in Wisconsin. *River Research and Applications* 22(3): 281-295.
- Prach, K., Rehoukova, K., Lencova, K., Jirova, A., Konvalinkova, P., Mudrak, O., Student, V., Vanecek, Z., Tichy, L., Petrik, P., Smilauer, P. & Pysek, P. 2014. Vegetation succession in restoration of disturbed sites in Central Europe: the direction of succession and species richness across 19 seres. *Applied Vegetation Science* 17(2): 193-200.
- Prach, K., Chenoweth, J. & del Moral, R. 2019. Spontaneous and assisted restoration of vegetation on the bottom of a former water reservoir, the Elwha River, Olympic National Park, WA, U.S.A. *Restoration ecology* 27(3): 592-599.
- Ravot, C., Laslier, M., Hubert-Moy, L., Dufour, S., Le Coeur, D. & Bernez, I. 2020. Large dam removal and early spontaneous riparian vegetation recruitment on alluvium in a former reservoir: Lessons learned from the pre-removal phase of the Selune River project (France). *River Research and Applications* 36(6): 894-906.
- Reilly, K.H. & Adamowski, J.F. 2017. Stakeholders' frames and ecosystem service use in the context of a debate over rebuilding or removing a dam in New Brunswick, Canada. *Ecology and Society* 22(1).
- Rydgren, K., Halvorsen, R., Odland, A. & Skjerdal, G. 2011. Restoration of alpine spoil heaps: Successional rates predict vegetation recovery in 50 years. *Ecological Engineering* 37(2): 294-301.
- Rydgren, K., Halvorsen, R., Auestad, I. & Hamre, L.N. 2013. Ecological Design is More Important Than Compensatory Mitigation for Successful Restoration of Alpine Spoil Heaps. *Restoration Ecology* 21(1): 17-25.
- Rydgren, K., Auestad, I., Halvorsen, R., Hamre, L.N., Jongejans, E., Töpfer, J.P. & Sulavik, J. 2020. Assessing restoration success by predicting time to recovery-But by which metric? *The Journal of applied ecology* 57(2): 390-401.
- Shafroth, P.B., Friedman, J.M., Auble, G.T., Scott, M.L. & Braatne, J.H. 2002. Potential responses of riparian vegetation to dam removal. *Bioscience* 52(8): 703-712.

- Schuster, J.L. 2015. Vegetation colonization within exposed reservoirs following dam removal on the Elwha River, Washington. Master. Eastern Washington University, Cheney, Washington.
- Sjöstrand, P., Lindvall, P., Nilsson, N., Wallentin, J., 2018. Restaurering av vattendrag med dammar. Med exempel på damnutrivningar. Jönköping Fiskeribiologi AB.
- Sulavik, J., Auestad, I., Halvorsen, R. & Rydgren, K. 2021. Assessing recovery of alpine spoil heaps by vascular plant, bryophyte, and lichen functional traits. *Restoration Ecology* 29(4).
- Tullos, D.D, Collins, M.J., Bellmore, J.R., Bountry J.A., Connolly, P.J., Shafroth, P.B. & Wilcox, A.C. 2016. Synthesis of common management concerns associated with dam removal. *Journal of the American Water Resources Association*. 52(5): 1179-1206.
- Vloon, C.C., Evju, M., Klanderud, K. & Hagen, D. 2022. Alpine restoration: planting and seeding of native species facilitate vegetation recovery. *Restoration Ecology* 30(1): e13479. <https://doi.org/10.1111/rec.13479>.
- Wu, J., Huang, J., Han, X., Gao, X., He, F., Jiang, M. Jiang, Z., Primack, R.B. & Shen Z. 2004. The Three Gorges Dam: an ecological perspective. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2(5): 241–248.

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

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

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

2077

NINA Rapport

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-4862-4

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

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

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger