

Nr. 16/2021

Kunnskapsgrunnlag om tilbakeføring av områder ved nedleggelse av vindkraftverk

Oslo Economics AS og Sweco Norge AS



NVE Ekstern rapport nr. 16/2021

Kunnskapsgrunnlag om tilbakeføring av områder ved nedleggelse av vindkraftverk

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Redaktører: Matilde Anker og Jørgen Kocbach Bølling/NVE
Forfattere: Oslo Economics AS og Sweco Norge AS
Forsidefoto: Inger Helene W. Riddervold/NVE

ISBN: 978-82-410-2150-3
ISSN: 2535-8235
Saksnummer: 202113172

Sammendrag:

Det følger av energilovforskriften (1990) § 3-5 at ved nedleggelse av elektriske anlegg, herunder vindkraftverk, plikter konsesjonæren å fjerne det nedlagte anlegget, og så langt det er mulig føre landskapet tilbake til naturlig tilstand. Det finnes lite dokumentasjon på hva det koster å tilbakeføre naturområder i større skala. De aller fleste vindkraftkonsesjoner har et vilkår om at det innen det 12. driftsåret av vindkraftverkets driftstid skal sendes inn et forslag til garantistillelse. En garantistillelse skal sikre kostnadene for nedleggelse. For å sikre NVEs kunnskap i behandlingen av garantistillelser og planer for tilbakeføring, har Oslo Economics og Sweco hatt som oppdrag å fremlegge et økt kunnskapsgrunnlag om temaet.

Rapporten består av to hoveddeler, hvor den første delen oppsummerer relevant kunnskap i forbindelse med tilbakeføring av områder til naturlig tilstand, med fokus på tilbakeføring av naturområder berørt av vindkraftutbygginger. Rapportens del to gir en overordnet vurdering av hva det vil koste å tilbakeføre naturområder ved nedlegging av vindkraftverk for to ulike grader av tilbakeføringsnivå, 1) revegetering og 2) terrengforming og revegetering. Vurderingene er gjort med utgangspunkt i et utvalg eksempelprosjekter i terrengtyper som er representative for utbygging av vindkraftverk i Norge. Rapportens hovedfunn viser at den viktigste kostnadsdriveren ved tilbakeføring av områder er transportbehovet, altså behovet for flytting av masser.

Emneord:

Nedleggelse, vindkraftverk, tilbakeføring, kostnader ved tilbakeføring av natur, revegetering og terrengforming

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
E-post: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

august, 2021

Forord

Det følger av energilovforskriften (1990) § 3-5 at ved nedleggelse av elektriske anlegg, herunder vindkraftverk, plikter konsesjonæren å fjerne det nedlagte anlegget og så langt det er mulig føre landskapet tilbake til naturlig tilstand.

De aller fleste vindkraftkonsesjoner har et vilkår om at det innen det 12. driftsåret av vindkraftverkets driftstid skal sendes inn et forslag til garantistillelse. En garantistillelse skal sikre kostnadene for nedleggelse.

Oslo Economics og Sweco har i 2021 hatt som oppdrag fra NVE å fremlegge en rapport som skal øke for å sikre NVEs kunnskap i behandlingen av garantistillelsene og krav for tilbakeføring, har NVE fått Oslo Economics og Sweco til å vurdere tilbakeføringskostnader basert på norske og internasjonale erfaringer. Kunnskapsgrunnlaget skal sikre at NVE kan sette krav til garantier for tilbakeføring etter nedleggelse, i tråd med forskriftens krav og de vilkår som er satt i konsesjonene. Prosjektet er gjennomført som et FOU-prosjekt, med offentlig anbudsinnbydelse.

Det var ikke et mål med dette prosjektet å vurdere gjenbruk av infrastrukturen i vindkraftverkene, eller metoder for å ta ned installasjoner i kraftverket. Dette er kunnskap NVE vil hente fra andre pågående prosjekter. Sammen skal dette sikre at kunnskapsgrunnlaget er godt nok til at NVE kan sette tilstrekkelig krav til garantier for tilbakeføring etter nedleggelse, i tråd med forskriftens krav og de vilkår som er satt i konsesjonene.

Oslo, august 2021

Anne Rogstad
Fungerende direktør,
Tilsyn- og beredskapsavdelingen

Øyvind Leirset
Seksjonssjef

Dokumentet sendes uten underskrift. Det er godkjent i henhold til interne rutiner.

Erstattet av Kunnskapsgrunnlag om tilbakeføring av områder ved nedleggelse av vindkraftverk : ny versjon NVE Eksisterende rapport 13/2022



Kunnskapsgrunnlag om tilbakeføring av området ved nedleggelse av vindkraftverk

Utarbeidet for Norges vassdrags- og energidirektoratet
OE-rapport 2021-41

Om Oslo Economics

Oslo Economics utreder økonomiske problemstillinger og gir råd til bedrifter, myndigheter og organisasjoner. Våre analyser kan være et beslutningsgrunnlag for myndighetene, et informasjonsgrunnlag i rettslige prosesser, eller et grunnlag for interesseorganisasjoner som ønsker å påvirke sine rammebetingelser. Vi forstår problemstillingene som oppstår i skjæringspunktet mellom marked og politikk.

Oslo Economics er et samfunnsøkonomisk rådgivningsmiljø med erfarne konsulenter med bakgrunn fra offentlig forvaltning og ulike forsknings- og analysemiljøer. Vi tilbyr innsikt og analyse basert på bransjeerfaring, sterk fagkompetanse og et omfattende nettverk av samarbeidspartnere.

Sweco

Sweco er Europas største rådgiverselskap innen teknikk, miljø og arkitektur. Sweco jobber med prosjekter i alle faser, fra konsept- og mulighetsstudier til drift og avvikling, og innenfor alle miljø- og ingeniørfagområder. Dette gir oss omfattende kunnskaper om hele bredden i prosjektene våre, og gjennom hele livsløpet.

Swecos mål er å være den mest tilgjengelige og dedikerte rådgiveren. Det skal være enkelt å jobbe med Sweco, og vi legger ned den innsatsen som behøves for å forstå og møte våre kunders behov.

Kunnskapsgrunnlag om tilbakeføring av området ved nedleggelse av vindkraftverk/nummer

© Oslo Economics, 2. juli 2021

Kontaktperson:

Jostein Skaar / Partner

jsk@osloeconomics.no, Tel. +47 959 33 827

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	4
1. Oppdrag og metode	7
1.1 Utredningens mandat	7
1.2 Informasjonskilder	7
1.3 Rapportens oppbygning	8
2. Kunnskapsoppsummering tilbakeføring av vindkraftverk	9
2.1 Naturinngrep ved vindkraftverk	9
2.2 Overordnede prinsipper for tilbakeføring av vindkraftverk	12
2.3 Utfordringer ved tilbakeføring av vindkraftverk i Norge	18
2.4 Metoder for tilbakeføring av områder i ulike type terreng	19
3. Kostnader ved tilbakeføring av områder ved nedleggelse av vindkraftverk	26
3.1 Grad av tilbakeføring	27
3.2 Kostnadsdrivere ved tilbakeføring av naturinngrep	28
3.3 Erfaringstall og forventede kostnader ved gjennomføring av tilbakeføringstiltak	29
3.4 Storheia vindkraftverk	33
3.5 Egersund vindkraftanlegg	38
3.6 Raskiftet vindkraftanlegg	41
3.7 Tilbakeføring av vindkraftverk i blokklandskap	46
3.8 Usikkerhet i kostnadsestimatene	48
3.9 Samlet vurdering	48
4. Referanser	51
Vedlegg A Intervjuobjekter og skriftlige innspill	54

Sammendrag og konklusjoner

Bakgrunnen for oppdraget

Det følger av energilovforskriften (1990) § 3-5 at ved nedleggelse av elektriske anlegg, herunder vindkraftverk, plikter den tidligere konsesjonæren å fjerne det nedlagte anlegget og så langt det er mulig føre landskapet tilbake til naturlig tilstand.

Ved tildeling av konsesjon for vindkraftverk stiller Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) normalt krav om at konsesjonæren innen utgangen av anleggets tolvte driftsår skal oversende NVE et konkret forslag til garanti-stillelse som sikrer kostnadsdekning for fjerning av vindturbiner og tilbakeføring av området ved nedleggelse av anlegget. Det er stor usikkerhet rundt hva det vil koste å tilbakeføre områder som er berørt av vindkraft-utbygginger.

Utredningsoppdrag for NVE

For at NVE skal kunne vurdere hva det vil koste å tilbakeføre områder hvor det er bygget ut vindkraft til naturlig tilstand, har de utlyst en utredning som har som formål å framskaffe et bedre kunnskapsgrunnlag om tilbakeføring av området ved nedleggelse av vindkraftverk. Utredningen er tildelt Oslo Economics og Sweco, og består av to hoveddeler:

- Rapportens første del oppsummerer relevant kunnskap i forbindelse med tilbakeføring av områder til naturlig tilstand med fokus på tilbakeføring av naturområder berørt av vindkraftutbygginger.
- Rapportens del to gir en overordnet vurdering av hva det vil koste å tilbakeføre naturområder ved nedlegging av vindkraftverk for to ulike grader av tilbakeføringsnivå, med utgangspunkt i et utvalg eksempelprosjekter i terrenntyper som er representative for utbygging av vindkraftverk i Norge.

Kunnskapsoppsummering tilbakeføring av vindkraftverk

Kunnskapsoppsummeringen tar utgangspunkt i kunnskap om og erfaringer med tilbakeføring av områder ved nedlegging av vindkraftverk. Kunnskapsoppsummeringen inkluderer både relevant litteratur og praktisk erfaring med tilbakeføring belyst gjennom intervjuer. Erfaringer med restaurering av natur i Norge fra andre områder og sektorer er inkludert der vi mener at dette bidrar til å belyse relevante problemstillinger i forbindelse med tilbakeføring av vindkraftverk.

Forming av terreng, rehabilitering av hydrologiske forhold og revegetering er de overordnede prinsippene ved tilbakeføring av vindkraftverk til natur. Terreng med tidligere inngrep bør formes slik at det i størst mulig grad tilpasses omkringliggende landskap og terrengformasjoner, og slik at naturlig avrenning og hydrologi ivaretas. Der hydrologien i myr er påvirket, bør denne forsøkes gjenopprettet, for eksempel gjennom å plugge drenering. Naturlig revegetering fra stedlige vekstmasser bør anvendes ved etablering av vegetasjon. Ved tilbakeføring av naturområdet ved nedlegging vindkraftverk er det enkelte utfordringer som påvirker muligheten for å lykkes med disse prinsippene. Det planlegges blant annet i liten grad for tilbakeføring ved utbygging, noe som kan legge begrensninger og gi et dårligere utgangspunkt for tilbakeføring. Tilgang på egnet substrat, særlig stedlige vekstmasser, er en stor utfordring. Mangel på egnet substrat vil i mange tilfeller legge begrensninger på hvilket resultat det er mulig å oppnå ved tilbakeføring.

Vindkraftverk i Norge er i stor grad lokalisert i kuperte områder på fjellet/i kystnære strøk. Det er også etablert enkelte vindkraftverk i mindre kuperte områder, for eksempel i innlandsterreng preget av skog og myr. Muligheter og metoder ved tilbakeføring vil variere mellom ulike terrenntypene blant annet som følge av varierende jordsmonn, forskjellige visuelle utfordringer ved tilbakeføring og forskjell i klima. I åpent terreng med skrint jordsmonn og mye bart fjell vil en god landskapstilpasning være avgjørende for et godt resultat, mens mulighetene for naturlig revegetering gjerne er begrenset av tilgangen på vekstmasser. I skogsterreng forventes tilgangen på vekstmasser, og dermed utgangspunktet for revegetering, å være bedre. Det forventes ikke at det er realistisk å reetablere myr ved tilbakeføring av vindkraftverk. Gjenoppretting av vannbalansen ved å sette inn vannsperrer i drenerende fyllinger og grøfter kan imidlertid hindre videre drenering/uttørking og ansees å være det mest realistiske tiltaket ved tilbakeføring av vindkraftverk i myr, sammen med eventuelt fjerning av tette fyllinger.

Kostnader ved tilbakeføring av områder ved nedlegging av vindkraftverk

Det er lite dokumentasjon på hva det koster å tilbakeføre naturområder i større skala. Erfaringstallene som foreligger, blant annet fra tilbakeføring av Hjerkinnskytefelt, er forventet å være lavere enn kostnader ved tilbakeføring av vindkraftverk. Bakgrunnen for dette er at inngrep som gjøres i forbindelse med utbygging av vindkraftverk er mer omfattende. Det er både som følge av at etablering av veier og annen infrastruktur i kupert områder er preget av stor grad av skjæringer og fyllinger, og at kravene til dimensjonering av infrastruktur ved etablering av vindkraftverk fører til at berørte områder er relativt omfattende.

Den viktigste kostnadsdriveren ved tilbakeføring av områder er transportbehovet, altså behovet for flytting av masser. Å flytte masser tar tid og krever tilgang på maskinelt utstyr som gravemaskin og dumper. Vi forventer at transportbehovet i stor grad vil avhenge av hvilke krav som stilles til grad av tilbakeføring, og eventuelt lokale behov for inn- og utkjøring av masser.

Vurderingen av kostnader ved tilbakeføring av vindkraftverk er gjort for et utvalg eksempelprosjekter: Storheia vindkraftverk som ligger i kupert kyst- og fjellterreng, Egersund vindkraftverk som ligger i småkupert, åpent kystlandskap, Raskiftet vindkraftverk som ligger i relativt slakt innenlands terreng preget av skog og myr og Kjøllefjord vindkraftverk som er dominert av blokklandskap. For hvert eksempelprosjekt er det vurdert to ulike grader av tilbakeføring:

- Nivå 1 *Revegetering*: Innebærer at det gjennomføres overordnede tiltak for å tilføre vekstmasser og legge til rette for revegetering av stedegen vegetasjon på åpne inngrepsflater slik som veibaner, oppstillingsplasser og arealer der bygninger har stått.
- Nivå 2 *Terrengforming og revegetering*: Innebærer at det gjennomføres tiltak for å forme og tilpasse terrenget slik at det får mest mulig naturlig topografi og glir inn i omkringliggende landskap. I tillegg gjennomføres det, i likhet med nivå 1, tiltak for revegetering av stedegen vegetasjon på berørte områder. Det er lagt til grunn at dette nivået skal gi høy grad av tilbakeføring til naturlig tilstand, men samtidig være praktisk oppnåelig.

Storheia vindkraftverk er det anlegget som er forventet å være mest ressurskrevende å tilbakeføre, mens Kjøllefjord vindkraftverk er det som forventes å være minst ressurskrevende. Samlet kostnad ved tilbakeføring til nivå 1 (revegetering) for Storheia vindkraftverk er estimert til 81 millioner kroner, mens samlet kostnad for tilbakeføring til nivå 2 (terrengforming og revegetering) er estimert til 165 millioner kroner. Dette tilsvarer om lag henholdsvis en million kroner og to millioner kroner per turbin. Tilbakeføring av berørte områder i Kjøllefjord vindkraftverk er estimert til totalt syv millioner kroner for nivå 1 og 12 millioner kroner for nivå 2, som tilsvarende henholdsvis ca. 0,4 millioner kroner og 0,7 millioner kroner per turbin.

Enhetskostnaden for tilbakeføring av Egersund vindkraftverk er forventet å ligge i samme størrelsesorden som for Storheia, men inngrepene per turbin er noe mindre omfattende og kostnaden ved tilbakeføring er som følge noe lavere. Enhetskostnadene ved tilbakeføring av Raskiftet vindkraftverk er forventet å være lavere enn for Storheia og Egersund. Inngrepene per turbin er imidlertid noe mer omfattende og kostnaden per turbin for tilbakeføring av Raskiftet vindkraftverk forventes dermed å ligge i samme størrelsesorden som for Egersund vindkraftverk. Kostnad ved tilbakeføring av Egersund og Raskiftet vindkraftverk er estimert til rundt 0,9 millioner kroner per turbin for nivå 1 og rundt 1,6 millioner kroner per turbin for nivå 2.

Beregnet kostnad ved tilbakeføring av eksempelprosjektene er basert på estimerte enhetskostnader for de mest sentrale kostnadskomponentene. Ved nedlegging av vindkraftverkene vil det for hvert enkelt anlegg være nødvendig å gjøre en nærmere utredning for å kunne avgjøre hva som er de beste praktiske og miljømessige løsningene basert på steds- og anleggsspesifikke problemstillinger. Det kan innebære at kostnaden ved tilbakeføring vil kunne være høyere eller lavere enn kostnadsestimatene som framkommer i denne rapporten. Enhetskostnad ved tilbakeføring til nivå 1 (revegetering) og nivå 2 (terrengforming og revegetering) for ulike terrengtyper er vist i Tabell 1-1 og

Tabell 1-2. For å belyse den betydelige usikkerheten i estimatene operer vi med et intervall for oppgitte enhetskostnader. Etter hvert som det foreligger mer erfaring på dette området anbefaler vi at det gjøres en ny vurdering av hva det koster å tilbakeføre naturområder hvor det er etablert vindkraftverk.

Tabell 1-1: Estimerte enhetskostnader ved tilbakeføring av vindkraftverk til nivå 1: Revegetering

Element	Enhet	Kupert fjell- /kystterreng	Skog og myrterreng	Blokklandskap
Turbinfundament	NOK/stk	100 000 -200 000	100 000 -200 000	100 000 -200 000
Veier	NOK/m	700-900	400-600	200-400
Oppstillingsplasser	NOK/m2	110-130	20-40	20-30
Bygninger	NOK/m2	110-130	20-40	20-30
Jordkabler	NOK/m	200	200	200
Luftledninger	NOK/m	-	-	-
Masseuttak	NOK/m2	110-130	20-40	20-30

Tabell 1-2: Estimerte enhetskostnader ved tilbakeføring av vindkraftverk til nivå 2: Terrengforming og revegetering («naturlik» tilstand)

Element	Enhet	Kupert fjell- /kystterreng	Skog og myrterreng	Blokklandskap
Turbinfundament	NOK/stk	100 000 -200 000	100 000 - 200 000	100 000 - 200 000
Veier	NOK/m	1500-2000	800-1500	600-800
Oppstillingsplasser	NOK/m2	175-225	100-140	80-120
Bygninger	NOK/m2	175-225	100-140	80-120
Jordkabler	NOK/m	200	200	200
Luftledninger	NOK/m	-	-	-
Masseuttak	NOK/m2	175-225	100-140	80-120

Kostnaden ved fjerning av turbinfundament er forventet å ligge mellom 100 000 og 200 000 kroner per fundament både for fjellforankret fundament og gravitasjonsfundament. Det er da lagt til grunn at det kun stilles krav om at betong ned til bakkenivå på fjell må fjernes, og en halv meter under bakkenivå i skog- og myrterreng.

Videre forventer vi at kostnaden ved tilbakeføring av veier vil ligge på mellom 700 og 900 kroner meteren for nivå 1 i kupert fjell-/kystterreng, med skrint jordsmonn og en del bart fjell. Kostnaden er den samme for områder med småkupert terreng og områder med større landskapsformasjoner. For skogs- og myrterreng forventer vi at kostnaden vil være noe lavere som følge av god tilgang til vekstmasser, mellom 400 og 600 kroner per meter. I blokklandskap forventer vi at kostnaden ved tilbakeføring til nivå 1 vil være på mellom 400 og 600 kroner per meter.

Ved tilbakeføring til nivå 2 (terrengforming og revegetering) forventer vi at kostnaden vil ligge på mellom 1500 og 2000 kroner per meter i kupert kyst-/fjellterreng. I skogs- og myrterreng forventer vi at tilsvarende tiltak koster mellom 800 og 1500 kroner per meter, der myrområder ligger i det øvre spennet, mens rene (slake) skogområder ligger i det nedre. I blokklandskap forventer vi at kostnaden er på mellom 600 og 800 kroner per meter.

Ved revegetering (nivå 1) av oppstillingsplasser, områder rundt og under bygninger, og masseuttak forventer vi at kostnaden vil ligge mellom 110 og 130 kroner per kvadratmeter i kupert fjell-/kystterreng, mellom 20 og 40 kroner per kvadratmeter i skogs- og myrterreng og mellom 20 og 30 kroner per kvadratmeter i blokklandskap.

Ved tilbakeføring til nivå 2 (terrengforming og revegetering) forventer vi at kostnaden for tilbakeføring av naturområder i kupert kyst-/fjellterreng vil ligge mellom 175 og 225 kroner per kvadratmeter. I skogs- og myrterreng forventer vi at tilsvarende tiltak koster mellom 100 og 140 kroner per kvadratmeter, der myrområder ligger i det øvre spennet, mens rene, slake skogområder ligger i det nedre delen. I blokklandskap forventer vi at kostnaden er på mellom 80 og 120 kroner per kvadratmeter.

Tiltak for å fjerne kabler forventes å være de samme for tilbakeføring til nivå 1 og 2. Kostnaden for fjerning av kabler forventes å ligge på ca. 200 kroner per meter og være lik for alle terrengtyper.

1. Oppdrag og metode

Det følger av energilovforskriften (1990) § 3-5 at ved nedleggelse av elektriske anlegg, herunder vindkraftverk, plikter den tidligere konsesjonæren å fjerne det nedlagte anlegg og så langt det er mulig føre landskapet tilbake til naturlig tilstand.

Ved tildeling av konsesjon for vindkraftverk stiller Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) normalt krav om at konsesjonæren innen utgangen av det 12. driftsåret for anlegget skal oversende NVE et konkret forslag til garantistillelse som sikrer kostnads-dekning for fjerning av vindturbiner og tilbakeføring av området ved nedleggelse av anlegget. For at NVE skal ha et tilstrekkelig grunnlag til å vurdere et forslag til garantistillelse, er det nødvendig å ha et overordnet kostnadsestimat for nedlegging av vindkraftverket og tilbakeføring av landskapet.

Det er stor usikkerhet rundt hva det vil koste å tilbakeføre områder som er berørt av vindkraftutbygginger. Erfaringsgrunnlaget med tilbakeføring av områder ved nedleggelse av vindkraftverk er svært begrenset, både i Norge og andre sammenlignbare land. Kunnskap fra andre sektorer lokalisert i områder tilsvarende vindkraftverk i Norge er derfor nyttig for å belyse relevante forhold.

1.1 Utredningens mandat

NVE har gitt Oslo Economics, sammen med Sweco, i oppdrag å:

- Oppsummere dagens kunnskapsgrunnlag om tilbakeføring av områder til naturlig tilstand ved nedleggelse av vindkraftverk, herunder relevant kunnskap fra andre sektorer lokalisert i områder tilsvarende vindkraftverk i Norge.
- Vurdere hvordan tilbakeføring av områder til sin naturlige tilstand i forbindelse med nedleggelse av vindkraftverk kan gjøres, med utgangspunkt i et utvalg eksempelprosjekter med representative norske terrengtyper. For eksempelprosjektene gis det en vurdering av grader av tilbakeføring av området og tilhørende kostnader knyttet til istandsetting.

Målet med oppdraget er å framskaffe et kunnskapsgrunnlag slik at NVE bedre kan sette krav og vurdere kostnadene knyttet til tilbakeføring av området så langt det er mulig til sin naturlige tilstand ved nedlegging av vindkraftverk. Å vurdere gjenbruk av infrastrukturen i vindkraftverkene er ikke en del av denne utredningen.

Fokus i rapporten er på tilbakeføring av områder. Fjerning av turbiner, bygninger, kraftledninger og

eventuelt andre konstruksjoner er ikke omtalt eller vurdert som del av denne utredningen.

1.2 Informasjonskilder

Utredningen er basert på følgende hovedkilder til informasjon:

- Dokumenter og litteratur
- Intervjuer og samtaler med vindkraftaktører og aktører som har erfaring med tilbakeføring
- Egne vurderinger

Vi vil gjerne takke intervjuobjekter og andre involverte for deres bidrag til utredningen.

Dokumenter og litteratur

Det er gjennomført en bred dokument- og litteraturgjennomgang i forbindelse med utarbeidelse av rapporten.

Det er publisert lite innen emnet tilbakeføring av vindkraftverk. Litteratur som går spesifikt på tilbakeføring av vindkraftverk gjelder andre land enn Norge, og fokuserer i stor grad på fjerning og gjenbruk/avhending av turbiner og andre konstruksjoner. Scottish Natural Heritage utarbeidet i 2013 en rapport som oppsummerer kunnskapsgrunnlaget for miljøvirkninger og hensyn som bør tas ved avvikling og tilbakeføring av vindkraftverk (Welstead, et al., 2013). Rapporten er skrevet med utgangspunkt i skotske forhold. Vi vurderer den likevel som relevant i forhold til tilbakeføring av vindkraftverk til natur, også i Norge. Rapporten er under oppdatering (Taylor, 2021). Det er ikke klart når den oppdaterte versjonen av rapporten vil foreligge. Vi har også gjennomgått andre tilgjengelige rapporter og veiledere som omhandler tilbakeføring og restaurering i forbindelse med nedlegging- og re-powering av vindkraftverk i Nord-Europa og EU (Energimyndigheten, 2016; Scottish Natural Heritage, 2016; Uppsala Universitet, 2013; Wind Europe, 2020).

Ettersom det finnes begrenset litteratur og erfaringer med tilbakeføring av vindkraftverk, har vi sett til andre sektorer som opererer i tilsvarende terreng og naturtyper som vindkraftverk i Norge. Vi viser i kunnskapsoppsummeringen til flere veiledere og rapporter som omhandler restaurering/revegetering (bl.a. Hagen & Skrindo, 2010; NVE, 2011; NVE, 2016; Pedersen & Rosef, 2017; Statens vegvesen, 2015). Vi har også støttet oss på erfaringer fra tilbakeføring av Hjerkinns skytefelt på Dove, som er det eneste storskala tilbakeføringsprosjektet i Norge. Fra samferdselssektoren finnes det også erfaring med

tilbakeføring av veier. Vi har blant annet innhentet erfaring fra tilbakeføring av fv. 714 «Lakseveien» som går mellom Stokkhaugen og Vasslag i Trøndelag (Trøndelag Fylkeskommune, 2021). Det finnes mer litteratur på området som går i dybden på temaet. Innenfor rammene av dette oppdraget har det imidlertid ikke latt seg gjøre å fordype seg i disse.

For en fullstendig oversikt over skriftlige kilder vises det til referanselisten i kapittel 4.

Intervjuer

I forbindelse med utarbeidelse av rapporten er det gjennomført intervjuer med vindkraftutbyggere, entreprenører som har erfaring med vindkraftutbygging og et utvalg aktører som har erfaring med tilbakeføring av naturområder, herunder Forsvarsbygg om Hjerlann skytefelt. Vi har totalt intervjuet eller fått skriftlig innspill fra 19 aktører. Vedlegg A inneholder en oversikt over virksomheter vi har innhentet erfaringer fra i forbindelse med denne utredningen. Intervjuene er gjennomført perioden mars, april og mai 2021.

Intervjuene har bidratt til nyttig innsikt i praktiske problemstillinger ved tilbakeføring, og bidratt til å belyse relevante forhold ved de utvalgte eksempelprosjektene.

Egne vurderinger

Informasjonen som er innhentet gjennom skriftlige kilder og intervjuer utgjør utredningens informasjons-

grunnlag. Alle vurderinger og konklusjoner i analysen er våre egne vurderinger. Tilbakeføring av områder ved nedlegging av vindkraft er et nytt felt med begrenset erfaringsgrunnlag. Vurderingene i denne utredningen er basert på skjønn med utgangspunkt i det erfaringsgrunnlaget som foreligger på området.

1.3 Rapportens oppbygning

I det videre er rapporten strukturert som følger:

Kapittel 2 inkluderer en oppsummering av tilgjengelig kunnskap i forbindelse med tilbakeføring av områder til naturlig tilstand, med fokus på tilbakeføring av naturområder berørt av vindkraftutbygginger. Relevant kunnskap fra andre sektorer er også inkludert.

Kapittel 3 bygger på kunnskapsoppsummeringen fra kapittel 2, og inkluderer en vurdering av hvordan tilbakeføring av områder til sin naturlige tilstand i forbindelse med nedleggelse av vindkraftverk kan gjøres, med utgangspunkt i fire utvalgte eksempelprosjekter. Eksempelprosjektene representerer ulike terrengtyper som er representative for utbygging av vindkraftverk i Norge. For de enkelte eksempelprosjektene gis det en overordnet vurdering av kostnader ved ulike grader av tilbakeføring. Avslutningsvis gir vi en samlet vurdering av enhetskostnader ved tilbakeføring av naturområder ved nedlegging av vindkraftverk i Norge, fordelt på naturinngrep og terrengtype.

2. Kunnskapsoppsummering tilbakeføring av vindkraftverk

Dette kapittelet oppsummerer relevant kunnskap i forbindelse med tilbakeføring av områder til naturlig tilstand ved nedlegging av vindkraftverk. Kunnskapsoppsummeringen inkluderer både relevant litteratur og praktisk erfaring med tilbakeføring belyst gjennom intervjuer. En nærmere omtale av informasjonskilder er inkludert i kapittel 1.2.

Kunnskapsoppsummeringen tar utgangspunkt i kunnskap om og erfaringer med tilbakeføring av områder ved nedlegging av vindkraftverk. Erfaringer med restaurering av natur i Norge fra andre områder og sektorer er inkludert der vi mener at dette bidrar til å belyse relevante problemstillinger i forbindelse med tilbakeføring av områder ved nedlegging av vindkraftverk.

I kunnskapsoppsummeringen gis det innledningsvis en oversikt over typiske naturinngrep ved utbygging av vindkraftverk (kapittel 2.1). Dette gis det en beskrivelse av overordnede prinsipper for tilbakeføring av områder ved nedlegging av vindkraftverk (kapittel 2.2) og tilhørende utfordringer (kapittel 2.3). I kapittel 2.4 oppsummerer vi prinsipper/metoder for tilbakeføring av berørte områder i ulike terrengtyper.

2.1 Naturinngrep ved vindkraftverk

Tabell 2-2 viser en oversikt over naturinngrep ved utbygging av vindkraftverk og sentrale faktorer som påvirker omfang av inngrep. De enkelte naturinngrepene er omtalt nærmere under tabellen.

Tabell 2-1. Typiske naturinngrep ved etablering av vindkraftverk og faktorer som påvirker omfang

Elementer	Sentrale faktorer som påvirker omfang
Veier, inkl. møteplasser	• Plassering (avstand til eksisterende veier) • Antall turbiner • Krav fra turbinleverandør
Riggområder og mellomagring	• Størrelse
Skjæringer og fyllinger	• Hvor kupert terrenget er
Turbinfundament med oppstillingsplass	• Størrelse på turbinene • Krav fra turbinleverandør
Masseuttak og -lager	• Type terreng • Hvor kupert terrenget er
Netttilknytning	• Antall turbiner • Avstand til tilkoblingspunkt
Transformatorstasjon og servicebygg (bygg)	• Plassering og omfang av berørte områder avhenger av lokale forhold

2.1.1 Veier

De mest omfattende naturinngrepene i forbindelse med utbygging av vindkraftverk er veisystemet som etableres. Vindkraftverk i Norge er i hovedsak plassert i uberørte områder.

Omfanget av adkomstveier avhenger av vindkraftverkets plassering og avstand til eksisterende veier. Lengden på adkomstveier varierer typisk fra 1,5 km til 15 km (Miljødirektoratet, 2019). Omfanget av internveier avhenger først og fremst av vindkraftverkets størrelse (antall turbiner). Lengden på internveier varierer typisk fra 125 til 175 meter per MW installert effekt (Miljødirektoratet, 2019).

Krav fra turbinleverandør er bestemmende for dimensjonering av veier. Generelt er veiene som etableres relativt brede med strenge krav til maks helning og kurvatur. Adkomstveier har en kjørebredde

på typisk mellom 6 til 8 meter. Total bredde, inkludert skulder, kryss, skråninger, fyllinger og skjæringer, vil være mellom 15 til 20 meter. Internveier er vanligvis noe smalere med en kjørebredde på ca. 5 meter og samlet bredde på om lag 10 meter. Gjennomsnittlig bredde på veiinngrep i anleggsperioden er typisk 10 til 18 meter. Veiinngrep inkluderer kjørebane, skulder, kryss, skråninger, fyllinger og skjæringer. Etter istandsetting er veibredden typisk 8 til 12 meter.

viser en oversikt over typiske spesifikasjon ved etablering av veier i forbindelse med utbygging av vindkraftverk. Gjennomsnittlig bredde på veiinngrep i anleggsperioden er typisk 10 til 18 meter (Miljødirektoratet, 2019). Veiinngrep inkluderer kjørebane, skulder, kryss, skråninger, fyllinger og skjæringer. Etter istandsetting er veibredden typisk 8 til 12 meter (Miljødirektoratet, 2019).

Tabell 2-2. Typiske spesifikasjoner ved etablering av anleggsveier i forbindelse med vindkraftverk

Veitype	Typiske spesifikasjoner
Generelt	• Ca. 0,5-1,5 meter tykkelse på dekke over stabil grunn • Helling: Maks ca. 10 grader for grusvei¹ • Kurvatur: Minimum 40 meter indre horisontal radius og minimum 375 meter vertikal radius • Aksellast: Minimum 16 tonn
Adkomstvei	• Grusdekke • Ca. 6-8 meter kjørebredde • Ca. 15-20 meter samlet bredde (inkl. skulder, kryss, skråninger, fyllinger og skjæringer) • Arealbehov typisk 1,5 km til 15 km
Internvei	• Grusdekke • Ca. 5 meter kjørebredde • Gjennomsnittlig ca. 10 m samlet bredde på inngrep (inkl. skulder, kryss, skråninger, fyllinger og skjæringer) • Møteplasser på ca. 3 m x 30 m • Arealbehov typisk 125 -175 meter/MW

Kilde: Sweco og Miljødirektoratet, 2019

2.1.2 Skjæringer og fyllinger

Der topografi tilsier at veitraseen må legges under opprinnelig terreng, må det tas ut skjæringer i fjell eller løsmasser for å få riktig høyde på veitraseen. Motsatt, dersom veitraseen må legges over opprinnelig terreng må den bygges opp med fyllinger. Ved etablering av fyllinger legges det vanligvis ut lag for lag med skjæringsmasser, og disse komprimeres godt for å unngå setninger under transport og under vekten av selve fyllingene.

Ved plassering av turbiner og tilhørende oppstillingsplasser kan det også være behov for å etablere skjæringer og fyllinger.

Bildet til venstre i Figur viser en del av veisystemet i Lista vindkraftverk hvor det er sprengt ut skjæringer i fjellet for å få riktig høyde på veitraseen. Bildet til høyre viser deler av veinettet i Midtfjellet vindkraftverk der skjæringer er sprengt ut i fjell. Steinmassene er her brukt til bygge opp veifyllingene.

Figur 2-1. Venstre bilde: Veier og skjæringer fra Lista vindkraftverk. Høyre bilde: Veier, skjæringer og fyllinger fra Midtfjellet vindkraftverk



Kilde: La Naturen Leve, 2014

2.1.3 Turbinfundament med oppstillingsplass

Rundt turbinene er det en kranoppstillingsplass som blir brukt når vindturbinen monteres. Ved utbygging av vindkraftverk kan det også være behov for å

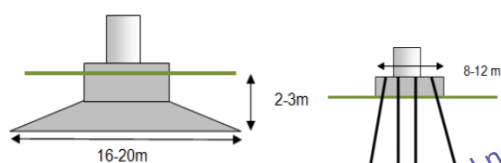
planere arealer til å mellomlagre vindturbin-komponentene i påvente av montering, for eksempel etablering av såkalte «bladefingers». Bladefingers, hjelpekranplasser og vendehammere er inngrep som i

¹ Maks helling for asfaltert vei på 12 grader. Asfaltert vei finnes i liten grad i vindkraftverk i Norge

enkelte tilfeller helt eller delvis blir tilbakeført til naturlig tilstand etter montering av vindturbiner. Ved tilbakeføring formes terrenget og vekstmasser legges på toppen for å fremme naturlig revegetering.

Selve vindturbinene er festet på et tårn som er fundamentert i bakken. Valg av fundamenttype og størrelse på fundament er avhengig av grunnforholdene der vindkraftanlegget bygges. I Norge er det mest vanlig å benytte fundamenter som er forankret i fjell med forspente stag i kombinasjon med begrenset betongstøp. Gravitasjonsfundamenter benyttes også i noe grad der grunnforholdene ikke er gode nok for forankringsfundamenter. Gravitasjonsfundamenter er store betongkonstruksjoner som i hovedsak blir liggende under bakkeplan. Et eksempel på gravitasjonsfundament og forankringsfundament er vist i Figur . Turbinfundamentet med kranoppstillingsplass har et typisk arealbehov på 1 500 til 2 500 kvadratmeter per turbin (Miljødirektoratet, 2019).

Figur 2-2: Illustrasjon av gravitasjonsfundament (til venstre) og forankringsfundament (til høyre)



Kilde: Vardafjellet Vindkraft AS, 2013

Bildet i Figur 2-2 viser en kranoppstillingsplass med ferdig etablert turbinfundament fra Hundhammerfjellet vindpark.

Figur 2-3. Kranoppstillingsplass med fjellforankret turbinfundament, Hundhammerfjellet vindpark



Kilde: Multiconsult, 2020

2.1.4 Transformatorstasjon og servicebygg

Transformatorstasjon og servicebygg er ofte lokalisert på samme sted. Berørte områder i forbindelse med

disse byggene varierer fra 2000 til 8000 kvadratmeter (Miljødirektoratet, 2019). Figur viser transformatorstasjonen og servicebygget ved Smøla vindkraftverk. Byggene med omkringliggende, opparbeidede områder berører et areal på ca. 5 500 kvadratmeter².

Figur 2-4. Transformatorstasjon og servicebygg ved Smøla vindkraftverk



Kilde: Statkraft, 2008

2.1.5 Masseuttak og -lager

I forbindelse med utbygging av vindkraftanlegg er det ofte masseunderskudd, og derfor behov for å ta ut masser for etablering av veier og annen infrastruktur. Vi kjenner ikke til at det er tilfeller ved etablering av vindkraftverk der det er har vært betydelige mengder overskuddsmasser med tilhørende behov for å etablere masselager.

De fleste masseuttakene som er etablert i forbindelse med utbygging er istandsatt og revegetert etter anlegget er ferdigstilt. Det er imidlertid vanlig å beholde noen masseuttak, for eksempel til mellomagring av grus til vedlikehold av vei, eller for at de åpne plassene skal kunne brukes til rigg og lager ved behov for service på turbiner.

2.1.6 Nettilknytning

Internnettet i vindkraftverk består typisk av jordkabler. Disse legges i grøfter langs internveiene. Bildet under (Figur 2-5) viser legging av kabler i veigrøft ved bygging av Roan vindkraftverk.

Vindkraftverket tilknyttes vanligvis kraftsystemet ellers via en intern transformator og en luftledning. Avstanden til det eksterne nettet varierer.

² Arealberegningen er gjort basert på flyfoto fra norgebilder.no

Figur 2-5. Legging av høyspentkabel (jordkabel) i Roan vindkraftverk



Kilde: Syltern, u.d.

2.2 Overordnede prinsipper for tilbakeføring av vindkraftverk

Welstead et al (2013) trekker fram landskap (visuell opplevelse), hydrologi (fordeling av vann) og økologi som de viktigste aspektene ved tilbakeføring av vindkraftverk. Disse tre forholdene overlapper. Hydrologi inngår for eksempel som komponent i både økologi og landskap, og landskapet består av en rekke komponenter slik som landform, vann, vegetasjon, arealbruk, kulturhistorie, etc. De estetiske (landskapsmessige) og økologiske effektene av et inngrep trenger ikke å henge sammen (Hagen & Skrindo, 2010), og mål og tilnærming med tanke på tilbakeføring kan være ulik for de tre aspektene. De overordnede hovedprinsippene ved restaurering vil imidlertid være de samme:

- Terrengforming
- Rehabilitering/bedre hydrologiske forhold (overvann og grunnvann)
- Revegetering

Hovedprinsippene vil også være viktige med tanke på både landskap, hydrologi og økologi. Forming av terreng, vannveier og vegetasjon vil påvirke landskap og det visuelle inntrykket av et område. Samtidig er terrengform og vegetasjon av betydning for hvordan vannet oppfører seg. Videre er både terreng, hydrologi og vegetasjon viktig for den økologiske funksjonen til et område.

Hvilke av prinsippene som vektlegges og anvendes, og på hvilken måte de anvendes, vil variere avhengig av de spesifikke forholdene og mål for tilbakeføring for hvert vindkraftverk.

2.2.1 Terrengforming

Terrengforming kan brukes til å rehabilitere/forbedre bl.a. landform, topografi, hydrologi/fuktighetsforhold og jordegenskaper. Metoden kan i seg selv også være tilstrekkelig for å tilrettelegge for naturlig vegetasjonsetablering, eller den kan kombineres med andre metoder (se kap. 2.2.3).

Terrengforming kan innebære småskala utbedring av inngrep eller storskala landskapsforming (Hagen & Skrindo, 2010).

Terrengforming innebærer å flytte på masser. Gjennomførte intervjuer, litteratur (bl.a. Pedersen & Rosef, 2017; Welstead, et al., 2013; NVE, 2011) og egne erfaringer viser at hovedprinsippene for forming og oppbygging av terrenget gjerne innebærer at:

- Masser flyttes/fordeles på en måte som så godt som mulig tilpasses omkringliggende landskap. Terrenget utformes med topografisk variasjon i lokal skala tilsvarende terrenget rundt. I tillegg bør det lages variasjon i finere skala (0,5-1 m), og skråninger bør ikke være for bratte.
- Terreng formes slik at avrenning og naturlige vannveier tilbakeføres/ivaretas (se kap. 2.2.2).
- Ved oppbygging av terreng bør de groveste massene legges nederst, og brukes til å forme terrenget med. Deretter legges gradvis mindre stein/substratstørrelse mellom og oppå for å tette store åpninger og hull. Grus fra toppdekket på veibaner/andre inngrepsflater kan brukes til å mette steinfyllinger i formet terreng. Massene bør som regel pakkes godt for å unngå nedsynking og drenering.
- Mineraljord/finere masser legges deretter oppå, i varierende tykkelse for å oppnå naturlig terrengform. Substratet bør være fint nok til å holde på vann og næringsstoffer.
- Organiske toppmasser³ legges øverst, helst med lokalt opphav og intakt frøbank (se nærmere beskrivelse i kap. 2.2.3).
- Egenskaper som kornstørrelse, dybde, organisk innhold, m.m. på toppmasser og underliggende substrat bør gjenspeile typiske egenskaper til substrat i naturtypen som er mål for restaureringen. Det innebærer gjerne et kombinasjon av mindre og større stein i overflaten i mange terrengtyper.
- Struktur i restaurert terrengoverflate bør i størst mulig grad korrespondere med naturlig overflate i omkringliggende terreng. Mot myr og i myr bør f.eks. toppmasser jevnes noe ut, mens det gjerne ønskes større ujevnheter og stein i overflaten i annet terreng.

³ Toppmasser er her (og videre i rapporten) brukt om det organiske topplaget i en naturlig jordprofil som inneholder

plantedeler og frø, også kalt vegetasjonsmasser eller vekstmasser.

- For å unngå erosjon bør helling ikke være for bratt. Det opereres med ulike anbefalte maksimale hellingsvinkler. NVE (2011) anbefaler at hellinger i hvert fall ikke overstiger friksjons-helningvinkelen som ligger rundt 40°.

2.2.2 Hydrologi

Inngrep ved utbygging av vindkraftverk kan påvirke vannforekomster (grunn- og overvann). Welstead, et al. (2013) viser til at man må være oppmerksom på følgende ved tilbakeføring/rehabilitering av hydrologiske forhold:

- Avrenning
- Utforming av vannveier og vassdrag
- Hensyn til vannmiljø og akvatiske arter (eks. fjerne vandringshindre)
- Hensyn til fauna (eks. vanntilknyttet fugl)
- Tilbakeføre og stoppe drenering (av f.eks. myr og våtmark)
- Andre hydrologiske virkninger på naturtyper og vegetasjon
- Vannkvalitet og forurensning
- Flom
- Erosjon og sedimentering
- Vann som landskapselement
- Vannressurser

Typiske metoder for å ivareta hydrologi/vann ved tilbakeføring inkluderer:

Forme terreng: Naturlig avrenning, utforming og plassering av vassdrag må tilstrebes og i hensyntas ved utforming av terreng.

Tabell 2-3: Tiltak for bedre hydrologi i myr

Metode	Kort beskrivelse
Igjensetting/plugging av drenering/grøfter	• Essensielt for å heve grunnvannstanden, før andre tiltak igangsettes.
Vannreservoarer	• Bygge kunstige vanddammer som kan fungere som vanntilførsel til myra under tørre forhold og buffer for overskuddsvann i fuktige perioder. • Kan øke artsmangfoldet. • Bør være 1-2 m dyp (dyp nok til å ha stående vann hele sommeren) og med skrå kanter for å tilrettelegge for flere artsgrupper.
Vanning med kunstige vannkilder	• Kan være aktuelt like etter inngrep og i svært tørre perioder.
Endre profilen i området	• Jevne ut masser etter inngrep slik at opphøyninger ikke tørker ut. Det bør ikke være for stor mikrotopografi i myr.
Lage mot-fyllinger	• Langsgående fyllinger med høydelinjene for å fordele vannet jevnt i hellende områder.
Spredning av strå/halm	• Tilleggsbehandling i arealer med stor fare for uttørking og der det er store flater svart, bar torv. Skaper luftlag som gir høyere fuktighet, høyere dagtemperatur og forhindrer problemer med tele.

Kilde: Statens vegvesen, 2015

Restaurere vann/vassdrag: Det kan være nødvendig å restaurere/bedre forholdene i berørte vann/vassdrag. Dette kan innebære fjerning av utfylte masser, tilpasse dybder og helling på bunn, fjerning av vandringshindre, tilbakeføre form på vann/vassdrag, tilpasse bunnsbunnsstrukturer, restaurere spesielt viktige habitater, etc. I vindkraftverk i Norge ivaretas vassdragsverdier (eks. laksefisk og elvemusling) ved bygging, og slike tiltak er ofte mer aktuelle i slike tilfeller enn ved tilbakeføring.

Restaurere våtmark/myr: Ved restaurering av myr og våtmark generelt er fokus gjerne å gjenopprette funksjon som habitat for arter, og å gjenopprette karbonlager i myr/torv (unngå videre tap av karbon, og lage forhold for torvdannelse). Welstead et al. (2013) viser til at tilbakeføring av vannivå kan skje relativt rask, mens det kan ta lang tid før typisk vegetasjon for myr og våtmark er reetablert. Spesielt vanskelige områder å restaurere kan være myrområder med dyp torv, i høyereliggende områder og i bratt, hellende terreng (Anderson et al. 1997 sitert fra Welstead et al. 2013). Særlig forventes reetablering av torvmosen å ta lang tid. Disse er avgjørende for å få i gang den torvdannende prosessen i myra.

Fokus ved myrrestaurering bør være å gjenskape hydrologien i myra (Statens vegvesen, 2015). Flere mulige tiltak som kan gjøres for å bedre hydrologien er listet i Tabell 2-3.

I Norge er det lite erfaring med mange av metodene. Den mest brukte ved restaurering av myr i Norge er igjenfylling av grøfter, eller å anlegge vannsperrer («demninger»). Vannsperrer kan lages av ulike materialer, eks. torv, plast, tre/tømmer, stein, sandsekker, duk, m.m., og har som mål å enten lage vanntette forseglinger, eller å forsinke vanngjennomstrømning (Welstead, et al., 2013; Statens vegvesen, 2015). Varighet på drenering vil trolig påvirke hastigheten på restaurering i stor grad, og områder som tettes raskt igjen restaureres raskere enn om det går lenger tid (Statens vegvesen, 2015).

Myr kan også restaureres ved å fjerne utfylte steinmasser fra myra, og tilbakeføre opprinnelige torvmasser. Dette er f.eks. gjort i forbindelse med tilbakeføring av en anleggsvei for en kraftledning i Sverige (Rocksén, 2018). Slik restaurering forutsetter at de opprinnelige torvmassene er tilgjengelige og mest mulig intakte, dvs. at torvmassene er mellomlagret på en måte som gjør at de ikke har tørket ut.

Det kan legges til rette for revegetering av myr med flere metoder (Statens vegvesen, 2015). Disse

Tabell 2-4. Metoder for revegetering

Metode	Beskrivelse
Ingen aktive tiltak	Naturlig gjenvekst av vegetasjon uten noen aktive tiltak.
Terrengforming	Tilrettelegger for revegetering ved å bedre det økologiske grunnlaget for gjenvekst. Se for øvrig kapittel 2.2.1.
Jordbearbeiding	Det kan gjøres ulike former for bearbeiding av jord for å bedre forhold for vegetasjonsetablering: - Overflatebehandling ved lufting av toppjord - Naturlig revegetering fra stedlige toppmasser - Naturlig gjenvekst fra ikke-stedlige toppmasser
Tilførsel av næring og organisk materiale	Tilførsel av næringsstoffer/organisk materiale kan sette fart på gjenvekst av vegetasjon. Næring kan tilføres på flere vis: - Kunstgjødsel - Naturgjødsel/kompost/slam - Alginater (produkter basert på tangmel av brunalger) - Andre organiske produkter (eks. bark/flis, røtter/greiner/kvist, høy, cellulose, mykorrhiza).
Fysiske tiltak for å forsterke overflate og hindre erosjon	Forsterkingstiltak for å stabilisere toppmasser i erosjonsutsatte områder: - Organiske matter - Geonett
Plante og så med lokalt plantemateriale	Vegetasjonsetablering ved å plante eller så lokalt plantemateriale kan gjøres på flere måter: - Samle inn og direkte så ut frø eller plantedeler - Samle inn og oppformere lokale frø til frøblandinger - Oppformere/dyrke planter fra stiklinger/frø/fragmenter - Flytte vegetasjonstuer/-flak fra omkringliggende områder
Bruk av innført plantemateriale	Planting av innført, kommersielt plantemateriale, gjerne grasfrøblandinger.

Kilde: Skrindo og Hagen (2010).

sammenfaller i stor grad med generelle metoder for revegetering, som er nærmere beskrevet i kap. 2.2.3. Det kan imidlertid spesielt nevnes at naturlig revegetering av myr fra stedlige masser i hovedsak er aktuelt der toppmasser er i relativt god stand. Bar torv kan lett bli kolonisert av uønskede arter (slik som f.eks. trær), og aktive tiltak for å fjerne disse bør i så fall igangsettes.

2.2.3 Revegetering

I restaurerte/tilbakeførte områder er det gjerne ønskelig å etablere plantesamfunn som er mest mulig lik det som finnes i omkringliggende områder. Dette av både landskaps- og økologiske hensyn. Skrindo og Hagen (2010) oppsummerer metoder som kan benyttes ved etablering av naturlig vegetasjon, jf. Tabell 2-4.

Under tabellen omtales de metodene som innebærer aktive tiltak nærmere. For omtale av terrengforming, se kapittel 2.2.1. Ofte vil en kombinasjon av metoder være hensiktsmessig. Beskrivelsene er hentet fra Skrindo & Hagen (2010) der ikke annet er presisert.

Erstattet av Kunnskapsgrunnlaget om tilbakeføring av områder ved tilbakeføring av vindkraftverk : ny versjon NYE Eksport 13/2022

Jordbearbeiding – Lufting av toppjord

Dersom tiltak har medført at naturlig toppjord er komprimert, vil harving/omrøring av overflatejord med organisk innhold tilføre luft og vann til komprimerte deler av jordmassene, noe som legger til rette for etablering av vegetasjon. Metoden kan innebære at ev. uorganiske masser som er lagt over det naturlige organiske jordlaget først må fjernes ned til naturlig terreng. Andel organisk materiale og forekomst av spiredyktige frø i opprinnelig jord er avgjørende for gjenvekst. Metoden kan brukes i områder med komprimert og naturlig organisk toppjord, eller der naturlig jord ligger under masser som kan fjernes. Den kan være en tilstrekkelig metode i seg selv for å tilrettelegge for naturlig vegetasjons-etablering, eller kan kombineres med andre metoder.

Jordbearbeiding – Naturlig revegetering fra stedlige toppmasser

Restaurering av degenererte økosystem med revegetering fra stedlige toppmasser som mellomagres og legges tilbake etter utbygging/inngrep. Revegetering skjer da fra tilgjengelig stedegen frøbank og plantedeler i jorda. Vegetasjonen kan også etableres ved naturlig frøspredning fra omkringliggende områder til humusholdig toppjord som ikke inneholder egen frøbank, men det vil ta noe lenger tid (Pedersen & Rosef, 2017).

Det må skilles mellom toppmasser (vegetasjonsmasser) og undergrunnsmasser (uten organisk innhold, slik som mineraljord eller morenemasser). Toppmassene bør som oftest legges relativt løst tilbake uten å komprimeres for å skape variasjon og fremme naturlig vegetasjonsetablering. Det samme gjelder de underliggende massene som toppmassene legges oppå, slik at overgangen mellom dem blir glidende. I værvarde områder, kan det imidlertid være nødvendig å komprimere jorda noe for at den ikke skal blåse bort (NVE, 2016). Dette vil også kunne gjelde på flate myrtyper, for å hindre at toppjorda tørker ut (Statens vegvesen, 2015).

Tykkelsen på tilbakeførte toppmasser bør ideelt sett være likt organisk topplag i sammenlignbar/nærliggende naturtype. Det oppstår imidlertid ofte mangel på toppmasser. Det er bedre med et tynt dekke over store områder enn noen tykke flekker, og det er gode erfaringer med bare et 3-5 cm tykt dekke. Knappt 3 cm med torvjord (i gjennomsnitt) lagt på forstyrret mark i Uljabuouda vindkraftverk i Sverige (fjellområde), ga blant annet bedre vekst av utsådde smylefrø enn områder med bare mineraljord (Hägglund, 2017).

Blanding av ulike masselag vil gjerne medføre forringelse av toppmassene. Mellomlagring over tid vil

redusere overlevelsen til vegetasjonsdelene/frø i jorda.

Primært bør det brukes masser med opprinnelse så nær restaureringsområdet som mulig. Dette kan for eksempel være opprinnelige overskuddsmasser fra bygging. Torv-/myrjord kan i helt spesielle tilfeller også hentes fra myrer og blandes med stedlig mineraljord. Det har blitt et økt fokus på klimagassutslipp siden Skrinde og Hagen skrev veilederen for Forsvarsbygg i 2010. Ved uttak av myrmasse må klimaeffekten derfor vurderes nøye. Slike masser kan imidlertid i enkelte tilfeller være tilgjengelige som følge av andre tiltak i nærområdet, slik som for eksempel veibygging.

Hagen (2003), Kongsbakk & Skrinde (2009) og Hagen & Skrinde (2010) m.fl. viser til at det er gode erfaringer med revegetering fra stedlige toppmasser, og metoden er anbefalt og brukt i en rekke sammenhenger. Metoden kan være tilstrekkelig alene eller gjennomføres i kombinasjon med andre metoder. I områder med svært skrin jord vil metoden være vanskelig å anvende.

Hvor lang tid det vil ta, og om en i det hele tatt lykkes med revegetering ved bruk av denne metoden, avhenger av forholdene på stedet. Herunder klima, jordforhold og mengden levedyktige plantedeler, frø, sporer etc. i jorda på stedet. Generelt vil revegetering i fuktige klima og lokaliteter gå raskere enn i tørre områder.

I GRAN-prosjektet (Nytt rammeverk for grønnere naturinngrep og reduksjon av klimagassutslipp i anleggsarbeid) har Statnett i samarbeid med NVE, Statens vegvesen, NINA og NTNU sett på gjenvekst i tidligere istandsatte områder etter bygging av bl.a. kraftledninger. Prosjektet viser at naturlig revegetering, der toppmassene på stedet er mellomagret og lagt løst tilbake, er metoden som er vurdert som mest vellykket for å få tilbake naturlig forekommende arter (Statnett, 2021; Torsæter, et al., 2020).

Jordbehandling – Naturlig gjenvekst fra ikke-stedlige toppmasser

Det er i utgangspunktet ikke ønskelig å hente jord og torv utenfra til istandsetting/revegetering (Welstead, et al., 2013). Dersom det ikke finnes tilgang på stedlige toppmasser kan det imidlertid vurderes om slike kan hentes fra andre steder. Organisk jord vil gi planter bedre mulighet for å etablere seg enn om det bare benyttes mineraljord. Vegetasjon kan etableres både fra plantedeler og frø i den tilførte jorda, og fra spredning av stedegne arter i omkringliggende områder. Ved bruk av tilført jord kan det komme inn uønskede arter, for eksempel arter som er fremmede i Norge, norske arter som ikke hører til i de naturlige plantesamfunnene på stedet, eller varianter som har

annen genetikk en de stedlige. Slike arter kan etablere seg raskt i restaureringsområdet og fortrenge stedegne arter. Ikke alle arter vil imidlertid vokse fram der massene flyttes, for eksempel som følge av forskjeller i klimatiske forhold (eks. ved flytting av masser fra lavlandet til fjellet). Flytting av masser som kan inneholde fremmede arter må vurderes iht. føre-var-prinsippet i naturmangfoldloven (§ 9) og aktsomhetsplikten i Forskrift om fremmede organismer (§ 24 fjerde ledd).

Foruten tilførsel av uønskede arter, kan tilførte masser også ha en annen struktur og sammensetning på jorda enn den stedlige, noe som kan medføre uønsket restaureringsresultat (Welstead, et al., 2013). En må derfor være svært bevisst på sammensetningen av jorda, hvor den kommer fra og hva som vokser der før eventuelt innførsel av masser. Transport og klimautslipp er også elementer som må vurderes.

Metode for tilbakelegging og hvor lang tid det vil ta å lykkes med revegetering ved bruk av denne metoden er tilsvarende som for stedlige toppmasser (se over).

Tilførsel av næring og organisk materiale

Et visst innhold av næring og organisk materiale i toppjord er avgjørende for at vegetasjon skal kunne etablere seg og vokse (Pedersen & Rosef, 2017; Hagen & Skrindo, 2010).

Tilgang på næring er ofte begrensende for plantevekst, særlig i fjellet og i tørre områder hvor det er lite organisk jord og naturlig lite plantenæring i jorda. Tilførsel av næring og/eller organisk materiale kan bidra til økt plantevkst her. I lavereliggende områder med gode vekstforhold er normalt næringsinnholdet og det organiske innholdet i jorda tilstrekkelig. Dersom naturlig jordlag blir ødelagt kan imidlertid mangel på næring påvirke vegetasjonsutvikling også i lavereliggende områder. Det er samtidig viktig at næringsinnholdet i laget/forbedret toppjord tilpasses det ønskede restaureringshabitatet, og ikke blir for høyt.

Ved behov kan næring tilføres på flere vis, enten som kunstgjødsel, naturgjødsel/kompost/slam, alginater eller som andre organiske produkter. Det er ulike erfaringer og kostnader knyttet til disse. Bruk må skje innenfor gjeldende regelverk.

Kunstgjødsel har i kombinasjon med såing av frø vært den vanligste revegeteringsmetoden tidligere. I kombinasjon med frø kan kunstgjødsel gi vekstforhold for planter selv i masser uten organisk innhold. Det kan

også benyttes der det er noe organisk innhold og naturlig revegetering har startet, men der det er ønskelig å framskynde plantevekst.

Naturgjødsel, kompost og slam inneholder næringsstoffene nitrogen og fosfor, og effekten er forventet å være ca. den samme som for bruk av kunstgjødsel. Bruken medfører imidlertid mulighet for innførsel av uønskede/fremmede arter.

Alginat er et produkt basert på mel av brunalger. Det har gjerne vært brukt i kombinasjon med frø.

Andre organiske produkter kan bidra til å holde på fuktighet, stabilisere overflata, og tilføre organisk materiale og næring. Dette inkluderer f.eks:

- Bark/flis
- Røtter/greiner/kvister
- Høy⁴
- Cellulose (avfallsstoff fra papirproduksjon)
- Mykorrhiza i pulverform.

Tilførsel av næring har gjerne rask og kortsiktig effekt på plantevekst, særlig gress. Den langsiktige effekten på plantesamfunn i ulike naturtyper er mer usikker. Erfaringer med tilbakeføring av Hjerkinns skytefelt viser at gjødsling og utsåing av frøblandinger gir raskere utvikling av vegetasjonen på kort sikt, men at det sett over lengere tid (7 til 16 år), er overflødig ved tilbakeføring av vegnettet (Hagen et al. 2019).

Fysiske tiltak for å forsterke overflate og hindre erosjon

Hellende terreng, gjerne kombinert med tørke og vind, kan gi ustabile masser, erosjon og hindre vegetasjons-etablering. Det kan gjøres forsterkingstiltak for å bedre stabilisering av toppmasser. Dette kan gjøres ved bruk av ulike metoder. Organiske matter og nett som går i oppløsning over tid, er et eksempel. Disse er laget av materialer som kokosfiber, halm og jute. Geonett av mer bestandig materiale, og et alternativ som er aktuelt å bruke i områder som trenger permanent forsterking, som for eksempel i områder med svært sårbar vegetasjon og forventet stor ferdsl. Geonett er gjerne laget av plast eller stål.

Slike forsterkingstiltak kan raskt stabilisere jorda slik at vegetasjon kan etablere seg. Ved gode vekstforhold vil mattene raskt bli skjult av vegetasjon. Hvor raskt organiske matter og nett går i oppløsning, avhenger av temperatur og fuktighet.

fra lokale semi-naturlige enger kan imidlertid være en kilde til lokale frø.

⁴ Tilførsel av organiske produkter slik som høy kan medføre spredning av fremmede/uønskede arter. Høy

Plante og så med lokalt plantemateriale

Utsåing og utplanting av stedegent plantemateriale, for eksempel frø, ynglekopper og utløpere, er et aktuelt tiltak for å legge til rette for vegetasjonsetablering. Med stedegent menes i denne sammenheng lokale arter. Disse er tilpasset miljøforholdene, og har farge og utseende som ikke skiller seg ut i landskapet. Det er flere aktuelle metoder for utsåing og -plantning av stedegent plantemateriell:

Direkte utsåing/utplanting: Plantedeler og frø som samles inn lokalt, enten for hånd eller maskinelt, kan plantes eller sås direkte ut igjen. Et eksempel er å legge ut høy med modne gras- og urtefrø der det er ønskelig å etablere engvegetasjon. Et annet eksempel er spredning av lav- og mosefragmenter. Hvor lang tid det vil ta for å lykkes med revegetering ved bruk av denne metoden avhengig av artenes livsforløp og veksthastighet.

Oppformering av lokalt frø: Dersom det skal sås med frø, bør det benyttes frøblandinger med stedegne arter som ikke er sterke konkurrenter med naturlig vegetasjon (Hagen, et al., 2014).

Oppformering av lokal frøblanding kan være aktuelt når store arealer ønskes revegetert. Frø må normalt samles inn for hånd, og oppformes deretter profesjonelt. Oppformering må skje i flere generasjoner for å få stor nok målestokk. Utsåing gjøres på samme måte som kommersielle frø, for eksempel ved sprøytesåing (store arealer), bruk av såmaskiner eller for hånd.

Oppformering av lokal frøblanding er blant annet benyttet i Hjerkinns-prosjektet. Dette ga rask etablering av gress på kort sikt (Glomb, 2016; Hagen, 2003). Over tid har man imidlertid ikke sett store forskjeller på sådde og ikke-sådde områder på Hjerkinns (Hagen, et al., 2019; Forsvarsbygg, 2021).

Denne metoden har normalt en produksjonstid over flere år. Hvor lang tid det vil ta for å lykkes med revegetering, avhenger av mengde frø som er samlet inn, kvaliteten på frøene, hvor mye som skal produseres m.m. Etter utsåing forventes rask etablering av grasarter, mens andre stedegne arter kommer inn over tid.

Oppformering/dyrking av planter fra stiklinger, frø eller fragmenter: Stedegne småplanter kan oppformeres profesjonelt fra lokale frø, fragmenter og stiklinger, og deretter plantes ut. Utplanting forventes å legge til rette for raskere vegetasjonsetablering, og kan også virke som frøfeller og dermed lette etablering av andre stedegne arter.

Metoden er gjerne aktuell ved store inngrep, og kan brukes til stabilisering av toppjord eller for å visuelt

bryte opp større flater. Metoden kan eventuelt kombineres med tilsåing. Oppformering eller dyrking av planter fra stiklinger, frø eller fragmenter kan også være aktuell i mindre områder der det er ønske om raske, synlige tiltak.

Det er en del erfaring med oppformering av lyng- og vierarter. Erfaringer fra Hjerkinns skytefelt viser blant annet god erfaring med utplanta stiklinger av vier, der utplanting av vier på store flater har en umiddelbar visuelt positiv virkning i landskapet (Hagen, 2003; Forsvarsbygg, 2021; Glomb, 2016). Innplantede vier har, sammen med tilsådd sauesvingel, dessuten hatt en fasiliterende effekt på naturlig revegetering på kort sikt på Hjerkinns (Glomb, 2016). På Hjerkinns (HFK-sletta) ble vier plantet ut med 1, 2,5 (normalavstand) eller 5 planter per m². Glomb (2016) fant også at tetthet mellom planter ikke hadde noe å si for vieroverlevelse og naturlig revegetering på kort sikt.

Produksjon av planter kan ta fra én sesong til flere år, avhengig av ønsket størrelse på plantene. Etablering av vegetasjonsdekke etter utplanting avhenger av forutsetningene på hvert enkelt sted.

Flytting/transplantering av vegetasjonstuer-/flak: Innplanting av hele vegetasjonstuer eller vegetasjonsflak øker sannsynligheten for langsiktig overlevelse. Slike tuer eller flak tas gjerne med gravemaskin, eventuelt spade fra nærliggende områder eller områder der det skal gjøres nye inngrep. Tuer eller flak bør tas ut på en skånsom måte slik at det ikke medfører fare for erosjon, eller at det fremstår som nye inngrep. Utplanting har en umiddelbar økologisk og visuell effekt, og er særlig aktuell for å bryte opp store flater i områder der naturlig gjenvekst går sakte og det er viktig med startpunkter for naturlig gjenvekst. Frø forventes å spre seg videre fra transplanterte tuer og flak til omkringliggende bare områder, samt at de fungerer som frøfangere.

Inntransplantering av vegetasjonsflak tatt fra omkringliggende områder er en metode som har vært benyttet i en rekke restaureringstiltak som er sammenlignbare med inngrep i forbindelse med vindkraftprosjekter, og som flere av intervjuobjektene har trukket fram som vellykket (Pedersen & Rosef, 2017; Mehlhoop, et al., 2018; Forsvarsbygg, 2021).

Transplantering bør derfor være et høyst aktuelt tiltak ved tilbakeføring av vindkraftverk. Flak kan tas ut i størrelser på ca. 0,5-3 m² i dybder på ca. 30-40 cm (eller mindre i en del vegetasjonstyper) fra nærliggende naturområder med samme vegetasjon som er ønsket. Generelt avhenger vegetasjonens egnethet for transplantering av hvor lett det er å oppnå sammenhengende flak (Pedersen & Rosef, 2017). Flakene bør ikke tas ut for tett, eller fra

erosjonsutsatte områder, for eksempel områder med helning. Det bør heller ikke transplanteres fra tørr lyngvegetasjon. De små sårene som skapes i forbindelse med at tuer eller flak tas ut, vil gro igjen over tid.

Hvor lang tid det vil ta for å lykkes med revegetering ved bruk av denne metoden avhenger av forutsetningene på det enkelte stedet, og av om tuene og/eller flakene mellomlagres eller ikke. Mehlhoop et al. (2018) påpeker at organisk innhold og fin substratstørrelse i toppjord er viktige faktorer for vegetasjonsetablering på kort sikt.

Bruk av innført plantemateriale

Bruk av innført plantemateriale har tidligere vært den vanligste metoden for revegetering. Mål med tilsåing er gjerne å få raskt plantedekke, stabilisere overflaten, og fasilitere etablering av andre stedeegne arter. Studier har imidlertid vist at innførte arter kan undertrykke stedlige arter, særlig i kombinasjon med jordforbedring/gjødsling (Hagen, et al., 2014).

Det er etter hvert utviklet regionalt tilpassede norske frøblandinger for kommersiell bruk (NIBIO, 2021). Selv om disse er regionalt tilpasset, kan de likevel medføre tilførsel av arter/gener som ikke naturlig finnes lokalt i området der de sås ut. De er derfor inkludert her og ikke under kapittelet «Plante og så med lokalt plantemateriale».

Ved bruk av denne metoden forventes rask etablering av et plantedekke. Langtidseffekten av dette er mer usikker. Ved bruk av ikke-stedlig plantemateriale er det særlig fare for at nytt vegetasjonsdekke kan avvike fra opprinnelig vegetasjon, både økologisk og visuelt.

Vi vurderer bruk av innført plantemateriell som lite aktuelt ved tilbakeføring av vindkraftverk i Norge.

2.2.4 Oppfølging og overvåking

Litteratur og veiledere presiserer viktigheten av oppfølging og overvåking i restaureringsprosjekter (bl.a. Hagen & Skringd, 2010; Welstead, et al., 2013; Hagen & Evju, 2013).

I anleggsperioden bør arbeidet følges tett opp av fagekspertise på miljø og restaurering. Restaureringsprosjekter innebærer kompliserte og sammensatte problemstillinger, og krever opplæring og oppfølging, samt tett samarbeid og erfaringsutveksling mellom involverte parter (byggherre, prosjekterende og entreprenør) for å oppnå et godt resultat.

Evaluerings, overvåking og kontrollprogrammer underveis og i ettertid vil bidra til å utvikle metodikk og beste praksis, samt sikre at målene med restaureringen nås. Overvåking vil også avdekke om det er nødvendig å justere eller gjøre andre/ekstra

tiltak, f.eks. for å etablere vegetasjon eller fjerne uønskede arter slik som trær/busker i habitater som myr og kystlynghei.

2.3 Utfordringer ved tilbakeføring av vindkraftverk i Norge

I denne delen redegjør vi for enkelte utfordringer som vi anser som særlig viktig med tanke på tilbakeføring av vindkraftverk i Norge.

2.3.1 Vindkraftverk planlegges ikke for tilbakeføring

Det å planlegge for tilbakeføring/restaurering før kraftverket bygges er trukket fram som ett hovedpremiss for å lykkes av både av de fleste intervjuobjekter, og i restaureringslitteraturen. Welstead et al. (2013) presiserer viktigheten av at tilbakeføring/restaurering tas inn i prosessen allerede ved planleggingen av et vindkraftverk. I konsesjonssøknaden bør ulike muligheter og alternativer for tilbakeføring/restaurering utredes og konsekvensvurderes, og det bør planlegges og tilrettelegges for tilbakeføring under bygging av anlegget (f.eks. gjennom MTA-plan). I dag er det ikke noe krav til planlegging av tilbakeføring i tillatelsesprosessen for vindkraftverk i Norge. Aktører i bransjen bekrefter i intervjuer at slik planlegging, med få unntak, heller ikke gjennomføres i særlig grad i praksis under bygging av anleggene. Dette kan legge begrensninger, og gi et dårligere utgangspunkt for tilbakeføring ettersom design og metodikk brukt ved bygging legger forutsetninger for tilbakeføring.

2.3.2 Tilgang på restaureringsmateriale (egnet substrat)

For å kunne etablere mest mulig naturlig vegetasjon, som henger godt sammen med tilstøtende områder, bør jordoppbygging og substrat være mest mulig lik naturlig oppbygging på stedet. Dette vil i vindkraftverk gjerne være vanskelig/umulig å få til med de tilgjengelige massene i anlegget, da disse ofte består av sprengstein eller knust stein med varierende grad av innblanding med stedeegne vekst- og undergrunnsmasser. Tilgangen på restaureringsmateriale legger begrensninger på hvilket resultat det er mulig å oppnå ved restaurering.

Mangel på stedlig eller opprinnelig substrat, særlig vekstjord, trekkes fram av blant annet Welstead et al. (2013) og en rekke intervjuobjekter som særlig utfordrende ved tilbakeføring av vindkraftverk.

Tilgang på egnet substrat avhenger av terrengtype. Det vil for eksempel være mer tilgjengelig vekstjord i et skogsområde enn i skrint fjellterreng, jf. kapittel 2.4. Tilgangen avhenger også i stor grad av hvordan stedlige masser er ivarettatt og behandlet ved utbygging. Det vil derfor variere hvor mye vekstjord

og andre stedlige masser som er tilgjengelig ved tilbakeføring og restaurering. I noen anlegg ventes det å være tilgang på noe stedlige masser som har vært brukt til for eksempel istandsetting og revegetering av fyllinger, masselagre etc. ved utbygging. Intervjuer med ulike aktører viser at det varierer mye i hvilken grad vekstmasser er ivaretatt og brukt til istandsetting, måten det er gjort på, og hvor vellykket det har vært.

Welstead et al. (2013) viser til at gjentakende håndtering av jord og substrat påvirker strukturen i vekstmassene. Selv i anlegg der det har vært bevissthet rundt revegetering og å gjenbruke og ivareta vekstmasser, vil gjentatt håndtering av massene gjøre at de blandes sammen og utarmes med tanke på organisk innhold. For hver håndtering blir mengden og kvaliteten på vekstmassene redusert.

Det er i utgangspunktet ønskelig å kun benytte stedegne masser. Ettersom det forventes å ofte være mangel på slike masser ved tilbakeføring av vindkraftverk må gjerne andre metoder også vurderes. Dette kan være å innføre organiske/uorganiske masser, eller forbedre nærings-/organisk innhold. Slike tiltak forventes imidlertid i praksis ofte ikke å være hensiktsmessige, ønskelige eller mulige å gjennomføre. Årsaker til det kan bl.a. være vanskeligheter med å finne egnede materialer innen rimelig avstand, risiko for uheldige virkninger (slik som klimagassutslipp og innførsel av uønskede arter) og/eller usikkerhet ved restaureringsresultater.

2.3.3 Etablering av vegetasjon

Naturlig revegetering er i dag standard metode for vegetasjonsetablering ved restaurering i natur-områder. Ved tilbakeføring av vindkraftverk vil det imidlertid trolig måtte vurderes å supplere med ekstra tiltak en del steder:

- På store berørte flater (f.eks. kranoppstillingsplasser) med lite toppjord med stedegen frøbank tilgjengelig.
- I områder som er erosjonsutsatt, for eksempel pga. vind eller bratt helning.
- Dersom jorden er importert eller tillaget.
- Dersom vegetasjonsmasser har vært mellomlagret lenge.
- Dersom det av estetiske hensyn er ønskelig med rask vegetasjonsetablering.

Transplantering av vegetasjonsmatter/-tuer er trukket fram som et effektivt og aktuelt tiltak av en rekke intervjuobjekter og vurderes å være aktuelt å benytte som standard metode i de fleste tilbakeførte områder

⁵ Eksempel på forstyrrelser som kan oppstå i forbindelse med tilbakeførings- og restaureringsaktiviteter er (Welstead et al. 2013):

for vindkraftverk, gitt at det er mulig å gjennomføre. De andre metodene omtalt i kapittel 2.2.3 avsnitt *Plante og så med lokalt plantemateriale* kan også være aktuelle, men da muligens i hovedsak i forbindelse med mer spesielle problemstillinger/arealer, slik som spesielt erosjonsutsatte områder, der det er ønskelig av visuelle hensyn, eller i arealer med ikke-stedlige tilførte vekstmasser.

2.3.4 Inngrep i myr

Inngrep i myr ved etablering av vindkraftverk kan medføre drenering og uttørring av myra dersom det ikke benyttes anleggstekniske metoder ved byggingen som ivaretar den naturlige vannbalansen. På grunn av tidsaspektet, fra inngrep er utført til tilbakeføring skal skje, forventes det ikke at det i praksis er mulig å restaurere myr tilbake til (nær) opprinnelig tilstand i vindkraftverk i Norge. Det finnes tiltak/metoder for å forbedre hydrologiske og økologiske forhold (se nærmere omtale i kap. 2.2.2 og 2.4.4). Det er imidlertid en rekke utfordringer ved å gjennomføre disse i praksis, og da kanskje særlig i hellende myrterreng. Det vil også være stor forskjell på å tilbakeføre anlegg der det er gjort et godt arbeid for å opprettholde den hydrologiske balansen ved bygging, og anlegg der dette ikke ble tillagt vekt.

2.4 Metoder for tilbakeføring av områder i ulike type terreng

I denne delen oppsummerer vi metoder for tilbakeføring av områder i ulike typer terreng. Beskrivelsene er egne vurderinger basert på intervjuer og litteraturgjennomgang.

Like inngrep kan ha ulik effekt på omgivelsene, avhengig av terreng og naturtype som er berørt (Hagen & Skrindo, 2010). Dette gjelder ikke bare den økologiske effekten, men også de hydrologiske og visuelle virkningene. Metoder for å rehabilitere/restaurere inngrepene vil også variere avhengig av terreng og naturtype. Generelt er sterkt endrede og artsfattige habitater, f.eks. dyrket mark eller skogplantasje, enklere å tilbakeføre enn tidligere urørte, artsrike og mer komplekse habitater som seminaturlige habitater, gammel-/urskog eller fjellområder (Welstead et al. 2013). Det er også gjerne lettere å tilbakeføre habitater i varmere og fuktigere klima. Tilbakeføring som innebærer stor grad av forstyrrelser, trenger dessuten lengre restitusjonsperiode i miljøer som er lite motstandsdyktige mot forstyrrelser⁵ (Welstead et al.

- Endringer for grunnvann og overflatevann (eks. drenering, sedimentering, økt avrenning og forurensning)
- Forstyrrelser på arter og habitater.

2013), slik som myr i kaldere klima og høyfjells-områder.

Vindkraftverk i Norge er gjerne plassert i åpent kystterreng eller i fjellet, der det er gode vindressurser. Enkelte er også plassert i skogsterreng. Mange berører i varierende grad myr/våtmark. Muligheter og metoder ved tilbakeføring vil variere mellom disse terrengetypene ettersom det bl.a. er varierende jordsmonn, forskjellige visuelle utfordringer med tilbakeføringen, forskjeller i klima, etc.

Inndelingen i terrengetyper er gjort på et overordnet nivå basert på terrengetyper vi anser som representative for vindkraftverk i Norge. Vi har følgende inndeling i terrengetyper:

- Bart fjell
- Hei og fjellterreng med skrint jordsmonn
- Skog
- Myr/våtmark

For landskap vil virkninger og muligheter for visuelle forbedringer ved tilbakeføring, i tillegg til terrengetype, også avhenge av skala og terrengformasjoner, eksempelvis små versus store formasjoner og bratte versus slake landskapsformer.

2.4.1 Bart fjell

I åpne kyst- og fjellandskap kan det i tilbakeføringssammenheng være relevant å skille på om det er dominans av bart fjell uten jordsmonn og vegetasjon, eller om det er et (ofte skrint, tynt) jordlag med vegetasjon til stede (omtales nærmere i kap. 2.4.2). De to terrengetypene gir ulike visuelle uttrykk, og har både ulike og overlappende utfordringer ved tilbakeføring. Ved tilbakeføring vil landskapstilpasning være svært viktig for begge, og målet er å få til mest mulig naturlige terrengstrukturer og overganger mot omkringliggende terreng. For bart fjell vil fokus gjerne bli på terrengforming, mens det i åpent terreng med skrint jordsmonn i tillegg vil være aktuelt med revegetering. De to terrengetypene inngår gjerne i mosaikk i kyst-/fjellandskap. Metoder for tilbakeføring vil overlappe og må i praksis vurderes i småskala for det enkelte anlegg. Her beskriver vi dem adskilt for å tydeliggjøre typiske problemstillinger som må tas stilling til ved hver av metodene.

- Skade/forstyrrelse av vegetasjon som er etablert etter bygging av kraftverket.
- Skade på substrat og landskapselementer
- Midlertidige virkninger på natur og landskap under tilbakeføringsarbeidet
- Tilførsel av uønskede arter, f.eks. med tilførte masser.

Figur 2-6. Storheia vindkraftverk ligger i et landskap som veksler mellom bart fjell og fjellterreng med skrint jordsmonn.



Foto: (Fosen Vind, 2019)

I områder med svært mye bart fjell vil en god landskapstilpasning være avgjørende for resultatet av tilbakeføring. Dette innebærer at masser som ble brukt ved bygging (til veibygging, planerte arealer, etc.) må flyttes på, og formes slik at det blir mest mulig naturlig inn i omkringliggende terreng. I tillegg må hydrologiske forhold hensyntas. Se for øvrig kap. 2.2.1 for nærmere beskrivelse av terrengforming og oppbygging av substrat.

Tilførte masser/fyllinger bør i størst mulig grad fjernes slik at det bare fjellet under kommer fram igjen. De fjernede massene kan benyttes til å forme skjæringer, legges tilbake i eventuelle masseuttak, eller legges i terrenget slik at de gir mest mulig naturlige formasjoner. Det må gjøres en avveining av hvor ønskelig det er å bringe tilbake naturlig fjell under tilførte masser versus om det finnes egnede områder å legge dem, samt avstand til slike områder.

Bart fjell, særlig i kombinasjon med kupert landskap, medfører gjerne større omfang av fjellskjæringer. Det er umulig å tilbakeføre disse til opprinnelig fjelloverflate, men fjellskjæringer kan gjøres mer dempet/naturlige i formen ved å fylle tilbake steinmasser. Masser kan fylles helt opp til toppen dersom det er hensiktsmessig og gir best visuelt resultat. Andre ganger er det hensiktsmessig å forme en mer naturlig overgang til omkringliggende terreng ved å fylle inntil noe masse i nedkant av skjæring. I kupert landskap med mye skrenter og knauser kan det å la skjæringene ligge åpne etter tilbakeføring gi en bedre landskapstilpasning enn å skape nye terrengformasjoner med steinmasser.

- Negative virkninger på landskapsverdier og visuelt inntrykk (eks. farge-/strukturforskjeller mot omkringliggende terreng, nyetablert vegetasjon skiller seg fra omkringliggende, etc).

Figur 2-7. Tilbakeført vei som lå gjennom dyp tosidig fjellskjæring (markert med røde piler), Hundhammerfjellet vindkraftverk.



Kilde: NVE, 2021.

Overflatene bør ha en utforming (farge, kornstørrelse, struktur o.l.) som på best mulig vis passer inn med omkringliggende overflater. Steiner bør for eksempel snus slik at deler som er mose- og lavbevokste ligger fram i dagen.

I terreng med mye bart fjell vil fyllinger og andre inngrep gjerne i liten grad være revegetert etter bygging av anlegget, og det forventes å være lite eller ingen stedlige vekstmasser tilgjengelig for restaurering og revegetering ved tilbakeføring. I slike områder er imidlertid etablering av vegetasjon trolig oftest ikke ønskelig av visuelle hensyn. Ettersom det ved tilbakeføring av slike områder forventes å være en betydelig større andel løsmasser i området enn det opprinnelig var (opprinnelig bart fjell vil være sprengt ut), kan det likevel være hensiktsmessig at en liten del av tilbakeførte områder med løsmasser revegeteres. Revegetering kan i så fall f.eks. prioriteres i forsenkinger i terrenget, der er det gjerne vil være mer naturlig med vegetasjon, samt at det ofte er enklere å få til stabile vekstmasser og revegetering der. Avveining rundt hva som gir best landskapsmessig resultat med tanke på andel revegetert areal må vurderes nærmere i hvert enkelt anlegg. Aktuelle tiltak for revegetering i terreng med bart fjell vil være det samme som for hei-/fjellterreng med skrint jordsmonn og uten tilgang på stedlige masser, se nærmere beskrivelse i kap. 2.4.2.

2.4.2 Hei- og fjellterreng med skrint jordsmonn

I hei- og fjellterreng med noe vegetasjon og jordsmonn er det mange av de samme problemstillingene som for bart fjell, se kapittel 2.4.1. Revegetering forventes imidlertid å være mer aktuelt her.

Figur 2-8. Vei i fjellterreng med skrint jordsmonn, samt partier med bart fjell innimellom. Nygårdsfjellet vindkraftverk.



Kilde: (NVE, 2016). Foto: NVE.

God landskapstilpasning er spesielt viktig også i denne typen terreng, og prinsippene ved terrengforming er de samme som for bart fjell (se kap. 2.4.1). Terrenget bør utformes slik at det får topografisk variasjon i lokal skala tilsvarende terrenget rundt. Se for øvrig også kap. 2.2.1 for nærmere beskrivelse av terrengforming og oppbygging av substrat.

Det vil gjerne være ønskelig at en stor andel av de tilbakeførte områdene i slikt terreng blir revegetert. Terrenntypen har gjerne innslag av stein og bare knauser, og det vil derfor være hensiktsmessig at en andel av arealet ikke revegeteres. Stedegen vekstjord forventes i varierende grad å være tilgjengelig i slikt terreng, i hovedsak fra istandsatte/revegeterte områder etter bygging av vindkraftverket. Dette vil imidlertid variere sterkt fra anlegg til anlegg, avhengig av hvordan dette ble vektlagt og utført ved utbygging.

All tilgjengelig stedegen vekstjord bør utnyttes så godt som mulig. Den tas først av og mellomlagres lokalt, før underliggende masser flyttes og benyttes til terrengforming (se nærmere beskrivelse i kap. 2.2.1). Vekstmassene legges på plass til slutt. Det kan være nødvendig å sile slik jord før den på nytt benyttes som toppmasser, ettersom den kan ha blandet seg med underliggende, uorganiske grove masser. Dersom det ved bygging av vindkraftanlegget ble revegetert med tilsåing av ikke-stedegne frø, bør det vurderes om slik toppjord skal benyttes ved tilbakeføring (den kan ev. også snus opp ned) eller ikke.

Der det er tilgang på stedegen toppjord som inneholder organisk materiale og lokal frøbank vil ekstra tiltak slik som såing, utplantning, gjødsling m.m. i utgangspunktet være unødvendig. I fjellområder har tilførsel av kunstgjødsel og/eller frø erfaringsmessig gitt rask vegetasjonsetablering og vekst, men det har

også medført endret artssammensetning med tydelig dominans av grasarter i starten (Hagen & Skrindo, 2010). I forbindelse med tilbakeføring av Hjerkinnskytefelt erfarte man at det over tid var mindre forskjell på gjødslede og/eller sådde områder, sammenlignet med områder der det kun var utført jordbearbeiding av stedlig jord. Ekstra vegetasjonsetableringstiltak slik som gjødsling/såing viste seg altså å være overflødige i et lengre tidsperspektiv (Hagen, et al., 2019). Dette antas å være overførbart til revegetering fra stedlige vekstmasser i åpent hei-/fjellterreng ved tilbakeføring de fleste vindkraftverk i Norge også.

I svært mange vindkraftverk som berører denne typen terreng med skrint jordsmonn forventes imidlertid tilgangen på stedlig organisk toppjord å ikke være tilstrekkelig til å dekke behovet. Dette som følge av forringelse/uttynning ettersom den allerede er håndtert og benyttet til revegetering ved bygging av anlegget, eller fordi det å ivareta og gjenbruke slike masser ikke ble vektlagt ved bygging av anlegget. Basert på intervjuene vi har gjennomført forventer vi dessuten at det kun unntaksvis var overskudd av vekstmasser som ble lagret i anlegget etter bygging. For de fleste vindkraftanlegg i slikt terreng antar vi altså at det er underskudd på stedlige vekstmasser. Det må da vurderes om det er hensiktsmessig/ønskelig å hente slike masser utenfra for å dekke opp behovet (ikke-stedlige toppmasser). Slike masser bør komme fra så nærliggende område som mulig, med tilsvarende naturtyper og jordegenskaper. Alternativt kan toppjord lages/forbedres ved bruk av tilført næring og/eller organisk materiale slik som gjødsel, bark/flis, torv, e.l. Ved innføring av materiale utenfra må det gjøres nøye vurderinger av risiko for å importere uønskede arter som kan overleve i området (f.eks. trær/høye gress/stauder/fremmede arter). Dette gjelder spesielt i lavereliggende områder som er åpne på grunn av tradisjonell bruk (eks. kystlynghei), og der klima tilsier at trær og andre arter kan overleve selv om de ikke finnes der i dag. Ved tilførsel av vekstmasser/torv etc. utenfra må også andre hensyn og ulemper vurderes, slik som kostnader, klimaeffekt m.m. (eks. med tanke på transportavstand, klimagassutslipp fra uttak av torv, etc.). Trolig vil risikoen for uheldige virkninger og usikkerhet ved resultatet av restaurering medføre at det i praksis ikke er hensiktsmessig eller ønskelig å innføre masser/torv etc. utenfra.

Dersom det er tilført organiske toppmasser uten stedlig frøbank, kan det ta svært lang tid før naturlig vegetasjon etablerer seg i denne typen terreng. Det forventes derfor å være nødvendig å supplere med tiltak for å få etablert vegetasjon, spesielt i store berørte arealer.

Inntransplantering av vegetasjonsflak kan være noe utfordrende på grunnlendt mark eller i særlig grov-

kornete og steinholdige avsetninger der det ikke er mulig å ta av sammenhengende flak (Pedersen & Rosef, 2017). Det er imidlertid gode erfaringer med metoden fra for eksempel tilbakeføring av Hjerkinnskytefelt (Forsvarsbygg, 2021), og det forventes at metoden vil være anvendbar i mange vindkraftverk, selv i områder med skrin jord.

Figur 2-9 Utlekking av transplanterte vegetasjonsflak ved istandsetting av steinbrudd i Bitdalen



Kilde: Pedersen & Rosef, 2017. Foto: Per Anker Pedersen, NMBU

I tillegg til inntransplantering av vegetasjonsflak (Figur 2-9), forventer vi at det kan være ønskelig med såing/utplanting av oppformerte stedeegne frø og planter, spesielt der større flater er berørt og/eller i erosjonsutsatte områder (Figur 2-10).

Vi forventer at det trengs stabiliserende tiltak for å få toppjorda til å bli liggende i spesielt erosjonsutsatte områder.

Figur 2-10 Utplantet/-sådd vier og sauesvingel vokser på den tidligere HFK-sletta i Hjerkinnskytefelt



Kilde: Forsvarsbygg, 2016. Foto: Marianne Evju, NINA

Se for øvrig nærmere beskrivelse av terrengforming i kap. 2.2.1 og revegeteringsmetodene i kap. 2.2.3. Relevante momenter rundt terrengforming og revegetering er også utdypet mer i kap. 2.4.1 som omhandler bart fjell.

2.4.3 Skog

I skogsområder vil tilbakeføring av inngrep til natur gjerne innebære terrengtilpassing og revegetering slik at området i størst mulig grad tilsvarer omkringliggende landskap og skog. Som for terrengtypene omtalt over, vil det i første omgang innebære at masser i anlegget må flyttes om, og terrenget formes slik at det skaper mest mulig like terrengformasjoner og vekstvilkår som i omkringliggende områder.

Figur 2-11. Raskiftet Vindkraftverk i skogs- og myrterreng.



Foto: Austri Vind, 2020

Ved revegetering av skog etter nedlegging av vindkraftverk viser Energimyndigheten (2016) i Sverige til at en dybde på substrat på 50 cm over turbinfundamenter bør være tilstrekkelig til at trærnes rotsystemer får tilstrekkelig forankring, og ikke blir ustabile ved normale værforhold. Det er da et utgangspunkt i at trærne som vokser opp er omgitt av like høye eller høyere trær. Det reduserer risikoen for vindfall ved sterk vind.

Videre viser Energimyndigheten (2016) til at for å sikre tilstrekkelig vannforsyning til trærne bør ikke materialet som benyttes til revegetering være for grovt. Sprengstein eller knust grus kan inngå i mindre mengder, og det er en fordel, men ikke nødvendig, at organisk materiale er innblandet i topplaget ved planting av furu. Ved planting av gran er det vanligvis nødvendig med innblanding av organisk materiale (Energimyndigheten, 2016).

Det vil trolig i stor grad være mulig å oppfylle disse kravene ved bruk av tilgjengelige masser i anlegget, men det kan i enkelte tilfeller være behov for å tilføre finere substrat i nødvendig dybde, eller vekstmasser/organisk materiale. Topp- og underliggende masser bør for øvrig bygges opp og utformes slik at de i størst mulig grad tilsvarer forholdene i omkringliggende skog.

Dersom det er kommersiell skogsdrift i området for vindkraftverket, kan det være ønskelig at det skal plantes trær til slikt formål i tilbakeførte arealer. Med unntak av en del ledningstraséer for ekstern nettilknytning, forventes det imidlertid at naturskog

normalt vil være målet ved tilbakeføring av de fleste skogarealer berørt av vindkraftverk i Norge. I skogsområder forventes det generelt å være relativt god tilgang på stedegne vekstmasser med naturlig frøbank som kan benyttes ved tilbakeføring til naturskog. Trolig vil en derfor komme langt med naturlig revegetering ved å benytte tilgjengelige vekstmasser i anlegget, selv i høyereliggende/skrinnere skogsområder. Det kan imidlertid ta lang tid før trær og skog etablerer seg naturlig i slike områder.

Såing med frø eller utplantning av oppformerte planter/trær kan være aktuelt dersom spesielle hensyn tilsier det. Transplantering av vegetasjonsflak kan også være en aktuell metode for å få fortgang på revegetering. Tidligere erfaringer tilsier at det er mest aktuelt å transplantere vegetasjonsflak uten større trær. Flakene bør være forholdsvis steinfrie, men kan gjerne inneholde stubber og røtter (Pedersen & Rosef, 2017).

2.4.4 Myr og våtmark/vann

Vann/våtmark: Når våtmark/vann berøres av inngrep fra vindkraftverk legges det gjerne ut fyllinger med steinmasser i disse. Det anlegges gjerne rør/kulverter/bruer dersom vann skal ledes gjennom utfylte masser, ev. at det benyttes permeable steinfyllinger. Tilbakeføring av utfylte vann/dammer/våtmark vil innebære fjerning av de utlagte massene og forming av terreng og kantsoner for å gi en mest mulig naturlig utforming. Bunnsubstrat i tilbakeførte vanddekte områder bør i størst mulig grad tilpasses naturlige bunnforhold. Dette kan medføre at det der nødvendig å tilføre egnet substrat utenfra.

Figur 2-12 Inngrep i vann i forbindelse med bygging av Geitfjellet vindkraftverk.



Foto: John S. Syltern AS.

Myr: Når etablering av vindkraftverk berører myr er oftest torvmassene byttet ut med steinmasser. På utsiden anlegges gjerne grøft for å lede vann bort fra vei/anlegg. Fyllinger kan fungere som «demninger» som hindrer vanntilførsel og tørker ut myr som ligger på nedstrøms side av en myrkryssende vei. Flere utbyggere presiserer at de har vektlagt å

oppretholde naturlig vanngjennomstrømning gjennom fyllinger ved å benytte permeable masser. Det er imidlertid varierende erfaringer med hvor godt dette fungerer. NVE opplyser at de i flere prosjekter har stilt vilkår om at naturlig vannbalanse skal opprettholdes, og at det vil bli økt fokus på dette i framtiden.

Figur 2-13 Bygging av vei langs myr, Stokkfjellet vindkraftverk.



Foto: John S. Syltern AS.

Det forventes ikke at det er realistisk å oppnå å reetablere opprinnelige myrhabitater ved tilbakeføring av vindkraftanlegg. Torvmassene som ble tatt ut i forbindelse med byggingen av anlegget vil gjerne være blandet med andre masser eller være benyttet til revegetering andre steder i anlegget. Dersom torv ved bygging ble bevart og lagret på stedet (enten ved å legge tilbake for å revegetere berørte områder, eller ved å lagre overskuddstorv lokalt), vil disse heller ikke ha samme egenskaper som opprinnelig på grunn av den lange tiden som har gått. De vil antagelig i større eller mindre grad være tørket ut, avhengig av hvordan og hvor lenge de er lagret.

Vi vurderer at det å forsøke å gjenopprette vannbalanse i berørte myrer, og dermed hindre videre drenering/uttørring, er det mest realistiske tiltaket ved tilbakeføring av vindkraftverk. Grøfter vil fungere drenerende på omkringliggende myrområder, og det samme vil permeable fyllinger i hellende myrterreng gjøre. For å tilbakeføre vannbalansen i myra, og dermed stoppe uttørring av omkringliggende områder, må disse dreneringene stoppes. Det kan gjøres ved å anlegge tette vannsperrer («demninger») i grøfter og permeable fyllinger, på tvers av helling i terrenget, slik at vann-nivået oppstrøms heves til tilsvarende nivå som i omkringliggende myr.

Det vurderes som lite ønskelig å introdusere kunstige materialer for å lage vannsperrer i områder for vindkraftverk. Vi forutsetter at vannsperrene lages ved å benytte steinmasser fra anlegget til å bygge opp «demningen», og at tette masser legges utenpå i bakkant (oppstrøms) for å stoppe vanngjennom-

strømning. I (permeable) steinfyllinger, må steinmasser graves ut ned til tette masser/fjell/bunnen av myra, slik at de kan erstattes med tette masser for å danne vannsperre.

Det kreves nøye planlegging og god gjennomføring for at slike vannsperrer skal fungere etter hensikten og være tette. Vindkraftverk berører myr av ulike dybder og med ulik helling. Sperrene må anlegges tettere jo større helling det er på terrenget. I praksis vil det derfor i de fleste tilfeller være lite hensiktsmessig å gjennomføre slike tiltak i grunne, hellende bakkemyrer på grunn av at sperrene må stå svært tett om de skal fungere etter hensikten.

I hvilken grad det er hensiktsmessig å fjerne tilførte steinmasser bak vannsperrer som etableres, vil variere og avhenge av bl.a. dybde på myr og steinmasser og massebalanse i anlegget. Ofte vil det ikke være hensiktsmessig å fjerne alle tilførte steinmasser, spesielt i dypere myrer. Av visuelle hensyn kan det for eksempel være mer hensiktsmessig at tilførte masser fjernes ned til et stykke under nytt etablert grunnvannsnivå. Masser som tas ut kan brukes til terrengforming andre steder i anlegget.

I hvilken grad det ved tilbakeføring er hensiktsmessig og ønskelig å forsøke å etablere naturlig vegetasjon der (de øvre) steinmassene i myr er fjernet vil variere, og bl.a. avhenge av tilgang og tilstand på torvmasser. Der det er ønskelig å forsøke å etablere myr(lignende)vegetasjon, kan ev. tilgjengelige stedegne torvmasser legges på, samt at vegetasjonsflak fra omkringliggende myr transplanteres inn. Revegetering ved bruk av eldre torvmasser forventes imidlertid ikke å gi samme vekstforhold og myrvegetasjon som opprinnelig, selv over tid. På myr bør overflatene gjerne flates ut, fremfor å rufses opp, i motsetning til i de fleste andre terrengtyper.

Et alternativ til å tilbakeføre torvmasser og forsøke å etablere torv- og myrvegetasjon kan være å la det bli stående åpne vannspeil oppstrøms de tette vannsperrene som etableres. I et langt tidsperspektiv forventes det at vannspeil vil gro igjen. Det å etablere våtmark med åpne vannspeil kan for øvrig være positivt for flere arter av f.eks. insekter og fugler, og kan slik sett være et økologisk restaureringstiltak i seg selv. Vannspeil bør utformes slik at det blir variasjon i kantutforming, bredde og dybde, og gjerne med små øyer for hekkende fugler. Lange veistrekninger bør deles opp for å få mer naturlig utformede «dammer», i stedet for lange kanaler. Ev. tilgjengelige stedegen torv bør benyttes til å forme det restaurerte våtmarksområdet, og flytting/transplantering av torvflak med vegetasjon fra tilgrensende myr kan bidra til å forme kanter, samt gi raskere vegetasjonsetablering og vil bedre det visuelle

inntrykket. Ved å la det stå igjen åpne vannspeil ved tilbakeføring i myr kan ev. overskudd av tilgjengelige, stedegne torvmasser fra bygging av anlegget i stedet brukes til revegetering andre steder i vindkraftverket.

Ved tilbakeføring av vann-/våtmarks- og myrområder vil det måtte gjøres en rekke avveier med tanke på ønsket vannivå, massebalanse, utseende, forventet resultat av ev. revegetering av myr, ønske om bruk av torvmasser til revegetering andre steder, osv.

2.4.5 Andre terrengtyper

Vindkraftverk i Norge berører også andre natur- og terrengtyper, slik som f.eks. dyrket mark, semi-naturlig eng og blokkmark. For de fleste er det imidlertid kun unntaksvis og det gjelder gjerne små arealer. Enkelte vindkraftverk i Norge berører større arealer med blokkmark, og denne omtales derfor kort under.

Blokkmark

Enkelte vindkraftverk i Norge er bygd i terreng som domineres av blokkmark/ur. I slikt terreng er steinblokker en naturlig del av landskapet, og tilbakeføring vurderes som enklere å gjennomføre enn for de fleste andre terrengtyper. Det er lite naturlig vegetasjon i slikt terreng, og revegetering er derfor lite aktuelt. God landskapstilpasning forventes å relativt enkelt kunne oppnås ved å flytte på masser lokalt. Det bør etterstrebes en mest mulig naturlig terrengform, med lignende steinstørrelser som i omkringliggende områder. Grusdekke og andre små substratstørrelser kan eventuelt plasseres under blokkene. Store enkeltsteiner med lav og mose bør plasseres med riktig side opp i restaurert område. Lav- og mosebevokste stein kan ev. hentes fra omkringliggende områder.

2.4.6 Turbinfundamenter

Anbefalinger relatert til fjerning av turbinfundament er i Sverige basert på hva området skal benyttes til

etter tilbakeføring. Tabell 2-5 viser en oversikt for ulike terrengtyper. Kravene som er satt for skogsterreng og dyrket mark er satt med bakgrunn i at det skal kunne drives skogbruk og jordbruk i disse områdene etter tilbakeføring, uten at det må tas hensyn til gjenværende betong i bakken.

Tabell 2-5. Anbefalinger/krav til fjerning av turbinfundament for ulike terrengtyper i Sverige

Terrengtype	Fjerning av turbinfundament
Fjell	Bolter kappes og betong fjernes til nivå med fjellet
Blokkmark/ur	Bolter kappes og betong fjernes til nivå med fjellet
Skogsterreng	50 cm under bakkenivå
Dyrket mark	1 meter under bakkenivå

Kilde: Energimyndigheten, 2016

Welstead et al. (2013) viser til at ved krav om fjerning av turbinfundament bør også sannsynligheten for eventuell bevegelse av gjenværende fundamentdeler opp av bakken over tid også vurderes. Det kan være aktuelt for eksempel som følge av bevegelse i myr. Ettersom vindkraftverk i Norge i hovedsak er etablert på fjell, forventes denne problemstillingen å være mindre relevant.

For gravitasjonsfundamenter stilles det i Sverige også krav om at det skal kunne dokumenteres at betongen som er benyttet ikke inneholder farlige stoffer for at denne skal kunne bli værende igjen i bakken (Energimyndigheten, 2016). Den generelle vurderingen er imidlertid at betongelementer innebærer liten forurensingsrisiko, forutsatt at nivåene av miljø- og helsefarlige stoffer er lite i betongen (Energimyndigheten, 2016).

3. Kostnader ved tilbakeføring av områder ved nedleggelse av vindkraftverk

I dette kapittelet gir vi en overordnet vurdering av hvordan tilbakeføring av områder kan gjøres i forbindelse med nedlegging av vindkraftverk og tilhørende kostnader. Vurderingene tar utgangspunkt i eksempelprosjekter som vi mener i stor grad er representative for vindkraftutbygging i Norge:

- Storheia vindkraftverk ligger i kupert kyst- og fjellterreng, og er i stor grad representativt for vindkraftutbyggingene i Trøndelag.

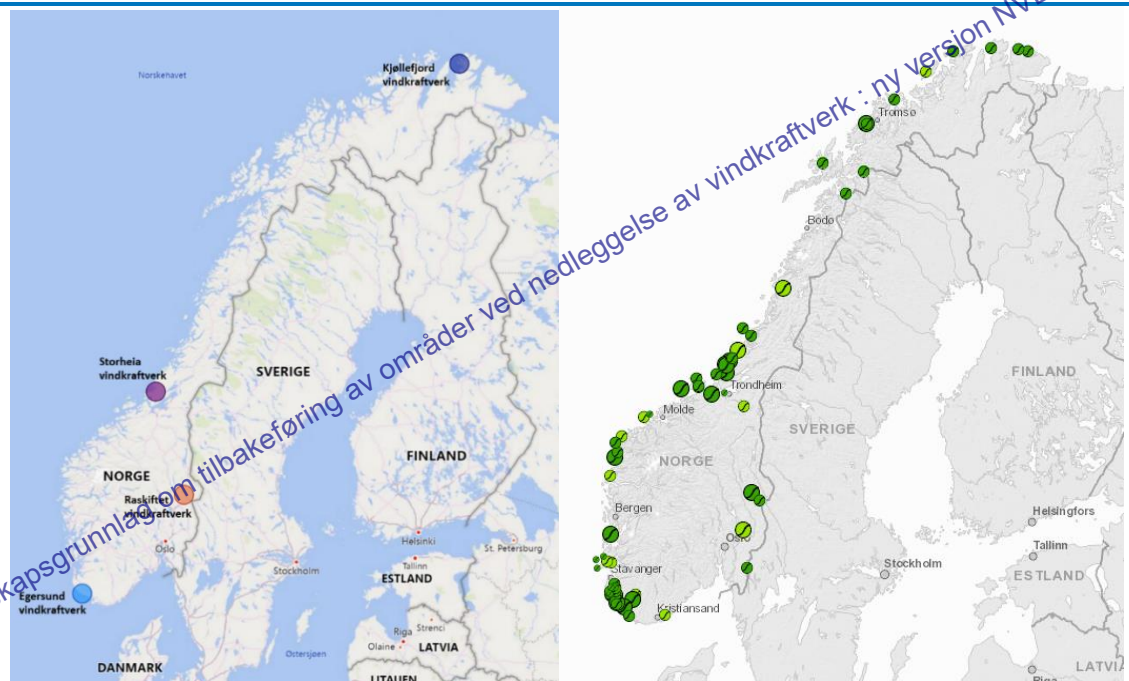
Figur 3-1 viser en oversikt over beliggenheten til de utvalgte vindkraftverkene og oversikt over

- Egersund vindkraftverk ligger i småkupert, åpent kystlandskap, og er i stor grad representativt for vindkraftutbyggingene i Rogaland.
- Raskiftet vindkraftverk representerer vindkraftutbygginger i innlandsterrang med skog og myr.

For å belyse kostnader ved tilbakeføring av områder ved nedlegging av vindkraftverk i blokkmark har vi i tillegg gjort en forenklet vurdering av Kjøllefjord vindkraftverk.

vindkraftverk i Norge som er bygget ut, eller er under utbygging.

Figur 3-1: Oversikt over beliggenhet til utvalgte eksempelprosjekt (venstre) og oversikt over vindkraftverk som er bygget ut eller er under utbygging



Kilde: NVEs konsesjonsdatabase og Vindkraftdata fra NVE, 2021

Det er lite erfaringstall i litteraturen på kostnader ved tilbakeføring av naturområder. I kapittel 3.2 gir vi en oversikt over kostnadsdrivere ved tilbakeføring av naturinngrep. I kapittel 3.3 oppsummerer vi erfaringstall og forventede kostnader ved tilbakeføring av vindkraftverk som er innhentet gjennom intervjuer med entreprenører og rådgivere som har erfaring på dette området. I kapittel 3.4 til 3.7 gir vi en vurdering av tiltak og tilhørende kostnader for to ulike grader av tilbakeføring for de utvalgte eksempelprosjektene. De to gradene av tilbakeføringsnivå er beskrevet i kapittel 3.1.

De utvalgte eksempelprosjektene er av ulik størrelse. For å kunne sammenligne kostnader ved tilbakeføring på tvers av de utvalgte vindkraftanleggene er beregnede kostnader både oppgitt samlet for respektive anlegg og per turbin. Alle kostnader er oppgitt i 2021-kroner.

Det er knyttet betydelig usikkerhet til kostnads-estimatene i denne rapporten. Ved nedlegging av vindkraftverkene vil det for hvert enkelt anlegg være nødvendig å gjøre en nærmere utredning for å kunne avgjøre hva som er de beste praktiske og miljømessige løsningene basert på steds- og anleggs-

spesifikke problemstillinger. I kapittel 3.8 gir vi en kort beskrivelse av relevante usikkerhetsfaktorer.

3.1 Grad av tilbakeføring

Welstead et al. (2013) viser til at hvilken grad av tilbakeføring som er hensiktsmessig vil variere fra anlegg til anlegg. Det bør derfor tilstrebes å finne den løsningen som er den beste ut ifra hva som er praktisk mulig og hva som er den beste løsningen med tanke på miljøhensyn. Den beste løsningen vil være det alternativet som gir størst mulig bedring av tilstand for natur, hydrologi og landskap, med minst mulig forstyrrelser og andre negative virkninger på miljø, til en akseptabel kostnad (altså en kost-nytte-vurdering). Hvilket resultat det er mulig å oppnå, eller hensiktsmessig å *forsøke* å oppnå, vil altså variere fra vindkraftverk til vindkraftverk. Faktorer som vil påvirke denne vurderingen er bl.a. landskap, natur, hydrologi, tilgang på egnet substrat, inngrep ved gjennomføring av tiltak og spesielle lokale hensyn til natur, landskap og kulturmiljø. Behov for tilsyn eller andre oppfølgende tiltak, grunnforhold og stabilitet, klimagassutslipp ved gjennomføring av tiltak, etterbruk av området, tidshorisont for ønsket resultat mm. vil også påvirke vurderingen (Welstead, et al., 2013).

Ved vurdering av tiltak og kostnader for tilbakeføring for de utvalgte eksempelprosjektene opererer vi med to nivåer av tilbakeføring:

- Nivå 1: Revegetering
- Nivå 2: Terrengforming og revegetering

Valg av disse nivåene er gjort på bakgrunn av at de reflekterer klart adskilte resultater og kostnader. I definisjonen av grad av tilbakeføring har vi for nivå 1 tatt utgangspunkt i at det skal gjennomføres noe tiltak, mens nivå 2 skal gi høy grad av tilbakeføring til naturlig tilstand, men samtidig være praktisk oppnåelig. Det presiseres at nivåene som er definert i denne utredningen er en forenkling, og at grad av tilbakeføring må vurderes nærmere for det enkelte anlegget for å ivareta anleggsspesifikke hensyn.

3.1.1 Beskrivelse av nivå 1: Revegetering

Ved tilbakeføring til nivå 1 gjennomføres overordnede tiltak for å tilføre vekstmasser og legge til rette for revegetering av stedegen vegetasjon på åpne inngrepsflater slik som veibaner, oppstillingsplasser og arealer der bygninger har stått. Vegetasjon som etableres bør være mest mulig i samsvar med omkringliggende områder, både visuelt og økologisk, i den grad det er mulig. Flater som allerede er istandsatt/revegetert, for eksempel i forbindelse med bygging, røres i utgangspunktet ikke.

Forming av terreng og flytting av masser lokalt gjøres i hovedsak ikke. Unntaket er avrunding av veikropp/

overganger og igjenfylling av grøfter, arrondering og tilpassing av terreng der turbinfundamenter og bygninger er fjernet, samt flytting av vekstmasser. Mindre mengder vekstmasser antas å kunne (flekvis) hentes fra områder som ble tilført vekstmasser i etterkant av bygging av anlegget. Det forventes imidlertid å variere hvorvidt slike masser er tilgjengelig, og hvor mye som kan hentes ut uten at det medfører for store inngrep/sår i vegetasjonen. Dersom det ikke er tilstrekkelig tilgang på stedlige vekstmasser, forventer vi at vekstmasser eller organisk materiale hentes inn utenfra for å legge grunnlag for revegetering.

For å legge til rette for revegetering benyttes grave-maskin for å rufse opp harde/pakkede flater før vekstmasser/organisk materiale tilføres. Vegetasjons-flak transplanteres inn fra omkringliggende natur-arealer og/eller eventuelt tidligere revegeterte arealer. Dette antas å være mulig å gjennomføre i varierende grad, avhengig av terrengtype og hvor godt tidligere anleggsområder er tilbakeført/revegetert.

Videre har vi lagt til grunn at det i de fleste tilfeller må gjennomføres noe supplerende tiltak for å etablere vegetasjon i ikke-stedegne vekstmasser, slik som søling med lokale frøblandinger og eventuelt anplantning av oppformerte lokale planter. For områder som er godt revegetert ved tidspunkt for tilbakeføring, gjennomføres ikke tiltak. For å redusere dreneringseffekt av grøfter i myrområder gjennomføres enkle tiltak.

3.1.2 Beskrivelse av nivå 2: Terrengforming og revegetering

Inngrep slik som veier, oppstillingsplasser og arealer der bygninger har stått tilbakeføres ved å flytte masser lokalt innen anlegget. Massene benyttes til å forme og tilpasse terrenget slik at det får mest mulig naturlig topografi og glir inn i omkringliggende landskap. Inngrepene (eks. veikropp) fjernes ikke nødvendigvis i sin helhet, men formes og tilpasses slik at naturlige sammenhenger tilbakeføres. Grusmasser fra toppdekket på veier/inngrepsflater brukes til å mette steinfyllinger i formet terreng. Se for øvrig kap. 2.2.1 for nærmere beskrivelse av prinsipper ved terrengforming, samt beskrivelser av terrengforming i ulike terrengtyper i kap. 2.4.

Det antas at masser ikke transporteres inn og ut, men flyttes og benyttes lokalt innen vindkraftanlegget. Unntaket er tilførsel av vekstmasser eller organisk materiale til bruk i områder der det er underskudd av stedlige vekstmasser. Alt av tilgjengelige stedegne vekstmasser benyttes som toppmasser. Dette vil i hovedsak være toppmasser fra veifyllinger og andre arealer som ble istandsatt etter bygging. De siles

derom de er blandet med grovere underliggende masser.

Revegetering tilrettelegges ved at vegetasjonsflak transplanteres inn fra omkringliggende naturarealer. Det forutsettes at det i tillegg må gjennomføres noe supplerende tiltak for å etablere vegetasjon i ikke-stedegne vekstmasser, slik som såing med lokal frøblanding og eventuelt utplantning av oppformerte lokale planter.

Tiltak gjennomføres for å forbedre vannbalanse og hydrologi i myr og vann-/våtmarksområder. Dette vil i hovedsak innebære å forsøke å gjenopprette grunnvannstand ved hjelp av vannsperrer. Fyllinger fjernes til et godt stykke under gjenopprettet grunnvannstand slik at vannspeil lages. Fyllinger som fungerer som «demninger» som tørker ut myr nedstrøms bør vurderes å fjernes dypere ned om nødvendig.

Dette alternativet innebærer betydelig behov for bruk av gravemaskin og dumper til flytting av masser internt i anlegget.

3.2 Kostnadsdrivere ved tilbakeføring av naturinngrep

Den mest avgjørende kostnadsdriveren som er blitt trukket fram av intervjuobjektene er transportbehovet, altså behovet for å flytte masser. Å flytte masser tar tid og krever tilgang på maskinelt utstyr som er kostnadsdrivende. Transportbehovet vil i stor grad avhenge av hvilke krav som stilles til grad av tilbakeføring, altså behovet for terrengforming, og eventuelt behovet for inn- og utkjøring av masser.

Welstead et al. (2013) peker på at kostnaden ved tilbakeføring vil avhenge av blant annet teknikk/metode som benyttes for tilbakeføring, transportbehov (behov for flytting av masser), tiden arbeidet tar og lønnskostnader (planlegging, utførelse, oppfølging, ekstra undersøkelser, krevende forhold på arbeidsplass, m.m.). Tabell 3-11 gir en oversikt over kostnadsdrivere i forbindelse med tilbakeføring ved bruk av ulike metoder og teknikker. Oversikten har utgangspunkt i Hagen & Skrindo (2010).

Tabell 3-1: Oversikt over kostnadsdrivere ved bruk av ulike metoder ved tilbakeføring av områder

Metode	Kostnadsdrivere
Terrengforming	Leie av maskinfører og utstyr. Kostnader er knyttet til håndtering av massene på stedet, og transport av masser.
Jordbearbeiding – lufting av toppjord	Leie av maskinfører og utstyr. Kostnad er knyttet til arbeid på stedet (samt ev. uttransport av overliggende fyllmasser før lufting av toppjord kan starte).
Jordbearbeiding – Naturlig revegetering fra stedlige toppmasser	Merarbeid for å skille toppmasser og underliggende masser, og mellomlagring av vekstmasser. Kostnad er knyttet til håndtering av masser på stedet og transport. Det kan generelt beregnes 0,1 m³ toppmasse (vekstmasse) per 1 m² areal som dekkes.
Jordbehandling – Naturlig gjenvekst fra ikke-stedlige toppmasser	Kostnad er knyttet til transport av masser, arbeid med påføring av masser, samt eventuelle ekstrakostnader ved kjøp av masser. Det kan generelt beregnes 0,1 m³ toppmasser (vekstmasser) per 1 m² areal som skal dekkes.
Tilførsel av næring og organisk materiale	Kostnad er knyttet til pris på organisk materiale/materiale for næringstilførsel, transport og arbeid med påføring på stedet. Det kan også innebære kostnad å blande med ikke-organisk materiale.
Fysiske tiltak for å forsterke overflate og hindre erosjon	Kostnad er knyttet til pris på materiale, transport, og arbeid med å legge ut på stedet.
Plante og så med lokalt plantemateriale	<i>Innsåing og direkte utsåing av frø og plantedeler:</i> Kostnad er knyttet til arbeidsinnsats med innsamling og utsåing. Typisk høy arbeidsinnsats per enhet, men sjelden aktuell over større arealer. <i>Innsamling og oppformering av lokale frø:</i> Kostnad er knyttet til arbeid med innsamling, rensing og frøanalyser av lokalt plantemateriale, produksjon av frø (over flere år), og utplantning på stedet. Metoden er dyrere enn bruk av kommersielle frøblandinger og gir høy pris per kg. Pris vil også avhenge av hvor vellykket produksjonen er. <i>Oppformering/dyrking av planter fra stiklinger, frø eller fragmenter:</i> Kostnad per plante, avhenger bl.a. av produksjonsskala, plantestørrelse og tid plantene må stå i veksthus. <i>Flytting/transplantering av vegetasjonstuer-/flak:</i> Kostnad er knyttet til maskinell utførelse på stedet
Bruk av innført plante-materiale	Regnes per m² tilsådd areal. Kostnaden er avhengig av omfang og transport-avstander.

Kilde: Oslo Economics og Sweco basert på Hagen & Skrindo (2010) og intervjuer

3.3 Erfaringstall og forventede kostnader ved gjennomføring av tilbakeføringstiltak

I denne delen er det gjengitt erfaringstall for kostnader ved tilbakeføring av naturområder. Det gis også en sammenstilling av vurderinger fra intervjuobjekter av hva som er forventet kostnad ved

tilbakeføring av naturinngrep ved nedlegging av vindkraftverk. Samtlige intervjuobjekter peker på at det er vanskelig å vurdere hva dette vil koste og det er knyttet stor usikkerhet til estimatene som er gitt.

3.3.1 Veier

Tabell 3-2 gir en oversikt over erfaringstall og forventet kostnad ved tilbakeføring av veier fra ulike informasjonskilder. Disse er beskrevet nærmere under tabellen.

Tabell 3-2: Oppsummering av erfaringstall og forventet kostnad ved tilbakeføring av veier. 2021-kroner

Grunnlag	NOK per meter	Vurdering
Veisystem Hjerkind skytefelt	- Kostnad for 2019 og 2020: 300-400 NOK/m - Anslått kostnad for de største og tyngste veiene for 2019 og 2020: 450-500 NOK/m	- Relativt enkle veier og enklere terreng enn det som er typisk for vindkraftutbygginger i Norge. - Gjennomsnittskostnad fra første periode av tilbakeføringsprosjektet anses som lite relevant som følge av at det i stor grad ble benyttet fjernstyrte maskiner. - Tiltak gjennomført de siste årene av prosjektet har dratt nytte av verdifull erfaring fra de tidligere år.
Internvei Midtfjellet vindkraftverk	Estimert til 400-500 NOK/m	- Tilbakeføring av 184 meter internvei. - Oppgitt kostnad er estimert basert på overordnet informasjon fra Midtfjellet vindkraft.
Nedleggingskostnad Smøla og Kjøllefjord vindkraftverk	Nettokostnad veier inkl. fjerning av kabler: 260-440 NOK/m	- Nettokostnaden inkluderer salg av metall i kabler. Inntekt som er lagt til grunn ved salg av metall er ikke oppgitt. - Grunnlag for kostnadsestimat er garantistillelse fra Statkraft oversendt NVE. Kostnad per meter vei er estimert basert på informasjon om veilengder fra konsesjonssøknad for Smøla og Kjøllefjord vindkraftverk.
Enhetskostnader fra entreprenører	- Tilbakeføring til nivå 1 (revegetering): 80 – 250 NOK/m - Tilbakeføring til nivå 2 (terrengforming og revegetering): 720 - 1700 NOK/m avhengig av transportbehov	- Total bredde vei: 8 til 20 meter med gjennomsnittlig kostnad for bearbeiding på 20-25 NOK/m² - Behov for flytting av masser fra 8 til 15 m³ per meter vei. Gjennomsnittlig kostnad for flytting av masser: 70-80 NOK/m² - Kostnader ved oppformering av lokale frøblandinger og planter er ikke inkludert.
Utbygging av vindkraftverk	- Tilbakeføring til nivå 1 (revegetering): 500-800 NOK/m - Tilbakeføring til nivå 2 (terrengforming og revegetering): 900 - 1750 NOK/m	- Det forventes at gjennomføring av tiltak i relativt slakt skogsterreng ligger i nedre del av kostnadsintervallet og gjennomføring av tiltak i kupert blandingsterreng ligger i øvre del. - Gjennomsnittspris for kupert blandingsterreng er basert på utbygging av veier for et utvalg vindkraftverk i Midt-Norge, justert for sprengingskostnader, riggekostnader og kostnader knytte til bearbeiding og knusing av stein. - Kostnad kun for bearbeiding er egne vurderinger basert på innspill fra intervjuobjekter.

Kilde: Basert på intervjuer med entreprenører og rådgivere som har erfaring med tilbakeføring

Hjerkinnskytefelt (Forsvarsbygg)

Tilbakeføring av Hjerkinnskytefelt på Dovre er det eneste prosjektet i Norge hvor man har erfaring med tilbakeføring i stor skala. Totalt er det gjennom Hjerkinns-prosjektet restaurert områder tilsvarende 5 200 dekar. Området som er tilbakeført ligger i fjellterreng (lavalpin sone). Ved tilbakeføring var målet at dette skulle gjennomføres på en slik måte at man fikk en betydelig naturvergevinst, og arealer som skulle innlemmes i framtidige verneområder skulle tilbakeføres til en mest mulig opprinnelig naturtilstand (Hagen, 2003).

Prosjektet inkluderer tilbakeføring av veisystemer, noen større flater og flere masseuttak. Tilbakeføring av veisystemet inkluderte fjerning av fyllinger under veiene og berørte enkelte løsmasseskjæringer, men i veldig liten grad skjæringer i fjell (Forsvarsbygg, 2021).

Veisystemet som ble tilbakeført på Hjerkinns var preget av stor grad av variasjon. De største og tyngste veiene var grusveier med fire meters kjørebredde og med tillatt hastighet på 50 til 60 kilometer i timen. På disse har det gått tunge stridskjøretøy på opp mot fire tonn. Andre deler av veisystemet besto av enkle veier som lå nesten helt nede i terrenget og som kan sammenlignes med traktorveier.

Ved tilbakeføring av veisystemer opererte Forsvarsbygg i 2015 med kostnadskalkyler på i gjennomsnitt 600 til 700 kroner per meter for utførende

entreprenør. Kostnaden ble gradvis redusert i løpet av prosjektperioden og de to siste årene av prosjektet (2019 og 2020) var gjennomsnittskostnaden mellom 300 til 400 kroner per meter vei. Forsvarsbygg anslår at kostnaden per meter for de største og tyngste veiene i samme perioden var på mellom 450 til 500 kroner per meter. Kostnadsreduksjonen skyldtes på den ene siden at Forsvarsbygg i stor grad gikk bort fra bruk av fjernstyrte maskiner. På den andre siden bidro tidligere års erfaring fra tilbakeføring med verdifull kunnskap som ble benyttet i planlegging av tiltak. Denne kunnskapen førte til at prosjektet fant gode løsninger lokalt som reduserte behovet for å flytte masser over lenger avstander (Forsvarsbygg, 2021).

Vår vurdering er at erfaringstallene fra Hjerkinns ligger under hva man kan forvente at kostnaden vil være ved tilbakeføring av veier i forbindelse med nedlegging av vindkraftverk. Hovedårsaken er at selv om man legger til grunn de største og tyngste veiene på Hjerkinns er veioppbyggingen betydelig enklere enn veiene som etableres i vindkraftverk. Til sammenligning vil det for transport av turbiner som er representative for vindkraftverk i Norge være krav om aksellast på 16 tonn og total last for kjøretøy på mellom 160 og 180 tonn.

Terrenget på Hjerkinns er også relativt flatt, sammenlignet med flere av terrengtypene som er typisk for vindkraftutbygginger. Figur 3-2 viser før og etterbilde i forbindelse med tilbakeføring av vei gjennom Svånådalen i Hjerkinnskytefelt.

Figur 3-2 Tilbakeføring av vei gjennom Svånådalen i Hjerkinnskytefelt, før- og etterbilde.



Kilde: (Forsvarsbygg, 2021)

Midtfjellet vindkraftverk

I forbindelse med oppgradering av Midtfjellet vindkraftverk ble det i 2017 tilbakeført en 184 meter lang internvei, om lag halvannet år etter at den var bygget. Internveien var bygget for et turbinpunkt som ikke ble tatt i bruk. Ved tilbakeføring ble veien fjernet ned til opprinnelig terreng og det ble tilført lokale vekstmasser fra anlegget. Masser som ble fjernet ble brukt andre steder i anlegget. Veien var lokalisert i

åpent hei-/fjellterreng med noe jordsmonn. Tilbakeføring av veien tok ifølge Midtfjellet vindkraft to til tre dager. Det ble benyttet en graver og en dumper til å utføre arbeidet. Gitt en timespris på leie av graver og dumper med maskinfører på mellom 1500 og 2000 kroner per time per maskin gir dette en kostnad på ca. 400 til 500 kroner per meter ved tilbakeføring av internveien.

Internveien som ble tilbakeført i Midtfjellet vindkraftverk ligger i et område med liten grad av fyllinger og skjæringer, og tilbakeføring av internveien innebar begrenset behov for flytting av masser. Veien var anlagt bare halvannet år tidligere og det var god tilgang på vekstmasser ved tilbakeføring. Dette er

forhold som vi forventer har bidratt til at kostnaden ved tilbakeføring er relativt lav sammenlignet med gjennomsnittskostnaden ved tilbakeføring av hele veisystemet for et vindkraftverk som ligger i kupert terreng.

Figur 3-3 Tilbakeføring av 184 meter internvei i Midtfjellet vindkraftverk, før og etterbilde. Området som er tilbakeført er ligger innenfor det markerte området i bildet til høyre



Kilde: Midtfjellet vindkraft, 2021

Garantistillelse Smøla og Kjøllefjord vindkraftverk

Statkraft har i forbindelse med krav om framleggelse av garantistillelse for nedleggingskostnader oversendt NVE et kostnadsestimat for nedlegging av Smøla, Hitra og Kjøllefjord vindkraftverk (Statkraft, 2021). Tabell 3-33 viser oppgitt nettokostnad for tilbakeføring av veier, inkludert fjerning av kabler, for Smøla og Kjøllefjord. For Hitra er det lagt til grunn at deler av veisystemet fortsatt vil benyttes etter nedleggelse og at dette derfor ikke tilbakeføres. Det er uklart hvor stor del dette gjelder, og oppgitte kostnader for Hitra er derfor ikke inkludert.

Tabell 3-3: Nettokostnad ved tilbakeføring av veier, inkludert kabler fra garantistillelse

Vindkraftverk (km vei)	Vei [km]	Totalt [MNOK]	Per turbin [kNOK]	Per meter [NOK]
Smøla	30	13,2	194	440
Kjøllefjord	8	2,1	125	264

Kilde: Statkraft, 2021 og beregnet kostnad per meter basert på informasjon i anleggenes respektive konsesjonssøknader

Kostnadsestimatet er basert på at kabler graves ut og metallet selges. Det vil si at kostnaden ved tilbakeføring av veier, inkludert fjerning av kabler, er høyere enn kostnaden oppgitt over. Forventet inntekt ved salg av metall som er lagt til grunn i kostnadsestimatet er ikke oppgitt.

Det er videre lagt til grunn at grus og eventuell vekstjord tas til side før veier arronderes med god landskapstilpasning. Grus benyttes deretter til metning av ferdig arrondert steinfylling før lokale vekstmasser benyttes for revegetering av Smøla. For Kjøllefjord legges stedlig naturstein over til slutt.

Kostnaden per meter for tilbakeføring av veier, inkludert fjerning av kabler, som er oppgitt i tabellen er beregnet basert på informasjon om veilengde fra anleggenes respektive konsesjonssøknader. For Smøla er samlet veisystem for trinn 1 og trinn 2 oppgitt til 30 km (Statkraft, 2000). For Kjøllefjord oppgis det i konsesjonssøknaden at det vil bli anlagt 3 til 6 km interne veier i vindkraftverket og en ca. 3,5 km lang adkomstvei (Statkraft, 2003). Ved beregning av kostnad per meter har vi lagt til grunn at samlet veilengde for Kjøllefjord er 8 kilometer.

Beregnet kostnad basert på enhetskostnader for transport og bearbeiding

Ved beregning av kostnaden for tilbakeføring av vei basert på oppgitte enhetskostnader for transport og bearbeiding fra entreprenører utgjør dette en kostnad på mellom 80 og 250 kroner per meter ved tilbakeføring til nivå 1, revegetering. Ved tilbakeføring til nivå 2, terrengforming og revegetering, er kostnaden beregnet til mellom 700 kroner og 1700 kroner per meter. Kostnader knyttet til oppformering av lokale frøblandinger og eventuelle planter er ikke inkludert. Dette er omtalt senere i dette kapittelet.

Ved beregning av kostnader er det ved tilbakeføring til nivå 1 (revegetering) lagt til grunn at inngrepsflatene som må bearbeides er mellom 4 og 8 meter, tilsvarende kjørebredde på veier og eventuelt grøfter. Kostnaden for bearbeiding av areal er forventet å være fra 20 til 25 kroner per kvadratmeter.

Ved tilbakeføring til nivå 2 (terrengforming og revegetering) er det lagt til grunn at behovet for transport av masser tilsvarer fra 8 til 15 kubikk per

meter vei og området som må bearbeides tilsvarer hele veiens inngrepsflate som er typisk på mellom 8 og 20 meter. Kostnaden for flytting av masser (terrengforming) er forventet å være i gjennomsnitt fra 70 til 80 kroner per kubikkmeter.

Beregnet kostnad basert på kostnad for utbygging av vei ved etablering av vindkraftverk

Flere av våre intervjuobjekter viser til at tilbakeføring av veier og andre naturinngrep i praksis innebærer en reversering av utbyggingsprosessen. Disse viser til at kostnaden ved tilbakeføring til naturlig tilstand (nivå 2) i hovedsak kan forventes å ligge i samme størrelsesorden som ved utbygging av veiinfrastruktur, justert for kostnader knyttet til sprengning. Sprengingskostnaden ved utbygging av veiinfrastruktur i vindkraftverk i kupert terreng utgjør typisk 30 prosent av utbyggingskostnaden, mens kostnader knyttet til bearbeiding og knusing av stein utgjør om lag 20 prosent. Vi forventer at behovet for bearbeiding og knusing av stein vil være mindre ved tilbakeføring enn ved utbygging.

Erfaringsstall for utbygging av veier for vindkraftverk etablert i kupert fjell-/kystterreng er i gjennomsnitt 2500 kroner per meter. Riggkostnader er ikke inkludert. Vi forventer at kostnader til rigg tilsvarer det reduserte behovet for bearbeiding og knusing av stein ved tilbakeføring sammenlignet med utbygging. Kostnaden per meter vei, justert for sprenging, riggkostnader og bearbeiding og knusing av stein blir da 1750 kroner per meter. Dette er i samme størrelsesorden som øvre estimat for tilbakeføringskostnader basert på enhetskostnader fra entreprenører.

Vi forventer at over halvparten av tilbakeføringskostnaden er knyttet til terrengforming. Ved tilbakeføring til nivå 1, som kun innebærer avrunding av veikropp og revegetering av inngrepsflater, forventer vi at kostnaden ligge på mellom 500 til 800 kroner per meteren. Tilbakeføring av områder i relativt flate skogsområder med lite fyllinger og skjæringer og god tilgang på vekstmasser, forventer vi at kostnaden ligger i den nedre delen av kostnads spennet, mens tilbakeføring av områder i fjell-/kystterreng med mer skrint jordsmonn forventes å være mer ressurskrevende, og dermed ligge i den øvre delen av kostnadsestimatet.

Ved tilbakeføring av veier i kupert blandingsterreng til nivå 2 (terrengforming og revegetering) forventer vi at kostnaden i gjennomsnitt ligger i samme størrelsesorden som ved utbygging, justert for sprenging, riggkostnader og bearbeiding og knusing av stein. Det vil si rundt 1750 kroner per meter.

For utbygging av veier i relativt flate skogsområder med lite fyllinger og skjæringer og god tilgang på vekstmasser, forventer vi at kostnaden ligger i

gjennomsnitt på om lag halvparten av kostnaden for tilbakeføring i kupert blandingsterreng, altså rundt 900 kroner per meter. For skogsområder med endel myr vil det ved tilbakeføring være behov for å gjennomføre mer arbeidskrevende tiltak for å reetablere myr, og kostnaden ved tilbakeføring forventes dermed å bli noe høyere enn for skogsområder med mindre innslag av myr/våtmark.

3.3.2 Oppstillingsplasser og bygg

Kostnaden for tilbakeføring av store arealer som oppstillingsplasser og områder rundt og under bygninger forventes å være lavere enn for vei, som følge av at arbeid kan utføres mer effektivt på store flater.

Basert på innspill fra entreprenør forventer vi at denne kostnaden ligger i størrelsesorden 50 kroner per kvadratmeter ved kun revegetering (nivå 1), mens kostnaden ligger i størrelsesorden 200 kroner per kvadratmeter ved terrengforming og revegetering (nivå 2).

Kostnad ved tilbakeføring av oppstillingsplasser for Smøla, Hitra og Kjøllefjord vindkraftverk i oversendt garantistillelse er betydelig lavere (Statkraft, 2021), jf. Tabell 3-4. I garantistillelsen er kostnaden for tilbakeføring av oppstillingsplasser estimert til mellom 33 000 kroner og 50 000 kroner per turbin. Typetall for arealbehov for kranoppstillingsplasser med fundament er på minimum 1 500 og maksimum 2 500 kvadratmeter (Miljødirektoratet, 2019). Dette gir en kvadratmeterkostnad på mellom 13 og 22 kroner for Smøla og mellom 20 og 33 kroner for Hitra og Kjøllefjord.

Tiltak ved tilbakeføring innebærer at grus og eventuell vekstjord tas til side. Oppstillingsplass arronderes med god landskapstilpasning. Deretter benyttes grus til metning av ferdig arrondert steinfylling. På Smøla og Hitra legges til slutt lokale vekstmasser over, mens på Kjøllefjord legges stedlig naturstein over til slutt.

Tabell 3-4: Kostnad ved tilbakeføring av oppstillingsplasser fra garantistillelse

Vindkraftverk	Totalt [MNOK]	Per turbin [kNOK]	Per m2 [NOK]
Smøla	2,2	33	13-22
Hitra	1,2	49	20-33
Kjøllefjord	0,8	50	20-33

Kilde: Statkraft, 2021 og beregnet kostnad per kvadratmeter basert på typetall for arealbehov fra Miljødirektoratet (2019)

3.3.3 Turbinfundament

Kostnaden for å pigge ned fundament til bakkenivå, eventuelt en halv meter under bakkenivå, og fjerne armert betong er anslått til å ligge mellom 100 000

og 200 000 kroner per fundament. Forventet kostnad er basert på innspill fra entreprenører, og forventes å være i samme størrelsesorden for fjellforankret fundament og gravitasjonsfundament, gitt at det ikke stilles krav om at all betong må fjernes.

Kostnaden ved fjerning av turbinfundament i forbindelse med nedlegging av Smøla, Hitra og Kjøllefjord vindkraftverk er estimert til i overkant av 40 000 kroner per fundament, jf. Tabell 3-55. Statkraft skriver at det i dette er lagt til grunn at fundament fjernes slik at det ligger under bakkenivå og armert betong behandles som spesialavfall. Deretter tildekkes området med stedlig masse. Statkraft viser til at aktiviteten er knyttet sammen med tiltak for tilbakeføring av oppstillingsplasser (Statkraft, 2021).

Tabell 3-5: Kostnad ved tilbakeføring av turbinfundamenter fra garantistillelse

Vindkraftverk	Antall turbiner	Totalt [MNOK]	Per turbin [kNOK]
Smøla	68	2,8	41
Hitra	24	1,0	41
Kjøllefjord	17	0,7	42

Kilde: Statkraft, 2021 og respektive konsesjonssøknader

3.3.4 Jordkabler og luftledninger

De interne kablene i vindkraftanlegget ligger vanligvis nedgravd i grøfter langs internveiene. Disse må fjernes. Forventet kostnad ved fjerning av jordkabler er i gjennomsnitt rundt 200 kroner per meter basert på innspill fra entreprenører. Kablene som fjernes har en verdi i form av videresalg av jording og kobber. Inntekter knyttet til videresalg av metall i kabler er ikke inkludert.

Det er lagt til grunn at mastefundament for luftledninger er pigget ned og fjernet i henhold til etablert forvaltningspraksis ved fjerning av luftledninger. Traséen der luftledningen har vært plassert revegeteres naturlig uten tiltak, og det er ikke forventet at det vil påløpe kostnader knyttet til dette.

3.3.5 Oppformering av lokale frøblanding og planter

Norsk kompetansesenter for blomstereng og naturfrø ved NIBIO er i ferd med å bygge opp en norsk produksjon og omsetning av naturfrø, herunder frøblandinger for ulike regioner i Norge⁶. Lokalt tilpassede frøblandinger basert på stedsne arter innen anlegget gir minst risiko for å innføre uønskede arter. I følge NIBIO kan man forvente at kostnaden

ved kjøp av større mengder oppformerte gressfrøblandinger, basert på stedsne arter, vil være 350 til 400 kroner per kilo. Ved kjøp av store mengder frø kan prisen være lavere. Det anbefales at det benyttes én kilo per 100 kvadratmeter. Dersom det er jord som inneholder egen frøbank kan det være at man kan gå litt ned på mengden. Tiden det tar fra å samle inn lokale frø til disse er klare for såing er typisk fire til fem år.

Oppformering av lokale planter for utsåing gjøres blant annet av Reiersøl Planteskole. Det er ikke lagt til grunn at dette gjøres ved tilbakeføring av oppstillingsplasser eller andre inngrepsflater. Erfaring fra blant annet Hjerkin har vist at dette er et tiltak som er effektive i å bidra til raskere revegetering. Kostnaden ved oppformering av lokale planter og utplassering av disse er erfaringsmessig liten sammenlignet med øvrige kostnader ved tilbakeføring.

3.3.6 Oppfølging og overvåking

Oppfølging og overvåking av arbeidet underveis og etter tilbakeføring er ikke inkludert i kostnads-estimatet. For en vellykket tilbakeføring mener vi det vil være behov for god oppfølging både under og etter at tiltak er gjennomført, jf. kapittel 2.2.4.

3.4 Storheia vindkraftverk

Storheia vindkraftverk ligger i Åfjord og Ørland kommuner på Fosenhalvøya i Trøndelag. Byggingen av Storheia vindkraftverk ble igangsatt i august 2016, og anlegget ble satt i drift i slutten av 2019 (Statkraft, 2021). Vindkraftanlegget består av 80 vindturbiner som strekker seg over et planområde på 45 kvadratkilometer.

Mesteparten av Storheia vindkraftverk ligger på et stort hei- og fjellplatå på mellom 200 og 490 meter over havet. Landskapet er typisk for vindkraftanleggene på Fosenhalvøya.

Veiene og turbinene berører i hovedsak skrinne områder med mye berg i dagen, men også en del våtmark, med grunne tjern og myrer.

Nettilknytningen og størstedelen av akomstveien går gjennom tildels storvokst granskog, mens øvre del av atkomstveien, transformator og servicebygg er plassert i et område hvor det tidligere var myrvegetasjon.

⁶ Per i dag er grasfrøblandingene 'Fjellfrø Hardangervidda', 'Fjellfrø Rondane/Dovre/Rørø' og 'Naturfrø Telemark', samt blomsterfrøblandingene 'Tørreng Sørøstlandet', 'Friskeng Sørøstlandet' og 'All-round blomsterfrøblanding Midt-Norge' tilgjengelig. Neste år vil NIBIO i tillegg lansere

blomsterfrøblandinger for Nordland, Rogaland og Innlandet, og i 2023 blomsterfrøblandinger for Vestlandet og Troms og Finnmark

3.4.1 Beskrivelse av inngrep

Tabell 3-6 viser en grov oversikt over omfang av naturinngrep fordelt på terrengtype for Storheia vindkraftverk.

Tabell 3-6: Grov oversikt over naturinngrep fordelt på terrengtype, Storheia vindkraftverk. Anslått areal

Inngrep	Beskrivelse	Bart fjell	Hei/ fjell med noe toppjord	Skog	Myr/våtmark	Totalt
Turbinfundament	80 fundamenter forankret i fjell, hver på ca. 28 m ²	550 m ²	1 100 m ²	-	550 m ²	2 200 m ²
Adkomstvei	Gjennomsnittlig 20 m bred med grøfter, fyllinger og skjæringer	-	-	1,6 km	600 m	2,2 km
Internveier	Gjennomsnittlig 10 m bred med grøfter, fyllinger og skjæringer	15 km	29 km	-	15 km	59 km
Skjæringer	I stor grad	-	-	-	-	-
Fyllinger	I stor grad	-	-	-	-	-
Oppstillingsplasser	80 (en per turbin) Gjennomsnittlig 2000 m ² inkl. hjelpekranplasser	96 000 m ²	48 000 m ²	-	16 000 m ²	160 000 m ²
Bygg	Transformatorstasjon (bygning 250 m ²) samlet opparbeidet areal	-	-	-	10 000 m ²	10 000 m ²
	Driftsbygg (bygning 600 m ²) samlet opparbeidet areal	-	-	-	1 200 m ²	1 200 m ²
Masseuttak	To	250 m ²	250 m ²	-	-	500 m ²
Masselager	Ingen	-	-	-	-	-
Nettilknytning	Jordkabler i internveinett	15 km	29 km	-	15 km	59 km
	Luftledning	-	-	1,5 km	-	1,5 km

Kilder: MTA-plan (Multiconsult, 2015), As-buitt kartfiler (Statkraft, u.d.) og intervju med Fosen Vind

Veier

Adkomstveien tar av fra Fv. 715 og går opp den bratte, skogkledd lia mot Austdalsbrotet og ender opp i området nær transformatorstasjonen øst for Skjertonna (Multiconsult, 2015). Adkomstveien er ca. 2,2 km lang og har en bredde på 6 meter, ikke medregnet møteplasser. Med skjæringer og fyllinger er veibredden til sammen i gjennomsnitt 20 meter.

Internveinettet i vindkraftverket, inklusive stikkveier til turbinene, har en samlet lengde på ca. 59 kilometer. Veienes bredde er 5 meter, med noe breddeutvidelse i krappe svinger og i kryss (Multiconsult, 2015). Total trasébredde (inkludert skjæringer og fyllinger) er i gjennomsnitt ca. 10 meter. Møteplasser er etablert med ca. 0,5 kilometer avstand.

Veien er bygget opp av sprengt eller stedegen stein og avrettet med knust masse. På myr er det vektlagt å lage permeable fyllinger.

Veiene er delvis lagt noe høyere enn omkringliggende terreng for å begrense behovet for skjæringer og grøf팅. Av landskapshensyn har en imidlertid sprengt seg ned i terrenget enkelte steder. Skjæringer er

forsøkt formet for å passe inn i omkringliggende terreng i den grad det har vært mulig. Der det har blitt ansett som naturlig, og det har vært tilgjengelige løsmasser (jord og torv), har disse blitt brukt på veifyllingene for å fremme naturlig revegetering (Multiconsult, 2015; Multiconsult, 2017).

Oppstillingsplasser og turbinfundamenter

Vindkraftverket har kranoppstillingsplasser for hver turbin. Samlet opparbeidet, gruslagt areal pr. turbin er ca. 2000 kvadratmeter, inkludert hjelpekranplassene som ligger langs veien inn mot hver enkelt oppstillingsplass. Turbinfundamentene er forankret i fjellet ved hjelp av forspente strekkstag.

Masselager og masseuttak

Det er ikke etablert masselager på Storheia. To av masseuttakene etter anleggsarbeidet står igjen i driftsfasen, og brukes som lager for grus til vedlikehold av veier m.m.

Bygg

Driftsbygget på Storheia er plassert i nærheten av transformatoranlegget, og er på ca. 250 kvadrat-

meter. Selve transformatorstasjonsbygningen er på ca. 600 kvadratmeter. Byggene ligger i et myrområde, og det er opparbeidet forholdsvis store arealer rundt byggene. Torvmassene er benyttet til arrondering av de opparbeidede arealene.

Nett

Turbinene er koblet sammen med kabelradialer. Disse, sammen med internt kabelnett og signalkabler, er lagt i grøft langs internveiene fram til transformatorstasjonen ved adkomstveien.

Storheia vindkraftverk er tilknyttet Storheia sentralnettstasjon via en ca. 1,5 kilometer lang luftledning som fører 132 kV.

3.4.2 Tiltak og kostnader ved revegetering (nivå 1)

I denne delen gir vi en beskrivelse av tiltak og tilhørende kostnader ved revegetering (nivå 1) av Storheia vindkraftverk. For beskrivelser av tilbakeføringsnivå vises det til kapittel 3.2.

Tabell 3-7 oppsummerer tiltak, omfang og anslåtte kostnader ved tilbakeføring til nivå 1. Under tabellen følger en beskrivelse av de ulike kostnads-komponentene.

Tabell 3-7: Tiltak og kostnader ved tilbakeføring av Storheia vindkraftverk til nivå 1. 2021-kroner

Inngrep	Tiltak	Omfang	Enhetspris	Kostnad totalt (per turbin)
Turbin-fundament	- Pigges ned til bakkenivå eller 0,5 meter under bakkenivå - Gjennomføres ifm. tilbakeføring av oppstillingsplasser	80 stk	150 kNOK/stk	12 MNOK (150 kNOK)
Veier	- Rufse alle inngrepsflater og runde veikropp og fyller grøfter i overgang til naturlig terreng - Vannsperrer i grøfter på myr - Revegetere områder	61 km	800 NOK/m	49 MNOK (610 kNOK)
Oppstillingsplasser	- Rufse alle inngrepsflater og runde flater i overgang til naturlig terreng - Vannsperrer i grøfter på myr - Revegetere områder	160 000 m ²	50 NOK/m ²	8 MNOK (100 kNOK)
Bygninger	Arrondere terreng rundt og under bygninger, og revegetere områder	11 000 m ²	50 NOK/m ²	0,6 MNOK (7 kNOK)
Masseuttak	Arrondere og revegetere områder	500 m ²	50 NOK/m ²	0,025 MNOK (0,3 kNOK)
Jordkabler	Grave opp kabelgater	59 km	200 NOK/m	12 MNOK (150 kNOK)
Luftledninger	Naturlig revegetering	1,5 km	-	-
Totalt				81 MNOK (1 015 kNOK)

På Storheia er samtlige 80 turbinfundamenter forankret i fjell. Turbinfundamenter pigges ned til bakkenivå. Forventet kostnad for dette er 150 000 kroner per fundament og totalt 12 millioner kroner.

Pakkede overflater på veier, oppstillingsplasser og områder der bygninger har stått rufses opp. Veikroppen og kanter på oppstillingsplasser rundes og grøfter fylles, slik at inngrepene ikke blir så tydelige i terrenget. Det etableres vannsperre i grøfter på store, flate myrer for å redusere drenering av slike. Omfang av revegetering vil avhenge av terrengetypen inngrepet ligger i, og hvor mye naturlig vegetasjon det

finnes i omkringliggende områder. På bart fjell er det antatt at ingenting revegeteres, mens det i hei-/fjellterreng med skrin jord er antatt at over halvparten av arealet revegeteres. Stedlige vekstmasser tas flekkvis fra veiskulder og tidligere istandsatte arealer og spres utover områder som skal revegeteres. Dersom det ikke er nok stedlige masser tilgjengelig, tilføres ikke-stedlig vekstmasser utenfra til områder som skal revegeteres, tilsvarende ca. 10 cm gjennomsnittlig dybde. Det transplanteres inn vegetasjonsflak fra omkringliggende istandsatte arealer eller naturområder, til områder som skal

revegeteres. I områder som er tilført ikke-stedlige masser, sås det til med lokale frøblandinger.

Enhetskostnadene for tilbakeføring av veier, oppstillingsplasser og områder rundt og under bygninger inkluderer eventuelt behov for tilføring av organiske masser utenfra og oppformering av stedeagne frøblandinger. For å fremskynde revegeteringsprosessen kan det også oppformeres lokale planter som plantes ut. Dette er ikke lagt til grunn i kostnadsestimatet. Et slikt tiltak er forventet å utgjøre en liten ekstrakostnad sammenlignet med øvrige kostnader ved tilbakeføring av områder.

Forventet kostnad for revegetering av veier er i gjennomsnitt 800 kroner per meter for kupert blandingsterreng. Dette gir en samlet kostnad for revegetering av veisystemet på Storheia på om lag 49 millioner kroner, tilsvarende 610 000 kroner per turbin.

Kostnaden for revegetering av oppstillingsplasser og områder under og rundt bygninger forventes å være 50 kroner per kvadratmeter. Dette utgjør en samlet kostnad på i underkant 8,6 millioner kroner, og tilsvarer i overkant av 100 000 kroner per turbin.

Jordkabler graves opp og fjernes. Kostnaden for dette er forventet å være ca. 200 kroner per meter. Samlet kostnad for fjerning av kabler er i underkant av 12 millioner kroner, tilsvarende ca. 150 000 kroner per turbin. Eventuelle inntekter ved salg av metall i kabler er ikke inkludert.

Det er lagt til grunn at mastefundament for luftledninger er pigget ned og fjernet i henhold til etablert forvaltningspraksis ved fjerning av luftledninger. Traséen der luftledningen har vært forutsettes at revegeteres naturlig uten tiltak, og det er ingen kostnader tilknyttet dette.

Åpne masseuttak arronderes, uten betydelig terrengforming, og revegeteres med tilgjengelige masser lokalt i området. Forventet kostnad for dette er 50 kroner per kvadratmeter, og utgjør totalt ca. 25 000 kroner eller 300 kroner per turbin.

Samlet kostnad for tilbakeføring av Storheia vindkraftverk til nivå 1 (revegetering) er estimert til om lag 81 millioner kroner, tilsvarende i overkant én millioner kroner per turbin.

3.4.3 Tiltak og kostnader ved terrengforming og revegetering (nivå 2)

I denne delen gir vi en beskrivelse av tiltak og tilhørende kostnader ved terrengforming og revegering (nivå 2) av Storheia vindkraftverk. For beskrivelser av tilbakeføringsnivå vises det til kapittel 3.2.

Tabell 3-8 oppsummerer tiltak, omfang og anslåtte kostnader ved tilbakeføring til nivå 2. Under tabellen følger en beskrivelse av de ulike kostnads-komponentene.

Tabell 3-8: Tiltak og kostnader ved tilbakeføring av Storheia vindkraftverk til nivå 2. 2021-kroner

Inngrep	Tiltak	Omfang	Enhetspris	Kostnad totalt (per turbin)
Turbin-fundament	- Pigges ned til bakkenivå eller 0,5 meter under bakkenivå - Gjennomføres ifm. tilbakeføring av oppstillingsplasser	80 stk	150 kNOK/stk	12 MNOK (150 kNOK)
Veier	- Forme og tilpasse terrenget - Rufse overflater - Vannsperrer i grøfter og permeable fyllinger på myr - Organiske matter - Revegetere områder	61 km	1750 NOK/m	107 MNOK (1 330 kNOK)
Oppstillingsplasser	- Forme og tilpasse terrenget - Rufse overflater - Revegetere områder - Vannsperrer i grøfter på myr	160 000 m ²	200 NOK/m ²	32 MNOK (400 kNOK)
Bygninger	- Forme og tilpasse terrenget - Rufse overflater - Revegetere områder - Vannsperrer i grøfter på myr	11 000 m ²	200 NOK/m ²	2 MNOK (28 kNOK)
Masseuttak	- Forme og tilpasse terrenget - Rufse overflater - Revegetere områder	500 m ²	200 NOK/m ²	0,1 MNOK (1 kNOK)
Jordkabler	Fjerne kabler	59 km	200 NOK/m	12 MNOK (150 kNOK)
Luftledninger	Naturlig revegetering	1,5 km	-	-
Totalt				165 MNOK (2 060 kNOK)

Tilbakeføring av områder til tilbakeføringsnivå 2 inkluderer de samme tiltakene som for tilbakeføringsnivå 1. I tillegg forventes det at det vil være behov for flytting av betydelig mengder masser lokalt i anlegget for å forme og tilpasse terrenget slik at det får mest mulig naturlig topografi og glir naturlig inn i omkringliggende landskap. Det innebærer blant annet å fjerne/jevne ut fyllinger og fylle inntil skjæringer. Grusmasser fra toppdekket på veier og inngrepsflater brukes til å mette steinfyllinger i formet terreng. Det er lagt til grunn at det ikke er behov for å transportere masser ut av vindkraftanlegget. Erosjonsutsatt toppjord stabiliseres med organiske matter. Det forventes at dette for Storheia særlig trengs for adkomstveien, som går i bratt terreng. Videre er det lagt til grunn at det etableres vannsperrer i grøfter og permeable fyllinger i myr, med unntak av grunne, bratte myrer der det forventes å ikke være gjennomførbart. Steinmasser tas ut for å etablere åpne vannspeil bak vannsperrer i myr. Masser tas ut til godt under vannnivå, og slik at det blir varierende dybde på vann (antatt i gjennomsnitt ca. en halv meter dypt). Kanter formes og revegeteres. Steinmasser tas også ut for å

etablere vannspeil der vann/tjern/våtmark er berørt. Bunn og kanter formes.

Som følge av at det ved tilbakeføringsnivå 2 gjennomføres arbeid som er betydelig mer ressurskrevende enn ved kun revegetering (nivå 1) er enhetskostnadene ved tilbakeføring høyere.

Tiltakene som er beskrevet over er forventet å medføre en kostnad på 1750 kroner per meter for tilbakeføring av veinettet som ligger i kupert blandingsterreng. Dette utgjør om lag 107 millioner kroner totalt, tilsvarende 1330 kroner per turbin. Kostnader ved forming og revegetering av oppstillingsplasser og områder under og rundt bygninger er forventet å være 200 kroner per kvadratmeter, tilsvarende om lag 32 millioner kroner totalt eller 400 000 kroner per turbin. Overskuddsmasser i anlegget vil benyttes til å fylle opp åpne masseuttak. Masseuttakene revegeteres deretter med lokale vekstmasser. Kostnaden for terrengforming og revegetering av masseuttak er forventet å være 200

kroner per kvadratmeter og utgjør totalt 100 000 kroner, tilsvarende 1250 kroner per turbin.

Samlet kostnad for tilbakeføring til nivå 2 for Storheia vindkraftverk er estimert til 165 millioner kroner, tilsvarende i overkant av to millioner kroner per turbin.

3.5 Egersund vindkraftanlegg

Egersund vindkraftanlegg ligger i Eigersund kommune i Rogaland. Byggingen av Egersund vindkraftverk ble påbegynt i august 2016, og anlegget ble satt i drift i 2018.

Vindkraftverket består av 33 turbiner og dekker et område på ca. 7 kvadratkilometer. Vindkraftverket er plassert i typisk kystterreng i Sørvest-Norge, med småkupert, treløst landskap. Terrengen er generelt

slakere og frodigere i den sørlige delen av vindkraftanlegget, i forhold til den nordlige delen. De høyestliggende delene av planområdet preges av bart berg, med spredt vegetasjon. Kystlynghei er dominerende naturtype (Ambio Miljørådgivning AS, 2007). I forsøkninger i terrenget er vegetasjonen mer sammenhengende. I tillegg til kystlynghei, finnes myr, vannforekomster og skog (hovedsakelig plantet barskog). Anlegget berører i svært begrenset grad områder med myr/våtmark og skog.

I søndre del av vindkraftverket er det etablert enkelte områder med dyrket mark.

3.5.1 Beskrivelse av inngrep

Tabell under viser en grov oversikt over omfang av naturinngrep fordelt på terrengtype for Egersund vindkraftverk.

Tabell 3-9: Grov oversikt over naturinngrep fordelt på terrengtype, Egersund vindkraftverk. Anslått areal

Inngrep	Beskrivelse	Bart fjell	Hei/ fjell med noe toppjord	Skog	Myr/våtmark	Totalt
Turbinfundament	33 fundament forankret i fjell, på ca. 35 m ²	-	1100 m ²	-	-	1100 m ²
Adkomst- og internveier	Gjennomsnittlig 20 m bred med grøfter, fyllinger og skjæringer ⁷	5 km	14 km	1 km	-	20 km
Skjæringer	I stor grad	-	-	-	-	-
Fyllinger	I betydelig grad	-	-	-	-	-
Oppstillingsplasser	33 stk. (en per turbin) Gjennomsnittlig areal 1500 m ²	-	49 500 m ²	-	-	49 500 m ²
Masseuttak	Tre stykk (tidligere fire, ett dyrket opp av grunneier)	-	5500 m ²	-	-	5500 m ²
Masselager	Ingen	-	-	-	-	-
Bygg	Transformatorstasjon (bygning 160 m ²) samlet opparbeidet areal	-	2200 m ²	-	-	2200 m ²
Nettilknytning	Jordkabler i internveinett	5 km	14 km	1 km	-	20 km
	Luftledning	-	3 km	5 km	-	8 km

Kilder: Norgebilder.no, 2021, MTA-plan (Rambøll, 2015), intervju med Norsk Vindenergi

Veier

Det er etablert ca. 20 kilometer vei i tilknytning til vindkraftverket. Veinettet består hovedsakelig av internveier. Det er svært begrenset med adkomstvei og denne skiller seg ikke materielt fra internveiene. Omtrent all vei er etablert på fjell.

I nordre del av anlegget er terrenget mer kupert enn i søndre del, og det er således mer fyllinger og skjæringer i nord.

Veinettet har en standard bredde på 4,5 meter, men i enkelte kurvaturer er bredden økt. Gjennomsnittlig

samlet bredde er 20 meter inkludert grøfter, fyllinger og skjæringer. Toppdekket på veiene består av velgradert grus. Enkelte steder i planområdet er veiene lagt inntil vannkant, gjerne ved småtjern (Norsk Vind Egersund AS, 2015).

Oppstillingsplasser og turbinfundamenter

Vindkraftverket har kranoppstillingsplasser for hver turbin. Oppstillingsplassene for hovedkranene er bygget med en størrelse på ca. 28 x 45 meter. Grunnet behov for tilleggsareal for adgang til turbintårn o.l., er totalt planert areal per turbin i

⁷ Basert på typetall for arealbehov for landbaser vindkraft (Miljødirektoratet, 2019)

området rundt 1500 kvadratmeter. Turbinfundamentet er basert på forankring med strekkstag direkte til fjell.

Masselager og masseuttak

Det er ikke etablert masselager i vindkraftanlegget. Det ble etablert fire masseuttak i forbindelse med utbygging av vindkraftverket, to i søndre del og to i nordre del av anlegget. Masseuttak ble etablert for å hente ut steinmasser til veibyggingen. Etter utbygging ble det etablert knuseverk for å lage toppdekket på veiene. Ett av de tidligere masseuttakene er dyrket opp av grunneier.

Bygg

Transformatorstasjonen i Egersund vindkraftverk er plassert i den nordlige delen av vindkraftverket og har et totalt areal på 160 kvadratmeter. Rundt bygningsmassen er det etablert fem parkeringsplasser for biler. Området rundt transformatorstasjonen har samme bæreevne og overflate som veiene.

Nett

Det interne kabelnettet er lagt i grøft i veiskulderen og er på totalt 20 kilometer.

Egersund vindkraftverk er tilknyttet Kjelland transformatorstasjon via en ca. 8 kilometer lang 132 kV luftledning. Luftledningene er i hovedsak bygget parallelt med eksisterende 300 kV høyspentledning. Ledningen klausulerer ulik bredde, hvorav om lag 7,2 kilometer har et rettighetsbelte på 29 meter og om lag 800 meter har et rettighetsbelte på 21 meter. Det klausulerte området består i hovedsak av kratt og skogbevakst utmark, men går også i enkelte områder i randsonen av dyrket mark.

3.5.2 Tiltak og kostnader ved revegetering (nivå 1)

I denne delen gir vi en beskrivelse av tiltak og tilhørende kostnader ved tilbakeføring til nivå 1 (revegering) for Egersund vindkraftverk. For beskrivelser av tilbakeføringsnivå vises det til kapittel 3.2.

Tabell 3-7 oppsummerer tiltak, omfang og anslåtte kostnader ved tilbakeføring av vindkraftverket. Under tabellen følger en beskrivelse av de ulike kostnadskomponentene.

Tabell 3-10: Tiltak og kostnader ved tilbakeføring av Egersund vindkraftverk til nivå 1. 2021-kroner

Inngrep	Tiltak	Omfang	Enhetspris	Kostnad totalt (per turbin)
Turbin-fundament	- Pigges ned til bakkenivå eller 0,5 meter under bakkenivå - Gjennomføres ifm. tilbakeføring av oppstillingsplasser	33 stk	150 kNOK/stk	5 MNOK (150 kNOK)
Veier	- Rufse alle inngrepsflater og runde veikropper og fyller grøfter i overgang til naturlig terreng - Revegetere områder	20 km	800 NOK/m	16 MNOK (480 kNOK)
Oppstillingsplasser	- Rufse alle inngrepsflater og runde flater i overgang til naturlig terreng - Revegetere områder	49 500 m ²	50 NOK/m ²	2 MNOK (75 kNOK)
Bygninger	Arrondere terreng rundt og under bygninger, og revegetere områder	2 200 m ²	50 NOK/m ²	0,1 MNOK (3 kNOK)
Masseuttak	Arrondere og revegetere områder	5 500 m ²	50 NOK/m ²	0,3 MNOK (8 kNOK)
Jordkabler	Grave opp kabelgater	20 km	200 NOK/m	4 MNOK (120 kNOK)
Luftledninger	Naturlig revegetering	8 km	-	-
Totalt				28 MNOK (840 kNOK)

Gjennomføring av tiltak ved tilbakeføring av Egersund vindkraftverk er i hovedsak de samme som ved tilbakeføring av Storheia vindkraftverk. For en mer

utfyllende beskrivelse av disse vises det til kapittel 3.4.

I Egersund vindkraftverk er samtlige 33 turbin-fundamenter forankret i fjell. Turbinfundamenter pigges ned til bakkenivå. Forventet kostnad for dette er 150 000 kroner per fundament og totalt ca. 5 millioner kroner.

Forventet kostnaden for revegetering av veier er i gjennomsnitt 800 kroner per meter. Veisystemet går i kupert blandingsterreng. Dette gir en samlet kostnad for revegetering av vei på 16 millioner kroner, tilsvarende om lag en halv million kroner per turbin.

Kostnaden for bearbeiding og klargjøring for revegetering av oppstillingsplasser og områder under og rundt bygninger forventes å være 50 kroner per kvadratmeter. Dette utgjør en samlet kostnad på ca. 2,6 millioner kroner, tilsvarende i underkant av 80 000 kroner per turbin.

Jordkabler graves opp og fjernes. Kostnaden er forventet å være i gjennomsnitt 200 kroner per meter. Samlet kostnad for dette er i underkant av 4 millioner kroner, tilsvarende ca. 120 000 kroner per turbin. Eventuelle inntekter knyttet til salg av metall i kabler er ikke inkludert.

Det er lagt til grunn at mastefundament for luftledninger er pigget ned og fjernet i henhold til etablert forvaltningspraksis ved fjerning av luftledninger. Traséen der luftledningen har vært, revegeteres naturlig uten tiltak, og det er ingen kostnader tilknyttet dette.

Åpne masseuttak arronderes, uten betydelig terrengforming, og revegeteres med tilgjengelige, lokale masser. Forventet kostnad for dette er 50 kroner per kvadratmeter, og utgjør totalt 275 000 kroner eller i overkant av 8 000 kroner per turbin.

Samlet kostnad for tilbakeføring av Egersund vindkraftverk til nivå 1 (revegetering) er estimert til om lag 28 millioner kroner, tilsvarende 840 000 kroner per turbin.

Enhetskostnadene for tilbakeføring av naturinngrep for Egersund vindkraftverk er forventet å være i samme størrelsesordens som for Storheia vindkraftverk. Naturinngrepene er imidlertid noe mindre per turbin enn for Storheia, og kostnaden per turbin for tilbakeføring av naturområder er som følge forventet å være noe lavere for Egersund.

3.5.3 Tiltak og kostnader ved terrengforming og revegetering (nivå 2)

I denne delen gir vi en beskrivelse av tiltak og tilhørende kostnader ved tilbakeføring til nivå 2 (terrengforming og revegetering) for Egersund vindkraftverk. For beskrivelser av tilbakeføringsnivå vises det til kapittel 3.2.

Tabell 3-11 oppsummerer tiltak, omfang og anslåtte kostnader ved tilbakeføring av vindkraftverket. Under tabellen følger en beskrivelse av de ulike kostnads-komponentene.

Tabell 3-11: Tiltak og kostnader ved tilbakeføring av Egersund vindkraftverk til nivå 2. 2021-kroner

Inngrep	Tiltak	Omfang	Enhetspris	Kostnad totalt (per turbin)
Turbin-fundament	- Pigges ned til bakkenivå eller 0,5 meter under bakkenivå - Gjennomføres ifm. tilbakeføring av oppstillingsplasser	33 stk	150 kNOK/stk	5 MNOK (150 kNOK)
Veier	- Forme og tilpasse terrenget - Rufse overflater - Organiske matter - Revegetere områder	20 km	1750 NOK/m	35 MNOK (1 060 kNOK)
Oppstillingsplasser	- Forme og tilpasse terrenget - Rufse alle overflater - Revegetere områder	49 500 m ²	200 NOK/m ²	10 MNOK (300 kNOK)
Bygninger	- Forme og tilpasse terrenget - Rufse overflater - Revegetere områder	2 200 m ²	200 NOK/m ²	0,4 MNOK (13 kNOK)
Masseuttak	- Forme og tilpasse terrenget - Rufse overflater - Revegetere områder	5 500 m ²	200 NOK/m ²	1 MNOK (30 kNOK)
Jordkabler	Fjerne kabler	20 km	200 NOK/m	4 MNOK (120 kNOK)
Luftledninger	Naturlig revegetering	8 km	-	-
Totalt				55 MNOK (1 680 kNOK)

Ved tilbakeføring av Egersund vindkraftverk til nivå 2 er gjennomføring av tiltak i hovedsak de samme som ved tilbakeføring til nivå 2 for Storheia vindkraftverk, se beskrivelse i kapittel 3.4. Et unntak er at det i ubetydelig grad er tilbakeføring av myr/våtmark i Egersund, og tiltak forbundet med dette er derfor ikke inkludert.

Tiltak ved tilbakeføring til nivå 2 er forventet å medføre en kostnad på 1750 kroner per meter vei. Samlet kostnad ved tilbakeføring av veier er 35 millioner kroner, tilsvarende om lag i overkant av 1 million kroner per turbin.

Kostnader ved forming og revegetering av oppstillingsplasser, under og rundt bygning og masseuttak er forventet å være 200 kroner per kvadratmeter. Dette tilsvarer totalt i overkant av 10 millioner kroner eller ca. 310 000 kroner per turbin.

Kostnaden ved fjerning av kabler er tilsvarende som ved tilbakeføring til nivå 1.

Samlet kostnad for tilbakeføring til nivå 2 for Egersund vindkraftverk er anslått til om lag 55 millioner kroner totalt, tilsvarende ca. 1,7 millioner kroner per turbin.

Ved tilbakeføring til nivå 2 er kostnaden per turbin ved tilbakeføring av naturområder for Egersund vindkraftverk forventet å være noe lavere enn for Storheia vindkraftverk. Årsaken til dette er at omfanget av naturinngrep per turbin er noe mindre for Egersund vindkraftverk, enn for Storheia vindkraftverk. Enhetskostnadene som er lagt til grunn er i samme størrelsesorden.

3.6 Raskiftet vindkraftanlegg

Raskiftet vindkraftanlegg ligger i Trysil og Åmot kommuner, vest for Osensjøen i Innlandet fylke. Byggingen av Raskiftet startet høsten 2016, og vindkraftverket ble satt i drift i desember 2018.

Raskiftet vindkraftverk ligger i et område med skogkledte åser og store landskapsformasjoner. De høyereliggende delene består i stor grad av store, sammenhengende myrområder som delvis er bevokst med furu og gran, samt noe løvskog. Veiene har blitt lagt utenfor myrene, i den grad det har latt seg gjøre, men noen rene myrområder og skogbevokste myrer er likevel berørt. Traseen for nettilknytningen går nesten utelukkende gjennom skogsområder. Vindkraftverket består av 31 turbiner og planområde er på 27 kvadratkilometer.

3.6.1 Beskrivelse av inngrep

Tabell under viser en grov oversikt over naturinngrep i forbindelse med Raskiftet vindkraftverk. Disse inngår i

beregningen av kostnader for tilbakeføring av områder.

Tabell 3-12. Grov oversikt over naturinngrep fordelt på terrengtype, Raskiftet vindkraftverk. Anslått areal

Inngrep	Beskrivelse	Bart fjell	Hei/ fjell med noe toppjord	Skog	Myr/våtmark	Totalt
Turbinfundament	31 totalt, 23 gravitasjons ⁸ - og 8 fjellfundamenter (hhv. ca. 24 m ² og 64 m ²)	-	-	1 000 m ²	64 m ²	1 064 m ²
Adkomst- og internvei	Gjennomsnittlig 20 m inngrepsbredde i flatt terreng	-	-	27 km	5 km	32 km
Skjæringer	Få skjæringer	-	-	-	-	-
Fyllinger	Få fyllinger	-	-	-	-	-
Oppstillingsplasser	31 stk. (en per turbin) Gjennomsnittlig 2 daa	-	-	62 000 m ²	2 000 m ²	64 000 m ²
Masseuttak	To masseuttak, ett i nord (ca. 3 daa) og ett i søndre del (ca. 2 daa)	-	-	5 000 m ²		5 000 m ²
Masselager	Ingen	-	-	-		-
Bygg	Transformatorstasjon ca. 110 m ² . Opparbeidet areal anslått til 2 daa	-	-	2 000 m ²		2 000 m ²
	Driftsbygg ca. 150 m ² , lokalisert ved masseuttak	-	-	Inkludert areal i masseuttak	-	-
Netttilknytning	Jordkabler i internveinett	-	-	25 km	5 km	30 km
	Luftledning	-	-	17 km		17 km

Kilder: MTA-plan (Austri Raskiftet DA, 2016), Kilden (NIBIO, 2021), Plan för återställning mark (OX2, 2019), Konsekvensutredning, intervju med OX2

Veier

I forbindelse med byggingen av Raskiftet vindkraftverk, ble eksisterende veier i området oppgradert og benyttet som adkomstveier. Det ble bygget ca. 2,8 kilometer ny adkomstvei.

Internveinettet består av ca. 30 kilometer nybygd vei og ca. 3,5 kilometer eksisterende vei. Eksisterende veistrekninger ble oppgradert i forbindelse med utbyggingen. Det er lagt til grunn at eksisterende vei ikke skal tilbakeføres.

Både adkomst- og internveier er etablert med 4,5 meter bred kjørebane. Veiene er noe bredere i enkelte kurvaturer og i partier med stor stigning, i kryss og ved møteplasser. Inngrepsbredde, inkludert grøfter og berørt sideterreng, er normalt 20 meter.

Oppstillingsplasser og turbinfundamenter

Det er etablert 31 vindturbiner. 23 av disse er utført med gravitasjonsfundamenter og åtte med fjellfundamenter. Beregnet areal for gravitasjonsfundamentene, basert på oversendte tegninger, er ca.

24 kvadratmeter for de øverste 50 cm av fundamentet. Basis er på ca. 216 kvadratmeter. Overflaten på fjellfundamentene er ca. 64 kvadratmeter.

Oppstillingsplassene for kraner og turbinfundamenter beslaglegger i gjennomsnitt et areal på 2 000 kvadratmeter per turbin.

Masselager og masseuttak

Det er ikke etablert masselager i vindkraftanlegget. Det ble etablert tre masseuttak i anleggsfasen. Masseuttaket i midtre deler av vindkraftverket er istandsatt i sin helhet, mens masseuttakene i sør og nord er delvis istandsatt.

Gjenstående, planerte områder i de tidligere masseuttakene skal benyttes til lager (bl.a. for grus), riggområder og andre formål gjennom driftsfasen. Totalt areal som må tilbakeføres ved nedleggelse er anslått til totalt ca. 5 000 kvadratmeter, inkludert driftsbygg med garasje.

⁸ Beregnet areal for gravitasjonsfundament for de øverste 50 cm av fundamentet, basert på oversendte tegninger fra vindkrafteier. Basis vil være ca. 216 m², så ved krav om å gjerne mer enn 0,5 meter vil arealet være større.

Bygg

Transformatorstasjonen er lokalisert på andre siden av veien for masseuttak etablert i nordre del av anlegget. Opparbeidet areal er målt til 2 000 kvadratmeter.

Driftsbygg er etablert i forlengelsen av masseuttak i nordre del av anlegget og areal er inkludert i anslag for opparbeidet areal for masseuttak.

Nett

Det interne kabelnettet er lagt i grøft i veiskulderen og er på totalt 30 kilometer.

Transformatorstasjonen i Raskiftet vindkraftverk er tilknyttet nettet via en 17 kilometer lang luftledning.

3.6.2 Tiltak og kostnader ved revegering (nivå 1)

I denne delen gir vi en beskrivelse av tiltak og tilhørende kostnader ved tilbakeføring til nivå 1 (revegering) for Raskiftet vindkraftverk. For beskrivelser av tilbakeføringsnivå vises det til kapittel 3.2.

Tabell 3-7 oppsummerer tiltak, omfang og anslåtte kostnader ved tilbakeføring av vindkraftverket. Under tabellen følger beskrivelse av kostnadskomponenter.

Tabell 3-13: Tiltak og kostnader ved tilbakeføring av Raskiftet vindkraftverk til nivå 1. 2021-kroner

Inngrep	Tiltak	Omfang	Enhetspris	Kostnad totalt (per turbin)
Turbin-fundament	- Pigges ned til bakkenivå eller 0,5 meter under bakkenivå - Gjennomføres ifm. tilbakeføring av oppstillingsplasser	31 stk	150 kNOK/stk	3,5 MNOK (150 kNOK)
Veier	- Rufse alle inngrepsflater og runde veikropp og fyller grøfter i overgang til naturlig terreng - Vannsperrer i grøfter på myr - Revegetere områder	27 km i skog	500 NOK/m	14 MNOK (440 kNOK)
Oppstillingsplasser	- Rufse alle inngrepsflater og runde flater i overgang til naturlig terreng - Vannsperrer i grøfter på myr - Revegetere områder	5 km i myr	600 NOK/m	3 MNOK (100 kNOK)
Bygninger	Arrondere terreng rundt og under bygninger, og revegetere områder	64 000 m ²	30 NOK/m ²	2 MNOK (60 kNOK)
Masseuttak	Arrondere og revegetere områder	5 000 m ²	30 NOK/m ²	0,2 MNOK (5 kNOK)
Jordkabler	Grave opp kabelgater	30 km	200 NOK/m	6 MNOK (190 kNOK)
Luftledninger	Naturlig revegetering	17 km	-	-
Totalt				29 MNOK (900 kNOK)

Gjennomføring av tiltak ved tilbakeføring av Raskiftet vindkraftverk er i hovedsak de samme som ved tilbakeføring av Storheia og Egersund vindkraftverk. Hovedforskjellen er at det forventes å være god tilgang på vekstmasser lokalt i anlegget som følge av at det ligger i skogs- og myrterreng, og det forventes ikke å være behov for å tilføre organiske vekstmasser eller å benytte tilsåing med lokal gressfrøblanding. Enhetskostnadene for gjennomføring av tiltak er som følge forventet å være lavere enn de to overnevnte vindkraftprosjektene. Omfanget av inngrepsflater, både veier og oppstillingsplasser, skiller seg også i

noe grad fra Storheia og Egersund ved at disse er større per turbin. Dette gjelder også for omfanget av jordkabler.

Raskiftet vindkraftverk består av 31 turbiner, der 23 er forankret i fjell og 8 fundamenter er gravitasjonsfundamenter. Forutsatt at det ikke er krav om at gravitasjonsfundamenter skal fjernes mer enn en halv meter over bakkenivå er forventet kostnad ved fjerning av de to type turbinfundamentene i samme størrelsesorden, anslått til 150 000 per fundament og totalt 3,5 millioner kroner.

Forventet kostnad for revegetering av veier er 500 kroner per meter i skogsterreng med relativt god tilgang på vekstmasser og noe høyere for myr-områder på grunn av tetting av drenerende grøfter, i gjennomsnitt 600 kroner per meter. Veisystemet i vindkraftverket går i hovedsak i skogsterreng. Dette gir en samlet kostnad for revegetering av vei på om lag 17 millioner kroner, tilsvarende ca. en halv million kroner per turbin.

Kostnaden for bearbeiding og klargjøring for revegetering av oppstillingsplasser og områder under og rundt bygninger forventes å være i gjennomsnitt 30 kroner per kvadratmeter, det vil si 60 prosent av kostnaden ved tilbakeføring av lignende type inngrep for Storheia og Egersund vindkraftverk. God tilgang på vekstmasse er bakgrunnen til at det forventes at tilbakeføring av områder vil være mindre ressurskrevende for Raskiftet. Områdene som skal tilbakeføres utgjør totalt 60 kvadratmeter og tiltaket utgjør en samlet kostnad på 2 millioner kroner, tilsvarende ca. 60 000 kroner per turbin.

Jordkabler graves opp og fjernes. Kostnaden for dette er forventet å være i gjennomsnitt 200 kroner per meter. Samlet kostnad for dette er 6 millioner kroner, tilsvarende ca. 190 000 kroner per turbin. Eventuelle inntekter knyttet til salg av metall i kabler er ikke inkludert. Dette vil redusere nettokostnaden knyttet til fjerning av kabler

Det er lagt til grunn at mastefundament for luftledninger er pigget ned og fjernet i henhold til etablert forvaltningspraksis ved fjerning av

luftledninger. Traséen der luftledningen har vært revegeteres naturlig uten tiltak, og det er ingen kostnader tilknyttet dette.

Åpne masseuttak arronderes (uten betydelig terrengforming) og revegeteres med tilgjengelige lokale masser. Forventet kostnad for dette er 30 kroner per kvadratmeter, og utgjør totalt ca. 200 000 kroner eller ca. 5 000 kroner per turbin.

Samlet kostnad for tilbakeføring av Raskiftet vindkraftverk til nivå 1 (revegetering) er estimert til om lag 29 millioner kroner, tilsvarende 900 000 kroner per turbin.

Enhetskostnadene for tilbakeføring av naturinngrep for Raskiftet vindkraftverk er forventet å være noe lavere enn for Storheia og Egersund vindkraftverk. Naturinngrepene er imidlertid noe større per turbin og kostnaden for tilbakeføring av naturområder er forventet å være i samme størrelsesorden som for Egersund vindkraftverk.

3.6.3 Tiltak og kostnader ved terrengforming og revegetering (nivå 2)

I denne delen gir vi en beskrivelse av tiltak og tilhørende kostnader ved tilbakeføring til nivå 2 (terrengforming og revegetering) for Raskiftet vindkraftverk. For beskrivelser av tilbakeføringsnivå vises det til kapittel 3.2.

Tabell 3-11 oppsummerer tiltak, omfang og anslåtte kostnader ved tilbakeføring av vindkraftverket. Under tabellen følger en beskrivelse av de ulike kostnadskomponentene.

Tabell 3-14: Tiltak og kostnader ved tilbakeføring av Raskiftet vindkraftverk til nivå 1. 2021-kroner

Inngrep	Tiltak	Omfang	Enhetspris	Kostnad totalt (per turbin)
Turbin-fundament	- Pigges ned til bakkenivå eller 0,5 meter under bakkenivå - Gjennomføres ifm. tilbakeføring av oppstillingsplasser	31 stk	150 kNOK/stk	3,5 MNOK (150 kNOK)
Veier	Forme og tilpasse terrenget	27 km i skog	900 NOK/m	24 MNOK (780 kNOK)
	Rufse alle overflater			
	Vannsperrer i grøfter og permeable fyllinger på myr	5 km i myr	1 100 NOK/m	6 MNOK (180 kNOK)
	Revegetere områder			
Oppstillingsplasser	Forme og tilpasse terrenget	60 000 m ²	120 NOK/m ²	7 MNOK (230 kNOK)
	Rufse overflater			
	Revegetere områder			
	Vannsperrer i grøfter på myr			
Bygninger	Forme og tilpasse terrenget	2 000 m ²	120 NOK/m ²	0,2 MNOK (8 kNOK)
	Rufse overflater			
	Revegetere områder			
Masseuttak	Forme og tilpasse terrenget	5 000 m ²	120 NOK/m ²	0,6 MNOK (20 kNOK)
	Rufse overflater			
	Revegetere områder			
Jordkabler	Fjerne kabler	30 km	200 NOK/m	6 MNOK (190 kNOK)
Luftledninger	Naturlig revegetering	17 km	-	-
Totalt				48 MNOK (1 560 kNOK)

Ved tilbakeføring av Raskiftet vindkraftverk til nivå 2 er gjennomføring av tiltak i hovedsak også de samme som ved tilbakeføring til nivå 2 for Storheia og Egersund. Hovedforskjellen er at terrenget i Raskiftet vindkraftverk er relativt flatt og det er begrenset med skæringer og fyllinger, noe som reduserer transportbehovet ved tilbakeføring av områder. Det forventes også å være god tilgang på vekstmasser lokalt i anlegget i Raskiftet, som følge av at det ligger i skogs- og myrterreng. Det forventes derfor ikke å være behov for å tilføre organiske vekstmasser eller å benytte tilsåing med lokal gressfrøblanding. Det antas heller ikke å være behov for å benytte organiske matter til stabilisering av erosjonsutsatte flater.

Tiltak ved tilbakeføring til nivå 2 er forventet å medføre en kostnad på 900 kroner per meter vei i skogsterreng og 1 100 kroner per meter vei i myr-områder. Samlet kostnad for tilbakeføring av veier er i underkant av 30 millioner kroner, tilsvarende om lag 960 000 kroner per turbin.

Kostnader ved forming og revegetering av oppstillingsplasser, under og rundt bygning og masseuttak er forventet å være 120 kroner per

kvadratmeter, tilsvarende 60 prosent av kostnaden for tilbakeføring av samme type inngrep for Storheia og Egersund vindkraftverk som følge av flatere terreng og god tilgang til vekstmasse. Samlet kostnad for dette er estimert til om lag 7 millioner kroner, tilsvarende 230 000 kroner per turbin.

I tillegg tilkommer kostnader til fjerning av turbiner og fjerning av jordkabler som er de samme som for tilbakeføring til nivå 1.

Samlet kostnad for tilbakeføring til nivå 2 for Raskiftet vindkraftverk er anslått til totalt 48 millioner kroner, tilsvarende om lag 1,5 millioner kroner per turbin.

Ved tilbakeføring til nivå 2 er også enhetskostnadene forventet å være noe lavere enn for Egersund og Storheia vindkraftverk, mens kostnaden per turbin for tilbakeføring av naturområder er forventet å ligge i samme størrelsesorden som for Egersund vindkraftverk.

3.7 Tilbakeføring av vindkraftverk i blokklandskap

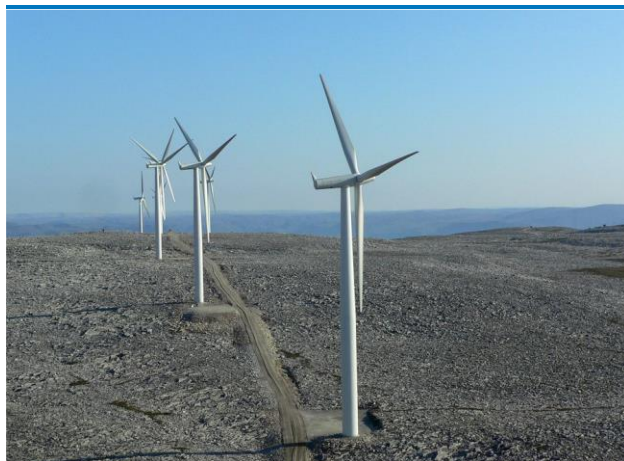
Enkelte vindkraftverk i Norge er lokalisert i områder preget av blokklandskap, blant annet Kjøllefjord vindkraftverk. Sammenlignet med øvrige terrengtyper forventer vi at det generelt vil være enklere å tilbakeføre blokklandskap. I denne delen gir vi en overordnet, forenklet vurdering av tilbakeføring av Kjøllefjord vindkraftverk.

3.7.1 Kjøllefjord vindkraftverk

Kjøllefjord vindkraftverk er lokalisert på Gartefjellet, sør for Kjøllefjord i Lebesby kommune i Troms og Finnmark. Vindkraftverket består av 17 turbiner og dekker et planområde på 1,6 kvadratkilometer.

Vindkraftanlegget ligger i en høyde over havet varierende mellom ca. 230 og 300 meter. Området består nesten utelukkende av steinur/blokkmark, se bilder i Figur 3-4.

Figur 3-4. Bilder fra Kjøllefjord vindkraftverk



Kilde: TU.no, 2006 (bilde til venstre) og Statkraft, u.d. (bilde til høyre)

Kjøllefjord vindkraftanlegg består av 17 turbiner à 2,3 MW. Tabell 3-15 oppsummerer anslått veilengde og areal som er direkte berørt av vindkraftverket. Arealberegningene er hentet fra konsesjonssøknaden (Statkraft, 2003).

Tabell 3-15. Anslag berørt areal fordelt på tiltak

Naturinngrep	Omfang
Adkomst- og internveier	8 km
Oppstillingsplasser	20 000 m ²
Transformatorstasjon og servicebygg	2000 m ²
Jordkabel	Ca. 6,2 km

Kilde: (Statkraft, 2003)

Antall kilometer vei er anslått til 8 kilometer. I konsesjonssøknaden er det oppgitt at det vil bli anlagt 3 til 6 km internveier i vindparken og en ca. 3,5 km lang adkomstvei (Statkraft, 2003).

3.7.2 Tiltak og kostnader ved tilbakeføring

En forenklet vurdering av tiltak og kostnader for tilbakeføring av Kjøllefjord vindkraftverk til nivå 1 og nivå 2 er vist i henholdsvis Tabell 3-16 og Tabell 3-17.

Tabell 3-16: Tiltak og kostnader ved tilbakeføring av Kjøllefjord vindkraftverk til nivå 1. 2021-kroner

Inngrep	Tiltak	Omfang	Enhetspris	Kostnad totalt (per turbin)
Turbin-fundament	- Pigges ned til bakkenivå - Gjennomføres ifm. tilbakeføring av oppstillingsplasser	17 stk	150 kNOK/stk	3 MNOK (150 kNOK)
Veier	Tilpasse overflate	8 km	300 NOK/m	2 MNOK (140 kNOK)
Oppstillingsplasser	Tilpasse overflate	20 000 m ²	25 NOK/m ²	0,5 MNOK (30 kNOK)
Bygninger	Tilpasse overflate	2 000 m ²	25 NOK/m ²	0,05 MNOK (3 kNOK)
Jordkabler	Fjerne kabler	6,2 km	200 NOK/m	1 MNOK (70 kNOK)
Luftledninger	Ingen tiltak	17 km	-	-
Totalt				7 MNOK (400 kNOK)

Tabell 3-17: Tiltak og kostnader ved tilbakeføring av Kjøllefjord vindkraftverk til nivå 2. 2021-kroner

Inngrep	Tiltak	Omfang	Enhetspris	Kostnad totalt (per turbin)
Turbin-fundament	- Pigges ned til bakkenivå - Gjennomføres ifm. tilbakeføring av oppstillingsplasser	17 stk	150 kNOK/stk	3 MNOK (150 kNOK)
Veier	Forme og tilpasse terreng og overflate	8 km	700 NOK/m	6 MNOK (330 kNOK)
Oppstillingsplasser	Forme og tilpasse terreng og overflate	20 000 m ²	100 NOK/m ²	2 MNOK (120 kNOK)
Bygninger	Forme og tilpasse terreng og overflate	2 000 m ²	100 NOK/m ²	0,2 MNOK (12 kNOK)
Jordkabler	Fjerne kabler	6,2 km	200 NOK/m	1 MNOK (70 kNOK)
Luftledninger	Ingen tiltak	17 km	-	-
Totalt				12 MNOK (680 kNOK)

Tilbakeføring til nivå 1 omfatter i hovedsak at turbinfundament pigges ned til bakkenivå og stedlig naturstein tas fra omkringliggende områder og legges over veier, oppstillingsplasser og andre inngrepsflater. Større stein bør legges ut med klype med riktig side opp (med lav- og mose).

Tilbakeføring til nivå 2 innebærer at turbinfundament pigges ned til bakkenivå og at veier og andre inngrepsflater formes og tilpasses omkringliggende terreng. Det er lagt til grunn at grusmasser fra toppdekket på veier/inngrepsflater brukes til å mette steinfylling i formet terreng. Steinstørrelser i overflaten på tilbakeførte områder bør i størst mulig grad sammenfalle med omkringliggende blokkmark. Stedlig naturstein legges på til slutt (tas om nødvendig spredt

fra omkringliggende områder). Større stein bør legges ut med klype med riktig side opp (med lav- og mose). I kostnadsestimatet er det lagt til grunn at det ikke vil være behov for å transportere inn eller ut masser av anlegget.

Kostnader for å fjerne turbinfundamenter er forventet å være 150 000 kroner per fundament og utgjør totalt om lag tre millioner kroner. Forventet kostnaden ved fjerning av turbinfundamenter er den samme for begge tilbakeføringsnivåer og i samme størrelsesorden som for øvrige eksempelprosjekt.

Videre forventer vi at kostnaden for å tilbakeføre veier, oppstillingsplasser og andre inngrepsflater ligger noe lavere ved tilbakeføring av blokklandskap

enn for tilsvarende elementer i skogsområder. Dette fordi det kun vil være behov for flytting av masser, og ingen revegetering. Forventet kostnad for tilbakeføring av veier er 300 kroner per meter for nivå 1 og 700 kroner per meter for nivå 2. Dette utgjør totalt henholdsvis om lag 2 og 6 millioner kroner, som tilsvarer 140 000 kroner og 330 000 kroner per turbin.

Forventet kostnad ved å tilbakeføre oppstillingsplasser og områder rundt og under bygninger er forventet å være i gjennomsnitt 25 kroner per kvadratmeter for tilbakeføring til nivå 1 og 100 kroner per kvadratmeter for tilbakeføring til nivå 2.

For tilbakeføring til nivå 1 er kostnaden i samme størrelsesorden som for skogsterreng med god tilgang på vekstmasser da vi forventer at ressursbruken vil være omtrent den samme for disse to terrengetypene. Ved tilbakeføring til nivå 2 forventer vi at det vil være mindre ressurskrevende å tilbakeføre områder i blokklandskap enn øvrige terrengetyper, og at kostnaden ved tilbakeføring vil være om lag halvparten av kostnaden ved tilbakeføring av områder i kupert terreng og ligger 20 kroner lavere enn ved tilbakeføring av områder i skogsterreng. Samlet kostnad for tilbakeføring av oppstillingsplasser og bygninger er i overkant av totalt en halv million eller 32 000 kroner per turbin for nivå 1. Ved tilbakeføring til nivå 2 er samlet kostnad i overkant av 2 millioner kroner og ca. 120 000 kroner per turbin.

Kostnaden ved fjerning av kabler er, som for øvrige vindkraftparker, forventet å være i gjennomsnitt 200 kroner per meter og den samme ved tilbakeføringsnivå 1 og 2. Dette utgjør for Kjøllefjord en total kostnad rundt en million kroner, tilsvarende ca. 70 000 kroner per turbin.

Samlet kostnad for tilbakeføring til nivå 1 for Kjøllefjord vindkraftverk er beregnet til i underkant av 7 millioner kroner totalt, tilsvarende ca. 400 000 kroner per turbin. Ved tilbakeføring til nivå 2 er samlet kostnad beregnet til i overkant av 12 millioner kroner totalt, tilsvarende 680 000 kroner per turbin.

3.8 Usikkerhet i kostnadsestimatene

3.8.1 Forenklet vurdering

Metodene som ligger til grunn for kostnadsestimatene i denne rapporten er svært forenklet, og ikke nødvendigvis gjennomførbare eller ønskelige å benytte ved tilbakeføring av et enkelt område/vindkraftverk i praksis. I planleggingen av tilbakeføring av områder må det gjøres en nærmere vurdering av egnede metoder og nivå for tilbakeføring for det enkelte vindkraftverk, og aktuelle tilbakeføringsmetoder/-tiltak bør prøves ut nærmere for å innhente erfaringer før de tas i bruk i stor skala.

Eksempel på et tema vi mener bør analyseres grundig er tilgang på egnet substrat/jord, og alternativer dersom det mangler. Eksempel på viktige premisser ved en slik vurdering er blant annet hvilken etterbruk som er ønsket av området. Det kreves også mer kunnskap om erfaringer med ulike metoder, og det vil trenge videre forskning og kontinuerlig erfaringsinnhenting for å kunne øke kunnskapsnivået om metoder for tilbakeføring av vindkraftverk i Norge.

Som et eksempel på forenklinger som er gjort i rapporten, kan tilgang på egnet substrat nevnes. Det er i vurderingene tatt utgangspunkt i at det er underskudd på stedlige vekstmasser i flere terrengetyper, og at dette dekkes opp ved at vekstmasser tilføres utenfra eller lages/forbedres ved å tilføre organisk materiale eller næring. I praksis forventer vi at dette ikke vil være mulig, hensiktsmessig eller ønskelig for mange vindkraftverk i Norge grunnet for eksempel vanskeligheter med å finne egnede materialer, risiko for uheldige virkninger og/eller usikkert restaureringsresultat.

Et annet eksempel på en forenkling med usikkert tilbakeføringsresultat som er gjort i utredningen er å la grusdekket ligge igjen på inngrepsflater som veier og oppstillingsplasser ved tilbakeføringsnivå 1. Erfaringer fra tilbakeføring av blant annet Hjerkinnskytefelt (Hagen, et al., 2019) tilsier at vegetasjons-etablering i grus (der i form av gruvegrus) som toppsubstrat går svært sakte. Denne og alternative metoder for tilbakeføring bør utprøves nærmere før de tas i bruk i stor skala.

3.8.2 Gjenbruk av infrastruktur

Intervjuobjektene våre viser til at veier som blir etablert i forbindelse med vindkraftverk erfaringsmessig i stor grad blir tatt i bruk av både grunneiere og til rekreasjonsformål av allmenheten. I flere tilfeller, som for eksempel ved Midtfjellet vindkraftverk, er det gjort avtaler med grunneier om å overta internveier etter endt konsesjon. Intervjuobjektene peker på at det etter deres vurdering er stor sannsynlighet for at berørte interessenter ønsker å beholde veinettet ved en eventuell avvikling av vindkraftverket. Vi har i denne rapporten ikke vurdert dette videre, ettersom vurdering av gjenbruk av infrastrukturen ikke er en del av oppdraget som ligger til grunn for denne utredningen.

3.9 Samlet vurdering

Det er lite erfaringstall på hva det koster å tilbakeføre naturområder i større skala. Erfaringstallene som foreligger, blant annet fra tilbakeføring av Hjerkinnskytefelt, er forventet å være lavere enn kostnader ved tilbakeføring av inngrep i forbindelse med nedlegging av vindkraftverk. Bakgrunnen for dette er at inngrep som gjøres i forbindelse med utbygging av

vindkraftverk er mer omfattende. Vindkraftverk i Norge er i stor grad lokalisert i kuperte områder på fjellet/i kystnære strøk. Etablering av infrastruktur og konstruksjoner i slikt terreng er preget av stor grad av skjæringer og fyllinger. Kravene til dimensjonering av veier og annen infrastruktur for frakt og montering av tunge turbiner fører også til at veier og andre områder som skal tilbakeføres er relativt omfattende.

Enkelte vindkraftverk er imidlertid etablert i mindre kuperte områder, for eksempel i innlandsterreng preget av skog og myr hvor det er god tilgang på vekstmasser. Disse forventes å være mindre ressurskrevende å tilbakeføre.

Den viktigste kostnadsdriveren ved tilbakeføring av områder er transportbehovet, altså behovet for flytting av masser. Dette er arbeid som krever tilgang til maskiner og er kostnadskrevende.

Som følge av mangel på erfaring med tilbakeføring av områder ved nedlegging av vindkraftverk, vil vi

understreke at det er betydelig usikkerhet knyttet til estimatene i denne rapporten. Ved nedlegging av vindkraftverkene vil det for hvert enkelt anlegg være nødvendig å gjøre en nærmere utredning for å kunne avgjøre hva som er de beste praktiske og miljømessige løsningene basert på steds- og anleggs-spesifikke problemstillinger. Det kan innebære at kostnaden ved tilbakeføring vil både kunne være høyere og lavere enn kostnadsestimatene som framkommer i denne rapporten.

Tabell4-3-18 og Tabell 4-2 viser forventede enhetskostnader ved tilbakeføring av naturområder til henholdsvis nivå 1 (revegetering) og nivå 2 (terrengforming og revegetering) for ulike terrengtyper. For å belyse den betydelige usikkerheten i estimatene operer vi med et intervall for oppgitte enhetskostnader. Etter hvert som det foreligger mer erfaring på dette området anbefaler vi at det gjøres en ny vurdering av hva det koster å tilbakeføre naturområder hvor det er etablert vindkraftverk.

Tabell4-3-18: Estimerte enhetskostnader ved tilbakeføring til nivå 1: Revegetering

Element	Enhet	Kupert fjell-/kystterreng	Skog og myrterreng	Blokklandskap
Turbinfundament	NOK/stk	100 000 -200 000	100 000 -200 000	100 000 -200 000
Veier	NOK/m	700-900	400-600	200-400
Oppstillingsplasser	NOK/m2	110-130	20-40	20-30
Bygninger	NOK/m2	110-130	20-40	20-30
Jordkabler	NOK/m	200	200	200
Luftledninger	NOK/m	-	-	-
Masseuttak	NOK/m2	110-130	20-40	20-30

Tabell 4-2: Estimerte enhetskostnader ved tilbakeføring av vindkraftverk til nivå 2: Terrengforming og revegetering («naturlik» tilstand)

Element	Enhet	Kupert fjell-/kystterreng	Skog og myrterreng	Blokklandskap
Turbinfundament	NOK/stk	100 000 -200 000	100 000 - 200 000	100 000 - 200 000
Veier	NOK/m	1500-2000	800-1500	600-800
Oppstillingsplasser	NOK/m2	175-225	100-140	80-120
Bygninger	NOK/m2	175-225	100-140	80-120
Jordkabler	NOK/m	200	200	200
Luftledninger	NOK/m	-	-	-
Masseuttak	NOK/m2	175-225	100-140	80-120

Kostnaden ved fjerning av turbinfundament er forventet å ligge mellom 100 000 og 200 000 kroner per fundament både for fjellforankret fundament og gravitasjonsfundament. Det er da lagt til grunn at det kun stilles krav om at betong ned til bakkenivå på fjell må fjernes, og en halv meter under bakkenivå i skog- og myrterreng.

Videre forventer vi at kostnaden ved tilbakeføring av veier vil ligge på mellom 700 og 900 kroner meteren for nivå 1 i kupert fjell-/kystterreng, med skrint jordsmonn og en del bart fjell. Kostnaden er den samme for områder med småkupert terreng og områder med større landskapsformasjoner. For skogs- og myrterreng forventer vi at kostnaden vil være noe lavere som

følge av god tilgang til vekstmasser, mellom 400 og 600 kroner per meter. I blokklandskap forventer vi at kostnaden ved tilbakeføring til nivå 1 vil være på mellom 400 og 600 kroner per meter.

Ved tilbakeføring til nivå 2 (terrengforming og revegetering) forventer vi at kostnaden vil ligge på mellom 1500 og 2000 kroner per meter i kupert kyst/-fjellterreng. I skogs- og myrterreng forventer vi at tilsvarende tiltak koster mellom 800 og 1500 kroner per meter, der myrområder ligger i det øvre spennet, mens rene (slake) skogområder ligger i det nedre. I blokklandskap forventer vi at kostnaden er på mellom 600 og 800 kroner per meter.

Ved revegetering (nivå 1) av oppstillingsplasser, områder rundt og under bygninger, og masseuttak forventer vi at kostnaden vil ligge mellom 110 og 130 kroner per kvadratmeter i kupert fjell-/kystterreng,

mellom 20 og 40 kroner per kvadratmeter i skogs- og myrterreng og mellom 20 og 30 kroner per kvadratmeter i blokklandskap.

Ved tilbakeføring til nivå 2 (terrengforming og revegetering) forventer vi at kostnaden for tilbakeføring av naturområder i kupert kyst/-fjellterreng vil ligge mellom 175 og 225 kroner per kvadratmeter. I skogs- og myrterreng forventer vi at tilsvarende tiltak koster mellom 100 og 140 kroner per kvadratmeter, der myrområder ligger i det øvre spennet, mens rene, slake skogområder ligger i det nedre delen. I blokklandskap forventer vi at kostnaden er på mellom 80 og 120 kroner per kvadratmeter.

Tiltak for å fjerne kabler forventes å være de samme for tilbakeføring til nivå 1 og 2. Kostnaden for fjerning av kabler forventes å ligge på ca. 200 kroner per meter og være lik for alle terrengtyper

4. Referanser

Adressa.no, 2018. Ingen stans i vindkraft-utbyggingen ved Storheia. [Internett]

Available at:

https://www.adressa.no/pluss/nyheter/2018/12/21/_Ingen-stans-i-vindkraft-utbyggingen-ved-Storheia-18122413.ece

Ambio Miljørådgivning AS, 2007. Konsekvenser for biologisk mangfold ved utbygging av Egersund vindpark, Eigersund kommune., s.l.: s.n.

Austri Raskiftet DA, 2016. Miljø- transport og anleggsplan (MTA): Raskiftet vindkraftverk, s.l.: s.n.

Austri Vind, 2020. Åpen dag på Raskiftet vindkraftverk. [Internett]

Available at: [Åpen dag på Raskiftet vindkraftverk](#)

Energimyndigheten, 2016. Vägledning om nedmontering på land och till havs. Efterbehandling, ekonomisk säkerhet, lagstiftning, tillsyn och slutbesiktning., s.l.: s.n.

Forsvarsbygg, 2016. Hjerkin PRO Miljørapport. Dokumentasjon for 2015. , s.l.: s.n.

Forsvarsbygg, 2020. Miljørapport 2018/2019 Hjerkin PRO. Forsvarsbygg rapport 2019/POA/PS I, s.l.: s.n.

Forsvarsbygg, 2021. Erfaringer fra tilbakeføring av Hjerkin skytefelt [Intervju] 2021.

Fosen Vind, 2019. Alle turbiner montert i Storheia vindpark. [Internett]
Available at: <https://www.fosenvind.no/vindparkene/storheia-vindpark/alle-turbiner-montert-storheia-vindpark/>

Fylkeskommune, T., 2021. Tilbakeføring av veier [Intervju] (10 05 2021).

Glomb, M. S., 2016. Alpin restaurering: Overlevelse og etablering av oppformerte vierplanter i en forstyrret lokalitet på Hjerkin, Dovrefjell. Masteroppgave, s.l.: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.

Hagen, D., 2003. Tilbakeføring av Hjerkin skytefelt til sivile formål: Temautredning «Revegetering», Trondheim: Allforsk.

Hagen, D. & Evju, M., 2013. Using Short-Term Monitoring Data to Achieve Goals in a Large-Scale Restoration. *Ecology and Society*, Issue 18 (3), p. 29.

Hagen, D. et al., 2019. Vegetasjonen etablerer seg godt på restaurerte arealer i Hjerkin skytefelt. NINA Fakta 2-2019., s.l.: NINA.

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*, Issue 64, pp. 255-261.

Hagen, D. & Skrindo, A. B., 2010. *Håndbok i økologisk restaurering. Forebygging og rehabilitering av naturskader på vegetasjon og terreng.*, s.l.: Forsvarsbygg.

Hägglund, T., 2017. *Uljabuouda vegetasjonsetablering - resultat efter första årets uppföljning*, s.l.: Enetjärn Natur på oppdrag av Skellefteå Kraft..

Kongsbakk, E. & Skrindo, A., 2009. E10 Lofotens fastlandsforbindelse. Landskapstilpasning og naturlig revegetering fra stedlige toppmasser. Rapport nr. 2009/12, s.l.: Statens vegvesen. Utbyggingsavdelingen.

La Naturen Leve, 2014. Faktaark nr. 4: Om vindkraftanleggslevetid og om tilbakeføring av naturen til før-tilstand. [Internett]

Available at: [https://lanaturenleve.no/wordpress/wp-content/uploads/2013/10/Faktaark4omvindkraftverkslevetidognedleggelse0.doc2 .pdf](https://lanaturenleve.no/wordpress/wp-content/uploads/2013/10/Faktaark4omvindkraftverkslevetidognedleggelse0.doc2.pdf)

Mehlhoop, A. C., Evju, M. & Hagen, D., 2018. Transplanting turfs to facilitate recovery in a low-alpine environment—What matters?. *Applied Vegetation Science*, Issue 21, pp. 615-625.

Miljødirektoratet, 2019. Arealbehov (typetall) for landbasert vindkraft i Norge. [Internett]
Available at: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/dokumenter/fornybar-energi/vindkraft/vindkraft-arealoppsummering010419.pdf>

Multiconsult, 2015. Miljø-, transport- og anleggsplan (MTA). Storheia vindkraftverk, s.l.: s.n.

Multiconsult, 2017. Terrenginngrep og landskapstilpasning for vindkraftverka på Fosen. Håndbok., s.l.: s.n.

Multiconsult, 2020. Hundhammerfjellet vindkraftverk – Plan for, s.l.: s.n.

Multiconsult, u.d. s.l.: s.n.

NIBIO, 2021. *Frøforetningen NIBIO Landvik*. [Internett]
Available at: <https://www.nibio.no/tema/landskap/froforetningen-nibio-landvik>
[Funnet 03 05 2021].

Nibio, 2021. Kilden, kart med arealinformasjon. [Internett]

Available at:

https://kilden.nibio.no/?lang=nb&X=7195706.12&Y=284337.75&zoom=0.050089679614182224&topi=c=arealinformasjon&bgLayer=gratone_cache
[Funnet 13 05 2021].

Norconsult, 2021. Raskiftet vindpark. [Internett]

Available at:

<https://www.norconsult.no/prosjekter/raskiftet-vindpark/>
[Funnet 28 04 2021].

Norge i bilder, 2021. [Internett]

Available at: <https://www.norgeibilder.no/?x=-18361&y=6512412&level=16&utm=33&projects=&layers=&plannedOmlap=0&plannedGeovekst=0>

[Funnet 13 05 2021].

Norsk Vind Egersund AS, 2015. Egersund Vindkraftverk - MTA-plan, s.l.: s.n.

Norsk Vind, 2021. Egersund vindkraftverk. [Internett]

Available at:

<https://www.vindenergi.no/project/egersund-vindpark>
[Funnet 28 04 2021].

NVE, 2011. Revegetering av steintipper i fjellet. NVE Rapport nr 26-2011, s.l.: NVE.

NVE, 2016. Terrengbehandling og vegetasjonsetablering. God praksis nr. 8, s.l.: s.n.

NVE, 2019. Forslag til Nasjonal Ramme for Vindkraft. Rapport nr. 12, s.l.: s.n.

NVE, 2021. Konsesjonssak: Egersund vindkraftverk.

[Internett]

Available at:

<https://www.nve.no/konsesjonssaker/konsesjonssak?id=31&type=A-1,A-6>
[Funnet 28 04 2021].

NVE, 2021. Rapport fra inspeksjon Nye Hundhammerfjellet vindkraftverk 14.10.2020, Nærøysund kommune. s.l.: s.n.

NVE, 2021. Veileder til vannressursloven og NVEs behandling av vassdrags- og grunnvannstiltak, s.l.: s.n.

NVE, 2021. Vindkraft. [Internett]

Available at:

<https://www.nve.no/energiforsyning/kraftproduksjon/vindkraft/?ref=mainmenu>

OX2, 2019. Plan för återställning mark, Raskiftet vindkraftverk. s.l.: s.n.

Pedersen, P. A. & Rosef, L., 2017. Plan for istandsetting, sluttarronding og revegetering av

steinbrudd ved Songa og Trollaldalen dammer etter avsluttet drift, s.l.: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.

Rambøll, 2015. MTA-plan Egersund vindkraftverk, s.l.: Norsk Vind Egersunde AS.

Rocksén, D., 2018. Kontrollprogram vid Bjönsaberg, Mora kommun. -Sluttrapport fältinventering 2015–2018, samt kontroll av eftersjunkning och erosion, s.l.: Sweco Environment AB.

Scottish Natural Heritage, 2016. Decommissioning and Restoration Plans for wind farms. Guidance. , s.l.: s.n.

SNL, 2019. Vindkraft. [Internett]

Available at: <https://snl.no/vindkraftverk>

Statens vegvesen, 2015. Når vegen berører myra, s.l.: s.n.

Statkraft, 2000. Vindkraftverk på Smøla Søknad om konsesjon etter energiloven. [Internett]

Available at:

<https://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/199704484/1098372>

Statkraft, 2003. Kjøllefjord vindpark - Konsesjonssøknad og konsekvensutredning, s.l.: s.n.

Statkraft, 2008. Storheia vindpark. Konsesjonssøknad og forslag til reguleringsplan, s.l.: s.n.

Statkraft, 2021. Smøla vindpark, Hitra vindpark, Kjøllefjord Vindpark – dokumentasjon vedrørende garantistillelse, s.l.: s.n.

Statkraft, 2021. Statkraft.no. [Internett]

Available at: <https://www.statkraft.no/om-statkraft/hvor-vi-har-virksomhet/norge/storheia-vindpark/>
[Funnet 13 05 2021].

Statkraft, u.d. As-built kartfiler Storheia vindpark. s.l.: s.n.

Statkraft, u.d. Kjøllefjord vindpark. [Internett]

Available at: <https://www.statkraft.no/om-statkraft/hvor-vi-har-virksomhet/norge/kjollefjord-vindpark/>

Statnett, 2019. Nytt rammeverk for grønnere anleggsarbeid. [Internett]

Available at: <https://www.statnett.no/om-statnett/fou-og-teknologiutvikling/vare-sentrale-prosjekter/gran/>

Statnett, 2021. Tilbakeføring av kraftledninger [Intervju] (3 5 2021).

Stecky-Efantis, A., 2013. Evaluating Ontario Wind Turbine Decommissioning Plans. A Report Submitted to

the School of Urban and Regional Planning in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Planning, Kingston, Ontario, Canada : Queen's University .

SWECO Grøner AS, 2008. *Storheia vindpark. Konsekvensutredning av landskap og skyggekast*, s.l.: s.n.

Sweco, 2012. *Raskiftet vindkraftverk i Trysil og Åmot kommuner, Hedmark. Konsekvensutredning.*, s.l.: s.n.

Sweco, 2012. *Raskiftet vindkraftverk i Trysil og Åmot kommuner, Hedmark. Konsekvensutredning.*, s.l.: s.n.

Syltern, u.d. *Roan vindpark Infrastruktur*. [Internett]
Available at: <https://syltern.no/portfolio-item/1345/>

Taylor, K., 2021. *Tilbakeføring av områder ved nedlegging av vindkraftverk* [Intervju] (19 04 2021).

Torsæter, E., Hagen, D. & Kyrkjeeide, M. O., 2020. *Limiting land degradation and carbon footprint when developing new energy transition sites*. Paris, CIGRE.

TU.no, 2006. *Folkevandring for vindkraft i Finmark*. [Internett]
Available at:
<https://www.tu.no/artikler/folkevandring-for-vindkraft-i-finnmark/325596>

Uppsala Universitet, 2013. *Nedmontering av vindkraftverk och efterbehandling av platsen*, s.l.: Energimyndigheten.

Vardafjellet Vindkraft AS, 2013. *Konsesjonssøknad Vardafjellet Vindpark*. [Internett]
Available at:
<https://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/200803409/742420>

Wetread, J. et al., 2013. *Research and guidance on restoration and decommissioning of onshore wind farms*. Scottish Natural Heritage Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 591, s.l.: s.n.

Wind Europe, 2020. *Decommissioning of Onshore Wind Turbines. Industry Guidance Document*, s.l.: s.n.

Vedlegg A Intervjuobjekter og skriftlige innspill

Virksomhet	Tema
Forsvarsbygg	Tilbakeføring av Hjerkinnskytefelt
Statkraft	Tilbakeføring i forbindelse med utbygging av vannkraft
Jonathan Coleman (NMBU)	Forsking, vindkraft, restaurering
Nord-Trøndelag Energi (NTE)	Tilbakeføring ifm. utbygging av Hundhammerfjellet vindkraftverk
Motvind	Interesseorganisasjon
LNVK	Medlemsorganisasjonen for Norges vindkraftkommuner
John. J. Sylteren	Entreprenør, erfaring fra utbygging av flere store vindkraftanlegg
Stangland Maskin	Entreprenør, erfaring fra utbygging av vindkraftanlegg
Veidekke Entreprenør	Entreprenør, erfaring fra utbygging av vindkraftanlegg
Bertelsen & Garpestad AS	Entreprenør, erfaring med tilbakeføring av veier
NatureScot (Scotland)	Tilbakeføring av vindkraft i Skotland
Midtfjellet vindkraft	Tilbakeføring ifm. utbygging av Midtfjellet vindkraftverk
Trøndelag fylkeskommune	Tilbakeføring ifm. utbygging av Fv. 714 «Lakseveien»
Statnett	Tilbakeføring av naturinngrep i forbindelse med utbygging av kraftledninger
Fosen Vind	Utbygging av Storheia vindkraftverk
Eurus Energy Norway AS	Utbygging av Høg-Jæren vindkraftverk
Norsk Vindenergi	Utbygging av Egersund vindkraftverk
OX2	Utbygging av Raskiftet vindkraftanlegg
NIBIO	Frøblandinger

Erstattet av Kunnskapsgrunnlag om tilbakeføring av områder ved nedleggelse av vindkraftverk : ny versjon NVE-Ekstern rapport 13/2022

Erstattet av Kunnskapsgrunnlag om tilbakeføring av områder ved nedleggelse av vindkraftverk : ny versjon NVE Ekstern rapport 13/2022

oslo**economics**

www.osloeconomics.no

post@osloeconomics.no
Tel: +47 21 99 28 00
Fax: +47 96 63 00 90

Besøksadresse:
Kronprinsesse Märthas plass 1
0160 Oslo

Postadresse:
Postboks 1562 Viken
0118 Oslo



NVE

Erstattet av Kunnskapsgrunnlag om tilbakeføring av områder ved nedleggelse av vindkraftverk : ny versjon NVE Ekstern rapport 13/2022

Norges vassdrags- og energidirektorat

.....

MIDDELTHUNSGATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95