



# Fornybar energi på lag med naturen

CEDREN er et internasjonalt ledende forskningssenter for miljødesign av fornybar energiproduksjon - i samspillet mellom teknologi, natur og samfunn. Det faglige arbeidet fokuserer på teknologiske og miljømessige utfordringer for framtidens vannkraft, miljøforhold knyttet til vindkraft og overføringslinjer samt forskning på hvordan miljø- og energipolitikk kan forenes. Dette er oppsummert i slagordet vårt, «fornybar energi på lag med naturen».

Forskningen er organisert i prosjekter og aktiviteter som alle søker å inkludere samarbeidet mellom tekniske fag, miljøfag og samfunnsfag. Alle prosjektene nyter godt av mulighetene til samspill på tvers av fag, institusjon og tilhørighet. CEDREN har i perioden 2009-2013 finansiert til sammen sju post.doc stipendiater og 20 doktorgradsstudier innen en rekke ulike fagområder. Sju av disse har disputert pr. sommeren 2014, og i tillegg er 54 masteroppgaver gjennomført.

Målsettingen er å levere kunnskap om fornybare og bærekraftige energiløsninger gjennom spisset forskning på enkeltelementer og samtidig ha stor satsing på å bringe fram kunnskap og forståelse for helheten. Det er derfor svært viktig for oss å fokusere på fremragende formidling og målrettet kommunikasjon av prosesser og resultater til et bredt publikum blant brukerpartnere, industri, forvaltning, myndigheter og andre forskere. Til sammen har vi publisert 58 vitenskapelige artikler i internasjonale tidsskrift og holdt omlag 300 konferansepresentasjoner.

Resultater fra CEDREN skal så langt som mulig implementeres hos brukerpartnere i industri og forvaltning som vil bidra i innovasjonsskjeden og skape nye og bedre muligheter hos brukerne og i samfunnet. Vi har totalt hatt 59 besøk hos brukere, der resultater har blitt presentert og utfordringer diskutert. Disse møtene har også gitt grunnlag for nye ideer og nye forskningsprosjekter som følger opp anbefalinger og søker ny kunnskap der de første seks CEDREN-prosjektene konkluderer med at det er kunnskapshull.

I dette heftet følger en presentasjon av arbeidet i disse prosjektene.

## Vindkraft og fugler

**Prosjekttittel:** *BirdWind - Pre- and post-construction studies of conflicts between birds and wind turbines in coastal Norway*

BirdWind har fokusert på betydningen av god kvalitet på miljøkonsekvensutredninger knyttet til vindkraftutbygging, og spesielt på hvordan vindkraftverk kan påvirke fugl. Våre studier av adferd og respons hos utvalgte modellarter viste at noen arter unngår områder nær vindturbiner, mens andre ikke gjør det. Det er derfor viktig å ha et artsspesifikt fokus når effekter av vindkraftutbygging skal vurderes. Hovedaktivitetene i BirdWind har vært knyttet til Statkrafts vindkraftverk på Smøla, der det i en tidlig driftsfase ble registrert et betydelig antall drepte havørn. Utvikling av en populasjonsmodell for havørn sto sentralt, og bestandsovervåking, reproduksjonsstudier og data fra genetiske analyser basert på innsamlete fjærprøver var viktig i dette arbeidet. Vi modellerte kollisjonsrisiko hos havørn med utgangspunkt i data innsamlet gjennom bruk av radar og satellitlemetri, samt terrengmodellering for å kunne lage modeller for å forutsi områder med høy kollisjonsrisiko. Metodeutvikling for effektiv datainnsamling var et eget fokusområde i prosjektet.

Studiene våre viser at havørnpopulasjonen på Smøla blir påvirket både av forstyrrelser og dødelighet som følge av vindkraftverket. Ørner innenfor kraftverksområdet endret ikke flyveadferd. Vekstraten hos havørnpopulasjonen ble påvirket av vindkraftutbyggingen, og størst effekt fikk dette for fugler med reir nær kraftverket. Vi kunne spore effekter av økt voksendødelighet i territorier inntil 5 km fra vindkraftverket, og redusert reproduksjonssuksess i territorier inntil 1 km fra vindturbinene. Effektene Smøla vindkraftverk har på havørnpopulasjonen er følgelig av lokal karakter. Havørn fra Smøla merket med satellittsendere har gitt store mengder data om hvordan de beveger seg i tid og rom, og gjort det mulig å lage statistiske fordelinger av ungfuglenes bruk av store deler av kysten fra Stadt til Nordkapp. Dette er data som kan benyttes når nye vindkraftverk skal etableres langs kysten.

### Prosjektnettside

#### Kontaktperson:

Espen Lie Dahl  
Tlf +47 464 16 978  
[espenlie.dahl@nina.no](mailto:espenlie.dahl@nina.no)

#### Referanse:

Syverhuset, A.O. (red.) 2014.  
Fornybar energi på lag med naturen. – CEDREN (Centre for Environmental Design of Renewable Energy). 8 s.



Foto: Espen Lie Dahl

## Mer laks og mer kraft

### Prosjekttittel: *EnviDORR - Environmentally designed operation of regulated rivers*

Prosjektet EnviDORR, populært kalt "Mer laks og mer kraft", nådde høsten 2013 sitt overordnede mål da "Håndbok for miljødesign i regulerte laksevassdrag" ble publisert. Håndboka er en oppskrift for hvordan man kan utrede, utvikle og gjennomføre tiltak som bedrer forholdene for laks i regulerte vassdrag samtidig som man tar hensyn til kraftproduksjon. I prosjektet har det vært et utstrakt samarbeid mellom biologer, hydrologer og kraftverksingeniører. Grunnleggende forskning for å fylle viktige kunnskapshull, samt en vilje til å omsette eksisterende og ny kunnskap om laks i regulerte vassdrag til enkle tommelfingerregler er grunnlaget for håndboka. Etter lanseringsseminaret i september 2013 har vi presentert håndboka på en rekke møter og seminarer. Mottagelsen har vært overveldende, med positive tilbakemeldinger fra energi- og miljømyndigheter, vannkraftindustrien, miljø- og interesseorganisasjoner, konsulenter og forskningsinstitusjoner. Håndbokas prinsipper er allerede implementert i forvaltning, og flere miljødesignprosjekter er startet i regulerte vassdrag. Internasjonale pressemeldinger ga oppslag i en rekke medier, og stor etterspørsel etter en engelsk utgave. Håndboka ble derfor oversatt og en engelsk utgave publisert i august 2014.

#### Prosjektnettside

##### Kontaktperson:

Torbjørn Forseth  
Tlf +47 926 43 437  
[torbjorn.forseth@nina.no](mailto:torbjorn.forseth@nina.no)

##### Referanse:

Syverhuset, A.O. (red.) 2014.  
Fornybar energi på lag med naturen. – CEDREN (Centre for Environmental Design of Renewable Energy). 8 s.

Prosjektet har også en klimadel – hvor klimascenarier for kraftproduksjon og laks i utvalgte modellvassdrag blir brukt til å utvikle nye miljødesignløsninger i et nytt klima. Når klimaendringer endrer ressursgrunnlaget for kraftproduksjon åpnes det samtidig for nye tiltaksmuligheter for å bevare og utvikle laksebestandene i regulerte vassdrag.

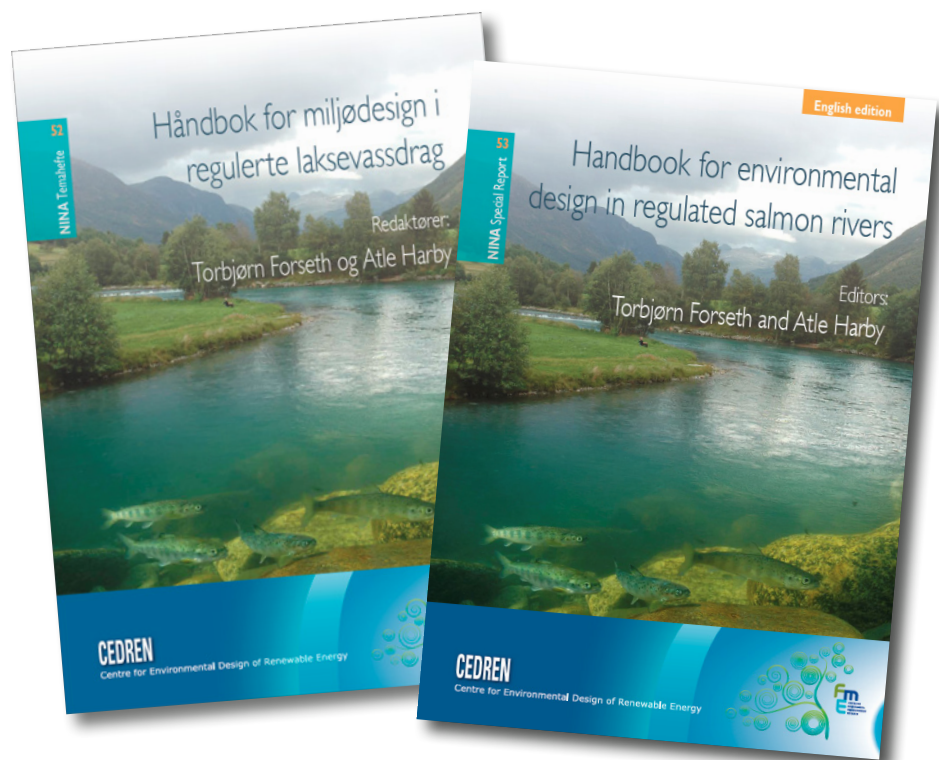


Foto: Faksimile av NINA Temahäfte 52 og 53

## Effekter av raske vannstandsendringer

### Prosjekttittel: *EnviPEAK - Environmental impacts of hydropeaking*

Økt markedstilpasning, større fleksibilitet i energisystemet og innfasing av mer ikke-regulerbar kraft fører til økt effektkjøring i norske vassdrag. EnviPEAK har forsket på hvilke miljøkonsekvenser dette vil kunne gi og hvordan negative konsekvenser kan reduseres til et samfunnsmessig akseptabelt nivå.

Detaljerte studier i EnviPEAK har gitt ny kunnskap om hvordan vannstands- og vannførselsendringer forplanter seg i elver nedstrøms kraftverk som regulerer produksjonen raskt. Vi har blant annet gjennomført forsøk i kunstige elver der laksunger har blitt utsatt for jevnlig variasjon i vannstand og vannføring uten at områder har blitt tørrlagt. Generelt viser resultatene at slik moderat effektkjøring bare har liten virkning på vekst og overlevelse hos laks. Resultater fra mange delstudier i EnviPEAK er integrert i simuleringsverktøyet IBSalmon, som sammenfatter en rekke prosesser knyttet til laks og vassdrag. Vi utviklet også en strandingsmodul for å analysere hvordan dødelig stranding påvirker laksestammen over tid.

Det er viktig å finne gode og kostnadseffektive tiltak for å redusere virkninger av effektkjøring på alle deler av økosystemet, og EnviPEAK har identifisert en rekke slike tiltak. Mange av disse er enkle å gjennomføre, men krever kunnskap om forholdene i elva som påvirkes, enten det er driftsmessige tilpasninger i kraftverket eller fysiske endringer i selve vassdraget. Av driftsmessige tiltak er redusert hastighet på start og stopp av effektkjøringen viktig. Det er også vesentlig å sørge for en tilfredsstillende høy lavvannføring å effektkjøre 'på toppen av', samt å tilpasse effektkjøringen til de perioder av døgnet og året hvor denne formen for drift gjør minst skade. Utbedringer i elveleiet kan redusere tørrlegging av gyteområder og stranding i deler av elva som blir avsnørt og isolerte når kraftverket stoppes og vannstanden synker. Rekrutteringen i vassdraget kan også stimuleres ved å tilrettelegge for gyting i sideelver med stabil vannføring og ellers gode gyteforhold.

#### Prosjektnettside

##### Kontaktperson:

Tor Haakon Bakken  
Tlf +47 951 56 944

[Tor.Haakon.Bakken@sintef.no](mailto:Tor.Haakon.Bakken@sintef.no)

##### Referanse:

Syverhuset, A.O. (red.) 2014.  
Fornybar energi på lag med naturen. – CEDREN (Centre for Environmental Design of Renewable Energy). 8 s.

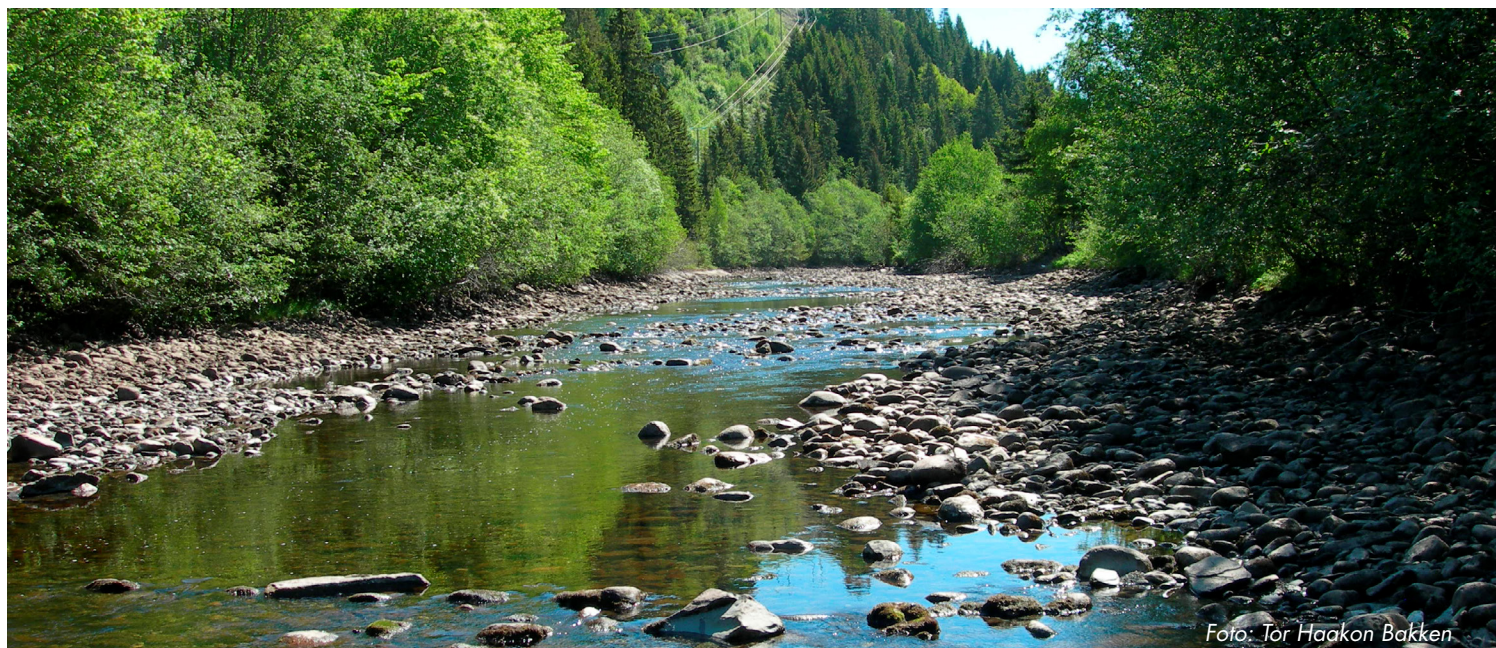


Foto: Tor Haakon Bakken

## Energi- og miljøpolitikk

### Prosjekttittel: **GOVREP - Governance for renewable electricity production**

Hovedmålet med GOVREP har vært å studere politiske beslutninger og forvaltningspraksis knyttet til fornybar elektrisitetsproduksjon, og se på hvordan miljø- og energipolitiske mål koordineres.

Stortinget har de siste årene behandlet mange saker som har direkte betydning for fornybar elektrisitetsproduksjon, men innstillingene fra Energi- og miljøkomiteen har ikke åpnet for gode avklaringer av sammenhengen mellom energi- og miljøpolitisk forvaltningspraksis. Vi har dokumentert at forsøk på mer helhetlige grep gjøres, men det er samtidig usikkerhet knyttet til hva som skjer når konsesjonsvilkårene endres. Det råder uenighet om kunnskapsgrunnlaget, og forvaltningsstrukturen reflekterer i liten grad den nye, mer komplekse miljøproblematikken. Videre er det uklart hvordan den doble miljøutfordringen, å ta hensyn til både globale og lokale miljøutfordringer, blir ivarettatt og presentert i konkrete produksjonsanlegg.

GOVREP var orientert mot aktiviteter i Norge og Sverige der vi primært studerte vannkraftproduksjon ved bruk av case-studier i nær dialog med brukerne av prosjektet, Vår svenske samarbeidspartner, Stockholm Environmental Institute (SEI), gjennomførte studier av svensk vannkraftpolitikk og konkret forvaltningspraksis i enkelte kraftverk for sammenligning med norske forhold. Tilsvarende, men mindre omfattende studier, ble også gjennomført av vindkraftproduksjon i Norge og Sverige. Prosjektet dokumenterte klart at dagens forvaltningspraksis er preget av såkalt stivhengighet. Det er begrenset avklaring av hvordan sektorspesifikk energilovgivning skal samhandle med sektorovergripende miljølovgivning. Sektorinteressene er sterke og muligheten for bedre avklaring mellom energi- og miljøforvaltningens virke blir begrenset. GOVREP påpeker at blikket må løftes. Utfordringer må bedre sees i en sammenheng dersom vi reelt skal kunne forene energi- og miljøpolitiske interesser. Her ligger det et betydelig ansvar hos sentrale myndigheter og vi etterlyser bedre avklaring både fra regjering og gjennom parlamentarisk behandling slik Energi- og miljøkomiteen i Stortinget selv har etterlyst.

#### Prosjektnettside

##### Kontaktperson:

Audun Ruud

Tlf +47 992 33 969

[Audun.Ruud@sintef.no](mailto:Audun.Ruud@sintef.no)

##### Referanse:

Syverhuset, A.O. (red.) 2014. Fornybar energi på lag med naturen. – CEDREN (Centre for Environmental Design of Renewable Energy). 8 s.



Foto: Photo: Stortinget, Oslo, Norway - Storting building. Foto: Tm (CC-BY 2.0)

## Europas grønne batteri?

**Prosjekttittel: HydroPEAK - Hydropower development for peaking and load balancing in a European system with increasing use of non-regulated renewables**

Hovedmål med dette prosjektet har vært å studere hvordan det norske vannkraftsystemet kan utvikles og brukes optimalt i et framtidig europeisk kraftsystem med stadig økende innslag av ikke-regulerbar fornybar kraft. Vi har sett på samspillet mellom det norske, nordiske og europeiske kraftsystemet, og hvilke utfordringer vannkraftsystemet vil kunne møte i tiden fram mot 2050. Men vi har også sett på nye muligheter, for eksempel å bruke det norske vannkraftsystemet for å balansere et økende innslag av vind- og solkraft i Europa.

Det er særlig forventningen om utbygging av vindkraft, både på land og til havs, som kan medføre behov for endringer i driftsmønsteret i norske vannkraftverk. Mye av variasjonen i produksjonen i vindkraftverk kan om ønskelig balanseres med norsk vannkraft, noe som igjen vil medføre en mye mer variabel drift, med hyppigere endringer i vannføring og vannstand i vannveier og kraftverk, men også i noen tilfelle i elver, innsjøer og fjorder.

I HydroPEAK har vi særlig fokusert på hvilke fysiske virkninger en slik økt variabilitet kan medføre, og hvilke tiltak som kan bli nødvendige for å motvirke problemer eller skader. Vi har utviklet bedre beregningsmodeller og dimensjoneringskriterier for vannveier og tekniske komponenter i vannkraftsystemet, for eksempel sandfang, svingesjakt og turbiner. I prosjektet har vi også utviklet ny kunnskap og modeller som hjelper til med å forstå og beregne hvordan isforhold i vassdrag og erosjon i elver og magasin påvirkes, og hvilke endringer som kan tillates uten å skape uheldige virkninger. Dette gir verdifull informasjon til de som i neste omgang skal vurdere virkning på økosystemene i vassdragene. Prosjektet har ført til en betydelig oppgradering av laboratorier og instrumentpark, slik at vi nå har laboratorier som er attraktive for forskere også langt utenfor Norges grenser.

### Prosjektnettside

#### Kontaktperson:

Ånund Killingtveit  
Tlf +47 91 58 4047  
[aanund.killingtveit@ntnu.no](mailto:aanund.killingtveit@ntnu.no)

#### Referanse:

Syverhuset, A.O. (red.) 2014.  
Fornybar energi på lag med naturen. – CEDREN (Centre for Environmental Design of Renewable Energy). 8 s.



Foto: Aanund Killingtveit.

## Kraftledninger og dyreliv

**Prosjekttittel: OPTIPOL - Optimal design and routing of power lines in ecological, technical and economic perspectives**

Overordnet målsetting i OPTIPOL har vært å identifisere sentrale miljøtema det bør tas hensyn til for å oppnå en optimal, miljøvennlig nettutvikling. På grunn av tematikkens kompleksitet og omfang har prosjektet vært delt i ni fokusområder; fra kraftledningskorridorer som beiteressurs for hjortevilt til elektrokusjonsreducerende tiltak for fugl.

Våre resultater viser at elg ikke unngår kraftledningsgater, men tvert om ofte benytter dem som beiteområder, trolig på grunn av god næringstilgang og bedre skjul sammenlignet med åpne områder. At fugler kolliderer med kraftledninger eller utsettes for elektrokusjon, er en svært arts-, steds- og årstidsspesifikk problematikk. Data fra linjetakseringer og DNA-analyser ga ny kunnskap om bestandsstørrelse for skogsfugl. Det gjorde oss i stand til å tallfeste tilleggsdødeligheten som følge av kollisjon med kraftledning, slik at den kan tas i betraktning når for eksempel jaktuttaket i området skal fastsettes. Vi har også studert avbøtende tiltak, som fargekamouflering av kraftledninger, fysisk forstyrrelse av fase- og/eller jordlinje gjennom merking og modifiserte stolpetraverser. Utviklingen av en modifisert stolpetravers tilpasset 22 kV-ledninger viste seg for eksempel å fungere svært godt for å hindre hubro i å sette seg der den var utsatt for elektrokusjonsfare. Elektrokusjonsdødelighet hos fugl i Norge kan reduseres betraktelig hvis kjente løsninger implementeres, noe som samtidig vil medføre færre driftsforstyrrelser for nettselskapene.

OPTIPOL har også utviklet en ny metode som kan lette arbeidet med å finne den beste traseen i nettprosjekter. LCP-metoden (Least Cost Path) kan være et nyttig planleggingsverktøy i en tidlig fase av nettutbygginger for å gi oversikt over konsekvensutredningsbehov, redusere potensielle konflikter mellom interessegrupper og gjøre prosessen mer transparent for allmennheten. OPTIPOL-LCP har et stort potensial som verktøy i tilknytning til holistiske beslutningsprosesser, demokratisering, brukermedvirkning og økt effektivitet. Metoden vil bli videreutviklet og tilpasset «Least Cost Siting» innenfor budsjettet til CEDRENs generelle aktiviteter i perioden 2014-2016.

### Prosjektnettside

#### Kontaktperson:

Roel May  
Tlf +47 957 85 995  
[roel.may@nina.no](mailto:roel.may@nina.no)

#### Referanse:

Syverhuset, A.O. (red.) 2014.  
Fornybar energi på lag med naturen. – CEDREN (Centre for Environmental Design of Renewable Energy). 8 s.



Foto: Kjetil Bevanger

---

**FØLG OSS HER:**

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

**Twitter:** [@CEDRENresearch](https://twitter.com/CEDRENresearch)

[Facebook](#)

---

---

**Kontaktperson:**

Atle Harby, senterleder

Tlf: 98 23 05 02

[atle.harby@sintef.no](mailto:atle.harby@sintef.no)

---

**[www.cedren.no](http://www.cedren.no)**