

RAPPORT LNR 4313-2000

Pollen kraftverk -
konsekvensvurdering av
endringer i det marine
miljø i Nordalsfjorden
som følge av planlagt
vassdragsregulering

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

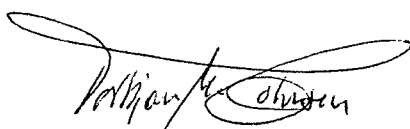
Tittel Pollen kraftverk – konsekvensvurdering av endringer i det marine miljø i Nordalsfjorden som følge av planlagt vassdragsregulering	Løpenr. (for bestilling) 4313-2000	Dato 20.02.2001
	Prosjektnr. Undernr. 20184	Sider Pris 25
Forfatter(e) Torbjørn M. Johnsen Jarle Molvær	Fagområde Vassdragsreguleringer	Distribusjon
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA

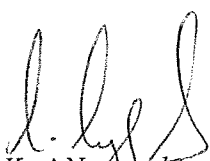
Oppdragsgiver(e) Sogn og Fjordane Energiverk AS	Oppdragsreferanse Tormunn Skarstad
--	---------------------------------------

Sammendrag

På grunnlag av modellkjøringer, befaring og generell kunnskap om effekter av vassdragsreguleringer på det marine miljø er det foretatt en konsekvensvurdering av etablering av Pollen kraftverk i Nordalsfjorden. I rapporten blir eventuelle effekter av redusert ferskvannstilførsel om sommeren og økt tilførsel om vinteren diskutert. Det konkluderes med at etablering av Pollen kraftverk ikke vil gi vesentlige endringer i brakkevannslaget i indre del av fjorden, og det marine miljø i selve Nordalsfjorden vil endres lite. I området utenfor munningen av Nordalselva og spesielt i Pollen vil det skje endringer i vekstvilkårene for både alger og dyr.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vannkraftutbygging 2. Konsekvensvurdering 3. Fjordeffekter 4. Nordalsfjorden 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hydroelectric power plant construction 2. Environment impact assessment 3. Impact on marine recipient 4. Nordalsfjorden
---	--


Torbjørn M. Johnsen
Prosjektleder


Kari Nygaard
Forskningsleder
ISBN 82-577-3945-6


Bjørn Braaten
Forskningssjef

**Pollen kraftverk –
konsekvensvurdering av
endringer i det marine miljø
i Nordalsfjorden som følge av
planlagt vassdragsregulering**

Forord

Høsten 2000 fikk Norsk Institutt for vannforskning (NIVA) i oppdrag av Sogn og Fjordane Kraftverk AS å gjennomføre en konsekvensvurdering for det marine miljø i forbindelse med etablering av Pollen kraftverk i Nordalsfjorden.

Kontaktpersonen hos Sogn og Fjordane Kraftverk AS har vært Tormunn Skarstad.

Hos NIVA har Jarle Molvær utført modellberegningene, og Torbjørn M. Johnsen har utarbeidet rapportens øvrige deler ved siden av å være prosjektleder.

Bergen 5. februar 2007

Torbjørn M. Johnsen

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Materiale og metoder	7
2.1 Områdebeskrivelse	7
2.2 Tidligere undersøkelser	9
2.3 Befaring	9
2.4 Bruk av modell	10
3. Resultater og diskusjon	11
3.1 Observasjoner fra befaring	11
3.2 Foreliggende resipientundersøkelser	15
3.3 Modellkjøringer	16
3.3.1 Scenarier og data	16
3.3.2 Resultater	16
3.4 Mulige effekter av vassdragsregulering	18
3.4.1 Fysiske og kjemiske effekter	18
3.4.2 Biologiske effekter	19
3.4.3 Pollen og området utenfor Nordalselvas utløp	21
4. Konklusjoner	23

Sammendrag

I forbindelse med søknad om etablering av Pollen kraftverk i Nordalsfjorden er det foretatt en vurdering av vassdragsutbyggingens effekter på det marine miljø i fjorden. Rapporten bygger på modellkjøringer, en befaring høsten 2000 og generell kunnskap om effekter av vassdragsreguleringer på fjorder fordi det ikke foreligger fysiske, kjemiske eller biologiske grunnlagsundersøkelser fra Nordalsfjorden.

Resultater fra modellkjøringer basert på oppgitte typiske ferskvannstilførsler viser at Pollen kraftverk ikke vil endre merkbart på forholdene i brakkvannslaget i selve Nordalsfjorden. Hverken brakkvannslagets tykkelse, saltholdighet eller oppholdstid vil påvirkes.

Mengden påvekstalger vil ikke endres vesentlig i forhold dagens situasjon som følge av etablering av Pollen kraftverk.

Redusert vårflom vil redusere næringssalttilførselen og kan svekke den estuarine sirkulasjon med redusert produksjonspotensiale for fjorden sett under ett som følge. Redusert tilførsel av organisk materiale kan føre til redusert belastningen på oksygenet i dypvannet i bassenget inne i indre del av Nordalsfjorden. Mindre ferskvannsavrenning vil også forbedre vannets gjennomskinnelighet.

Modellberegninger viser at Pollen kraftverk ikke vil influere på forholdene i bassengvannet i Nordalsfjorden.

Planteplanktonets artssammensetning vil være dominert av arter med stor toleranse for fluktuasjoner i saliniteten og etablering av Pollen kraftverk vil ikke føre til endringer. For de fastsittende algene i Nordalsfjorden forventes det heller ikke endringer i artssammensetningen.

På bakgrunn av de teoretiske betraktningene og modellkjøringene ser det ikke ut for at etablering av Pollen kraftverk vil føre til endringer som i vesentlig grad vil påvirke det marine miljø i selve Nordalsfjorden. Mangelen på fysiske, kjemiske og biologiske data reduserer imidlertid usagnskraften i konklusjonene noe.

For området utenfor munningen av Nordalselva og spesielt i Pollen vil endringene i ferskvannstilførsel føre til vesentlig større forandringer. Pollen vil få en betydelig økning i ferskvannstilførselen slik at et markant utoverstrømmende brakkvannslag med forholdsvis lav salinitet framkommer. På 4-5 meters dyp vil vannet strømme innover og dermed gi større vannutskiftning enn i dag, mens utviklingen i Pollens dypvann er mer usikker. De store fluktuasjonene i de ulike miljøparametrene må forventes å påvirke flora og fauna med lavere artsdiversitet som resultat. Utenfor Nordalselva vil saliniteten i overflaten øke, sjiktningen blir svakere og oppholdstiden øker. Arter med lav toleranse for lav salinitet vil kunne etablere seg nærmere elveutløpet.

Intervallkjøring (2-10 timers drift) av Pollen kraftverk antas å gi liten virkning i selve Nordalsfjorden, men vil føre til betydelige fluktuasjoner i salinitet, temperatur, strøm osv. i selve Pollen.

1. Innledning

Sogn og Fjordane Energiverk AS (SFE) ønsker å regulere Nordalsvassdraget ved å overføre vann fra Nordalselva til Pollen kraftverk som er planlagt å ha sitt utslipp til Pollen innerst i Nordalsfjorden (Figur 1). Som et ledd i forberedelsene til konsesjonssøknad er det gjennomført et konsekvensutredningsprogram som dekker ulike effekter i nedbørsfeltet og i vassdragets elver og vann (Schei 1998). Utbyggingen av Pollen kraftverk vil medføre endringer i utslipp av ferskvann til Nordalsfjorden og i fastsettelsen av konsekvensutredning heter det derfor at innvirkningene på de marine ressursene må klarlegges. Effekter av endringer i ferskvannstilførselen til fjorden skal blant annet inneholde en vurdering av de biologiske prosessene i fjorden.

Til de foreliggende konsekvensvurderinger er det kommet kommentarer om mangelfull utredning om utbyggingens konsekvenser for det marine miljø i Nordalsfjorden. I en uttalelse fra Havforskningsinstituttet av 22.09.1999 ble det konkludert med at utbygging av Pollen kraftverk høyst sannsynlig ville føre til en markert endring i det fysiske miljø – noe som sannsynligvis ville påvirke både flora og fauna i overflatelaget og strandsonen i indre del av fjorden. Uttalelsen var imidlertid basert på en misforståelse om at utbyggingen ville fjerne ennå mer ferskvann fra Nordalsfjorden. SFE ønsket derfor gjennomført en konsekvensvurdering for det marine miljø som følge av de planlagte reguleringer. I Nordalsfjorden er det ikke gjennomført resipientundersøkelser, strømmålinger, hydrografiske målinger eller lignende hverken i forbindelse med tidligere konsekvensutredninger eller i kommunal regi. Begrenset informasjon om fjorden er imidlertid å finne i en resipientundersøkelse nylig utført på oppdrag for et settefiskanlegg med Nordalsfjorden som resipient (AquaSafe 2000). På grunn av begrenset kunnskap om fjorden, må vurderingene i denne rapporten i hovedsak bygge på generell kunnskap om marine effekter i fjorder som følge av vassdragsreguleringer. Formålet med denne rapporten vil derfor være:

- 1. Å utføre modellberegninger som beskriver effekten av endret ferskvannstilførsel på vannets salinitet, oppholdstid og innvirkning på fjordens produksjonsforhold.*
- 2. Å gjennomføre en vurdering av de konsekvenser en vannkraftutbygging kan få på det marine miljø i Nordalsfjorden – med grunnlag i modellberegninger og generell kunnskap.*

2. Materiale og metoder

2.1 Områdebeskrivelse

Nordalsfjorden ligger i Flora kommune i Sogn og Fjordane nordøst for Florø og munner ut i Botnfjorden nord for Florø. Indre del av fjorden er en terskelfjord med terskeldyp på 39 meter i følge sjøkart nr. 27 og med et maksimumsdyp på 160 meter (Figur 1). Ved Straumsnessundet er indre del av fjorden på sitt smaleste med en bredde på ca. 250 meter. Fjordens overflateareal innenfor Straumsnessundet er beregnet til ca. 3,6 km².

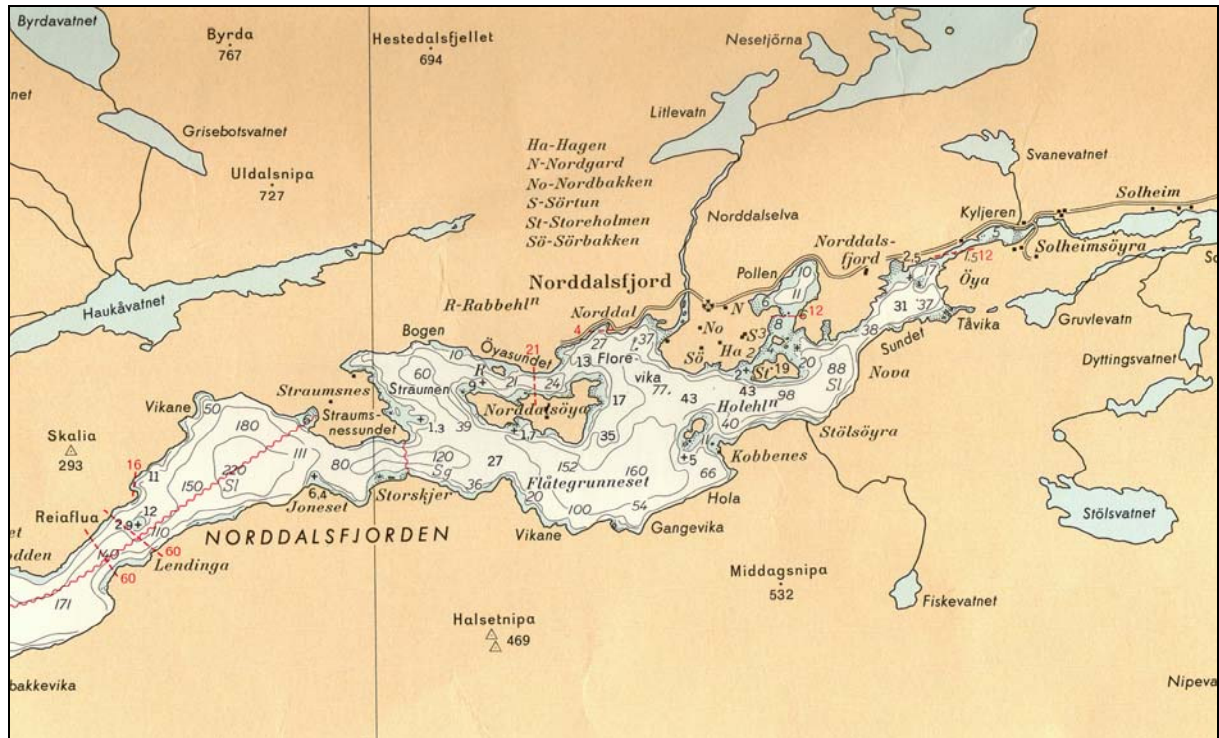
Øst for tettstedet Nordal ligger Pollen som er et ca. 100 mål stort pollområde med maksimumsdyp på 11 meter. I utløpet fra Pollen ligger det et par mindre øyer som skjærer pollområdet noe mot det øvrige fjordområdet. Terskeldypet mellom Pollen og fjorden utenfor er 4 meter. Mot vest grenser Pollen mot et landbruksområde som har direkte avrenning til det beskyttede pollområdet.

Ferskvannstilførselen til fjorden skjer hovedsaklig via elvene Nordalselva og Solheimselva som tidligere tilførte fjordområdene omtrent like mye vann. Dette fører til at fjorden får et brakkvannslag hvor lagets tykkelse avhenger av mengden ferskvann som tilføres, og vindens retning og styrke.

Vassdragsreguleringer i perioden 1963-73 har ført til at Nordalselvas nedbørsfelt er betydelig redusert slik at vannføringen er redusert fra en gjennomsnittlig vannføring på 16 m³/s til 6 m³/s ved overføring av vann til Indrehus kraftverk, Svelgen kraftverk og Åskora kraftverk. Vassdragsreguleringen førte til at den gjennomsnittlige årlige vanntilførselen til Nordalsfjorden er redusert fra 1 035 mill. m³ til 735 mill. m³ (Skarstad pers. med.) dvs. en reduksjon på ca. 29%.

I Solheimsvassdraget er det ikke gjennomført reguleringer, og elva har en gjennomsnittlig vannføring på 17 m³/s. Vassdraget er nå vernet i Verneplan IV.

I nedslagsfeltet til Nordalsfjorden er det noe jordbruksaktivitet (ca. 30 gårdsbruk) tildels med avrenning direkte til fjorden, men mesteparten med avrenning til Solheimselvas nedslagsfelt. Ved Nordalselva har det siden 1986 vært etablert et settefiskanlegg som benytter elva som råvannskilde. Settefiskanlegget har Nordalsfjorden som resipient for sitt avløpsvann.



Figur 1. Kart over indre del av Norddalsfjorden.

2.2 Tidligere undersøkelser

Området rundt Nordalsfjorden har vært relativt tynt befolket og med begrenset forurensende aktivitet i nedslagsfeltet. Utslippene av næringssalter og organisk stoff fra jordbruk og kloakk har fra Flora kommunes side vært betraktet som relativt beskjedne og dermed antatt å ha liten innvirkning på resipienten Nordalsfjord. Fra kommunalt hold har det derfor ikke vært ansett som nødvendig med omfattende undersøkelser i fjordområdet.

I forbindelse med vassdragsreguleringene i 1963-73 da den gjennomsnittlige vannføringen i Nordalselva ble redusert fra 16 til 6 m³/s, ble det ikke framsatt krav om marine undersøkelser i forbindelse med konsesjonssøknaden (Skarstad pers. med) – dette til tross for at den gjennomsnittlige årlige ferskvannsavrenningen til Nordalsfjorden ble redusert med nesten 30%.

Det foreligger derfor ikke bakgrunnsdata fra Nordalsfjorden hverken for hydrografi, strøm, vannkjemi eller biologi.

Etableringen av settefiskanlegg (Firda Settefisk AS) i 1986 ved Nordalselva har ført til krav om resipientundersøkelser fra Fylkesmannens miljøvernaveiding i Sogn og Fjordane. En slik undersøkelse ble gjennomført våren 2000 med prøvetaking ved utslippspunktet for avløpsvann fra produksjonen, ca. 200 meter sørøst for utslippspunktet og i dypbassenget.

2.3 Befaring

For blant annet å få bedre lokalkunnskap om Nordalsfjorden og forholdene der, ble det 21. september 2000 gjennomført en befaring i området. Som en del av dette arbeidet ble det foretatt befaring med bruk av båt med Anders Solheim som skipper og kjentmann til Pollen hvor utslippet fra Pollen kraftverk er planlagt, og til området utenfor utløpet til Nordalselva. Dette er de to områdene hvor den planlagte vassdragsreguleringen vil få de største effektene, og ble derfor viet størst oppmerksomhet under befaringen. Båtturen ble benyttet til inspeksjon av strandområdet fra Solheimselva til Nordalselva via Pollen.

På grunn av manglende informasjon om salinitet og temperatur fra Nordalsfjorden ble det i Pollen og øst for Flåtegrunneset målt salinitets- og temperaturprofiler ved bruk av selvregistrerende sonde av type Seabird.

I tillegg til befaring fra båt ble det foretatt strandbefaring både i Pollen og nær området ved utløpet av Nordalselva. Under befaringen ble det blant annet tatt bilder for dokumentering av tilstand.

2.4 Bruk av modell

Et av spørsmålene som er reist, er i hvilken grad reguleringen av Nordalsvassdraget og byggingen av Pollen kraftverk vil endre vannutskiftningen og vannkvaliteten i Nordalsfjorden. En vurdering vil omfatte en rekke faktorer og flere scenarier og kan mest effektivt gjøres ved bruk av en EDB-modell som er utarbeidet for å simulere sirkulasjon og vannkvalitet i fjorder. For dette formålet anvender vi modellen "Fjordmiljø", dvs. samme modell som Havforskningsinstituttet benyttet for å utarbeide sin uttalelse til SFEs søknad (Havforskningsinstituttets brev av 22.9.99 til Fiskeridepartementet).

Fjordmiljø er en modell som omkring 1990 ble utviklet som et redskap for å vurdere konsekvenser av endrede tilførsler av næringssalter og organisk stoff på oksygenforhold og siktedyp i terskelfjorder (Stigebrandt 1992). Foruten en del som beskriver vannkjemiske forhold, inneholder modellen også en del som beskriver hvordan endringer i ferskvannstilførsel og vind kan påvirke de hydrofysiske forholdene i fjorden. Modellen er ofte brukt i vurderinger av miljøforhold langs norskekysten.

Til slutt vil vi understreke at dette er en forholdsvis enkel modell. Den skjeler blant annet ikke mellom ulike deler av et fjordområde, men beskriver gjennomsnittlige forhold over hele området. Dertil kommer at den beskriver gjennomsnittstilstanden sett over tid. Vi mangler observasjoner fra fjorden som kunne brukes for å kontrollere hvor godt modellen beskriver gjennomsnittstilstanden. For vår oppgave betyr dette at vi ikke bør legge større vekt på absoluttverdiene, men heller vurdere forskjellene mellom de ulike scenariene for ferskvannstilførsel. Dette er relevant for vår oppgave.

3. Resultater og diskusjon

3.1 Observasjoner fra befaring

I osen hvor Solheimselva renner ut i Nordalsfjorden (Figur 2), ble det observert flere laks/ørret. I strandsonen var det noe vekst av grønnalger. Et stykke lenger bort fra elveosen hvor saltholdigheten økte, var det brunalger som dominerte med grisetang (*Ascophyllum nodosum*) som dominerende art.



Figur 2. Elveosen hvor Solheimselva renner ut i Nordalsfjorden.

Rundt Pollen hvor kraftverksutslippet er planlagt, er det udyrket mark med unntak mot vest hvor det er et tilgrensende jordbruksområde. Innerst i Pollen munnet en liten bekk ut. Strandsonen var preget av en betydelig vekst av brunalger (*Fucus spiralis* og *A. nodosum*), men med et stort innslag av grønnalger (Figur 3) (*Cladophora* sp. og *Enteromorpha* sp.). Spesielt var dette synlig i strandsonens vestre del mot det tilgrensende jordbruksområdet (Figur 4). Den sterke veksten av grønnalger kan ha sammenheng med avrenning fra det tilgrensende jordbruksområdet – kanskje i kombinasjon med ferskvannspåvirkning.



Figur 3. Grønnalgematte i Pollen.



Figur 4. Strandsone i Pollens vestre del.

Strandområdet videre vestover utenfor Pollen hadde også et tydelig grønnalgebelte som kunne sees på steinene i strandsonen (Figur 5). Hvorvidt denne algeveksten skyldtes jordbruksavrenning, ferskvannspåvirkning eller næringssaltpåvirkning fra utløp av settefiskanlegg er vanskelig å si. Nordalselva har sitt utløp i dette området (Figur 6) slik at ferskvannspåvirkning kan være en årsak. Vest for elveutløpet ble det også observert mye grønnalger liggende som et teppe på grisetang og voksende direkte på stein og fjell (Figur 7).

Utslippspunktet fra settefiskanlegget kunne tydelig spores både på grunn av oppstrømmende vann og ikke minst på grunn av at vannutslippet inneholdt store mengder organiske partikler. Dessuten ble en tydelig fetthinne observert på havoverflaten over utslippspunktet. Den utpregede grønnalgeveksten som ble observert i på steiner i strandsonen i dette området, kan skyldes en kombinert effekt av jordbruksavrenning, ferskvannspåvirkning og næringstilførsel fra settefiskanleggets vannutslipp. Hvis den observerte mengden organiske partikler i avløpsvannet fra settefiskanlegget er det normale og hvis vesentlige deler av disse partiklene sedimenterer i dypområdet i Nordalsfjorden, kan dette øke oksygenforbruket i dypvannet. Derved vil oksygenreserven i vannsøylen under terskeldyp raskere bli forbrukt og man kan komme ned mot nivåer som gir ugunstige livsvilkår for fisk og andre marine organismer.

Lenger utover i Nordalsfjorden (Figur 8) ble ikke den samme grønnalgeveksten observert i strandsonen. Her var det grisetangen som dominerte.



Figur 5. Grønnalgebelte i strandsonen vest for Pollen.



Figur 6. Nordalselvas utløp med bygninger tilhørende Firda Settefisk AS ved elvebredden.



Figur 7. Grønnalger liggende på tang og festet til stein og fjell observert vest for utløpet av Nordalselva.



Figur 8. Utsikt innover Nordalsfjorden fra Straumsnessundet bro.

3.2 Foreliggende resipientundersøkelser

Som tidligere nevnt har ikke Nordalsfjorden blitt betraktet som en resipient med forurensningsproblemer og derfor har det ikke vært gjennomført resipientundersøkelser i kommunal regi. Ved forrige utbyggingsperiode av Nordalsvassdraget i 1963-73 ble det ikke gjennomført undersøkelser eller konsekvensvurderinger i forbindelse med at ca. 30% av den naturlige ferskvannstilførselen ble fjernet fra Nordalsfjorden. Det foreligger derfor ikke noen form for bakgrunnsdata fra dette fjordområdet.

Etter krav fra forurensningsmyndighetene fikk Firda Settefisk AS gjennomført en resipientundersøkelse vinteren 2000. Resultatene fra denne undersøkelsen viste at det 1 meter over bunnen (162 meter) i dypbassenget innenfor terskelen mellom Nordalsøya og Flåtegrunneset var lite oksygen (0,2 mg O₂/l) (AquaSafe 2000). Dette tilsvarer klasse IV (Meget dårlig) i det norske systemet for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997). I dette dypområdet var det en sparsom bunnfauna med få arter og få individ. I prøver tatt på 45 og 77 meters dyp ble det imidlertid rapportert om et artsrikt bunnfaunasamfunn uten dominerende arter som indikerer gode og upåvirkede miljøforhold.

Nordalsfjorden er en ganske typisk vestnorsk terskelfjord. På grunnlag av det kan det antas at fjorden fra naturens side har en begrenset resipientkapasitet, og at dårlig vannkvalitet i dypvannet innenfor terskelen har vært en normalt tilstand også i tidligere tider. Funnene av dyr i sedimentet tyder imidlertid på at det ikke er anoksiske forhold i dypvannet over lengre perioder. På grunn av manglende data fra tiden før vassdragsreguleringene ble gjennomført, kan ikke utviklingen i dypbassenget beskrives. Manglende tidsserier med oksygenmålinger gjør det vanskelig å beregne dypvannets oksygenforbruk pr. tidsenhet, men i modellen Fjordmiljø beregnes også oksygenforbruket og oksygenminimum i dypvannet. En sammenligning mellom de ulike scenariene vil være grunnlag for å bedømme om man kan forvente vesentlige endringer. Økt belastning på resipienten vil kunne føre til hurtigere forbruk av det tilstedeværende oksygenet, og det kan føre til anoksiske forhold over lengre tidsperiode enn tidligere.

3.3 Modellkjøringer

3.3.1 Scenarier og data

Vi velger å gjøre beregninger for to situasjoner som kan beskrive to vanlige situasjoner mht. ferskvannstilførsel til Nordalsfjorden innenfor Straumsnessundet. Tabell 1 viser et estimat av typisk ferskvannstilførsel sommer og vinter, henholdsvis før og etter etablering av Pollen kraftverk.

Tabell 1. Estimert av ferskvannstilførselen til indre del av Nordalsfjord (oppgitt av Sogn og Fjordane Energiverk). Tallene brukes som grunnlag for beregninger.

Ferskvannskilde	Sommer, m ³ /s		Vinter, m ³ /s	
	Før	Etter	Før	Etter
Solheimselva	18	18	10	10
Nordalselva	8	1	4	1
Pollen kraftverk	0	5	0	4
Mindre elver og bekker (estimat)	5	5	2	2
Totalt	31	29	16	17

Tabellen viser at bygging av Pollen kraftverk bare vil føre til små endringer i ferskvannstilførselen til indre del av Nordalsfjord. Sommerstid vil typisk ferskvannstilførsel avta med 6-7%, mens den vinterstid vil øke med 6-7%. Sett mot en bakgrunn med store naturlige variasjoner pga. perioder med sterk regn, stor snøsmelting eller svært lite nedbør, er dette en liten endring.

Sammen med opplysninger om topografi (arealer, volumer, terskeldyp) hentet fra sjøkart nr. 27 og tidevannsvariasjonen (hentet fra Norges Sjøkartverks Tidevannstabeller) gir dette grunnlag for å bruke Fjordmiljø.

3.3.2 Resultater

Resultatene fra beregningene med modellen Fjordmiljø er oppsummert i tabell 2. Vi viser først til kommentaren i kap. 2.4 vedr. bruk av resultatene, og konkluderer med at byggingen av Pollen kraftverk ikke vil endre merkbart på forholdene i brakkvannslaget i Nordalsfjordens indre del.

Tabell 2. Beskrivelse av tilstanden i brakkvannslaget i indre del av Nordalsfjord, før og etter bygging av Pollen kraftverk – vindstyrke 4 m/s.

Fjordens overflatelag	Sommer, m ³ /s		Vinter, m ³ /s	
	Før	Etter	Før	Etter
Tykkelse (m)	0,7	0,7	0,6	0,6
Oppholdstid (døgn)	0,8	0,8	1,0	1,0
Saltholdighet	4-5	4-5	10-12	10-12

Omkring disse "typiske gjennomsnittene" vil det være store naturlige variasjoner som følge av variasjoner i ferskvannsavrenning fra land, vindforhold, tidevann osv. Det finnes ikke

målinger som gir grunnlag for å bedømme størrelsen av disse variasjonene, men de vil uten tvil være langt større enn de endringene som etablering av Pollen kraftverk kan gi. Vi nevner ellers at med unntak for situasjoner med rolige vindforhold vil trolig tykkelsen av brakkvannslaget oftest være noe dypere enn det som modellen beskriver og saltholdigheten dermed en del høyere.

For selve Pollen og området utenfor munningen av Nordalselva vil endringer i ferskvannstilførselen bli vesentlig større (jfr. Tabell 1). Vi har ikke data som kan gi grunnlag for en konkret vurdering av størrelsen av disse endringene, men på generelt grunnlag kan man si:

- I Florevika utenfor Nordalselva vil overflatelaget sommerstid bli tilført vesentlig mindre ferskvann enn tidligere. Dette vil medføre høyere salinitet i overflatelaget, svakere vertikal sjiktning og lengre oppholdstid. Vinterstid blir endringene relativt mindre.
- Vinterstid vil Pollen få tilført langt mer ferskvann enn tidligere. Det vil oppstå et brakkvannslag med forholdsvis lav salinitet og markert sjiktning i forhold til det underliggende sjøvannslaget. Strømmønsteret i overflaten vil bli endret, bl.a. ved at brakkvannet vil strømme ut av Pollen med en inngående sjøvannsstrøm rett under sprangsjiktet. For vannmassene i de øvre 4-5 m dyp vil dermed utskiftningen øke i forhold til dagens situasjon. Hvorvidt vannutskiftningen mellom dette nivået og bassengets største dyp (11 m) vil endres, har vi ikke grunnlag for å vurdere. Utviklingen kan gå begge veier: Den inngående sjøvannsstrømmen medfører økt utskiftning dypere nede i bassenget – eller økt sjiktning medfører redusert vannutskiftning.

Intervallkjøring av Pollen kraftverk (drift i perioder på f.eks. 2-10 timer) vil i første rekke påvirke forholdene i selve Pollen med sannsynligvis store utslag i saltholdighet og vannutskiftning i overflatelaget. Dette kan kanskje beskrives som en ”utspyling” av overflatelaget. På den annen side vil utslagene være kortvarige. Virkningene på vannutskiftning og vertikal sjiktning i selve Nordalsfjorden må antas å bli liten.

Til slutt nevnes at Fjordmiljø også beregner gjennomsnittlig oppholdstid og oksygenforbruk i bassengvannet innenfor terskelen til indre Nordalsfjord. For bassengvannet gir Fjordmiljø ca. 2 ml O₂/l som laveste oksygenkonsentrasjon. Dette er et gjennomsnitt for hele vannmassen, og nær bunnen i de dypeste partiene vil konsentrasjonen være vesentlig lavere. Ingen av disse størrelsene endres ved de fire vannføringene som er brukt i Tabell 1. Dette tyder på små eller ingen konsekvenser for oksygenforholdene i selve Nordalsfjord. På den annen side viser resultatene at den grunne terskelen (39 m dyp) medfører liten vannutskiftning og dermed periodevis meget dårlige oksygenforhold i bassengvannet innenfor terskelen, og at bare en liten økning i oksygenforbruket kan få betydelige konsekvenser for det marine livet i Nordalsfjordens dypere del.

3.4 Mulige effekter av vassdragsregulering

3.4.1 Fysiske og kjemiske effekter

Generelt

Ferskvannstilførselen til fjordene er forskjellig gjennom året. På Vestlandet er det normalt liten tilførsel om vinteren og en kraftig vårflom med maksimum i mai-juni. Om sommeren avtar tilførslene igjen for så å øke til et nytt maksimum om høsten.

De fleste fjordene er terskelfjorder med et øvre vannlag hvor salinitet og temperatur påvirkes sterkt av det ferskvannet som tilføres fjorden. Lagets tykkelse øker utover fjorden, samtidig som saliniteten øker etter som medrivning fører til innblanding av sjøvann. Strømmen her er som oftest utoverrettet. Under det øvre laget ligger et mellomlag som strekker seg fra brakkvannslaget og ned til terskeldyp, og strømbildet i dette laget er variabelt. Under terskeldypet ligger bassengvannet hvor vannkvaliteten avhenger av hvor hyppig vannet skiftes ut og hvor stort det biologiske oksygenforbruket er (stor belastning med organisk materiale medfører høyt oksygenforbruk). Hele eller deler av bassengvannet skiftes ut hvis tungt atlantisk vann trenger inn i fjordene over terskelnivå. Slike utskiftninger skjer oftest om høsten eller i løpet av vinteren. I enkelte terskelfjorder kan det gå flere år mellom hver utskiftning av bassengvannet, og det kan da danne seg giftig hydrogensulfid (H_2S) i bunnvannet.

Effekter på brakkvannslaget og den estuarine sirkulasjon

Økt ferskvannstilførsel om vinteren vil normalt føre til de relativt største endringer i overflatelagets salinitet. Da er tilførselen av ferskvann liten fra andre ferskvannskilder slik at store utslipp av ferskvann til mindre fjordområder vil senke saliniteten i overflatelaget. Hvor stor reduksjonen i salinitet vil være, avhenger av økningen i tilførsel av ferskvann i forhold til tilførsel fra andre elver.

For Nordalsfjorden viser modellkjøringene at overflatevannets salinitet ikke vil bli påvirket i påviselig grad hverken om sommeren eller vinteren som følge av etablering av Pollen kraftverk. Det må likevel forventes en svak økning i overflatevannets salinitet i den perioden/de periodene når vannet som normalt tilføres fjorden fra Nordalselva, blir magasinert.

Ubetydelige endringer i ferskvannstilførselen om vinteren vil ikke påvirke brakkvannslagets tykkelse. Tilførsel av kaldt ferskvann om vinteren kan imidlertid føre til redusert overflate-temperatur og faren for isdannelse i kalde, vindstille perioder vil øke (Pytte Asvall 2000).

Vassdragsreguleringer fører normalt til at store deler av vannmengdene i et nedbørsfelt som normalt vil transporteres ned til fjorden om våren, blir magasinert. Resultatet blir at vårflommen blir mindre og den estuarine sirkulasjonen svekkes som følge av at den utoverrettede overflatestrømmen reduseres og dermed reduseres også den innoverrettede kompensasjonsstrømmen (Kartvedt 1984).

I fjorder med grunn terskel kan økt ferskvannstilførsel om vinteren blokkere for bunnvanns-utskiftninger. Dersom terskeldypet er dypere enn brakkvannslagets tykkelse slik som i Nordalsfjorden, er det imidlertid mer usikkert om endringer i ferskvannstilførselen om

vinteren vil kunne påvirke utskifningsfrekvensen og størrelsen på denne. Terskeldypet inn til Nordalsfjorden er så dypt at sannsynligheten for at de planlagte endringene i tilførselen av ferskvann vil innvirke på utskiftningene av bunnvann, er meget liten. I Nordalsfjorden vil det fremdeles være forhold utenfor fjorden som styrer utskiftningen av bassengvannet.

Tilførsel av næringssalter, oppløst og partikulært materiale

Ellevannet tilfører fjordene både næringssalter og partikulært materiale. I sommermånedene representerer denne ferskvannstilførselen en viktig nitrogen- og silikatkilde for frittlevende og fastsittende alger. Ferskvann inneholder imidlertid lite fosfor slik at dette kan bli det vekstbegrensende element for primærprodusentene. Det utoverstrømmende brakvannslaget vil imidlertid rive med seg underliggende vann og derigjennom kan næringsrikt fjordvann bli brakt opp i den eufotiske sonen. Spesielt viktig er dette i forbindelse med flomperioder (vår- og høstflom på Vestlandet).

I ferskvann finnes det oppløste organiske og uorganiske materialer, og en del av dette materialet vil felle ut utenfor elveutløpet pga. sjøvannets elektrolyttiske egenskaper. Ferskvannstilførsel til sjøområde vil dermed føre til utfellinger, og dette sammen med tilførsel av uorganiske partikler vil redusere vannets gjennomsjennelighet – noe som reduserer den eufotiske sonen (vannlaget hvor det foregår en netto primærproduksjon). Effektregruleringer er antatt å virke i samme retning ved at turbiditeten øker på grunn av utspyling av materiale fra magasin til fjord (Larsen & Fiksen 1998). Redusert vannføring i Nordalselva vil ha motsatt virkning, dvs. føre til økt gjennomsjennelighet i vannmassene. Imidlertid vil tilførselene fra Solheimselva fortsette som normalt slik at effektene av effektregrulering av Pollen kraftverk og redusert vannføring i Nordalselva vil være begrenset og sannsynligvis av mindre betydning.

3.4.2 Biologiske effekter

Generelt

I havet er planteplankton (små, encellede planter (alger) som svever fritt i vannmassene) de viktigste primærprodusentene, dvs. de organismene som kan produsere organisk materiale gjennom fotosyntesen. I fjorder utgjør også produksjonen fra fastsittende alger (tang og tare) en betydelig del av den totale primærproduksjonen. Algene er næringsgrunnlaget for alle organismer videre oppover i næringskjeden slik at i områder med stor algeproduksjon vil det også være stor produksjon av dyr slik som dyreplankton og fisk.

Algenes vekst styres i hovedsak av tilgangen på næringssalter og lys. Av næringsstoffene er nitrogen og fosfor de viktigste, men også silikat er med på å styre planteplanktonets arts-sammensetning. Algene tar opp oppløste næringsstoffer fra vannmassene og under blomst-ringsperioder forbrukes næringsstoffene raskt i vannmassenes eufotiske sone (= den delen av vannsøylen hvor det er tilstrekkelig med lys til å gi en netto produksjon). Algenes videre vekst avhenger av tilgang på nye næringsstoffer fra kilder slik som for eksempel ellevann, avrenning fra landbruk, kloakk, akvakulturanlegg, ekskresjon fra dyr eller ved at næringsrikt dypvann blir brakt opp til overflaten.

På våre breddegrader er det for lite lys om vinteren til at algene kan blomstre. Algenes vekstsesong strekker seg derfor på Vestlandet fra februar/mars til september/oktober.

Primærproduksjonen går videre i næringskjeden til sekundærproduksjon og fiskeproduksjon. Innover i fjordene avtar ofte mengden dyreplankton, og planktonformene som finnes i indre fjordsystem med lang oppholdstid for brakkvannet, er ofte dominert av mindre dyreformer. Store ferskvannsutslipp fra store elver eller kraftstasjoner kan imidlertid føre til kraftige kompensasjonsstrømmer som fører store mengder dyreplankton fra ytre områder inn mot utslippsstedet (Lie et al. 1992).

Mange fjorder er også kjent for iallfall tidvis å være fiskerike – noe som lokalbefolkningen ofte har benyttet både til matauk og til å skaffe seg ekstrainntekter. Dessuten kan fjordområder fungere som oppvekstområder for fiskearter slik som for eksempel sild. I Nordalsfjorden har det tidligere i følge lokale kilder vært fiske etter reker i tillegg til et betydelig fritidsfiske spesielt etter torsk.

Salinitetsendringer

I korte perioder kan den sommerlige ferskvannstilførselen til Nordalsfjorden kunne reduseres med anslagsvis 40-45% pga. svært redusert vannføring i Nordalselva og oppmagasinerings av vann i Storavatnet. Saliniteten i indre del av Nordalsfjorden vil imidlertid fremdeles være lav etter en utbygging av Pollen kraftverk. Derfor vil den planlagte kraftverksutbyggingen ikke føre til store endringer i algesamfunnene. Også etter utbyggingen vil det være arter med stor toleranse for salinitetsvariasjoner som dominerer i brakkvannslaget.

Næringssalter

I marine alger er forholdet mellom nitrogen og fosfor (N:P-forholdet) gjennomsnittlig lik 7,2. I ferskvann er dette forholdet betydelig høyere, særlig på grunn av lavere P-konsentrasjon. Tilførsel av ferskvann til marine områder gir derfor ofte begrenset vekst av rent marine alger pga. P-begrensning. For at nitrogentilførslene fra ferskvann skal kunne resultere i en økning av algeproduksjonen, er det nødvendig med tilførsler av fosfor. Fastsittende grønnalger trives imidlertid i ferskvannspåvirkede fjordområder og finnes derfor ofte i betydelig mengder i strandsonen nær elvemunninger.

Ved befaring i Nordalsfjorden ble det observert mer grønnalger i strandsonene som grenset til jordbruksareal og elveutløp og som lå nær utslippspunkt for avløpsvann fra settefiskanlegg. Økt grønnalgevekst finnes ofte som nevnt ovenfor nær elvemunninger, men kan også være et tegn på eutrofiering (forhøyede tilførsler av næringssalter). Selv om årsaken til økt grønnalgevekst i brakkvannsområder kan være vanskelig å fastslå, er det nærliggende å peke på at indre del av Nordalsfjorden tilføres næringsrikt vann fra avløpsvann fra akvakulturanlegg i tillegg til avrenning fra jordbruksområder.

På grunn av at Pollen kraftverk ikke vil føre til store endringer i ferskvannstilførselen til Nordalsfjorden i algenes vekstsesong, er det heller ikke sannsynlig at mengden påvekstalger vil endres vesentlig i forhold til dagens situasjon.

Etablering av Pollen kraftverk vil ikke føre til at oppholdstiden for overflatevannet inne i indre del Nordalsfjorden endres vesentlig, og dermed vil ikke planteplanktonets vekstforhold i dette området forandres i særlig grad. Redusert flomavrenning resulterer imidlertid i redusert medrivning av næringsrikt fjordvann, og for hele fjordområdet regnet helt ut til Botnfjorden vil dette kunne resultere i en reduksjon i den totale årlige primærproduksjonen. Imidlertid er det vanskelig å gi noen klare svar på hvordan endringene vil påvirke produksjonen i fjorden uten

å ha kunnskap/data om de hydrografiske forholdene, strømhastigheter, næringsalter og algenes artssammensetning i fjorden.

Akvakultur

I følge NVE vil etablering av Pollen kraftverk føre til at ferskvannstilførselen til Nordalsfjorden som helhet endres lite, men vintervannføringen vil øke og sommervannføringen vil bli noe mindre (Pytte Asvall 2000). Som effekt av at vintervannføringen økes, konkluderer NVE med at det i stille kalde perioder kan bli noe mer is lenger ut i fjorden (Pytte Asvall op.cit.). Hvor mye lenger utover i fjorden det må forventes islegging, angis ikke av NVE. Hvis isleggingen strekker seg langt utover i fjorden og/eller hvis transporten av isflak utover fjorden blir stor, kan dette skape problemer for akvakulturetableringer i fjorden.

I forbindelse med fiskeoppdrettsanlegg i nærheten av kraftverk, kan gassovermetning representere et problem (Berg et al. 1983, Golmen 1994). Negative effekter av gassovermetning knyttes i biologisk sammenheng i første rekke til nitrogen. Gassovermettet vann fører til at fisk får et for høy nitrogenkonsentrasjon i blodet. Resultatet blir dannelse av bobler i blodet og fisken dør. Lengre tids eksponering med vann med 5% gassovermetning kan føre til skader på fisk.

I et lukket inntak (inntak under vannflaten) vil det hovedsaklig være temperaturøkninger i sjakta som vil kunne føre til overmetning av nitrogen i vannet. Temperaturøkningen kan komme som følge av trykkøkning i sjakta, friksjon og varmeledning til eller fra omgivelsene. En økning i vanntemperaturen vil føre til en reduksjon i vannets evne til å ta opp gass, dvs. at temperaturøkningen i vannet fører til en gassovermetning uten at det har forekommet en tilførsel av luft i sjakta.

Høydeforskjellen mellom Pollen og inntaket i Storavatnet er ca. 100 meter som vil gi en lufttrykkøkning på litt over 1% ved havflatenivå i tillegg til temperaturøkningen. Resultatet vil være en svak gassovermetning i vannet. I turbinen vil det imidlertid skje en plutselig trykkreduksjon, og vannet vil treffe med stor kraft mot turbinskivene. Dette sammen med transporten i avløpstunnelen fra turbinen vil føre til avluftning av vannet. Selv om det er sannsynlig at et visst gassoverskudd vil være tilstede når vannet når Pollen, vil overskuddet være ubetydelig i dette tilfellet.

Løsningssevnen for gass avtar med økende temperatur og økende salinitet. Ferskvann ved 5°C har ca. 50% høyere metningsnivå for gass enn brakkevann med salinitet 20 og temperatur 15°C. Hvis det slippes ut ferskvann med 10°C lavere temperatur enn det brakke fjordvannet, representerer det en overmetningsrisiko på 20% (Golmen 1994). Utslippsvannet vil bli fortynnet og spredd utover fjorden og allerede etter ca. 200 meter vil overmetningen være under 5%. Problemer for fisk på grunn av gassovermetning vil dermed kunne forekomme i Pollen kraftverks nærrområde, dvs. inne i Pollen. Utenfor Pollen vil ikke gassovermetning representere noen fare for hverken villfisk eller fisk i innhegning.

3.4.3 Pollen og området utenfor Nordalselvas utløp

Pollen og området utenfor Nordalselvas utløp er de områdene hvor Pollen kraftverk vil skape de største forandringene i de hydrografiske forholdene (jfr. kap. 3.3.2) og for marin flora og fauna.

I Pollen vil parametre som salinitet, temperatur, turbiditet, strøm og næringssalter kunne variere betydelig i løpet av kort tid. Dette vil helt klart påvirke både flora og fauna i området. Kun de artene som har vide toleransegrenser for variasjon i disse parametrene, vil kunne overleve. Uten å ha kunnskap om de artene som finnes i Pollen, er det vanskelig å si hvilke arter som vil forbli og hvilke som vil forsvinne. Det må imidlertid forventes at artsdiversiteten reduseres.

Florevika utenfor utløpet av Nordalselva vil om sommeren få en betydelig reduksjon i ferskvannspåvirkningen. Det vil føre til høyere salinitet i overflatelaget og dermed kan arter som har lavere toleransegrense for variasjoner i saliniteten rykke nærmere elveutløpet.

4. Konklusjoner

Fra Nordalsfjorden foreligger det ingen fysiske, kjemiske eller biologiske grunnlagsundersøkelser. Rapporten bygger derfor på generell kunnskap om effekter av vassdragsreguleringer på fjorder, observasjoner under en befaring i september 2000 og på resultater fra kjøring av modellen "Fjordmiljø".

Modellkjøringer basert på oppgitte typiske ferskvannstilførsler viser at etablering av Pollen kraftverk neppe vil føre til endringer hverken av salinitet, brakkvannslaget tykkelse eller brakkvannets oppholdstid i indre del av Nordalsfjorden. Vi kjenner ikke det naturlige variasjonsmønsteret i fjorden, men de naturlige variasjonene pga. skiftende nedbør og vindforhold vil være større enn endringene som kan ventes etter den planlagte kraftverksutbyggingen.

Etablering av Pollen kraftverk vil i liten grad påvirke mengden påvekstalg i det indre fjordområdet hvis utslippene av næringssalter holdes på dagens nivå.

En reduksjon i vårflommen kan redusere hele fjordområdets produksjonspotensiale som følge av en svekning av den estuarine sirkulasjon og redusert næringssalttilførsel. Samtidig vil en nedgang i tilførselen av organisk materiale kunne redusere belastningen på oksygenet i dypvannet i bassenget inne i indre del av Nordalsfjorden. Mindre ferskvannsavrenning vil også forbedre vannets gjennomskinnelighet. Relativt dyp terskel inn til Nordalsfjorden fører til at Pollen kraftverk ikke vil influere på utskiftningen av bassengvannet.

Etablering av Pollen kraftverk vil føre til små endringer i brakkvannslaget og dermed kan det ikke forventes store endringer i planteplanktonets artssammensetning. Arter med stor toleranse for salinitetsfluktuasjoner vil fremdeles dominere. Artssammensetningen hos de fastsittende algene forventes heller ikke å endres.

Mer islegging i kalde vintre og transport av isflak kan skape problemer for akvakultur-etableringer i fjorden.

Utenfor Pollen vil ikke gassovermetning representere noen fare hverken for villfisk eller fisk i innhegning.

På bakgrunn av de teoretiske betraktningene og modellkjøringene ser det ikke ut for at etablering av Pollen kraftverk vil føre til større endringer i det marine miljø i selve Nordalsfjorden. Mangelen på fysiske, kjemiske og biologiske data reduserer imidlertid utsagnskraften i konklusjonene noe.

For selve Pollen og for området utenfor munningen av Nordalselva vil endringene i ferskvannstilførsel bli vesentlig større:

- I Florevika utenfor Nordalselva vil overflatelaget sommerstid bli tilført vesentlig mindre ferskvann enn tidligere. Dette vil medføre høyere salinitet i overflatelaget, svakere vertikal sjiktning og lengre oppholdstid. Vinterstid blir endringene relativt mindre. For

marine organismer vil dette bety at arter som har lav toleranse for lave saliniteter, kan etablere seg nærmere elveutløpet.

- Vinterstid vil Pollen få tilført langt mer ferskvann enn tidligere. Det vil oppstå et brakkvannslag med forholdsvis lav salinitet og markert sjiktning i forhold til det underliggende sjøvannslaget. Strømmønsteret både i overflaten og i sjøvannslaget vil bli endret, og vannmassene i de øverste 4-5 m dyp vil dermed skiftes hyppigere ut enn tilfellet er i dag. Hvorvidt vannutskiftningen mellom dette nivået og bassengets største dyp (11 m) vil endres, har vi ikke grunnlag for å vurdere. På grunn av store fluktuasjoner i salinitet, temperatur, turbiditet, strøm og næringsalter over relativt korte tidsintervall, må det forventes at artsdiversiteten inne i Pollens brakkvannslag avtar og at kun arter med vide toleransegrenser for de fluktuerende miljøparametrene vil overleve.

Intervallkjøring av Pollen kraftverk (drift i perioder på f.eks. 2-10 timer) vil i første rekke påvirke forholdene i selve Pollen med sannsynligvis store utslag i saltholdighet og vannutskiftning i overflatelaget. Virkningene på vannutskiftning og vertikal sjiktning i selve Nordalsfjorden må antas å bli liten.

Referanser

- AquaSafe. 2000. Resipientundersøkelse. Firda Settefisk AS, lok. Nordalsfjord. 13 s.
- Berg, A., T. McClimans, H. Rye, T. Tekle, M. Wathne, T. Heggberget, H. Hustvedt, K. Kittelsen & L. Vinnogg. 1983. Overmetning av oppløst luft i vann fra kraftverk. Årsaksforhold, skadevirkninger og mottiltak. NHL-rapport, STF60 A 83005: 1-86.
- Golmen, L. 1994. Dumping av sprengstein ved Trengereid. Vurdering av slamspredning. NIVA-rapport l.nr.3099. 20 s.
- Kaartvedt, S. 1984. Vassdragsregulerings virkning på fjorder. Fisken og Havet 1984(3):1-104.
- Larsen, A., & Ø. Fiksen. 1998. Effektregulering – miljøvirkninger og konfliktreducerende tiltak. Delprosjekt 2.2. Effektregulering – turbiditetsøkning og biologiske virkninger i sjø. Rapport nr. 4. 29 s.
- Lie, U., H. Svendsen, S. Kaartvedt, S. Mikki, T.M. Johnsen, D.L. Aksnes, R. Pytte Asvall & L. Golmen. 1992. Vannkraft og fjorder: Fysiske og biologiske konsekvenser av Ulla-Førre utbyggingen. Senter for miljø- og ressursstudier, Universitetet i Bergen. Rapport nr. 4/92. 89 s.
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensningstilsyn. Veiledning 97:03. 36 s.
- Pytte Asvall, R. P. 2000. Pollen kraftverk. Supplerende vurderinger vedrørende virkninger av utbyggingen på forholdene i Norddalsfjorden. HM-Notat 22 2000. 8 s.
- Schei, T.A. 1998. Pollen kraftverk – utredning av konsekvenser for fisk i Norddalsvassdraget og konsekvenser av kraftverksutslippet i maring miljø. ENCO Environmental Consultants a.s. Rapport 9823.
- Stigebrandt, A., 1992: Beregning av miljøeffekter i fjorder fra menneskelige aktiviteter. Lærebok for brukere av vannkvalitetsmodellen Fjordmiljø. Statens forurensningstilsyn Oslo/Ancylus Gøteborg. Ancylus rapport nr 9201. 58 sider.