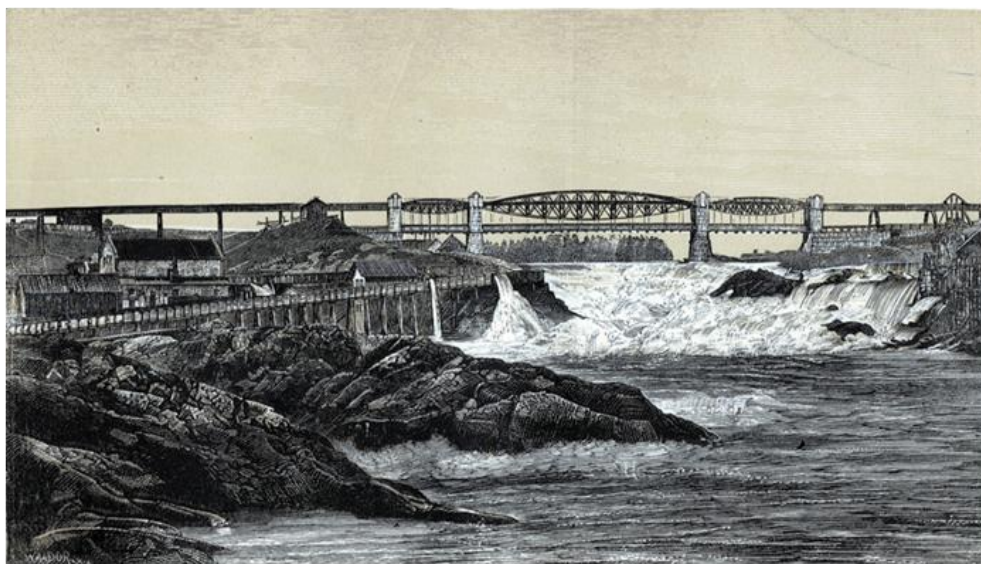


Effekter på laksen i Glomma av Borregaard fabrikkers aktiviteter

Skrivebordsvurdering basert på litteraturstudium
og feltmålinger utført i perioden 2007-2010

Gunnbjørn Bremset
Kjetil Olstad
Marius Berg
Odd Terje Sandlund



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

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

Norsk institutt for naturforskning

Effekter på laksen i Glomma av Borregaard fabrikkers aktiviteter

**Skrivebordsvurdering basert på litteraturstudium
og feltmålinger utført i perioden 2007-2010**

**Gunnbjørn Bremset
Kjetil Olstad
Marius Berg
Odd Terje Sandlund**

Bremset, G., Olstad, K., Berg, M. & Sandlund, O.T. 2011. Effekter på laksen i Glomma av Borregaard fabrikkers aktiviteter. Skrivebordsvurdering basert på litteraturstudium og feltmålinger utført i perioden 2007-2010. – NINA Rapport 670, 41 sider.

Trondheim, februar 2011

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2254-9

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Bjørn Mejdell Larsen

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Kjetil Hindar (sign.)

OPPDRAUGSGIVER

Borregaard Industries

KONTAKTPERSON HOS OPPDRAGSGIVER

John Erlend Mosbye

FORSIDEBILDE

Sarpsfossen anno 1885. Tegning: Anders Nicolai Kiær.

NØKKEWORD

- Glomma
- Østfold
- Laks
- Industri
- Utslipp
- Effekter

KEY WORDS

- River Glomma
- Østfold county
- Atlantic salmon
- Industry
- Effluents
- Effects

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 22 60 04 24

NINA Tromsø

Polarmiljøsentret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00
Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkeltgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 61 22 22 15

www.nina.no

Sammendrag

Bremset, G., Olstad, K., Berg, M. & Sandlund, O.T. 2011. Effekter på laksen i Glomma av Borregaard fabrikkers aktiviteter. Skrivebordsvurdering basert på litteraturstudium og feltnmålinger utført i perioden 2007-2010. – NINA Rapport 670, 41 sider.

På oppdrag fra Borregaard Industries har Norsk institutt for naturforskning gjennomført en skrivebordsvurdering av hvilke effekter utslippene fra Borregaard fabrikker har hatt på laksebestanden i Glomma. Denne skrivebordsvurderingen er basert på tilgjengelig informasjon i form av generell litteratur og rapporter fra spesifikke undersøkelser i tilknytning til det påvirkete området. Influensområdet for utslippene fra fabrikkområdet er vurdert å være alle vassdragsområder der det kan forventes en påviselig effekt av utslippene.

Ut fra foreliggende kunnskapsgrunnlag er det vurdert at de viktigste gyte- og oppvekstområdene for laksebestanden i Glommavassdraget er like nedstrøms Sarpsfossen og i sideløpet Ågårdselva. I begge disse områdene har laksungene uvanlig god vekst og lav smoltalder (1-2 år). Influensområdet er vurdert å ha *middels verdi* som gyteområde for laks og *liten til middels verdi* som oppvekstområde for laks. Grunnen til den høyere verdien som gyteområde er at influensområdet trolig fungerer som et produksjonsområde for laksengel som forsyner nedenforliggende elveområder med laksunger.

Laksebestanden i Glomma er negativt påvirket av rømt oppdrettslaks, forurensning og vassdragsregulering. Det samlede trusselbildet gjør at laksebestanden anses som *moderat påvirket* av menneskelige inngrep. Den viktigste forurensningskilden på lakseførende strekning er utslipp fra Borregaard fabrikker, hvorav utslipp av organiske forbindelser utgjør hovedmengden av utslippene. Det er vurdert at utslippene fra Borregaard fabrikker samlet sett har små til middels negative påvirkninger på gyteforholdene, middels negative påvirkninger på oppvekstforholdene, og samlet sett har *middels negative påvirkninger* på lakseproduksjon i Glomma.

Det er vurdert at utslippene har små til middels negative konsekvenser for gyteforholdene og oppvekstforholdene til laks, slik at utslippene samlet sett har *middels negative konsekvenser* for lakseproduksjonen i Glomma. På grunn av mangelfulle fiskebiologiske undersøkelser er det knyttet vesentlig usikkerheter til nåværende bestandsstatus og bestandsutvikling hos laksebestanden i Glomma. Dette skyldes både mangelfull generell kunnskap om lakseproduksjon i dyper partier av store elver og manglende spesifikk kunnskap fra Glomma.

På grunn av at influensområdet er rasktflytende og dypt er tradisjonelle undersøkelsesmetoder som elektrisk fiske langs land og gytefisketellinger uegnet. Imidlertid kan bruk av spesialbåt for elektrisk fiske trolig gi verdifull informasjon om bestandsstatus hos laks. Ut fra mangel på detaljert og høyoppløselig informasjon om utslippsvariasjoner er det knyttet usikkerheter til om episoder med spesielt høye utslipp kan gi ekstraordinære variasjoner i vekst og overlevelse hos laks.

Gunnbjørn Bremset, Odd Terje Sandlund & Marius Berg, Norsk institutt for naturforskning, Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim;

Gunnbjorn.Bremset@nina.no; Odd.T.Sandlund@nina.no; Marius.Berg@nina.no;

Kjetil Olstad, Norsk institutt for naturforskning, Fakkelgården, 2624 Lillehammer;

Kjetil.Olstad@nina.no;

Abstract

Bremset, G., Olstad, K., Berg, M. & Sandlund, O.T. 2011. Effekter på laksen i Glomma av Borregaard fabrikkers aktiviteter. Skrivebordsvurdering basert på litteraturstudium og feltmålinger utført i perioden 2007-2010. – NINA Report 670, 41 pages.

Borregaard Industries has asked Norwegian Institute for Nature Research (NINA) to conduct a desktop study on the effects of industrial effluents on the salmon population in River Glomma. This desktop study is based on available information in general literature and from specific investigations in the influence area. The influence area of effluents is defined as all river areas in which it could be expected traceable effects of the effluents.

Based on the knowledge base it is concluded that the principle spawning and nursery areas for salmon are downstream the Sarpsfossen waterfall and in the river branch Ågårdselva. In these parts of the watercourse young salmon performs extremely well in terms of high growth rate and low smolt age (1-2 year). The influence area is assumed to have *medium value* as a spawning area and *low to medium value* as a nursery area. The reason for the higher value for spawning than nursery is a likely function as a source, implying that the influence area normally supplies the downstream areas (sink) with young recruits (underyearlings).

The salmon population in River Glomma is considered negatively affected by escaped farmed salmon, water pollution and hydro power development. The combined effect of threats implies that the salmon population is moderately affected by anthropogenic disturbances. Effluents from Borregaard Industries, mainly organic compounds, are the main source of pollution to the anadromous parts of the watercourse. The combined effects of the effluents from Borregaard are considered to have small to medium negative effects on spawning conditions, medium negative effects on the nursery conditions, and all together *medium negative effects* on salmon production in River Glomma.

The effluents are considered to have small to medium negative consequences for both spawning and nursery conditions for salmon, and consequently having *medium negative consequences* for salmon production in River Glomma. A lack of comprehensive fish studies from the influence area imposes considerably uncertainties with respect to population status and development during recent years. The general knowledge on salmon production in deeper parts of large rivers is very limited, and specific knowledge on salmon production in River Glomma is largely lacking.

Due to the combination of swift currents and deep waters, commonly used methods like electrofishing for juveniles and drift counting of adults are considered unsuitable in central parts of the influence area. However, use of an electrofishing boat would most likely give valuable information on the salmon population status in River Glomma. Due to the lack of detailed and high-resolution data on variations in effluents, there are considerable uncertainties whether peak episodes might imply extraordinary effects on growth and survival of the local salmon stock.

Gunnbjørn Bremset, Odd Terje Sandlund & Marius Berg, Norwegian Institute for Nature Research, PO Box 5685 Sluppen, 7485 Trondheim, Norway;

Gunnbjorn.Bremset@nina.no; Odd.T.Sandlund@nina.no; Marius.Berg@nina.no;

Kjetil Olstad, Norwegian Institute for Nature Research, Fakkelgården, 2624 Lillehammer, Norway;

Kjetil.Olstad@nina.no;

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning.....	7
1.1 Bakgrunn.....	7
1.2 Områdebeskrivelse.....	8
2 Metode og datagrunnlag.....	9
2.1 Generelt	9
2.2 Kriterier for verdi	9
2.3 Kriterier for omfang av påvirkning	10
2.4 Kriterier for konsekvens.....	11
2.5 Influensområde	13
2.6 Undersøkellesmetodikk	14
2.6.1 Fiskebiologiske undersøkelser	14
2.6.2 Kjemiske og fysiske målinger	14
2.6.3 Litteratur og andre kilder.....	14
3 Laksebestanden i Glomma.....	15
3.1 Historikk	15
3.2 Status for laksebestanden	16
3.2.1 Fiskebiologiske undersøkelser i influensområdet.....	17
3.2.2 Fiskefaglige vurderinger	20
3.3 Relativ betydning av berørt elvestrekning	22
3.4 Sammenstilling av verdi.....	26
4 Effekter av utslipp på laks	27
4.1 Omfang på utslipp.....	27
4.2 Innblandingssone.....	28
4.3 Utførte toksisitetsprøver	28
4.4 Adsorbent organisk bundet halogen (AOX)	31
4.5 Effekter på laks av kobberutslipp	31
4.6 Aluminiumtoksisitet og blandsoneproblematikk	32
4.7 Effekter på laks av endringer i oksygeninnhold.....	33
4.8 Effekter på laks av næringssalter og begroing.....	33
4.9 Sammenstilling av påvirkning	34
5 Konsekvenser av utslipp for laks	35
6 Usikkerheter	36
6.1 Bestandsstatus hos laks	36
6.2 Påvirkningsgrad fra utslipp	36
7 Konklusjoner.....	37
8 Referanser	38

Forord

Norsk institutt for naturforskning (NINA) har fått i oppdrag av Borregaard Industries å gi en helhetsvurdering av effektene som Borregaard fabrikker har på laksebestanden i nedre deler av Glomma. I pristilbudet fra NINA ble det anbefalt å gjennomføre feltstudier av ung-fisk sommeren 2010 og gytegroppregistreringer høsten 2010. Imidlertid ble disse planene skrinlagt etter gjennomføring av sikker-jobb-analyse, der Borregaard Industries konkluderte med at feltaktivitetene medførte for høy risiko, og dermed ikke kunne gi klarsignal til NINA.

Som følge av endringene i det planlagte prosjektopplegget som er nevnt ovenfor har prosjektet blitt omdefinert til å bli en ren skrivebordsvurdering. Skrivebordsvurderingene er basert på foreliggende informasjon fra publiserte studier av generell relevans, samt en del målinger utført i det aktuelle influensområdet i de senere år. NINA vil vektlegge at vurderingene av influensområdets betydning for lakseproduksjonen i Glomma i stor grad er basert på faglig skjønn, og at det ikke kan trekkes like klare konklusjoner som tilfellet hadde vært om det hadde vært gjennomført spesifikke undersøkelser i influensområdet.

Avsnittet om status for laksebestanden i Glomma er i hovedsak skrevet av Gunnbjørn Bremset, mens avsnittet om påvirkning fra utslipp fra fabrikkområdet er i hovedsak skrevet av Kjetil Olstad. Øvrige avsnitt er skrevet i samarbeid mellom alle forfatterne.

Fiskeforvalter Leif Roger Karlsen hos Fylkesmannen i Østfold har bidratt med mye nyttig informasjon om laksebestanden i Glomma. John Erlend Mosbye hos Borregaard Industries har bidratt med informasjon om utslipp, og har videreformidlet rapporter og annen skriftlig dokumentasjon av undersøkelser gjennomført i influensområdet.

Trondheim mars 2011

Gunnbjørn Bremset, prosjektleder

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Borregaard fabrikker er lokalisert i umiddelbar nærhet til Glomma i Sarpsborg, og produserer en rekke produkter som er basert på treråstoff, deriblant cellulose, vanillin og etanol. Produksjonen medfører utslipp av diverse avfallsstoffer, som går gjennom et biologisk renseanlegg før avløpsvannet går ut i Glomma ved Sarpsfossen. I utgangspunktet blir den bakteriebaserte renseprosessen gjennomført i to trinn: 1) ett anaerobt trinn og 2) ett aerobt trinn. Imidlertid ble et utbrudd av *Legionella*-smitte sommeren 2008 satt i mulig sammenheng med trinn 2 i renseanlegget. Etter anbefaling fra Folkehelseinstituttet og godkjenning fra Klima- og forurensningsdirektoratet (KLIF) ble trinn 2 i renseprosessen stengt i september 2008. Som følge av dette blir det nå sluppet ut mer avfallsstoffer til Glomma enn tidligere. I ettertid har Borregaard fått dispensasjon fra KLIF til midlertidig (til og med juni 2011) økt utslipp av stoffer som fører til økt kjemisk oksygenforbruk (KOF).

I forbindelse med stopp i renseanlegget kunne det forventes en økning i utslipp til Glomma av forbindelser som gir kjemisk oksygenforbruk (KOF), suspendert tørrstoff (STS), adsorbert organisk bundet halogen (AOX, hvori halogen i denne sammenhengen hovedsakelig innebærer klor) samt kobber. Av disse stoffene vil AOX og kobber kunne forventes å ha direkte toksisk effekt på høyere organismer som laks. Ut over stoffer med direkte toksisk effekt, vil laksen også være negativt påvirket av stoffer med økotoksikologiske effekter. Dette vil også innebære stoffer som indirekte påvirker fisken gjennom redusert næringstilgang eller habitatforringelse. I forbindelse med høringsrunder relatert til Borregaards søknader til KLIF har det blant annet fremkommet bekymring vedrørende mulig nedslamming og begroing i laksens gyte- og oppvekstområder. De reelle økningene i utslipp i forbindelse med stengingen av deler av renseanlegget har vært relativt beskjedne, og generelt innenfor de nivåer som er sluppet ut tidligere.

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har på oppdrag fra Borregaard fabrikker gjennomført undersøkelser av vannlevende organismer som alger, bunndyr og fisk i perioden 2009-2010. De fiskebiologiske undersøkelsene inkluderer enkle ungfiskundersøkelser i grunne partier av elva, samt målinger av oksygeninnhold i potensielle gyte- og oppvekstområder for sjøvandrende laksefisk. Det var planer om å gjennomføre gytegroppregistreringer ved hjelp av snorkling høsten 2009, men etter en risikovurdering ble det konkludert med at denne metoden var for risikofylt i det aktuelle området.

Norsk institutt for naturforskning (NINA) har fått i oppdrag å vurdere situasjonen for laksebestanden i Glomma, med spesiell fokus på hvordan aktiviteter ved Borregaard fabrikker har påvirket laksebestanden. Følgelig vil vurderingene av effekter som utslipp har på laks ha et generelt utgangspunkt, og ikke utelukkende fokusere på utslipp i perioden 2008-2010. I prosjektet vil betydningen av influensområdet som gyte- og oppvekstområde for laks bli viet spesiell oppmerksomhet.

1.2 Områdebeskrivelse

Glommavassdraget er landets største vassdrag med et samlet nedbørsfelt på 41 917 km², noe som utgjør om lag 13 % av Norges samlede landareal. Fra kildeområdet i Tydal kommune til utløpet ved Fredrikstad er samlet lengde på vassdraget 605 km. Vannføringen i nedre deler av Glomma varierer normalt mellom 150 og 3500 m³/s, og middelvannføring ved Sarpsfossen er om lag 680 m³/s. Glomma deler seg i to løp ved Furuholmen i Sarpsborg (**figur 1**). Det østre løpet (hovedløpet) går gjennom Sarpsborg og videre til Fredrikstad. Det vestre løpet (sideløpet) går gjennom Minge vannet i Sarpsborg og deretter gjennom Isnesfjorden til samløp med hovedstrengen ved Visterflo. Vassdragsområdet fra Isnesfjorden til Visterflo kalles Ågårdselva, som altså er en del av et sideløp og ikke en tilløpselv til Glomma.

Denne rapporten omhandler området like nedstrøms Sarpsfossen, som er et om lag 20 meter høyt vannfall nært sentrum av Sarpsborg. Sarpsfossen er Europas største foss, med en normal vannføring på 577 kubikkmeter per sekund. I fossen er det installert tre vannkraftverk med mer enn 142 MW samlet produksjonskapasitet: Sarp kraftverk (80 MW) og Hafslund kraftverk (31 MW) på østsiden og bedriftskraftverket Borregaard kraftverk (31 MW) på vestsiden av fossen (www.wikipedia.no). På grunn av det høye fallet er Sarpsfossen et naturlig vandringshinder for laks. Kombinasjonen av høyt fall og kraftverksdrift gjør at det skjer en svært god innblanding av oksygen og andre vannløselige forbindelser i fossefallet.



Figur 1. Oversikt over Glommavassdraget ved Sarpsborg. Ved Furuholmen deler vassdraget seg i to løp; et østre hovedløp gjennom Sarpsborg sentrum og et vestlig sideløp som inkluderer Ågårdselva.

2 Metode og datagrunnlag

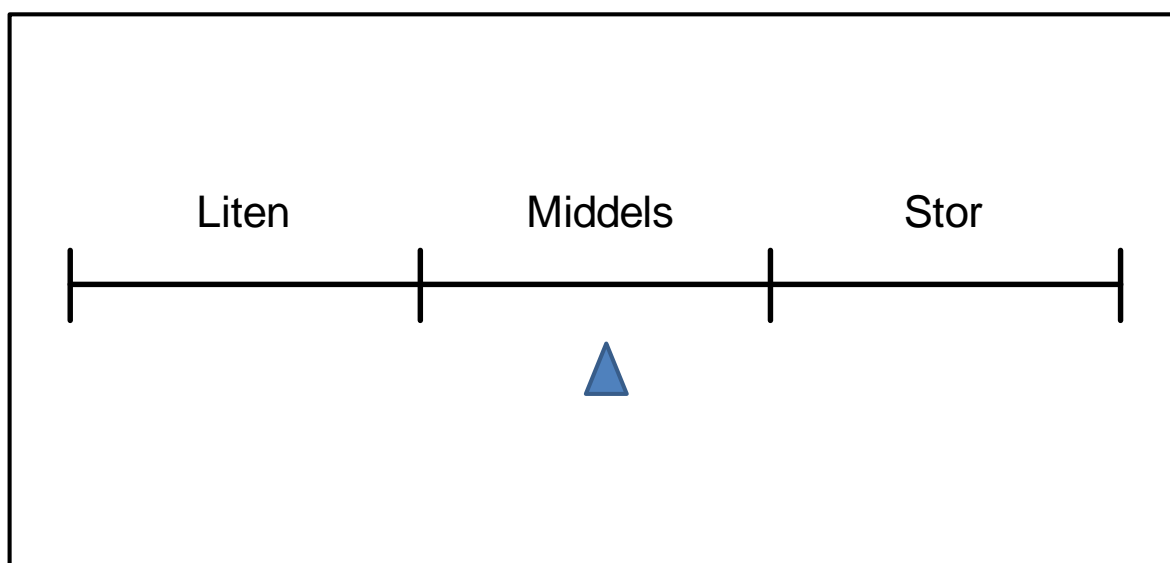
2.1 Generelt

En vanlig benyttet metode for å forutse eller kartlegge effekter av inngrep på naturverdier er konsekvensutredning. Denne metoden synes å være en formålstjenlig tilnærming i dette tilfellet. Det er valgt å bygge konsekvensutredningen på en håndbok som Statens vegvesen har utarbeidet for konsekvensanalyser (Anonym 2006). Trinn 1 i en slik konsekvensutredning er kartlegging og karakteristikk av naturverdi, trinn 2 er vurdering av påvirkningsomfang av inngrepet, mens trinn 3 er selve konsekvensvurderingen av inngrepet. Konsekvensen av et naturinngrep er produktet av en gitt naturverdi og påvirkningen fra inngrepet på denne naturverdien:

$$\text{Konsekvens} = \text{Verdi} \times \text{Påvirkning}.$$

2.2 Kriterier for verdi

Det første steget i konsekvensutredningen er å beskrive og vurdere områdets karaktertrekk og verdi for det aktuelle temaet, som i dette tilfellet er laksebestanden i Glomma. Det er naturlig å se på hele laksebestanden under ett, siden den har en kontinuerlig utbredelse fra influensområdet til utløpet i sjøen. Verdien blir fastsatt langs en trinnløs skala som spenner fra liten til stor verdi (jf. eksempel i **figur 2**). Kriterier for verdi er gitt i håndbok utarbeidet av Statens vegvesen (Anonym 2006). Vurderingene av laksebestandens verdi i denne rapporten er basert på disse kriteriene.



Figur 2. Verdivurdering skal ifølge veileder for konsekvensanalyser (Anonym 2006) gjøres langs en trinnløs skala som spenner fra liten til stor verdi. I dette eksempelet er det vurdert at objektet har middels verdi (markert med blå trekant).

I håndbok for kartlegging av naturtyper og biologisk mangfold er det gitt en del generelle retningslinjer for kartlegging og verdsetting av naturtyper (Anonym 2007): *Naturtypene som skal kartlegges har elementer både av vegetasjon, geologi, zoologi og landskap i seg. Det sier seg da selv at det er umulig å operere med et stringent kriteriesett fra en av de klassiske disipliner innen naturfagene. Naturtypene er et slags felles multiplum der en prøver å fange opp alle de viktigste variasjoner på økosystemnivå.*

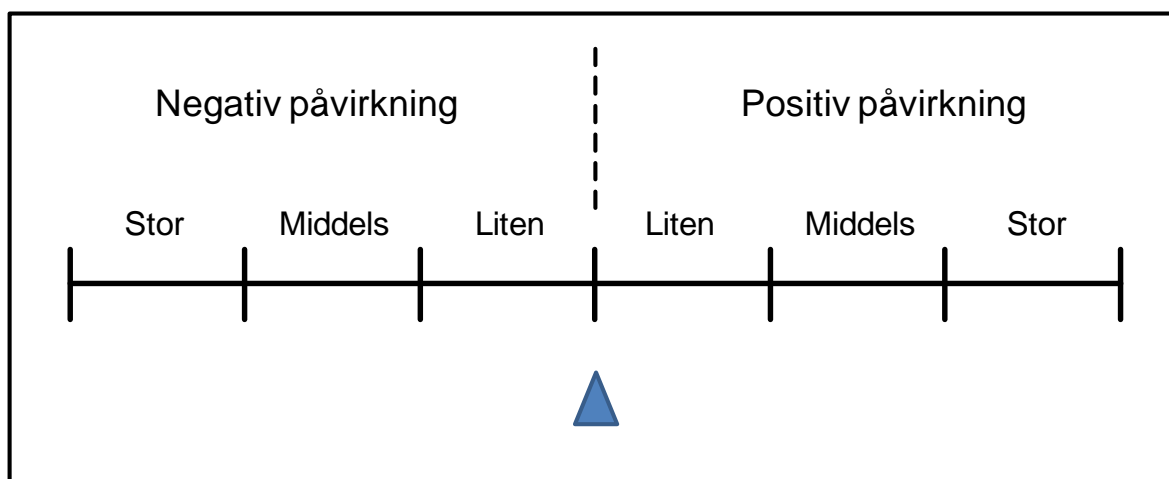
2.3 Kriterier for omfang av påvirkning

Del 2 av konsekvensvurderingen består av å beskrive og vurdere inngrepets type og omfang (påvirkning). Omfang er en vurdering av hvilke endringer inngrepet antas å medføre for de ulike miljøene eller områdene. Omfang vurderes for de samme områder som er verdivurdert. Omfanget vurderes i forhold til situasjon før inngrep blir innført. Kriterier for fastsettelse av omfang (**tabell 1**) er gitt i håndbok utarbeidet av Statens vegvesen (Anonym 2006). Omfanget av påvirkningen vurderes med utgangspunkt i kriteriene, og angis på en trinnløs skala fra stor positiv til stor negativ påvirkning (se **figur 3**).

Tabell 1. Kriterier for omfang av påvirkning (fra Anonym 2006).

Omfang	Stort positivt	Middels positivt	Lite eller intet	Middels negativt	Stort negativt
Viktige sammenhenger mellom naturområder	Tiltaket vil i stor grad forbedre områder med viktige naturtyper eller funksjonsområder.	Tiltaket vil forbedre områder med viktige naturtyper eller funksjonsområder.	Tiltaket vil stort sett ikke endre områder med viktige naturtyper eller funksjonsområder.	Tiltaket vil forringe områder med viktige naturtyper eller funksjonsområder.	Tiltaket vil ødelegge områder med viktige naturtyper eller funksjonsområder.
Arter av dyr og planter	Tiltaket vil i stor grad øke artsmangfoldet eller forekomst av arter eller bedre deres vekst- og levevilkår	Tiltaket vil øke artsmangfoldet eller forekomst av arter eller bedre deres vekst- og levevilkår	Tiltaket vil stort sett ikke endre artsmangfoldet eller forekomst av arter eller deres vekst- og levevilkår	Tiltaket vil i noen grad redusere artsmangfoldet eller forekomst av arter eller forringe deres vekst- og levevilkår	Tiltaket vil i stor grad redusere artsmangfoldet eller fjerne forekomst av arter eller ødelegge deres vekst- og levevilkår
Naturhistoriske forekomster	Ikke relevant	Ikke relevant	Tiltaket vil stort sett ikke endre geologiske forekomster og elementer	Tiltaket vil forringe geologiske forekomster og elementer	Tiltaket vil ødelegge geologiske forekomster og elementer

Omfang med hensyn til naturmiljø skal vurderes i forhold til effekten inngrepet har gjennom arealforbruk, arealforringelse, oppsplitting/fragmentering av sammenhengende naturområder og endringer i omgivelsene (ved ulike typer forurensning m.m.). Ved vurdering av omfang skal det redegjøres for hvordan det konkrete tiltaket vil påvirke de enkelte områder/bestander. For naturmiljøet vil forholdet mellom årsak og virkning kunne variere. De direkte virkninger er som regel enkle å vurdere, mens de mer indirekte kan være kompliserte. I det aktuelle tilfellet er det påvirkningen som utslippene fra Borregaard fabrikk har for influensområdets betydning som gyte- og oppvekstområde for laks som skal vurderes. Mer spesifikt omfatter dette hvilke effekter utslippene har på gyteforholdene for voksen laks, samt effekter som utslippene har på vekst og overlevelse hos ungfisk av laks.



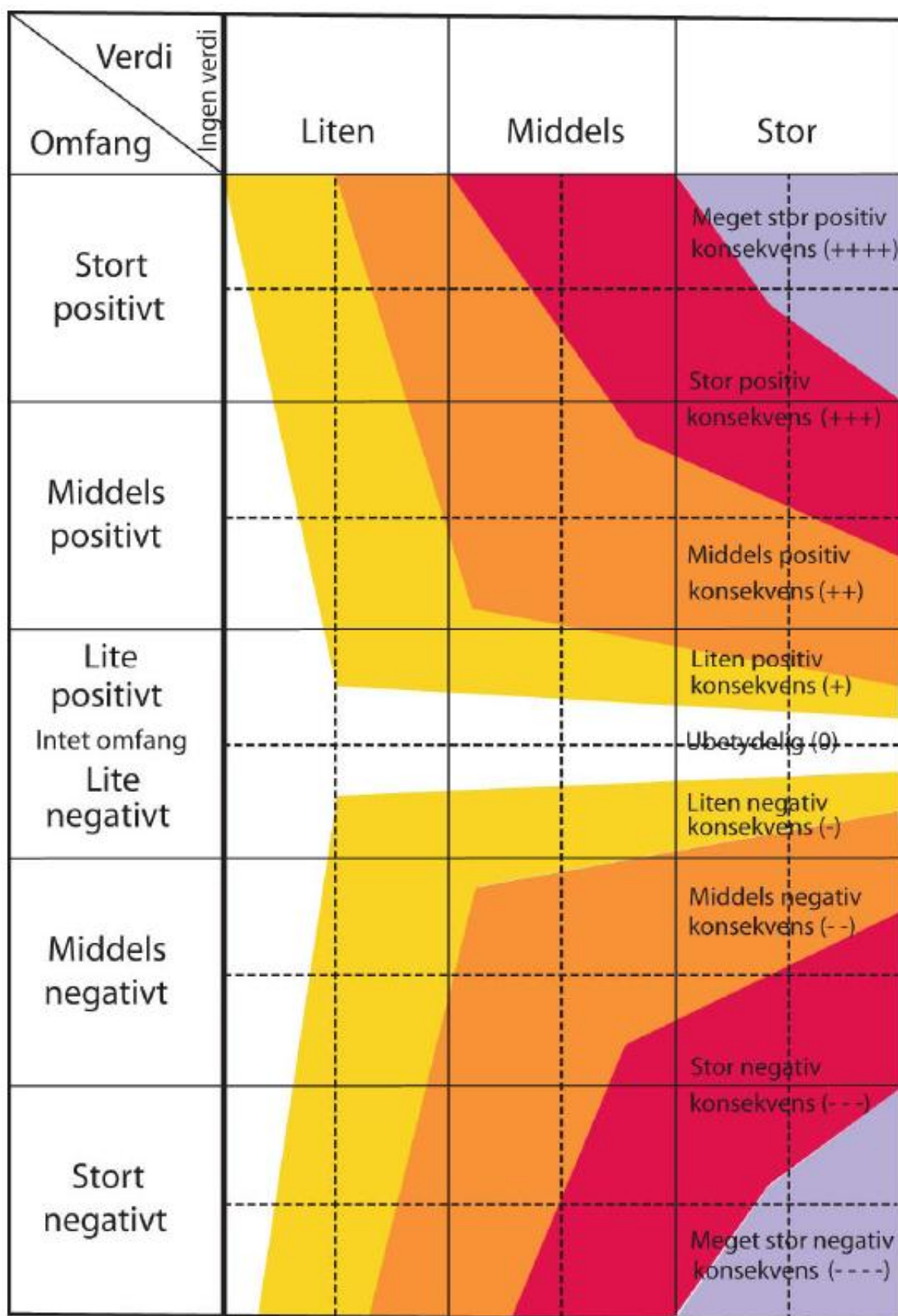
Figur 3. Vurdering av påvirkning (markert med blå trekant) skal ifølge veileder for konsekvens-analyser (Anonym 2006) gjøres langs en trinnløs skala som spenner fra stor negativ til stor positiv påvirkning.

2.4 Kriterier for konsekvens

Del 3 av konsekvensutredningen består av å kombinere verdien av området og omfanget av påvirkningen for å få den samlede konsekvensvurderingen. Konsekvenser er de fordele og ulemper et inngrep medfører i forhold til nullalternativet (ingen inngrep). Den samlede konsekvensvurderingen vurderes langs en glidende skala fra meget stor positiv konsekvens til meget stor negativ konsekvens, som utgjør til sammen 17 kategorier (**tabell 2**). Produktet av verdi og påvirkning blir konsekvensen av inngrepet (**figur 4**).

Tabell 2. Karakteristikk og fargekoder for konsekvens (fra Anonym 2006).

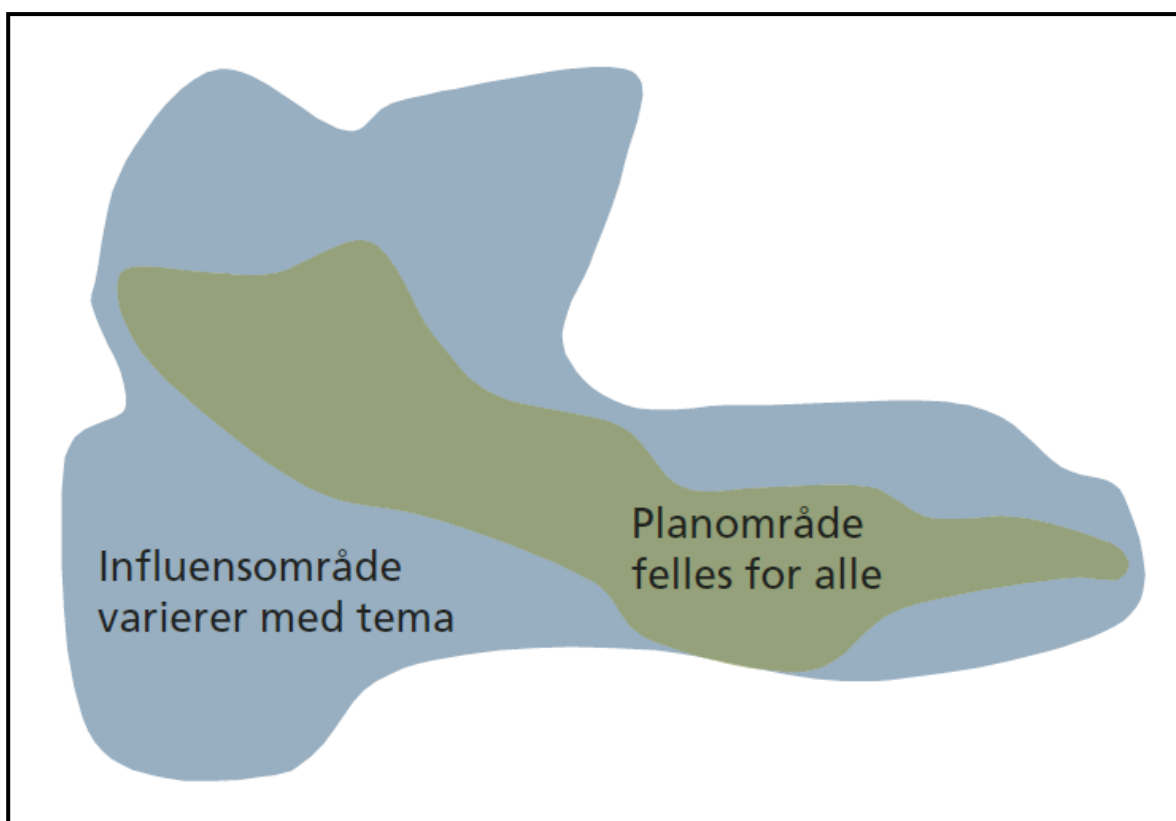
Meget stor positiv konsekvens	+++ +
Stor / meget stor positiv konsekvens	+++ / +++ +
Stor positiv konsekvens	+++
Middels / stor positiv konsekvens	++ / +++
Middels positiv konsekvens	++
Liten / middels positiv konsekvens	+ / ++
Liten positiv konsekvens	+
Ingen / liten positiv konsekvens	0 / +
Ubetydelig konsekvens	0
Ingen / liten negativ konsekvens	0 / -
Liten negativ konsekvens	-
Liten / middels negativ konsekvens	- / --
Middels negativ konsekvens	--
Middels / stor negativ konsekvens	-- / ---
Stor negativ konsekvens	---
Stor / meget stor negativ konsekvens	--- / ----
Meget stor negativ konsekvens	----



Figur 4. Konsekvens er et produkt av verdi og påvirkning (fra Anonym 2006).

2.5 Influensområde

I konsekvensutredninger og konsekvensanalyser skal det identifiseres et influensområde. Influensområdet er som oftest større enn det aktuelle planområdet eller inngrepsområdet (**figur 5**). I håndbok om konsekvensanalyser (Anonym 2006) defineres influensområde som *det samlede område der virkninger forventes å kunne opptre*. I praksis vil influensområdet til et gitt inngrep omfatte alle områder som er direkte eller indirekte påvirket av inngrepet. Normalt vil effektene av et inngrep være størst i inngrepsområdet, mens effektene av inngrepet avtar utover i influensområdet. Når det gjelder influensområdet for utslipp fra Borregaard fabrikker er det i første rekke snakk om vassdragsområdet nedstrøms utslippspunktene. I den grad utslippene også påvirker kjemiske og biologiske forhold i elvemunning og estuariet, er også disse en del av influensområdet. Som en forenkling er det valgt å betrakte influensområdet som den del av Glomma der utslippene kan tenkes å ha påviselige effekter på laks. Dette er en tilpasning til anbefalingen i veilederen om at influensområdet bør avgrenses til området der det forventes vesentlige virkninger av inngrepet (Anonym 2006).



Figur 5. Illustrasjon av hvordan influensområdet ofte omfatter vesentlig større områder enn det aktuelle planområdet eller inngrepsområdet. Figuren er fra Anonym (2006).

2.6 Undersøkellesmetodikk

I konsekvensvurderingen ble det benyttet følgende datakilder og metoder for å beskrive naturverdi, påvirkning og forventet konsekvens på laksebestanden:

- Fiskebiologiske undersøkelser i influensområdet
- Kjemiske og fysiske målinger i influensområdet
- Relevant litteratur og annen bakgrunnsinformasjon

2.6.1 Fiskebiologiske undersøkelser

Den vanligste metoden i fiskebiologiske studier er å gjennomføre feltbaserte undersøkelser på aktuelle lokaliteter. Dersom det planlegges inngrep er det vanlig å gjennomføre en kartlegging av status før inngrepet (forundersøkelser), enten som grunnlag for beslutningsprosesser eller som et grunnlag for å vurdere effekter av gjennomførte inngrep (etter sammenlignende etterundersøkelser). I dette tilfellet har det verken vært mulig å gjennomføre spesifikke forundersøkelser eller spesifikke etterundersøkelser. Opprinnelig var det planlagt å gjøre undersøkelser av både ungfisk og gytefisk i influensområdet, for å få et mest mulig oppdatert bilde av status for gyte- og oppvekstforholdene for laks. Imidlertid ble slike undersøkelser ut fra en vurdering av de sikkerhetsmessige forhold ikke tillatt av oppdragsgiveren. Følgelig er best mulig tilgjengelig kunnskap om fiskebiologiske forhold benyttet, hvilket i dette tilfellet innebærer resultatene fra tidligere undersøkelser i influensområdet samt generell kunnskap om laks og forurensende utslipp (se **avsnitt 3.2.1**).

2.6.2 Kjemiske og fysiske målinger

Det har vært gjennomført både målinger og beregninger av utslipp fra fabrikkområdet. Det har også blitt foretatt enkle målinger av oksygeninnhold på utvalgte steder i influensområdet, med spesielt fokus på områder som er antatt å være viktige gyteområder for laks. Dette grunnlagsmaterialet er nyttig for å vurdere hvilke potensielle effekter utslippene kan ha hatt på laks og andre organismer. Det har ikke vært innenfor prosjektrammen å gjennomføre mer spesifikke undersøkelser knyttet til undersøkelser av ungfisk og gytefisk.

2.6.3 Litteratur og andre kilder

Relevant litteratur for temaet har vært innhentet ved hjelp av elektroniske databaser, søketjenester på internett og ved direkte kontakt med ulike aktører med spesiell kjennskap til Glomdrevassdraget. Generell litteratur om laks og effekter av kjemikalieutslipp er sporet opp ved hjelp av den elektroniske databasen *ISI Web of Science* (www.isiknowledge.com). Rapporter om fiskebiologiske undersøkelser som er publisert på internett er funnet ved bruk av den norske varianten av søketjenesten *Google* (www.google.no). Fylkesmannen i Østfold er kontaktet for generelle vurderinger av laksebestandens status og spesielle vurderinger av trusselbildet som laksebestanden har stått og står overfor.

3 Laksebestanden i Glomma

Fiskesamfunnet i nedre deler av Glommavassdraget består av mer enn 20 arter, og omfatter både stasjonære elvelevende og sjøvandrende fiskebestander. Det finnes elvelevende bestander av blant annet aure, harr, sik, laks, gjedde, steinsmett, krøkle, ål, abbor, gjørs, mort og ørekyt. Sjøvandrende laksefisk gyter både i hovedstrengen av Glomma og i Ågårdselva, som er en del av en vestlig elfeforgreining som strekker seg fra Furuholmen til Visterflo (se **figur 1**). I hovedstrengen av Glomma kan sjøvandrende laksefisk vandre opp til dammen i Sarpsfossen (**bilde 1**), som er et absolutt vandringshinder om lag 13 km fra sjøen. Imidlertid kan laks og sjøaure om ønskelig passere dammen ved hjelp av et fangstkammer og manuell forbislipning. Fiskepassasjen er etablert ved utløpet av Sarp kraftverk, og er en av to slike trappekonstruksjoner her til lands (Grande 2010). Det skal ifølge Aasestad (2008) ikke ha vært noen slik forbislipning i de senere år.

3.1 Historikk

Det har sannsynligvis vært sjøvandrende bestander av laksfisk i nedre deler av Glomma i mange tusen år. En av de eldste omtalene av fisket nedenfor Sarpsfossen finnes i et skjøte for Borregaard fra 1599 (sitat hentet fra Anonym 1979): *Eric Munck og hans arvinger skal ha rett til å nytte, bruke og beholde til evig odel og eie Borregaard med alle herligheter – aker, eng, skog, mark, fiskerier og andre tilliggelser intet undtatt*. Laksefisket fra 1800-tallet og fram til andre verdenskrig er omtalt i en bok av Nygaard (1944): *Som et ledd i utnyttelsen av Sarpsfossen må en også se det fisket som har foregått der fra de eldste tider. De første menneskene som kom vandrende hit til landet, levde jo av jakt og fiske, og like under fossestupet kunne de fange den ettertraktede laksen, som forgjeves søkte å trenge høyere opp i vassdraget. Da fossen kom på private hender, ble det nøye passet på at ingen krenket fiskeretten, og man fikk den endog fastslått i flere kongebrev. Særlig rikt har laksefisket aldri vært her, men heller ikke helt ubetydelig.*

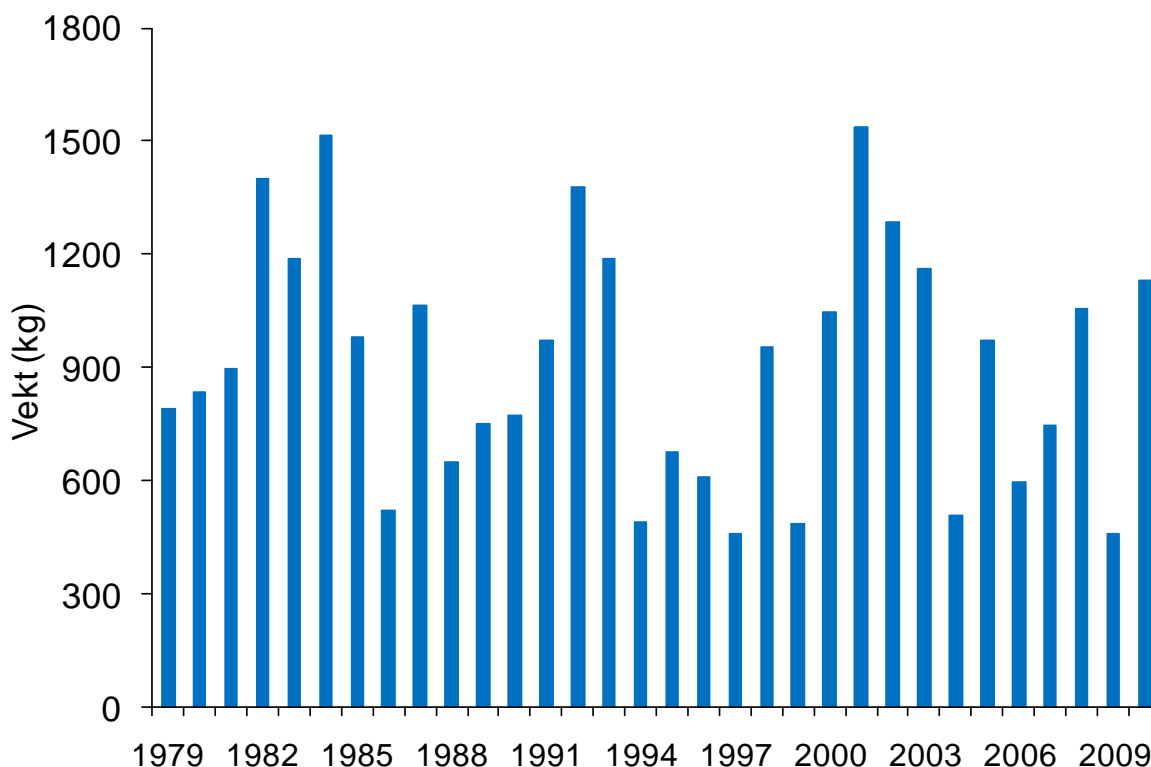


Bilde 1. Sarpsfossen slik den framsto rundt 1900. Fotografi: Axel Theodor Lindahl.

3.2 Status for laksebestanden

Ifølge kategorisystemet for sjøvandrende laksefisk er laksebestanden i Glomma vurdert å være moderat eller lite påvirket av menneskelige inngrep (**kategori 5a**), men samtidig hensynskrevende på grunn av det negative potensialet som det samlede trusselbildet har (Anonym 2010). Kategorisystemet er for tiden under revisjon av Direktoratet for naturforvaltning, og det nye systemet skal blant annet inkludere de oppdrettsrelaterte trusselfaktorenes betydning for laksebestandene. I og med at det er store mengder rømt oppdrettslaks i Glomma (Leif Roger Karlsen, personlig meddelelse), er det grunn til å anta at laksebestanden i Glomma vil havne i en mer utsatt sårbarhetskategori enn tidligere.

Den registrerte fangsten av laks i Glomma og Ågårdselva har variert betydelig i løpet av de siste 30 årene (**figur 6**). I dårlige år som 1994, 1997, 1999 og 2009 har laksefangsten vært i underkant av 500 kg, mens laksefangsten i gode år som i 1984 og 2001 har vært i overkant av 1500 kg. I perioden 1979-2010 har det ikke vært noen klar trend i laksefangstene sett under ett. Dersom man tar høyde for det høye innslaget av rømt oppdrettslaks i senere år, har det vært en avtakende trend i mengden fanget villaks fra 1980-tallet og fram til i dag. Noe av denne reduksjonen kan forklares med fangstregulerende tiltak i form av redskapsbegrensninger og innføring av kvoter. I og med at det ikke er gjennomført storskala gytefisktelinger eller gyte-gropregistreringer er det vanskelig å vurdere om det har vært tilsvarende nedgang i mengde gytende villaks i vassdraget.



Figur 6. Registrert laksefangst (vekt) i Glomma inkludert Ågårdselva i perioden 1979-2010.

3.2.1 Fiskebiologiske undersøkelser i influensområdet

Det er i løpet av de siste 15 år gjennomført en håndfull fiskebiologiske undersøkelser i influensområdet. I denne rapporten legges følgende undersøkelser til grunn for fastsettelse av status og verdi i konsekvensutredningssammenheng:

- 1997 - Karlsen (1997)
- 1998 - Saltveit med flere (1999)
- 2008 - Aasestad (2008)
- 2009 - Haugen med flere (2010)
- 2010 - Rustadbakken med flere (2010)

Undersøkelser i 1997

Karlsen (1997) gjennomførte i august 1997 ungfiskundersøkelser i tre områder nedstrøms Sarpsfossen (Gripen, Borregaardsodden og Domberggrån). Til sammen ble det fanget 11 laksunger på stasjonene ved Borregaardsodden og Domberggrån. I tillegg ble det observert men ikke fanget 18 laksunger på de tre stasjonene. På grunnlag av undersøkelsene konkluderte Karlsen (1997) følgende i diskusjonen av resultatene (sitert i kursivert skrift):

El-fiske bekrefter at det er naturlig produksjon av laksunger nedstrøms Sarpsfossen. Tetthetene var lave, ca. 5 laksunger per 100 m² ved Borregaardsodden og 9 laksunger per 100 m² ved Domberggrån. I sørnorske lakseelver er det ikke uvanlig med tettheter på ca. 50 laksunger (0+) per 100 m².

Alle laksungene som ble fanget var mellom 5 og 8 cm lange. Dette skulle tilsi at det er årsyngel (0+). I Sandvikselva i Akershus der veksten til laksunger er relativt godt undersøkt, er sommergamle laksunger gjerne 5-7 cm i august-september. I Enningdalselva, der veksten anses som god, er gjennomsnittsveksten den første sommeren i elva på ca. 7 cm. Grunnen til at det ikke ble fanget større laksunger kan være de vanskelige forholda for el-fiske, og at større laksunger lettere stikker av og ut på dypere vann under de rådende forhold. Dette ble observert ved Gripen, hvor to litt større laksunger stakk av når vi nærmet oss med el-fiskeapparatet.

Elvas beskaffenhet med forholdsvis få steder med grus og sand i det undersøkte området gjør at det sannsynligvis vil være begrenset med laksunger som kan produseres. Siktedypet var imidlertid begrenset, noe som gjorde det vanskelig å se om det var egnet gytesubstrat for laks i de dypere områdene av elva. Under de rådende forhold så de beste områdene for gyting ut til å være i begge ender, og på nordsiden av Domberggrån. Spesielt stein-/grusryggen nedover mot Sandesundsbrua så ut til å være egnet som gyteområde for laks. Også på sørsiden, og ovenfor øya ved Borregaardsodden så det ut til å være brukbare gyteområdet for laks.

Man skal imidlertid ikke se bort fra at det nedenfor Sarpsfossen kan være flere gyteområder for laks på større dyp og i andre området av elva enn de som ble undersøkt. Hvis så er tilfelle kan området nedenfor Sarpsfossen være viktigere for den totale naturlige produksjonen av laksunger i Glomma enn det man tidligere har antatt.

Undersøkelser i 1998

Saltveit med flere (1999) undersøkte strykstrekninger i tre deler av lakseførende strekning; Glomma nedstrøms Vamma kraftstasjon, Glomma nedstrøms Sarpsfossen, samt Ågårdselva. I undersøkelsene ble habitatene klassifisert med tanke på egnethet som oppvekstområde for laksunger, og det ble gjennomført elektrisk fiske etter laksunger og annen fisk på til sammen 21 stasjoner. Konklusjonen fra undersøkelsene var at de undersøkte strykstrekningene i Glomma har vannhastigheter og substratforhold som i andre undersøkte vassdrag er vurdert som profitable for laksunger. Imidlertid ble det påvist svært lite ungfisk fra laks i de undersøkte områdene i Glomma, i motsetning til i Ågårdselva der det ble registrert høye tettheter med laksunger med svært god vekst. I og med at det bare ble registrert to årsklasser av laks, konkluderte Saltveit med flere (1999) med at vanlig smoltalder i Ågårdselva trolig er 1-2 år.

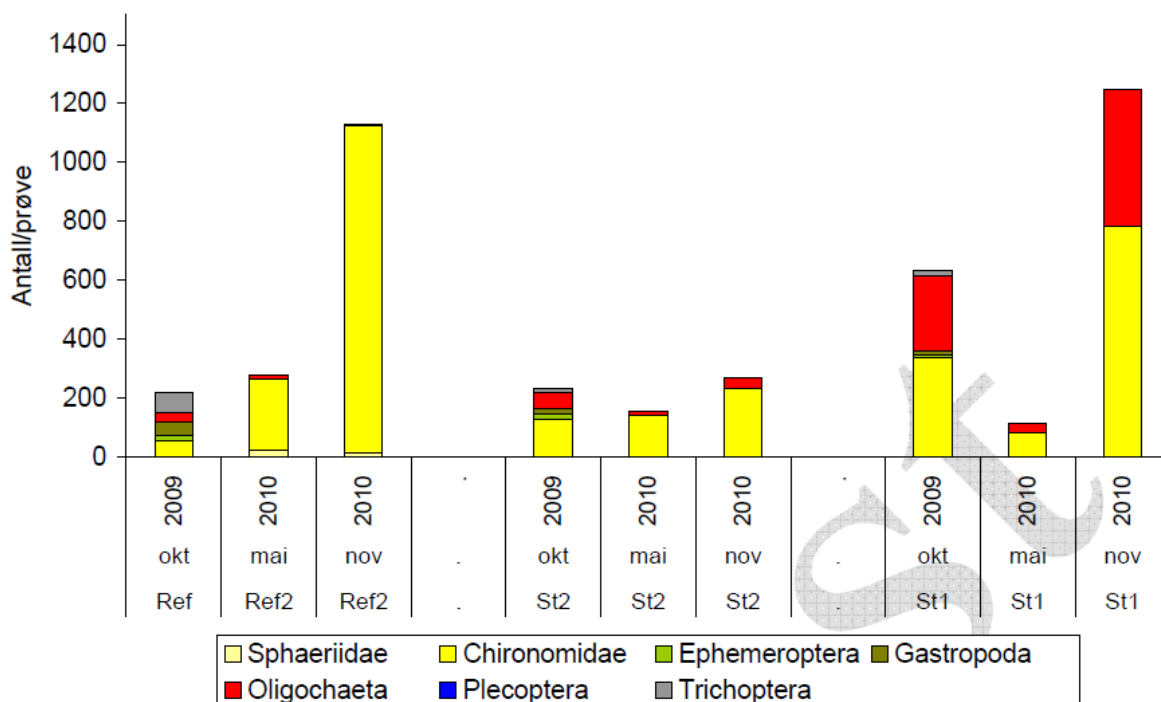
Undersøkelser i 2008

Aasestad (2008) gjennomførte i september 2008 elektrisk fiske i Ågårdselva og i Glomma nedstrøms Sarpsfossen. I Glomma ble det fisket på fem av de sju stasjonene som er beskrevet av Saltveit med flere (1999), mens det i Ågårdselva ble fisket på tre områder. I Glomma ble det på fire av stasjonene fanget til sammen 32 laksunger. Kroppslengden på laksungene varierte mellom 6 og 11 cm, med størst andel av laksungene mellom 7 og 8 cm (17 av 32). Tetthetsberegninger i Ågårdselva ga verdier mellom 67 og 75 laksunger per 100 m². Aasestad (2008) vurderer at området rundt grusørene i Glomma var godt egnet som oppvekstområde for laksunger, og at resultatene tydet på at laksungene i området i stor grad smoltifiserer som ettåringer.

Undersøkelser i 2009 og 2010

Haugen med flere (2010) gjennomførte i 2009 undersøkelser av ungfisk og bunndyr samt målinger av oksygeninnhold i området nedstrøms Sarpsfossen. Tilsvarende undersøkelser ble gjennomført i 2010 av Rustadbakken med flere (2010), og disse undersøkelsene ble vår og høst supplert med prøvetaking av bakterier og bentiske alger. Ungfiskundersøkelsene ble gjennomført ved hjelp av elektrisk fiske i oktober-november. Det ble begge år fisket både oppstrøms og nedstrøms utslippspunktene fra Borregaard fabrikker. I området nedstrøms utslippspunktene ble det ikke fanget ungfisk av laks, mens det i 2009 ble observert to laksunger og fanget én laksunge i området oppstrøms utslippspunktene (Rustadbakken med flere 2010).

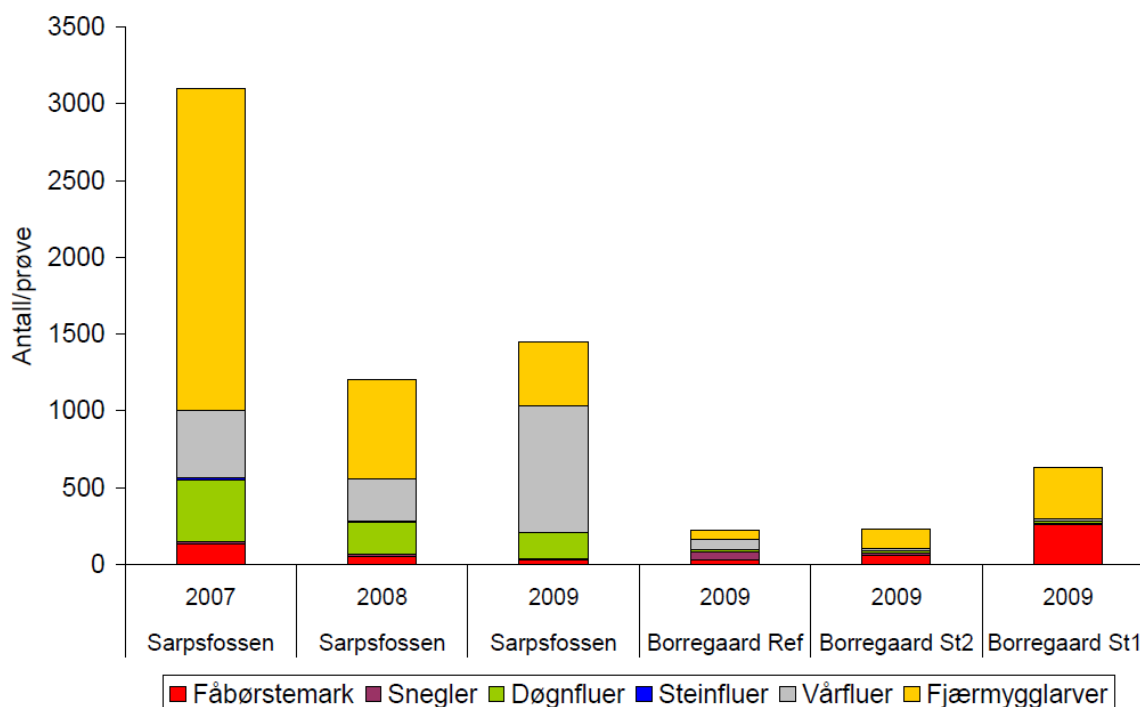
Bunndyrundersøkelsene i 2009-2010 viste gjennomgående lave tettheter av bunndyr på de fire undersøkte stasjonene nedstrøms Sarpsfossen (Rustadbakken med flere 2010). Fjærmygg dominerte antallsmessig i de fleste bunndyrprøvene, og det var også en god del fåbørstemark på en av de to stasjonene i influensområdet (**figur 7**).



Figur 7. Antall individer av ulike grupper bunnlevende organismer registrert på fire stasjoner nedstrøms Sarpsfossen i 2009-2010. Figuren er hentet fra et NIVA-notat utarbeidet i desember 2010 (figur 5 i Rustadbakken med flere 2010).

Rustadbakken med flere (2010) beskrev funnene på følgende måte (utdrag i kursivert skrift): *Bunndyrprøvene i Glomma utenfor Borregaard hadde alle sammen lave tettheter med fra ca 150 til ca 1200 ind./prøve alle prøvene sett under ett (Figur 5). Ved de to påvirkede stasjonene, St1 (nederst) og St2 dominerte fjærmygglarver (Chironomidae) og fåbørstemark (Oligochaeta). Særlig ved St1 var det stort innslag av fåbørstemark. Denne dyregruppen er tolerant overfor organiske forurensninger og øker sin andel av faunaen under slike betingelser. Døgnfluer (Ephemeroptera), vårfluer (Trichoptera) og snegler (Gastropoda) ble funnet i moderate/lave tettheter på alle stasjonene. Referansestasjonen hadde det minste innslaget av fåbørstemark og det største innslaget av vårfluer. Steinfluer, som tåler lite forurensninger, ble registrert med få individer på referansestasjonen i 2010.*

En sammenligning av bunndyrprøver tatt oppstrøms og nedstrøms Sarpsfossen viser betydelige forskjeller i de to bunndyrsamfunnene (**figur 8**). Mens det oppstrøms Sarpsfossen ble funnet mellom 1200 og 3200 bunndyr per prøve, ble det nedstrøms fossen bare funnet mellom 200 og 600 bunndyr per prøve. Det var også vesentlige forskjeller i sammensetningen av bunndyrsamfunnene, i og med at sensitive bunndyrgrupper som vårfluer og døgnfluer var nesten fraværende i influensområdet, mens de var til dels tallrike i området oppstrøms Sarpsfossen.



Figur 8. Sammenligning av antall individer av seks grupper bunnlevende organismer på en stasjon oppstrøms Sarpsfossen i 2007-2009 og på tre stasjoner nedstrøms Sarpsfossen i 2009. Figuren er hentet fra et NIVA-notat utarbeidet i mars 2010 (figur 2 i Haugen med flere 2010).

Oksygenmålingene i potensielle gyteområder viste til dels uvanlig lave oksygenkonsentrasjoner for et vassdrag av Glommas størrelse. Målingene som ble gjennomført i influensområdet i oktober 2009 viste oksygenkonsentrasjoner fra 10,2 mg/l i substratoverflaten til 8 mg/l på målepunkt 18 cm nede i substratet (Haugen med flere 2010). Tilsvarende målinger i november 2010 viste oksygenkonsentrasjoner på 11,5-12,3 mg/l i substratoverflaten og 9,8-10,5 mg/l nede i substratet (Rustadbakken med flere 2010). Haugen med flere (2010) og Rustadbakken med flere (2010) konkluderer med at noe av lakserogna som ble deponert de to høstene ville være i substratområder med lave oksygennivå, med påfølgende forventet overlevelse fram til klekking på mindre enn 20 %.

På bakgrunn av undersøkelsene som ble gjort i influensområdet i 2009 og 2010 konkluderer Rustadbakken med flere (2010) på følgende måte (sitert i kursivert skrift): *Undersøkelsene av de zoologiske forholdene (fisk og bunndyr) i 2009 peker entydig i retning av at områdene i Glomma rett nedstrøms Sarpsfossen har lav økologisk status. Det ble ikke observert fisk nedenfor utslippsområdene for det urensende prosessvannet og uteblivelse av viktige indikatorgrupper av bunndyr, særlig steinfluer, og relativt høye forekomster av særlig fåbørstemark, tyder på at området nedenfor utslippspunktet har stor organisk belastning. Det ser også ut som at forholdene har blitt betydelig verre i 2009 enn de to forutgående år da det seinest i 2008 ble påvist betydelige forekomster av lakseyngel på de samme stasjonene. Oksygenmålinger både ved substratoverflaten og nedover i substratet viste at det var lav oksygenmetning (<90 %) av vatnet i forhold til hva man skulle forvente i elv av denne størrelsen.*

3.2.2 Fiskefaglige vurderinger

Fylkesmannen i Østfold har i skjermbrev av 08.02.11 gjort følgende vurderinger av situasjonen for laksebestanden i Glomma (sitert i kursivert skrift):

Laksen i Glomma sliter i hovedsak med tre hovedproblemer:

1. *Store mengder rømt oppdrettslaks som blander seg med og gyter sammen med villaksen.*
2. *Forurensing fra industrien i første rekke Borregaard (Legionella-saken)*
3. *Effektkjøring og uhell som fører til raske vannstandsendringer og mulig stranding av laksunger.*

På grunn av den store vannføringen i Glomma virker vassdraget sannsynligvis som en magnet på kjønnsmoden rømt oppdrettslaks langt ut i Skagerrak. Vi har ingen oppdrettsanlegg for laks eller ørret i Østfold, så den rømte fisken stammer sannsynligvis fra Rogaland/Hordaland.

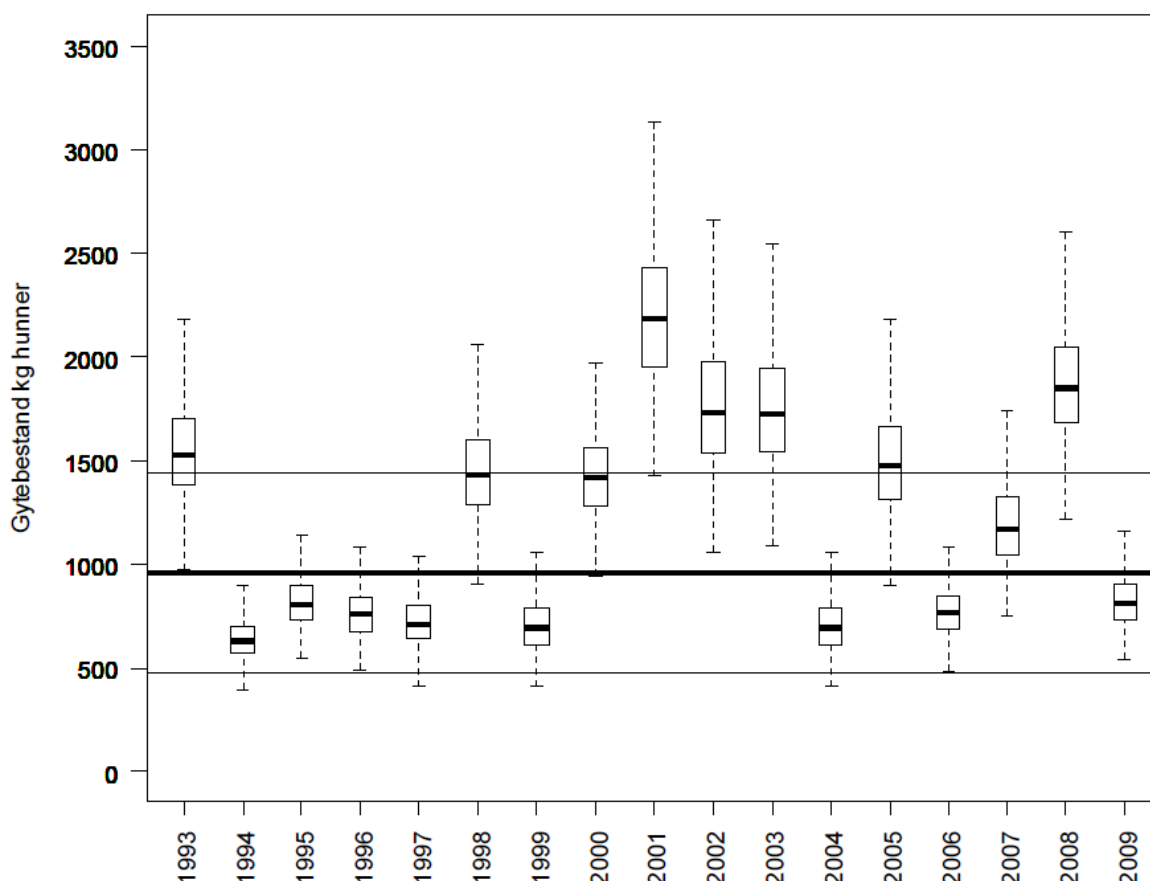
Forurensingen fra Borregaard har til tider vært massiv. Etter hvert har bedriften, etter pålegg fra myndighetene, gjennomført rensetiltak som har gjort forholdene bedre for fisk. Etter Legionella-utbruddet for noen år tilbake søkte imidlertid bedriften om å få stenge et av rensebasengene og fikk dispensasjon til dette av KLIF. Dette førte til at store mengder urensset KOF (Kjemisk oksygen forbruk) ble ført direkte ut i Glomma. De beste gyteområdene ("grusørene") ligger nedstrøms utslippspunktet. I NIVA's notat av 8. mars 2010 ble det bl.a. påvist stor organisk belastning og lav oksygenmetning i disse områdene (Zoologiske undersøkelser i Glomma nedenfor Sarpsfossen oktober 2009, NIVA- notat, 8. mars 2010).

I de seneste par åra har Nedre Glomma og Omegn Fiskeadministrasjon (NGOFA) i samarbeid med fylkesmannen lagt ut befruktet grønnrogn i rognkasser i området nedenfor Sarpsfossen for å kompensere for tap av naturlig gytt rogn og stranding av laksunger. På grunn av store variasjoner i vannføring (effektkjøring/uhell/reparasjonsarbeider på Hafslund/Borregaard kraftstasjoner) har dessverre mye av dette arbeidet vært bortkastet fordi rognkassene til tider har blitt liggende tørt. Borregaard/Hafslund har imidlertid sagt seg villig til å gi NGOFA økonomisk kompensasjon for dette.

NGOFA har også hatt stort fokus på bygging/opprusting av det eksisterende smolt-/settefiskanlegget for å berge laksebestanden i Glomma, og mener Borregaard/Hafslund bør

være med på å bekoste dette. Fylkesmannen er enig i at bedriftene i større grad bør bidra med å bekoste avbøtende tiltak, og det har de også gitt positive signaler om. En annen utfordring i denne delen av Glomma er å få kartlagt alle gyte- og oppvekstområder mellom de såkalte "grusørene" og Sarpsfossen. Det knytter seg også usikkerhet til hvor stor andel av laksen i Aagaardselva som går over demningen/laksetrappa i Sølvstufoss og videre til Glommas hovedløp/ Vamma. For å få klarhet i dette må det etableres en oppgangssperre ved Sølvstufoss og en lakseteller i laksetrappa.

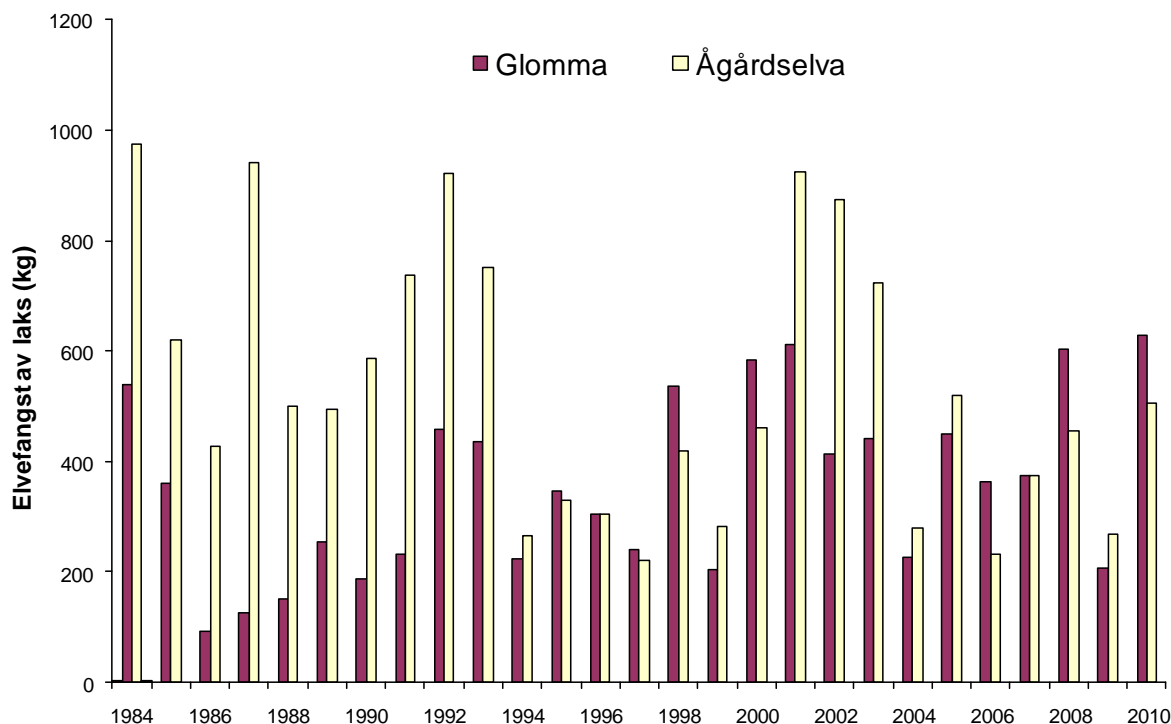
Direktoratet for naturforvaltning etablerte i 2009 et vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL), som skal gi direktoratet faglige råd om framtidig forvaltning av sjøvandrende laksefisk. I en gjennomgang i 2010 vurderte VRL status for 423 norske laksebestander (Anonym 2010). Det ble da vurdert at det årlig trengs mellom 480 og 1440 kg gytende hunnlaks for å oppnå gytebestandsmålet for laks i Glomma. I en vurdering av gytebestanden av laks i perioden 1993-2009 ble det vurdert at gytebestandsmålet sannsynligvis ble oppnådd i de fleste år (**figur 9**). For perioden 2006-2009 ble det vurdert at gjennomsnittlig sannsynlighet for oppnåelse av gytebestandsmål var 57 %. På bakgrunn av dette ble det konkludert med at forvaltningsmålet ikke var oppnådd, og at det er fare for at beskatningen av laksebestanden har vært utenfor bærekraftige rammer (Anonym 2010).



Figur 9. Estimert mengde gytende hunnlaks i Glomma i forhold til gytebestandsmålet i perioden 1993-2009. Tykt horisontalt strek angir middelerdi for gytebestandsmål i form av mengde hunnlaks, mens tynne horisontale streker angir variasjonsbredden i mengden hunnfisk som trengs for å nå gytebestandsmål. Figuren er fra Anonym (2010) og er benyttet med tillatelse fra forfatterne.

3.3 Relativ betydning av berørt elvestrekning

I laksestatistikken for Glommavassdraget er det differensiert mellom fangst i hovedstrengen og fangst i Ågårdselva. I perioden 1984-2010 har det vært til dels betydelige variasjoner i fordelingen av laksefangst i vassdraget (**figur 10**). Perioden sett under ett har det vært fanget mer laks i Ågårdselva (i snitt 533 kg) enn i Glomma (i snitt 355 kg). Imidlertid har det tilsynelatende vært en dreining i løpet av perioden, fra en betydelig større laksefangst i Ågårdselva enn i Glomma i begynnelsen av perioden (snitt på henholdsvis 604 og 245 kg i 1984-1996) til at laksefangstene har blitt omtrent jevnbyrdige mot slutten av perioden (snitt på henholdsvis 467 og 420 kg i 1997-2010).

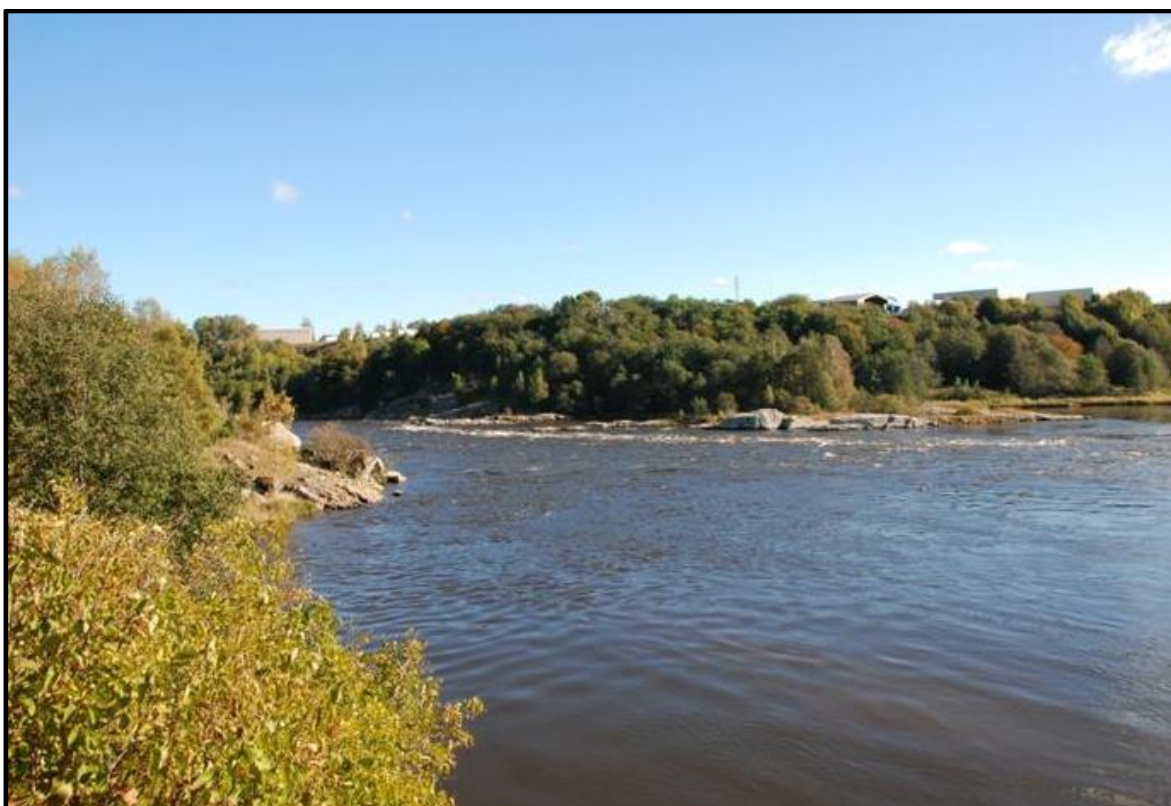


Figur 10. Fordeling av laksefangst (samlet vekt i kg) i hovedstrengen av Glomma (røde søyler) og Ågårdselva (gule søyler) i perioden 1984-2010.

Ut fra foreliggende informasjon og grove analyser av flyfoto (www.norgebilder.no) ligger influensområdet i det eneste elvepartiet nedstrøms Sarpsfossen som er rasktflytende med utpreget turbulent overflate (**bilde 2** og **bilde 3**). En rekke studier har vist at ungfisk av laks er spesielt godt tilpasset grunne, rasktflytende strykområder (for utfyllende informasjon vises det til oversiktsarbeidene til Bremset & Heggenes 2001, Armstrong med flere 2003, Klemetsen med flere 2003, Milner med flere 2003). Bunnsubstratet i deler av influensområdet synes å være godt egnet for oppvekst av laksunger, samtidig som substratet i enkelte områder synes å være for grovt til at det er egnet for gyting. Svært grovt bunnsubstrat er heller ikke egnet habitat for nyklekket laksengel og andre små laksunger, i og med at egnethet av hulrom som skjulesteder er direkte relatert til kroppsstørrelse.



Bilde 2. I mesteparten av influensområdet er det rasktflytende elveparti, som generelt sett er regnet som gode gyte- og oppvekstområde for laks. Fotografi: Kjetil Olstad.



Bilde 3. Nedre del av influensområdet går over fra et rasktflytende strykområde til et sentflytende dypområde. Fotografi: Kjetil Olstad.

I en fersk litteraturgjennomgang gjennomført av Heggnes med flere (2011) ble det gjort en sammenstilling av fysiske særtrekk for gytehabitatene til laks (**tabell 3**). Generelt sett synes laks å velge gytehabitat i elveparti som er mindre enn 50 cm dype, med relativt høye vannhastigheter (40-80 cm/s) og med middels grovt bunnsubstrat (steinstørrelser opp til 12 cm). Gravedybden i gytegroper varierer normalt mellom 15 og 50 cm, med snittverdier i størrelsesorden 15-25 cm (**tabell 3**). Ut fra foreliggende informasjon synes store deler av influensområdet å ha egenskaper som tilsvarer variasjonsbredden i gytehabitat for laks. Følgelig kan det konkluderes med at det er sannsynlig at influensområdet har en vesentlig betydning som gyteområde for laksebestanden i Glomma.

Tabell 3. Fysiske karakteristikk av habitat som laks benytter som gyteområder. Informasjonen er et utdrag fra en litteratursammenstilling av Heggnes med flere (2011).

Fysisk parameter	Verdiparameter	Måleverdi	Referanse
Vanndybde	Variasjonsbredde	20-50 cm	Louhi med flere 2008
	Variasjonsbredde	15-40 cm	Moir med flere 1998
	Gjennomsnitt	38 cm	Beland med flere 1982
	Gjennomsnitt	40-51 cm	Heggberget med flere 1988
	Gjennomsnitt	24,8 cm	Moir med flere 1998
	Gjennomsnitt	23-43 cm	Moir med flere 2002
Vannhastighet	Variasjonsbredde	35-65 cms ⁻¹	Louhi med flere 2008
	Variasjonsbredde	35-80 cms ⁻¹	Moir med flere 1998
	Gjennomsnitt	53 cms ⁻¹	Beland med flere 1982
	Gjennomsnitt	39-80 cms ⁻¹	Heggberget med flere 1988
	Gjennomsnitt	53,6 cms ⁻¹	Moir med flere 1998
	Gjennomsnitt	54-74 cms ⁻¹	Moir med flere 2002
Substratstørrelse	Variasjonsbredde	1,6-6,4 cm	Louhi med flere 2008
	Variasjonsbredde	2-6,4 cm	Moir med flere 2002
	Gjennomsnitt	7,8-12,5 cm	Heggberget med flere 1988
	Medianverdier	1,9-2,5 cm	Moir med flere 1998
	Medianverdier	2,1-3,5 cm	Moir med flere 2002
	Medianverdi	2,1 cm	Moir med flere 1998
Gravedybde	Gjennomsnitt	15,2 cm	Crisp & Carling 1989
	Gjennomsnitt	18 cm	Heggberget med flere 1988
	Gjennomsnitt	15-25 cm	Finstad med flere 2011

Under forutsetning av at influensområdet faktisk er et egnet gyteområde for laks, kan det forventes at det hvert år skjer en betydelig rekruttering av nyklekket laksyngel til området. En god tilgang på yngel i et område er imidlertid ingen garanti for at det blir produsert mye smolt i det samme området. Det er en liten andel av klekkete lakserogn som resulterer i voksen gytelaks. Dette skyldes stor dødelighet gjennom hele livsløpet, og spesielt stor dødelighet i tidlige livsstadier (Klemetsen med flere 2003). Det er bare en liten andel av befruktete lakseeegg som overlever fram til smoltstadiet. Kanadiske studier har vist gjennomsnittlige overlevelser fra egg til smolt i området 0,5-3,0 % (Chadwick 1982, Cunjak og Therrien 1998, Chaput med flere 1998, Potter og Crozier 2000, Dempson med flere 2001, O'Connell med flere 2001). I disse studiene ble det funnet en gjennomsnittlig overlevelse fra egg til smolt på 1-2 %. I Halselva i Finnmark er det funnet en tilsvarende overlevelse på om lag 2 % (Jensen 2005). Ut fra overnevnte studier i Kanada og Norge synes det vanlig med en dødelighet på 98-99 % i ferskvannsstadiet hos laks, men det vil utvilsomt være både lokale forskjeller og variasjoner over tid.

På grunn av metodiske begrensninger foreligger det lite dokumentasjon på ungfishproduksjon i store og til dels dype laksevassdrag som Glomma, Numedalslågen, Mandalselva, Namsen og Tanaelva (Bremset med flere 2007). Produksjonsberegninger i slike vassdrag blir svært usikre, ettersom de utelukkende er basert på undersøkelser langs elvebreddene. I mindre, grunne elver er det mulig å beregne tetthet og produksjon av ungfish ved hjelp av elektrisk fiskeapparat og den såkalte utfangstmetoden (Zippin 1958, Bohlin med flere 1989). I dype elveområder må det imidlertid benyttes andre og for en stor del innsatskrevende metoder. I enkelte elver har bruk av not vært en effektiv fangstmetode (Bremset & Berg 1997), mens det i andre elver har blitt benyttet direkte observasjoner og videoteknikk (Bremset & Berg 1997, Linnansaari med flere 2010). I USA har man i mange år benyttet spesialbygde båter for elektrisk fiske i store elver. Slikt utstyr er nå også tilgjengelig i Norge, men har foreløpig ikke vært brukt i Glomma.

Ut fra forhold som er nevnt ovenfor er den relative betydning av dype elveområder for lakseproduksjon i mange henseender utilstrekkelig kartlagt. Ut fra de fåtallige undersøkelser som er gjennomført er det indikasjoner på at det kan være en betydelig lakseproduksjon i dype elveområder. I tre mindre elver i Midt-Norge fant Bremset & Berg (1997) betydelig høyere tetthet og vekst hos laksunger fanget i dype kulper enn hos de samme aldersgruppene som ble fanget i grunne strykområder. Linnansaari med flere (2010) observerte betydelige mengder store laksunger i dypere områder av Tanaelva og Torneelva, og på flere av de undersøkte stasjonene ble det observert flere eldre laksunger på dypt vann enn på grunt vann. På grunnlag av disse undersøkelsene konkluderte Linnansaari med flere (2010) med at dype områder i store elver kan utgjøre en betydelig habitatressurs for laksunger, som det tradisjonelt ikke har vært tatt hensyn til ved beregninger av lakseproduksjon.

I lakseførende deler av Glomma er det ikke usannsynlig at laksyngel som klekkes i de grunne delene av influensområdet finner gode oppvekstområder i de dypere delene av influensområdet, og ikke minst i dype elveavsnitt nedstrøms influensområdet. På denne måten kan produksjonsarealet for eldre laksunger være betydelig større enn arealet av tilgjengelige gyteplasser og oppvekstareal for nyklekket laksyngel. I et merkestudium i øvre deler av Altaelva fant Økland med flere (2004) at eldre laksunger vandret over betydelige avstander. I gjennomsnitt forflyttet laksungene seg om lag 400 meter i løpet av undersøkelsesperioden, hvorav enkeltfisker kunne forflytte seg 800-900 meter fra merkestedet. På grunnlag av merkestudiet konkluderte Økland med flere (2004) at habitatbruk hos laksunger kan være langt mer fleksibel enn tidligere antatt, og at lakseproduksjon ikke synes å være begrenset av det maksimale antall territorier for eldre laksunger innenfor et gitt område.

3.4 Sammenstilling av verdi

Basert på foreliggende informasjon og ut fra en føre-var-tilnærming vurderes influensområdet å ha stor verdi som gyteområde for laks i øvre del av lakseførende strekning, mens den relative verdien som gyteområde vurderes som middels for vassdraget sett under ett (**tabell 4**). Når det gjelder verdi som oppvekstområde for ungfisk vurderes den å være stor for øvre deler av lakseførende strekning, mens den relative verdien sett i forhold til alle lakseførende deler av vassdraget vurderes som liten til middels.

Tabell 4. Vurdering av verdi av influensområdet som gyte- og oppvekstområde for laks i henholdsvis øvre del av lakseførende strekning og alle lakseførende deler av vassdraget.

Geografisk skala	Verdi for gyting	Verdi for oppvekst
Øvre deler av lakseførende strekning i Glommavassdraget	Stor	Stor
Alle deler av lakseførende strekning i Glommavassdraget	Middels	Liten til middels

4 Effekter av utslipp på laks

4.1 Omfang på utslipp

I perioden 1992-2009 har betydelige mengder organiske og uorganiske forbindelser blitt sluppet ut i Glomma fra Borregaard fabrikker (**tabell 5**). Organiske forbindelser har utgjort meste-parten av utslippene, og omregnet til totalt organisk karbon (TOC) har de årlige utslippene variert mellom 82 000 og 127 000 tonn. Målt i kjemisk oksygenforbruk har det blitt sluppet ut mellom 20 000 og 42 000 tonn avfallsstoff. Det årlige kobberutslippet har siden 1995 variert mellom 5 og 11 tonn, mens mengden av halogenholdige AOX-forbindelser har variert mellom 50 og 137 tonn (**tabell 5**).

Tabell 5. Oversikt over utslipp av stoffgrupper fra Borregaard fabrikker i perioden 1992-2009. KOF er beregnet kjemisk oksygenforbruk, TOC er totalt organisk karbon og AOX er adsorbert organisk bundet halogen. Opplysningene er fra Berge med flere (2009).

Årstall	KOF (tonn/år)	TOC (tonn/år)	AOX (tonn/år)	Kobber (tonn/år)	Suspendert stoff (tonn/år)
1992	41 800	125 400	-	-	1606
1993	42 200	126 600	-	-	1460
1994	29 700	89 100	-	-	1095
1995	28 300	84 900	126	11,1	985
1996	29 000	87 000	136,5	11,2	1277
1997	29 600	88 800	133,5	9,0	1314
1998	29 400	88 200	138	10,0	1058
1999	20 600	61 800	141	8,4	1299
2000	28 400	85 200	124,5	7,3	1277
2001	29 500	88 500	136,5	7,9	912,5
2002	29 900	89 700	135	6,9	1168
2003	31 100	93 300	120	6,6	1460
2004	28 800	86 400	124,5	6,7	1277
2005	28 800	86 400	102	7,8	3066
2006	32 500	97 500	114	5,6	3248
2007	27 000	81 000	84	6,2	2190
2008	27 400	82 200	51	5,9	2518
2009	31 800	95 400	127,5	6,4	2482

4.2 Innblandingssone

Innblandingen av stoffgrupper som har vært sluppet ut fra fabrikkområdet avhenger blant annet av vannføring i vassdraget, vannløseligheten til stoffgruppene og strømningsforhold i innblandingssonen. Ifølge statistikk fra Glommen og Laagens Brukseierforening (www.glb.no) har Glomma ved Sarpsfossen en normalvannføring på 600-700 m³/s. Vannføringen i perioden august-november vil ofte ligge rundt dette nivået. I vintermånedene vil imidlertid vannføringen med 95 % sannsynlighet ligge under 500 m³/s. Minimumsvannføring vil normalt sett kunne forekomme over en måneds tid i perioden mars-mai og være på om lag 250-300 m³/s. NIVA har det siste tiåret gjort både generelle studier av effekter av utslipp fra Borregaard (Berge med flere 2003, Källqvist med flere 2005, Källqvist og Romstad 2008, Tobiesen 2009, 2010) og spesielle undersøkelser av effekter knyttet til ekstraordinære utslipp i forbindelse med stengingen av trinn 2 i renseanlegget i 2008 (Berge med flere 2009, Haugen med flere 2010).

I et større økotoksikologisk perspektiv vil punktutslipp til elv kunne anses å ha umiddelbar innblanding, og sånn sett tilføre gjennomsnittlig konsentrasjonsøkning av det aktuelle utslippet fra og med et gitt punkt. I realiteten vil det imidlertid alltid finnes en innblandingssone med en gradient av konsentrasjoner. Størrelsen og formen på innblandingssonen vil kunne variere i størrelsesorden på hundrevis av meter, avhengig av vannhastighet og strukturell kompleksitet i elveløpet. En vurdering av effekter av blandsoner vil være relevant der fortynningsbehovet er nært opptil det som faktisk kan forventes å finne sted. Tilsvarende vil det være aktuelt i tilfeller der det aktuelle området utgjør et spesielt utsatt habitat. Et spesialtilfelle i en slik sammenheng vil være tilfeller hvor giftige derivater dannes som en følge av innblanding (for eksempel aluminium, se Poléo med flere 1994). Innblandingssonen for utslipp fra Borregaard fabrikk er i første rekke de strykpregete områdene umiddelbart nedstrøms utslippet fra renseanlegget (se **figur 11**). Drøyt 300 meter nedstrøms utslippet fra renseanlegget går Glomma over fra et parti med laminære strømmer til et basseng i forbindelse med at elva svinger drøyt 90 grader. Største avstand i luftlinje fra utslippspunkt til nedre bredd i bassenget er om lag 700 meter.

4.3 Utførte toksisitetsprøver

I løpet av våren og høsten 2009 ble det gjennomført toksisitetsprøver av avløpsvann fra blekeriet på Borregaard fabrikk. I april 2009 gjennomførte Tobiesen (2009) toksisitetsprøver på prøver av ulike typer avløpsvann fra fem ulike prosesser. Testene ble utført på representanter for tre organismegrupper: alger (grønnalgen *Pseudokirchneriella subcapitata*), krepsdyr (vannloppen *Daphnia magna*) og fisk (aure og piggvar). Resultater fra denne undersøkelsen er sammenfattet i **tabell 6**.

Tabell 6. Sammenstilling av verdier for vekstreduksjon hos alger (EC₅₀), immobilisering eller dødelighet hos krepsdyr (EC₅₀) og dødelighet hos fisk (EC₅₀) fra toksisitetsprøver av 5 ulike avløpsvannsprøver fra Borregaard fabrikk i april og mai 2009. Data er fra Tobiesen (2009).

	Alger EC ₅₀	Krepsdyr EC ₅₀	Fisk LC ₅₀
Ut anaerob trinn 1	8,8	43	24
Fra Blekeri + Tørkemaskin (acetat)	2,1	19	42
Grønnlut fra biokjel	2,7	1,04	5,6
Fra Blekeri + Tørkemaskin (derivat)	4,8	5,6	5,7
Fra Pharma	5,9	<1	>56

Tobiesen (2009) konkluderer ut fra sine toksisitetsprøver med at det er en risiko for toksisk effekt på vannlevende organismer også utenfor den umiddelbare blandsonen ved minimums-

vannføring lik 300 m³/s i Glomma. Videre påpekes det at vannprøvene som ble testet i denne undersøkelsen viste betydelig høyere giftighet enn tidligere tilsvarende tester utført ved Borregaard.



Figur 11. Oversikt over utslippspunkt (indikert med røde piler) fra Borregaard fabrikker. Utslippspunktet lengst nedstrøms er hovedutslippet fra fabrikkområdet.

Høsten 2009 ble det gjennomført toksisitetstester av avløpsvann ved to anledninger. Det ble analysert avløpsvann både fra acetatkampanje (innsamlet 20.10.09) og derivatkampanje (innsamlet 14.11.09). Resultatene er presentert i et NIVA-notat (Tobiesen 2010):

Blekeri (acetatkampanje)

For fisk, døde alle ved de to høyeste konsentrasjoner etter 2 døgn. Beregnet LC50 ble 42 %. I testen med daphnier var dødeligheten mindre enn 50 % ved høyeste testede konsentrasjon, det er derfor ikke mulig å angi EC50 nøyaktig i denne testen. I algetesten forstyrret tilstedeværelse av mye partikler den vanlige tellemetoden slik at vi benyttet måling av alge klorofyll som mål for biomasse.

Tabell 1. Sammenstilling av sentrale endepunkter for toksisitetstester utført på avløpsvann fra blekeri (acetat) mottatt 20.10.09.

Test	EC50 LC50	EC10 NOEC
Akutt fisketest (96h) OECD(203)	42 %	18 %
Immobilisering Daphnia (48) OECD(202)	>100 %	56-100 %
Immobilisering Daphnia (48) OECD(202) etter sedimentering	>100 %	76 %
Vekst inhibering Alger OECD(201)	60 %	27 %

Konklusjon:

Avløpsvannet "Blekeri (acetat)" fremstår som lite akutt giftig for vannlevende organismer. Sammenlignet med tilsvarende prøve tatt i april i år, har giftigheten ovenfor alger og daphnier blitt redusert betydelig, mens så ikke er tilfelle med hensyn til fisk. Det er ingen forskjell i giftighet ovenfor daphnier i prøve før sedimentering, sammenlignet med etter sedimentering.

Blekeri (derivatkampanje)

For fisk, døde alle ved de 4 høyeste konsentrasjoner etter 1 døgn. Beregnet LC50 etter 96 timer ble 7,5 %. I testen med daphnier er det liten forskjell i immobilisering enten prøven var sedimentert før testing eller ikke. Endepunktene for testen slik de er presentert i tabell 2 gir ikke grunnlag for at det er signifikant forskjell mellom disse prøvene. I algetesten forstyrret tilstedeværelse av mye partikler den vanlige tellemetoden. Testen måtte repeteres ved bruk av måling av alge klorofyll som mål for biomasse.

Tabell 2. Sammenstilling av sentrale endepunkter for toksisitetstester utført på avløpsvann fra Blekeri (derivat) mottatt 14.11.09.

Test	EC50 LC50	EC10 NOEC
Akutt fisketest (96h) OECD(203)	7,5 %	5,6 %
Immobilisering Daphnia (48) OECD(202)	10,7 %	3,2 %
Immobilisering Daphnia (48) OECD(202) etter sedimentering	12,5 %	3,2
Vekst inhibering Alger OECD(201)	12,4 %	4,3 %

Konklusjon:

Avløpsvannet "Blekeri (derivat)" synes å være generelt giftig for vannlevende organismer. At fisk er mest sensitiv er uvanlig i forbindelse med giftighetstesting. Sammenlignet med tilsvarende prøve tatt i april i år, har giftigheten ovenfor alger og daphnier blitt redusert noe, mens giftigheten ovenfor fisk må sies å være lik. Det er ingen forskjell i giftighet ovenfor daphnier i prøve før sedimentering sammenlignet med etter sedimentering.

Hovedkonklusjonen fra arbeidene som vurderer økotoksikologiske effekter av utslipp før 2008 konkluderer med at risikoen for toksiske effekter av de undersøkte utslippene er *"utenfor den umiddelbare blandsonen i resipienten vurdert til å være ubetydelige"* (Källqvist med flere 2005, Källqvist og Romstad 2008). Etter undersøkelsen i 2009 konkluderer Tobiesen (2009) med at tilsvarende giftighet er *"til stede ved lav vannføring i Glomma"*. I sine undersøkelser påpeker NIVA at den kjemiske sammensetningen av de enkelte utslippsvann ikke er analysert, og at de enkelte toksiske agens derfor ikke er kjent. Av arbeidene til NIVA følger det at selv om sannsynligheten for negative effekter i et større perspektiv er liten, kan ikke slike effekter lokalt og periodisk utelukkes.

4.4 Adsorbent organisk bundet halogen (AOX)

AOX er forkortelse for adsorbent organisk bundet halogen. Som benevnelse brukes AOX i all hovedsak i forbindelse med overvåkning av utslipp til vann. Analytisk skilles det ikke mellom varianter av halogenkomponenten, og benevnelsen representerer en generell betegnelse på organisk bundet halogen som rommer en rekke kjemiske forbindelser. Felles for disse forbindelsene er at de er relativt stabile og tungt nedbrytbare. En av de største kildene til AOX i utslipp til vann er tre- og papirindustrien i forbindelse med bruk av klorerte forbindelser. Som målbart uttrykk for toksisitet i utslipp, spesielt fra papirindustri, er AOX debattert både på vitenskaplige og politiske arenaer (se for eksempel Gellert 2000, Auer 2010). Det svenske Naturvårdsverket uttaler følgende om AOX på sine hjemmesider (www.naturvardsverket.se): *"There is no direct relationship between AOX value and toxicity. Excessive exposure to chemicals in this diverse grouping of chemicals may affect health with the possible effects depending on the particular chemical. Many of the chemicals detected under the parameter AOX are also individually listed as well. Some of the chlorinated chemicals detected by AOX are toxic to fish and other aquatic organisms at low concentrations. Many are persistent and have a tendency to bioaccumulate also."*

Utslippene av AOX fra Borregaard stammer i all hovedsak fra bleking av cellulosemasse hvor det brukes klordioksid og hypokloritt. Selv etter stenging av trinn to i det biologiske renseanlegget er utslippsnivåene under konsesjonene gitt av KLIF. Estimert utslipp AOX fra Borregaard i 2009 ligger på 127 tonn. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig konsentrasjonsøkning på 0,007 mg/l eller maksimalt 0,016 mg/l ved jevnt utslipp og laveste vannstand. Akutte toksiske effekter på laks av AOX burde la seg fange opp for eksempel i toksisitetstester som de gjennomført av NIVA (se **avsnitt 4.3**). Kunnskap om eventuelle effekter av langtidseksponering og bioakkumulering er tilsynelatende av mer anekdotisk art, og må vurderes deretter.

4.5 Effekter på laks av kobberutslipp

Ved forhøyete konsentrasjoner vil kobber ha direkte gifteffekt på laks. Kobber har to oksidasjonsstadier i tillegg til metallisk form (Cu^0): de ioniske formene Cu^{1+} og Cu^{2+} . Litteraturen gjenspeiler uenighet angående reell effekt av de forskjellige formene av kobber i dets generelle giftighet (se for eksempel Flemming & Trevors 1989). Foruten tilstandsformen vil det også ha betydning for tilgjengelighet og mulighet for opptak hvorvidt kobberet befinner seg som løst, fast i suspensjon eller som biologisk bundet. Som generelt grunnlag kan det nevnes at kobberverdier over 6 $\mu\text{g/l}$ betegnes som "meget sterkt forurensset", etter Klima- og forurensningsdirektoratets klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. På grunn av varierende vannkvalitet (pH, hardhet, partikler, humusinnhold) samt variasjonsmønster i metallinnhold, tilgjengelighet, fiske-sammensetning og gytemuligheter, er det imidlertid vanskelig å operere med noen eksakt terskelverdi for forventet reell toksisk effekt. I noen områder finnes gode fiskeforekomster ved middelkonsentrasjoner fra 30 til 50 μg kobber per liter. Laksen er imidlertid den av våre arter som sannsynligvis er minst tolerant overfor tungmetaller. Grande (1991) konkluderer i en analyse av biologiske effekter av gruveforurensing med at totalkonsentrasjoner av kobber lavere enn 20

µg/l har små eller ingen effekt på fisk (også laks). I denne vurderingen er også elva Folla inkludert, der giftighet av kobber er registrert ned mot 24 µg/l.

Ifølge Berge med flere (2003) er det i Glomma ved Sarpsfossen en bakgrunnskonsentrasjon av kobber i størrelsesorden 1,5-2 µg/l. Borregaard har i løpet av de siste 15 år hatt et jevnt avtagende utslipp av kobber, fra 11,1 tonn totalt i 1995, til estimerte 6,35 tonn i 2009. Med en midelvannføring i Glomma over Sarpsfossen på 600 m³/s vil utslipp i denne størrelsesorden tilføre i gjennomsnitt henholdsvis 0,6 og 0,4 µg kobber per liter. Ved en antatt laveste vannføring i månedene mars-mai på 250 m³/s ville konsentrasjonsøkningen av kobber som følge av utslipp fra Borregaard tilsvarende være på henholdsvis 1,4 og 0,8 µg/l for verdiene fra 1995 og 2009. Selv om utslippene fra Borregaard utgjør en stor del av den totale mengden kobber i nedre del av Glomma vil de under ovennevnte forutsetninger i 2009 ha utgjort kun 2-4 % av en konsentrasjon som forventes å kunne ha direkte toksisk effekt på laksen (20 µg/l i henhold til Grande 1991). Ifølge søknad til KLIF datert 01.07.09, skulle Borregaard i løpet av februar 2010 ha klart et anlegg for kobbergjenvinning, noe som vil redusere utslippet til mindre en 10 kg per dag.

Akutte toksiske effekter på laks av kobber burde la seg fange opp for eksempel i toksisitetstester tilsvarende de som ble gjennomført av NIVA (se **avsnitt 4.3**). Når det gjelder effekter utover de akutte giftige, så er kobber flere steder i litteraturen påpekt å kunne ha indirekte effekter på laks ved endring i vekstmønster samt reproduksjon og endret adferd. Sistnevnte innebærer endret migrasjonsmønster, både hos ungfisk og kjønnsmoden voksen fisk. Eksplosive terskelverdier og effekter framgår imidlertid ikke av de publiserte studiene, og eventuelle slike effekter må skjønnsmessig vurderes i henhold til generell relevans.

4.6 Aluminiumtoksisitet og blandsoneproblematikk

Ifølge opplysninger fra Borregaard fabrikk har utslippsvannet i perioder pH-verdier ned mot 2. På grunn av innblanding i elvevannet, vil dette ha svært begrenset effekt på Glommas nedre del sett under ett. Lokalt kan det imidlertid innebære et problem, da aluminium er vist å være spesielt giftig for fisk i slike blandsoner. I en polymeriseringsfase for aluminium som følge av rask endring i pH vil dette lokalt medføre svært toksiske forhold for fisk (Poleo med flere 1994, Poleo 1995). Slik giftighet vil ikke la seg fange opp i toksisitetsanalyser, da pH i disse prøvene justeres før undersøkelsen starter. Hvorvidt dette er relevant i forbindelse med avløpet fra Borregaard avhenger av flere faktorer som for tiden er ukjent. Blant annet er det knyttet noe usikkerhet til pH i utslippsvannet når det når Glomma.

I en høringsprosess i forbindelse med søknad om utvidet tillatelse til utslipp uttaler Borregaard fabrikk følgende (www.klif.no/nyheter/brev/borregaard_endring_tillatelse171209.pdf): *NIVA har etter henvendelse fra Borregaard, utdypet forholdet mellom pH effekt av utslippene og effekt på laks. Konklusjonen er at pH i enkeltstrømmer nøytraliserer hverandre da utslippene i stor grad samles før de går til Glomma og deretter nøytraliseres raskt i Glomma.* Ut fra denne uttalelsen kan det synes som at det skjer en nøytralisering i Glomma. Det framgår ikke om det er vurdert eventuelle effekter på laks som følge av en blandoneffekt. Dersom det kan forekomme en giftig blandone i Glomma, og dette i så fall finner sted i områder med lakseproduksjon, bør framtidige vurderinger baseres på analyser av aluminiumsfraksjoner i innblandingssonen. Det begrensede arealet som ligger innenfor blandsoner tilsier at det negative potensialet er relativt lite.

4.7 Effekter på laks av endringer i oksygeninnhold

Laks har i alle livsstadier behov for rent og oksygenrikt vann (Klemetsen med flere 2003), og oksygenkravet er spesielt viktig i enkelte kritiske faser av livssyklus. Det stilles derfor spesielle krav til hvilke vassdragsområder som kan benyttes til gyting, klekking og de første delene av ungfiskstadiet. Når det gjelder laksens gyteområder, så legges disse på lokaliteter hvor det finnes substrat som er fint nok til at det kan graves over eggene for beskyttelse, men som samtidig er grovt nok til å slippe friskt vann ned og sikre tilstrekkelig oksygentilførsel gjennom hele inkubasjonsperioden. Oksygenmangel i gyteområder i løpet av inkubasjonsperioden og i oppvekstområder for de tidligste yngelstadiene vil derfor påvirke både vekst og overlevelse hos de yngste livsstadier til laks.

I forbindelse med stopp i renseanlegget kan det forventes en økning i utslipp til Glomma av stoffer som gir økt kjemisk oksygenforbruk (KOF). Det totale utslippet var imidlertid ikke dramatisk større i 2009 enn i foregående år (Berge med flere 2009). I forbindelse med undersøkelser av de zoologiske forholdene i Glomma rett nedstrøms Sarpsfossen, påpeker imidlertid Haugen med flere (2010) at dette er et område som er utsatt for stor organisk belastning. Det påpekes videre at områdene har en lav økologisk status, og at situasjonen kan se ut til å være forverret mellom 2008 og 2009. I sine undersøkelser målte Haugen med flere (2010) oksygenkonsentrasjoner i substratet ved to stasjoner. Målingene ble gjort i profiler fra overflaten og ned til 20 cm substratdybde. I tillegg ble det gjort en måling ved referansestasjonen ovenfor utslippene fra Borregaard. Denne målingen ble bare gjort på overflaten av bunnsubstratet.

Målingene viste overforbruk av oksygen ved alle stasjoner og i alle lag i profilene. Ved referansestasjonen var oksygenkonsentrasjonen på 11,2 mg/l, mens det ved de to øvrige stasjonene avtok fra 10,2 mg/l ved overflaten til 8 mg/l 18 cm ned i bunnsubstratet. De målte oksygennivåene er høyere enn hva som anslås som en absolutt minimumsverdi i oppdrettsanlegg, som ifølge Stefansson med flere (2002) er om lag 5 mg/l. Haugen med flere (2010) henviser imidlertid til Greig med flere (2007), hvis resultater tyder på at det ved oksygenkonsentrasjoner lavere enn 8 mg/l vil kunne forventes en overlevelse til klekking lavere enn 20 %. I tillegg påpeker Haugen med flere (2010) at oksygensituasjonen i influensområdet er presset også ut over hva som kan skyldes utslippene fra Borregaard, men at det er usikkert hvilke variasjoner som kan forventes over tid, for eksempel i forbindelse med forskjellige utslipp fra fabrikkområdet på Borregaard.

4.8 Effekter på laks av næringssalter og begroing

Begroing som følge av tilførte næringssalter vil kunne påvirke laks gjennom endring og forringelse av det fysiske leveområdet. Slike endringer kan for eksempel medføre reduserte skjulmuligheter eller reduksjon i forekomst av næringsdyr. Økt begroing vil i tillegg bidra til det totale oksygenforbruket på en lokalitet, og således komme i tillegg til faktorer nevnt ovenfor (se **avsnitt 4.7**).

Aasestad (2008) og Haugen med flere (2010) har dokumentert algeoppblomstring i områder nedstrøms Borregaard fabrikk. I en høringsprosess i forbindelse med søknad om utvidet utslippstillatelse (http://www.klif.no/nyheter/brev/borregaard_endring_tillatelse171209.pdf) uttrykker Fylkesmannen i Østfold og Fagråd for Ytre Oslofjord bekymring for Borregaard fabrikkers bidrag til det totale volumet gjødselende stoffer i nedre del av Glomma samt munningsområdene i ytre Oslofjord. Fosfor er generelt et begrensende næringssalt i ferskvann, og er derfor mest aktuelt i forbindelse med algeoppblomstringer i gyte- og oppvekstområder for laks. Ifølge opplysninger fra Borregaard var det reelle utslippet i perioden fra august 2009 til august 2010 om lag 38 tonn fosfor. De omkringliggende kommunene slipper til sammenligning ut 23 tonn fosfor årlig (i henhold til dokumenter fra høringsprosessen referert ovenfor). Det årlige utslippet av fosfor fra Glomma til Oslofjorden er om lag 400 tonn. Med andre ord er de lokale utslippene av fosfor fra Borregaard fabrikk betydelige også i en større sammenheng.

Verken effekter av kjemisk oksygenforbruk eller næringssalter er omfattet av toksisitetstestene som ble gjennomført av NIVA (se **avsnitt 4.3**). Helhetlige vurderinger i forhold til disse faktorene må derfor gjøres utelukkende basert på rapporterte målinger og observasjoner, sammen med en subjektiv vurdering av resipientens viktighet som gyte- og oppvekstområde for laks. De observerte algeoppblomstringene samt lave oksygenkonsentrasjoner i umiddelbar resipient tilsier at utslippene som medfører gjødsling samt kjemisk og biologisk oksygenforbruk bør vurderes nærmere, og spesielt i forbindelse med en grundig kartlegging av gyte- og oppvekstområder for laks.

4.9 Sammenstilling av påvirkning

Vurderinger av effekter på gyte- og oppvekstforhold på laks av de enkelte faktorer i forbindelse med utslipp er gitt i **tabell 7**. Alle vurderinger er basert på middelverdier av utslipp og vannføring. Eventuelle episoder med uheldige kombinasjoner av utslipp og vannføring må vurderes separat. Slike hypotetiske ekstremtilfeller vil i teorien kunne redusere den lokale laksepopulasjonen i resipienten i en størrelsesorden som medfører oppgradering av effektvurdering fra liten negativ til stor negativ (se **avsnitt 6.2**).

Tabell 7. Vurdering av ulike påvirkninger fra utslipp på gyting og oppvekst hos laks. Eventuelle episoder av utslipp av AOX og suspendert stoff vil kunne ha til dels store utslag i effekt på laks (se **avsnitt 6.2**).

Faktor	Gyteforhold	Oppvekstforhold
AOX	Liten negativ	Liten negativ
Kobber	Ingen	Ingen
Kjemisk oksygenforbruk	Ingen	Stor negativ
Forsuring og aluminium	Ingen	Ingen
Suspendert stoff	Middels negativ	Middels negativ
Næringssalter	Ingen	Liten positiv
Sum alle faktorer	Små til middels negative	Middels negative

5 Konsekvenser av utslipp for laks

Ut fra foreliggende kunnskapsgrunnlag er det vurdert av influensområdet har middels stor verdi for gyteforholdene for laks, liten til middels verdi for oppvekstforholdene for laks, og at området samlet sett har middels verdi for lakseproduksjonen i Glomma (**kapittel 3**). Videre er det vurdert av utslippene fra Borregaard fabrikker har små til middels negative påvirkninger på gyteforholdene, middels negative påvirkninger på oppvekstforholdene, og samlet sett middels negative påvirkninger på lakseproduksjon i Glomma (**kapittel 4**). Med disse forutsetningene er det forventet at utslippene har små til middels negative konsekvenser for gyteforholdene og oppvekstforholdene til laks, slik at utslippene samlet sett har middels negative konsekvenser for lakseproduksjonen i Glomma (**tabell 8**).

Tabell 8. Sammenstilling av konsekvenser av utslipp fra Borregaard fabrikker for gyteforhold for laks, oppvekstforhold for laks og status for laksebestanden i Glomma. Vurdering av konsekvenser er i henhold til retningslinjer gitt av Anonym (2006).

KU-tema	KU-verdi	Påvirkninger	Konsekvenser
Gyteforhold for laks i Glomma	Middels	Små til middels negative	Små til middels negative
Oppvekstforhold for laks i Glomma	Liten til middels	Middels negative	Små til middels negative
Lakseproduksjon i Glomma	Middels	Middels negative	Middels negative

6 Usikkerheter

Usikkerhetene i denne konsekvensutredningen er i første rekke knyttet til nåværende bestandsstatus hos laks (**avsnitt 6.1**) og påvirkningsgraden som utslippene fra Borregaard fabrikk har for laksebestanden i vassdraget (**avsnitt 6.2**).

6.1 Bestandsstatus hos laks

Det synes klart at det hersker større usikkerhet omkring nåværende status og historisk utvikling hos laksebestanden i Glomma enn hva som er vanlig i de fleste større norske laksevassdrag. Av de vanligst benyttete overvåkingsmetodene som ungfiskundersøkelser, smoltundersøkelser, fangstregistreringer og gytefiskregistreringer er det bare fangstregistreringene som tilfredsstiller et faglig minimumsnivå. Det store innslaget av rømt oppdrettslaks i vassdraget gjør det ytterligere vanskelig å vurdere status og utvikling for den stedegne laksestammen i vassdraget. Den observerte fordelingen av laksefangst i Glomma og Ågårdselva trenger ikke gjenspeile den virkelige betydningen av de to vassdragsområdene som gyte- og oppvekstområde for laks. Fordeling av elvefangst vil blant annet være avhengig av relativt fisketrykk og beskatningsraten i de ulike delene av et vassdrag.

Den største usikkerheten er likevel knyttet til hvilken absolutt og relativ betydning influensområdet har for gyting hos voksen laks og oppvekst av laksunger. Manglende fiskebiologiske undersøkelser av både gytefisk og ungfisk over et lengre tidsrom gjør det umulig å trekke konklusjoner om sentrale fiskebiologiske forhold som artsfordeling, ungfisktetthet, ungfiskproduksjon, aldersstruktur og årsklassestyrke. Et generelt problem er at kunnskapsgrunnlaget om lakseproduksjon og habitatbruk hos laks i store, sentflytende elveparti som nedre deler av Glomma er svært beskjedent. Tradisjonelle metoder som elektrisk fiske med bærbart apparat er uegnet, og det må utvikles alternativ metodikk for å få bedre kunnskap i store vassdrag generelt og Glomma spesielt.

6.2 Påvirkningsgrad fra utslipp

Et problem av en viss betydning for vurderingen av effekter av utslipp er manglende oversikt over eventuelle episoder av forhold som kombinert vil kunne ha svært negativ innvirkning på laks. For eksempel tar vurderinger av toksisitet kun i betraktning variasjoner i vannføring i recipienten og ikke variasjoner i volum utslipp per tidsenhet. Hvorvidt dette finner sted i forbindelse med utslippene fra Borregaard, og eventuelt med hvilken hyppighet, er ikke kjent. Teoretisk sett vil en hyppighet med opptil års mellomrom kunne ha til dels stor negativ effekt på den totale laksepopulasjonen. Først og fremst anses de ovennevnte forhold å gjelde utslipp og toksisitet av AOX. Det er imidlertid en kjensgjerning at uheldig kombinasjon av utslippsvolum suspendert stoff og vannføring vil kunne medføre nedslamming av grus med egg eller plomme-sekkyngel av laks i den tiden av året hvor dette er aktuelt. I denne sammenhengen spiller med andre ord tidspunkt en rolle for effekten. En utvidet innsats for å kartlegge den akutte forurensningssituasjonen over en lengre periode, og på en høyoppløselig tidsskala, vil kunne være aktuelt for en mer inngående analyse av effektene av Borregaard fabrikkers utslipp på laks i nedre Glomma. En slik analyse anses imidlertid ikke relevant med mindre det kan sammenholdes med et betydelig større kunnskapsgrunnlag basert på fiskebiologiske undersøkelser enn hva som er tilfelle i dag.

7 Konklusjoner

Ut fra foreliggende kunnskapsgrunnlag om status for laksebestanden og effekter av utslipp fra Borregaard fabrikker kan det trekkes følgende konklusjoner:

- De viktigste gyte- og oppvekstområdene for laksebestanden i Glommavassdraget er like nedstrøms Sarpsfossen og i sideløpet Ågårdselva. I begge disse områdene har laksunge- ne uvanlig god vekst og lav smoltalder (1-2 år).
- Influensområdet er vurdert å ha *middels verdi* som gyteområde for laks og *liten til middels verdi* som oppvekstområde for laks.
- Sannsynligvis fungerer influensområdet som et produksjonsområde for laksyngel som for- syner nedenforliggende elveområder med laksunger.
- Laksebestanden i Glomma er negativt påvirket av rømt oppdrettslaks, forurensning og vassdragsregulering. Det samlede trusselbildet gjør at laksebestanden anses som *moderat påvirket* av menneskelige inngrep.
- Den viktigste forurensningskilden på lakseførende strekning er utslipp fra Borregaard fab- rikker, hvorav utslipp av organiske forbindelser utgjør hovedmengden av utslippene.
- Det er vurdert at utslippene fra Borregaard fabrikker samlet sett har små til middels nega- tive påvirkninger på gyteforholdene, middels negative påvirkninger på oppvekstforhol- dene, og samlet sett har *middels negative påvirkninger* på lakseproduksjon i Glomma.
- Det er vurdert at utslippene har små til middels negative konsekvenser for gyteforhol- dene og oppvekstforholdene til laks, slik at utslippene samlet sett har *middels negative konsekvenser* for lakseproduksjonen i Glomma.
- På grunn av mangelfulle fiskebiologiske undersøkelser er det knyttet vesentlig usikkerheter til nåværende bestandsstatus og bestandsutvikling hos laksebestanden i Glomma. Dette skyldes både mangelfull generell kunnskap om lakseproduksjon i dypere partier av store elver og manglende spesifikk kunnskap fra Glomma.
- På grunn av at influensområdet er rasktflytende og dypt er tradisjonelle undersøkelsesme- toder som elektrisk fiske langs land og gytefisktellinger uegnet. Imidlertid kan bruk av spe- sialbåt for elektrisk fiske trolig gi verdifull informasjon om bestandsstatus hos laks.
- Ut fra mangel på detaljert og høyoppløselig informasjon om utslippsvariasjoner er det knyt- tet usikkerheter til om episoder med spesielt høye utslipp kan gi ekstraordinære variasjoner i vekst og overlevelse hos laks.

8 Referanser

Anonym 1979. Glåma som fiskeelv. En utredning med sikte på innføring av laks og sjøaure i større deler av vassdraget.

Anonym 2006. Konsekvensanalyser – veiledning. Håndbok 140, Statens vegvesen, Oslo, 290 sider.

Anonym 2007. Kartlegging av naturtyper - Verdisetting av biologisk mangfold. DN-håndbok nr. 13, 2. utgave, Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim, 254 sider.

Anonym 2010. Status for norske laksebestander i 2010. – Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 2, 213 sider.

Armstrong, J.D., Kemp, P.S., Kennedy, G.J.A., Ladle, M. & Milner, N.J. 2003. Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. – Fisheries Research 62, 143-170.

Auer, M.R. 2010. Better science and worse diplomacy: negotiating the cleanup of the Swedish and Finnish pulp and paper industry. – International Environmental Agreements 10, 65-84.

Beland, K.F., Jordan, R.M. & Meister, A.L. 1982. Water depth and velocity preferences of spawning Atlantic salmon in Maine rivers. – North American Journal of Fisheries Management 2, 11-13.

Berge, J.A., Källqvist, T., Romstad, R. & Tobiesen, A. 2003. Utslipp fra Borregaard Industries Limited til Glomma – økotoksikologisk karakterisering av avløpsvann og innhold av kobber og halogenforbindelser i Glomma og Hvalerområdet. – NIVA-rapport 4751, 79 sider.

Berge, J.A., Walday, M., Nilsson, H.C. & Gitmark, H. 2009. Overvåkning av Glommas munningsområde i forbindelse med mulig økede utslipp fra Borregaard ved Sarpsborg. – NIVA-rapport 5892, 45 sider.

Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing - theory and practice with special emphasis on salmonids. – Hydrobiologia 173, 9-43.

Bremset, G. & Berg, O.K. 1997. Density, size-at-age and distribution of young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in deep river pools. – Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 54, 2827-2836.

Bremset, G. & Heggnes, J. 2001. Competitive interactions in young Atlantic salmon (*Salmo salar* L) and brown trout (*Salmo trutta* L) in lotic environments. – Nordic Journal of Freshwater Research 75, 127-142.

Bremset, G., Thorstad, E.B., Fiske, P., Lund, R.A. & Heggberget, T.G. 2007. Mer storlaks i Namsenvassdraget. Vurdering av fiskeforsterkende tiltak. – NINA Rapport 286. 57 sider.

Chadwick, E.M.P. 1982. Stock-recruitment relationships for Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Newfoundland rivers. – Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 39, 1496-1501.

Chaput, G., Allard, J., Caron, F., Dempson, J.B., Mullins, C.C. og O'Connell, M.F. 1998. River-specific target spawning requirements for Atlantic salmon (*Salmo salar*) based on a generalized smolt production model. – Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55, 246-261.

- Crisp, D.T. & Carling, P.A. 1989. Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. – *Journal of Fish Biology* 34, 119-134.
- Cunjak, R.A. & Therrien, J. 1998. Inter-stage survival of wild juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Fisheries Management and Ecology* 5, 209-223.
- Dempson, J.B., Furey, G. & Bloom, M. 2001. Assessment of the status of the Atlantic salmon stock of Conne River, SFA 11, Newfoundland, 2000. Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2001/030, 45 sider.
- Finstad, A.G., Armstrong, J.D. & Nislow, K.H. 2011. Freshwater habitat requirements of Atlantic salmon. – *Atlantic salmon ecology*, Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A., & Skurdal, J. (eds.). Blackwell Publishing Ltd, s. 67-88.
- Flemming, C.A. & Trevors, J.T. 1989. Copper toxicity and chemistry in the environment: a review. – *Water Air and Soil Pollution* 44, 143-158.
- Gellert, G. 2000. Relationship between summarizing chemical parameters like AOX, TOC, TN_b, and toxicity tests for effluents from the chemical production. – *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 65, 508-513.
- Grande, M. 1991. Biologiske effekter av gruveindustriens metallforurensninger. – NIVA-rapport 2562, 136 sider.
- Grande, R. 2010. Håndbok for fisketrapper. Tapir akademisk forlag, Trondheim, 105 sider.
- Greig, S., Sear, D. & Carling, P. 2007. A field-based assesement of oxygen supply to incubating Atlantic salmon (*Salmo salar*) embryos. – *Hydrological Processes* 21, 3087-3100.
- Haugen, T., Bækken, T. & Rustadbakken, A. 2010. Zoologiske undersøkelser i Glomma nedenfor Sarpsfossen oktober 2009. Undersøkelser i forbindelse med Borregaards økte utslipp av finpartikulært materiale. – NIVA-notat, 8. mars 2010, 14 sider.
- Heggberget, T.G., Haukebø, T., Mork, J. & Ståhl, G. 1988. Temporal and spatial segregation of spawning in sympatric populations of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L. – *Journal of Fish Biology* 33, 347-356.
- Heggenes, J., Bremset, G. & Brabrand, Å. 2011. Groundwater, critical habitats, and behaviour of Atlantic salmon, brown trout and Arctic char in streams. – NINA Rapport 654, 28 sider.
- Jensen, A.J. 2005. Geografisk variasjon og utviklingstrekk I norske laksebestander. NINA Fagrapport 80, 79 sider.
- Källqvist, T., Tobiesen, A. & Romstad, R. 2005. Økotoksikologisk testing av direkteutslipp til Glomma fra Borregaard fabrikker, Sarpsborg. – NIVA-rapport 5108, 40 sider.
- Källqvist, T. & Romstad, R. 2008. Økotoksikologisk karakterisering av avløpsvann fra Borregaard Industries Limited, Sarpsborg. – NIVA-rapport 5582, 31 sider.
- Karlsen, L.R. 1997. Rapport fra el-fiske i Glomma nedenfor Sarpsfossen den 26.08.1997. – Fylkesmannen i Østfold, Fiskeforvalteren. 2 sider.
- Klemetsen, A., Amundsen, P.-A., Dempson, J.B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M.F. & Mortensen, E. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. – *Ecology of Freshwater Fish* 12, 1-59.

- Linnansaari, T., Keskinen, A., Romakkaniemi, A., Erkinaro, J. & Orell, P. 2010. Deep habitats are important for juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* L. in large rivers. – Ecology of Freshwater Fish 19, 618-626.
- Louhi, P., Mäki-Petäys, A. & Erkinaro, J. 2008. Spawning habitat of Atlantic salmon and brown trout: General criteria and intragravel factors. – River Research and Applications 24, 330-339.
- Milner, N. J., Elliott, J. M., Armstrong, J. D., Gardiner, R., Welton, J. S. & Ladle, M. 2003. The natural control of salmon and trout populations in streams. – Fisheries Research 62, 111-125.
- Moir, H.J., Soulsby, C. & Youngson, A.F. 1998. Hydraulic and sedimentary characteristics of habitat utilized by Atlantic salmon for spawning in the Girnock Burn, Scotland. – Fisheries Management and Ecology 5, 241-254.
- Moir, H.J., Soulsby, C. & Youngson, A.F. 2002. Hydraulic and sedimentary controls on the availability and use of Atlantic salmon (*Salmo salar*) spawning habitat in the River Dee system, north-east Scotland. – Geomorphology 45, 291-308.
- Nygaard, B. 1944. Sarpsfossen i dikt og virkelighet. Tell forlag, Oslo, 76 sider.
- O'Connell, M.F., Walsh, A. og Cochrane, N.M. 2001. Status of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Middle Brook (SFA 5), Northeast Brook, Trepassey (SFA 9), and Northeast River, Placentia (SFA 10), Newfoundland, in 2000. Canadian Stock Assessment Secretariat Research Document 2001/042, 89 sider.
- Poléo, A.B.S. 1995. Aluminium polymerization – a mechanism of acute toxicity of aqueous aluminium to fish. – Aquatic Toxicology 31, 347-356.
- Poléo, A.B.S., Lydersen, E., Rosseland, B.O., Kroglund, F., Salbu, B., Vogt, R.D. & Kvellestad, A. 1994. Increased mortality of fish due to changing Al-chemistry of mixing zones between limed streams and acidic tributaries. – Water Air and Soil Pollution 75, 339-351.
- Potter, E.C.E. & Crozier, W.W. 2000. A perspective on the marine survival of Atlantic salmon. I The Ocean life of Atlantic salmon: environmental and biological factors influencing survival (D. Mills, red.). Fishing News Books, Blackwell Science, Oxford, 19-36.
- Rustadbakken, A., Bækken, T., Kile, M.R. & Haugen, T. 2010. Økologisk status i Glomma nedenfor Sarpsfossen 2009-2010. Undersøkelser i forbindelse med Borregaards utslipp av finpartikulært organisk materiale. – NIVA-notat, 22. desember 2010, 26 sider.
- Saltveit, S.J. Pavels, H., Heggenes, J. & Bremnes, T. 1999. Oppvekst- og produksjonsmuligheter for laks i Glomma nedstrøms Vamma og i Ågårdselva, Østfold. – LFI Rapport 186, 22 sider.
- Stefansson, O.S., Holm, J.C. & Berge, Å.I. 2002. Oppdrett av laks og aure i Norge. Forelesningskompendium BFM 240 Grunnkurs i akvakultur. – Institutt for fiskeri- og marinbiologi, Universitetet i Bergen, 105 sider.
- Tobiesen, A. 2009. Økotoksikologisk karakterisering av avløpsvann fra Borregaard Industries Limited, Sarpsborg i 2009. – NIVA-rapport 5826, 65 sider.
- Tobiesen, A. 2010. resultater av toksisitetstesting av avløpsvann fra Blekeri, derivat kampanje og Blekeri, derivat kampanje tilsatt 10 % grønnlut. Notat av 12.02.2010 utarbeidet av Norsk institutt for vannforskning, 2 sider.

Zippin, C. 1958. The removal method of population estimation. – *Journal of Wildlife Management* 22, 82-90.

Økland, F., Thorstad, E.B. & Næsje, T.F. 2004. Is Atlantic salmon production limited by numbers of territories? – *Journal of Fish Biology* 65, 1047-1055.

Aasestad, I. 2008. Rapport fra el-fisket nedstrøms Sarpsfossen og Aagaardselva, 2008. – *Naturplan*, 11 sider.

NINA Rapport 670

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-2254-9



Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor

Postadresse: 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

www.nina.no