

Gyrodactylus salaris i Drammensvassdraget

Risiko for spredning til nye elver via migrasjon av laks

Edgar Brun
Helga Høgåsen

FORORD

Veterinærinstituttet har hatt i oppdrag fra Statens dyrehelsetilsyn å utarbeide en simuleringsmodell for spredning av *Gyrodactylus salaris* i sjø. En slik oppgave kan ikke løses uten direkte tilgang på kunnskap fra flere ulike fagmiljø og eksperter. Vi er derfor svært takknemlige for alle innspillene vi har fått og ønsker å takke refereene som kommenterte førsteutkastet til rapporten. I tillegg ønsker vi spesielt å takke Tor Atle Mo, Lars Petter Hansen, Tor Andreas Bakke, Einar Mathiesen, Erik Garnås og Marianne Sandberg for å ha vært tilgjengelig med konstruktive kommentarer under veis i arbeidet og Didrik Danielsen som ga oss direkte tilgang på rådata.

14. februar 2003

Edgar Brun og Helga Høgåsen

INNHALDSFORTEGNELSE

1.	SAMMENDRAG	4
2.	INNLEDNING	5
3.	RISIKOBESKRIVELSE	5
4.	DATAGRUNNLAG OG FORUTSETNINGER	5
4.1	Geografiske forhold.....	6
4.2	Hydrografisk informasjon	6
4.3	Populasjonsdata	7
4.4	Smittestatus.....	7
4.5	Adferd.....	8
4.6	<i>G. salaris</i> - biologi	9
5.	MODELL OG RESULTATER	10
5.1	Hendelsestre	10
5.2	Hovedresultater	10
6.	KONKLUSJONER OG KOMMENTARER	11
6.1	Sandeelva	11
6.2	Åroselva.....	12
6.3	Numedalslågen	12
6.4	Generell kommentar	12
6.5	Andre scenarier	13

VEDLEGG 1: Datagrunnlag

VEDLEGG 2: Oversiktskart

VEDLEGG 3: Kvantitativ modell, beskrivelse og resultater

VEDLEGG 4: Kommentarer fra referee

VEDLEGG 5: Referanser

1. SAMMENDRAG

Det er utviklet en Monte-Carlo simuleringsmodell for å vurdere risikoen for at *Gyrodactylus salaris* fra Drammenselva og Lierelva kan bli introdusert til Sandeelva, Åroselva eller Numedalslågen via migrasjon av smittet laksesmolt. Modellen beregner risikoen for at smittet fisk kan transportere levende, vitale parasitter opp i disse elver, men ikke hvorvidt smitte kan eller vil etablere seg etter at den er introdusert.

Modellen inkorporerer lokale data om salinitet og temperatur i vandringsperioden, fangstdata for laks og prevalens av *Gyrodactylus salaris* i Drammensestuaret, samt generell kunnskap om laksevandring og parasittens overlevelse på laks ved ulike temperaturer og saliniteter. Datagrunnlaget er hentet fra offentlige rapporter, publisert litteratur fra nasjonale og internasjonale tidsskrift, og uttalelser fra eksperter med kjennskap til vassdraget, til lakseadferd og til *G. salaris*-biologi. **Nye opplysninger som kommer til vil kunne endre betingelsene og konklusjonene i denne analysen.**

Resultatene tyder på at det er høyst usannsynlig at smittet smolt skal vandre opp Åroselva eller Numedalslågen. Risikoen for at det skal svømme opp minst én smittet fisk er mindre enn 0,1% med dagens kultiveringspraksis, som antas å føre til utvandring av ca 130 000 smolt. Samme risikonivå er oppnådd med et utgangspunkt i 200 000 smolt. Risikoen for Sandeelva er høyere. Selv om det også her vil være mest sannsynlig at det ikke svømmer opp smittet smolt, angir modellen at det med dagens praksis er en årlig risiko på 31% for at minst én smittet fisk svømmer opp Sandeelva. Dette estimatet øker til 34% hvis 200 000 smolt vandrer ut og synker til 4% hvis 13 000 smolt vandrer ut. **Resultatet for Sandeelva er imidlertid svært følsomt for forutsetninger som er gjort på grunnlag av lite eller ikke-eksisterende data:** salinitet i området fra Rødtangen til Sandeelva, samt andel av smittede smolt fra Drammensestuaret som vandrer direkte frem til Sandeelva og videre opp i Sandeelva. En styrking av datagrunnlaget på disse punktene og generelt økt kunnskap om vandringsadferd for smittet smolt i brakkvannssonen, vil gi verdifull informasjon som reduserer usikkerheten i estimatene i modellen.

Gjennom femten år med overvåking er det ikke påvist *G. salaris* i Sandeelva. Denne empiriske kunnskapen tilsier enten at modellen overestimerer risikoen for at smittet fisk svømmer opp Sandeelva eller at det trengs flere fisk med *G. salaris* parasitter for at smitte skal kunne etablere seg.

2. INNLEDNING

Gyrodactylus salaris ble første gang påvist på lakseunger i Drammenselva i september 1987. Parasitten ble påvist i gyteområdet nedenfor Hellefoss. Smittekilden ble antatt å være rømt regnbueørret eller laks fra smittede oppdrettsanlegg i Tyrifjorden. I november 1987 ble *G. salaris* også påvist i Asdøla, ei sideelv til Lierelva. Smitten til Lierelva kan ha blitt overført fra Drammenselva, eller eventuelt direkte via en vanningsstunnel mellom Holsfjorden (Syllingen) hvor infiserte anlegg lå, og Asdøla (Mo 1987, Garnås 2002).

Oversikt over vassdraget er gitt i vedlegg 2, figur 2-1.

Et utvalg nedsatt av Fylkesmannen i Buskerud i 1988 for å utrede tiltak mot infeksjonen, konkluderte med at tradisjonell behandling med rotenon ikke var aktuell for vassdraget. I stedet for å la laksestammen og et populært laksefiske dø ut, ble det foreslått å sette ut yngel/smolt for å kompensere for forventet dødelighet, samt bevare den stedege laksestammen. Dette har medført at Drammenselva i dag har en betydelig laksepopulasjon til tross for *G. salaris*-infeksjonen. I Lierelva har laksebestanden hatt en vedvarende reduksjon, selv om det også der settes ut lakseunger.

Etter en førsteintroduksjon av smitte til ei elv har det erfaringsmessig i flere regioner blitt oppdaget smitte i andre elver i samme fjordsystem. Det er antatt at dette skyldes infisert fisk som vandrer i brakkvannslaget og går opp i nye ikke-infiserte elver. I prinsippet kan en tenke seg at avstanden mellom slike elver kan være ubegrenset så lenge parasitten henger fast på en egnet vert og at den ikke utsettes for ugunstige ytre miljøforhold på ferden.

Selv om *G. salaris* har vært konstant til stede i Drammenselva og Lierelva (Drammensvassdraget) siden 1987, har det så langt ikke vært registrert smitte til lakseførende elver i Oslofjorden.

3. RISIKOBESKRIVELSE

Analysen skal vurdere risikoen for at *Gyrodactylus salaris* fra Drammenselva og Lierelva kan bli introdusert til nærliggende lakseførende vassdrag via migrasjon av smittet laks. Analysen skal beregne risikoen for at smittet fisk kan transportere levende, vitale parasitter med hensyn på reproduksjon og infektivitet opp i nærliggende vassdrag, men ikke hvorvidt smitte kan eller vil etablere seg etter at den er introdusert.

Nærliggende lakseførende vassdrag (referanseelver) til Drammensvassdraget som er vurdert i analysen er Sandeelva, Åroselva og Numedalslågen (Vedlegg 2, figur 2-2). Andre elver vil på et senere tidspunkt også kunne vurderes i modellen.

4. DATAGRUNNLAG OG FORUTSETNINGER

Analysen stiller krav til kunnskap/data omkring lokal aktivitet, geografi og vandringsruter, adferd, hydrografiske forhold, smittekunnskap og overlevelsessevne til parasitten. Datagrunnlaget for modellen er basert på offentlige rapporter, rådata fra offentlige rapporter,

publisert litteratur fra nasjonale og internasjonale tidsskrift, uttalelser fra eksperter med kjennskap til vassdraget, til lakseadferd og til *G. salaris*-biologi. Nødvendig omtale av materialet som er benyttet i modellen er gitt i vedlegg 1, uten at det er forsøkt å gi en fullverdig oversikt over de ulike fagområdene. I dette avsnittet gis en kort versjon av dette materialet og de forutsetninger som er gjort i modellen.

Nye opplysninger som kommer til vil kunne endre betingelsene og konklusjonene i denne analysen.

4.1 Geografiske forhold

Drammenselva og Lierelva munner inne i Drammensfjorden og området betraktes/omtales som Drammensvassdraget. I en flomsituasjon med stor ferskvannspåvirkning vil imidlertid fjorden helt til Svelvik kunne betraktes som del av vassdraget, idet de øvre 10 m har en salinitet godt under 5‰. Den resterende delen av fjorden fra Svelvik og ned til området rundt Rødtangen (her definert som estuariet), har høyere salinitet og danner tilvenningsområdet for utvandrende smolt. Analysen følger fiskens vandring fra Svelvik og fram til de ulike referanseelvene: Sandeelva, Åroselva og Numedalslågen.

Avstandene til referanseelvene er beregnet som den korteste, direkte avstand langs kysten målt på kart i målestokk 1: 325 000.

4.2 Hydrografisk informasjon

Salinitetsprofiler er den viktigste hydrografiske informasjonen for modellen og er i stor grad basert på undersøkelser gjort av Pethon (1987), Didriksen (2002) og Tønsbergfjordens avløpsutvalg (Pethon 1987). Salinitetsmålingene til Pethon er gjort dels på våren og dels på høsten under forhold som tilsvarende flom. Didriksen har målinger gjennom hele året. Tønsbergfjordens avløpsutvalg har gjennomsnittmålinger fra juni og juli. Målingene er gjort på ulike steder i estuariet i Drammensfjorden, Breiangbassenget, Drøbaksundet, ved Horten og ved Tønsberg. Modellen har bare benyttet salinitetsverdier fra vannsjiktet 0 – 3 meter. Salinitetsprofilene har dannet grunnlaget for å dele laksens vandringsrute inn i sektorer med ulike livsvilkår for *G. salaris*. Salinitetsverdiene i de ulike sektorene er satt uavhengige av hverandre i modellen.

Salinitetsmålingene i ytre Oslofjord er sparsomme. De inneholder imidlertid verdiene hvor det sannsynligvis har vært en betydelig ferskvannspåvirkning fra Glomma. Dette innebærer at en viss flomeffekt fra Glomma er bygd inn i modellen.

I estuariet er det betydelig spredning i de gitte salinitetsobservasjonene. Basert på adferdsmessige betraktninger er det imidlertid i modellen kun benyttet profiler fra hovedstrømmen. Hovedstrømmen har de laveste verdiene og kan derfor betraktes som et ”verste scenario”.

I mangel av data er Sandebukta gitt samme salinitetsverdier som er beskrevet for ytre del av estuariet og vestlig del av Breiangbassenget. Dette valget er delvis basert på en vestlig fallende salinitet gjennom Breiangbassenget og for om mulig å skape en verste scenario-tilnærming med gunstige forhold for parasittens overlevelse fram mot Sandeelva. Lavere reelle verdier vil bety lite for konklusjonene, mens høyere reelle verdier vil tyde på at risikoen er lavere enn det som er estimert i modellen.

Vandrende laks gjør stedvise frekvente dykk til dypere lag. Disse dykkene vil kunne øke miljøstresset på *G. salaris* ettersom dypere vann er saltere og ofte kjøligere enn i overflata. Modellen overser dette fenomenet, noe som kan bidra til at modellen overestimerer parasittenes evne til overlevelse.

Vanntemperaturen i estuariet er satt til 10°C på bakgrunn av daglige målinger for hele juni måned (Soleng et al 1998). Temperaturene ellers i Oslofjorden er også satt til 10 °C. Dette er basert på målinger fra 1999/2000 hvor temperaturen i snitt var ca. 10 °C eller høyere i de relevante vår/sommer månedene (Didriksen, 2002). Overlevelsessevnen til *G. salaris* reduseres med økende temperatur og 10 °C i modellen vil derfor kunne gjøre det ”gunstigere” for parasitten enn det reelt er. Effekten av tidevannsstrømmer og vind-, lufttrykk og strømningsforhold på salinitetsprofilen i de øvre lag og indirekte på svømmehastighet, er ikke blitt vurdert i modellen.

4.3 Populasjonsdata

Kultiveringsarbeidet i Drammensvassdraget omfatter både lakseunger og sjøklar smolt. Utsetting av lakseunger foregår i hovedelva og i sideelver oppstrøms de områder det har vært påvist smitte, og hvor nedenforliggende foss fungerer som naturlige vandringsbarriere for oppvandrende laks. I hovedelva er dette oppstrøms Embretsfoss. En del smolt settes også ut i områder med påvist smitte (nedstrøms Åmot).

All fisk som fanges i Drammenselva registreres med hensyn til størrelse, antall og type. Gjennomsnittsfangst i Drammenselva for de tre siste årene har vært ca 8 500 kg laks og ca.100 kg sjøørret. I Lierelva fanges det ca. 1200 kg totalt hvorav ca 80 % er sjøørret. Basert på fangstdata fra Drammenselva, utsatt yngel/smolt og en tilbakevandring på 4%, er det estimert at dette krever en smoltproduksjon på 130 000 utvandrende smolt. I modellen er det imidlertid også gjort beregninger hvor størrelsen på utvandrende populasjon er 200 000, 65 000 og 13 000.

Det forventes ikke at den naturlige reproduksjonen i elva (som er mindre enn 10% i forhold til før *G. salaris* ble påvist) bidrar i særlig grad til smoltutvandringen.

I Drammenselva er det rundt 20 ulike fiskeslag. Sjøørret og innslag av enkelte oppdrettslaks utgjør henholdsvis 3-4% og <0,5 % av antall fisket laks.

4.4 Smittestatus

Prevalensen av smitte på el-fanget lakseunger ved Hellefoss de siste 10 årene har variert mellom 0 og 100 % (Fylkesmannen i Buskerud 1990-2000).

Det er lite kjent i hvilken grad utsatt smolt vil pådra seg smitte og er smittet ved utvandring. For å unngå denne usikkerheten har vi ikke benyttet smittedata fra elva. Vi starter analysen ved inngangen til estuariet (ved Svelvik) og benytter data fra Soleng et al (1998) til å lage en fordeling over forventet prevalens. Basis for denne beregningen er påvisning av 37 positive blant 52 undersøkte smolt i estuariet rett sør for Svelvik. Sensitiviteten for påvisning settes som mest sannsynlig 0,95 (Bakke pers med, 2002), med variasjonsbredde 0,90-1.

Modellen beregner endring i denne prevalensen i forhold til ulike salinitetsprofiler fisken vandrer gjennom og den estimerte tiden fisk vil bruke på å vandre /feilvandre til de definerte referanseelvene.

4.5 Adferd

Vandringsmønsteret er en av hovedvariablene i analysen samtidig som det er det området med minst konkret informasjon.

Informasjon om smoltens svømmehastighet er hentet fra Pethon og Hansen (1990) som har fulgt utsett av laksesmolt i Drammensvassdraget med gjenfangst ulike steder langs vandringsruten helt ut i Skagerrak. De publiserte resultatene baserer seg på gjenfangst av 5 – 7 fisk på hvert sted. Observerte maksimal-, minimums- og beregnede gjennomsnittshastigheter fra disse fiskene er benyttet til å lage teoretiske distribusjoner for hvor fort smolt kan tenkes å svømme ved utvandring fra Drammensvassdraget (jfr. vedlegg 1). Modellen forutsetter at smolt følger korteste rute fra Svelvik til de aktuelle referanseelvene.

Modellen baserer seg på at utvandrende smolt i hovedsak svømmer i øvre vannsjikt (0-3 meter) og at fiskens plassering i dette sjiktet er tilfeldig. Denne antakelsen gjelder for hele vandringsruten. I estuariet antas det at smolt følger hovedstrømmen.

Vi har ingen generell informasjon som tilsier at nedvandrende lakseunger som er helt eller delvis smoltifisert vil oppsøke nye elvemunninger og eventuelt gå opp i disse elvene for tilhold i kortere eller lengre tid (Høgåsen 1998). Vi har heller ingen informasjon om hvorvidt en *G. salaris* –infeksjon kan tenkes å påvirke en adferd som styrer fisk mot slike tilholdsteder.

Smoltutvandring er generelt å anse som en enten-eller prosess og sjansen for frivillig oppgang i annen fremmed elv er sannsynligvis lav (Hansen 2002). For umoden smolt (og evt. parr) som oppholder seg i et brakkvannsområdet, må mulighetene antas å være større.

For videre spekulasjon på temaet, kan en i dette aktuelle geografiske området utnytte historisk erfaring. På de 15 årene fra 1987 til 2002 hvor det har pågått overvåking, er det ikke påvist *G. salaris* i Sandeelva til tross for at denne ligger nær utvandringsstedet for Drammensvassdraget (Rødtangen). Dette kan indikere at det er liten oppgang (evt. ingen) av parr/smolt eller av annen smittet fisk.

På generelt grunnlag kan en imidlertid tenke seg flere grunner til at enkelte fisk som står ved eller passerer elvemunninger, vil kunne vandre et stykke opp i elva (eksempelvis fysiologiske forhold, ernæring, flukt fra predatorer). De mange tilfellene med kjent spredning av *G. salaris* mellom elver i samme fjordsystem og som er antatt kan skyldes oppvandring av smittet fisk, underbygger at slik oppvandring ikke kan utelukkes.

I mangel av konkret informasjon rundt denne sentrale variabelen, har vi anslått at andelen smittet fisk som forlater Svelvik og svømmer korteste strekning inn mot eller passerer estuariet til en ny elv (en av våre referanseelver), kan være et sted mellom 1 av 1000 og 1 av 100 000 av antall utvandrende fisk. Videre anslår vi at 1 til 10 % av denne fisken går videre opp i elva. Disse sannsynlighetene er satt like for de tre elvene som vurderes. Vi har ikke tatt inn i modellen ulik grad av predasjon fram til de forskjellige referanseelvene.

Adferd til voksen fisk kan også være et sentralt tema. Oppvandrende sjøørret og/eller oppdrettslaks kan tenkes å snu etter et viss tid i området Svelvik – Rødtangen der den kan bli smittet, for å gå opp i ei annen elv. Vi har ingen data som tilser i hvilken grad dette skjer og dette er ikke inkludert i modellen.

4.6 *G. salaris* - biologi

G. salaris er en ferskvannsparasitt, men er vist å kunne formere seg i vann med en salinitet på 5 ‰. Til tross for dette har vi i modellen antatt at denne veksten er neglisjerbar i de tidsperiodene laksen måtte befinne seg ved slike verdier (eller lavere). Over 7,5 ‰ er overlevelsestiden imidlertid negativt korrelert med salinitet og temperatur.

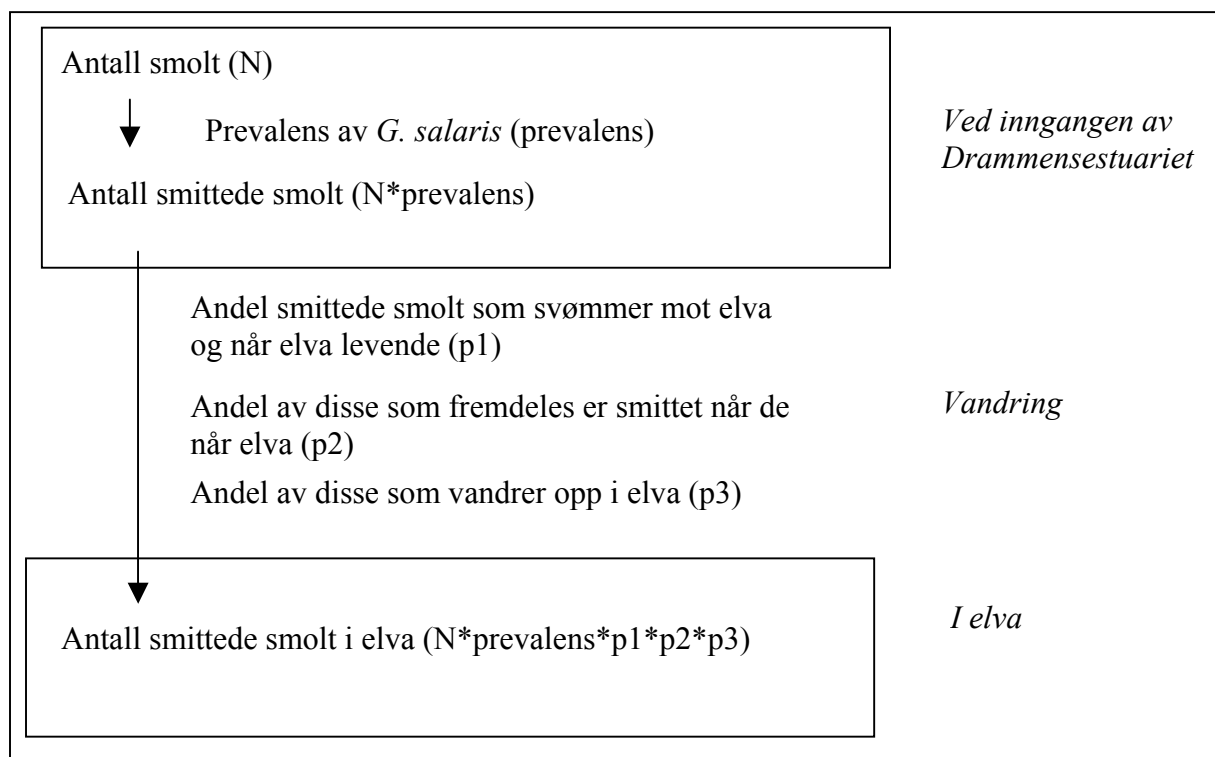
I norske elver og vassdrag har *G. salaris* først og fremst vist seg å være patogen for atlantisk laks. Mange arter kan imidlertid fungere som bærere av parasitten i lengre tid uten tilsynelatende alvorlige patologiske konsekvenser. I praksis regner en imidlertid med at det kun er regnbueørret (hvor parasitten også kan formere seg) som utgjør en reell trussel som smittespreder selv om parasitten overlever en tid på arter som ål, stingsild, sjøørret og skrubbe.

Parasittens overlevelsessevne og smitteevne under ulike miljøforhold er i all hovedsak basert på publiserte resultater av Soleng og medarbeidere, bl.a. eksperimentelle forsøk og feltobservasjoner fra Drammensvassdraget.

5. MODELL OG RESULTATER

Modellen og resultatene er presentert i vedlegg 3. Herunder vises hendelsestreet som er brukt og hovedresultatene for de tre elver.

5.1 Hendelsestre



5.2 Hovedresultater

Estimert antall smittede smolt som kan vandre opp i Sandeelva:

Antall smolt som svømmer ut Drammensestuaret	130 000	200 000	65 000	13 000
Mest sannsynlig (Mode)	0	0	0	0
Sannsynlighet for antall = 0	69 %	66 %	75 %	96 %
Maksimum	10	16	5	1
Gjennomsnitt	0,8	1,3	0,4	0,04
95% konfidensintervall	0-5	0-7	0-2	0-0

Estimert antall smittede smolt som kan vandre opp i Åroselva:

Antall smolt som svømmer ut Drammensestuaret	130 000	200 000	65 000	13 000
Mest sannsynlig (Mode)	0	0	0	0
Sannsynlighet for antall = 0	99,99 %	99,94 %	100 %	100 %
Maksimum	1	1	0	0
Gjennomsnitt	0,0001	0,0006	0	0
95% konfidensintervall	0-0	0-0	0-0	0-0

Estimert antall smittede smolt som kan vandre opp i Numedalslågen:

Antall smolt som svømmer ut Drammensestuaret	130 000	200 000	65 000	13 000
Mest sannsynlig (mode)	0	0	0	0
Sannsynlighet for antall = 0	>99,99 %	>99,99 %	100%	100 %
Maksimum	1	1	0	0
Gjennomsnitt	0,0001	0,0001	0	0
95% konfidensintervall	0-0	0-0	0-0	0-0

6. KONKLUSJONER OG KOMMENTARER

6.1 Sandeelva

Modellen viser at de fleste år vil det ikke svømme laksemolt fra Drammensvassdraget opp Sandeelva med *G. salaris*, men at dette likevel kan skje under visse betingelser. Under de gitte forutsetningene estimerer modellen at sannsynligheten for at minst én infisert fisk svømmer opp Sandeelva er henholdsvis 34 % og 4% basert på 200 000 og 13 000 smolt som forlater Drammensvassdraget. Med 95 % sannsynlighet vil det svømme opp mindre enn fem smittede smolt pr år så lenge utgangspopulasjonen er mindre enn 130 000, som er det estimerte anslaget over den reelle årlige smoltproduksjonen i elva. Reduseres utgangspopulasjonen til 13 000 er det 95% sannsynlig at det ikke svømmer opp noen infiserte smolt.

Modellen antar at et tilfeldig antall mellom 1 av 1000 og 1 av 100 000 utvandrende smolt vil svømme til Sandeelva. Forutsetter en at antallet er nærmere 1 av 1000 vil det gi økt sannsynlighet for at smittet fisk når fram til elva, mens en forskyvning mot 1 av 100 000 vil ytterligere redusere denne muligheten. Tilsvarende forutsetter modellen at mellom 1 av 10 og 1 av 100 av den fisken som når fram vil faktisk svømme opp elva. Maksimalltallene forutsetter derfor at en stor andel fisk (1 av 1000) svømmer mot elva og at en stor andel av disse (1 av 10) vandrer opp.

Sensitivitetsanalysen viser at salinitetsforholdene fra Rødtangen til Sandeelva har størst innflytelse på hvor stor risikoen er for at fisk svømmer opp elva med infektive parasitter. Det finnes ikke data for salinitet i dette området, og denne variabelen er i modellen satt lik utgangsområdet for estuariet til Drammensfjorden (Rødtangenområdet). En mer nøyaktig

beregning er derfor avhengig av at slike data samles inn. Lavere gjennomgående salinitet vil gi økt risiko mens høyere gjennomgående salinitet vil redusere den estimerte risikoen.

Gjennom femten år med overvåking er det ikke påvist *G. salaris* i Sandeelva. Denne empiriske kunnskapen tilsier at modellen kan ha overestimert risikoen for at smittet fisk svømmer opp elva dersom en forutsetter at én smittet fisk alltid er nok til å smitte, alternativt at det trengs i gjennomsnitt minst to fisk med *G. salaris* for at smitte skal kunne etablere seg.

Forutsetningen om at fisken svømmer direkte og korteste vei til elva kan bidra til å overestimere sannsynligheten for en risikobetont oppgang idet lengre tid ved de observerte salinitetene vil redusere parasittens mulighet for overlevelse.

6.2 Åroselva

Modellen viser at under de gitte forutsetningene vil det med en sannsynlighet på 99,9 % eller mer ikke vandre opp en eneste smolt som er infisert med *G. salaris* uavhengig om den utvandrende smoltpopulasjon fra Drammensvassdraget varierer fra 13 000 til 200 000. Modellen finner at under spesielle betingelser vil det kunne vandre opp maksimalt én infisert fisk pr. år når utgangspopulasjonen er 130 000 og 200 000 smolt.

Modellen antar at 1 av 1000 til 1 av 100 000 av utvandrende smolt vil vandre innover fjorden til Åroselva. Forutsetter en at antallet er nærmere 1 av 1000 vil det gi økt sannsynligheten for at smittet fisk når fram til elva, mens en forskyvning mot 1 av 100 000 vil ytterligere redusere denne muligheten. Tilsvarende forutsetter modellen at mellom 1 av 10 og 1 av 100 av den fisken som når fram vil faktisk svømme opp elva. Maksimaltallene forutsetter derfor at en relativt stor andel fisk (1 av 1000) svømmer mot elva og at en stor andel av disse (1 av 10) vandrer opp.

Sensitivitetsanalysen viser at tiden fisken bruker fra Rødtangen til Ersvik/Mølen/Løvøya og salinitetsforholdene fra Rødtangen til Åroselva har størst innflytelse på resultatvariabelen (risiko for oppgang i elva). Forutsetningen om at fisken svømmer korteste vei til elva kan derfor bidra til å overestimere sannsynligheten for en risikobetont oppgang idet lengre tid ved de observerte salinitetene vil redusere parasittens mulighet for overlevelse.

6.3 Numedalslågen

Modellen viser at det er høyst usannsynlig at det vil vandre noen infiserte smolt opp i Numedalslågen med direkte utgangspunkt i utvandrende smolt fra Drammensvassdraget. Maksimalt antall som ble funnet var én, og sannsynligheten for at dette skal skje var 0,01%.

6.4 Generell kommentar

Risikoen er forsøkt kvantifisert selv om datagrunnlaget er tynt på sentrale områder. I særdeleshet gjelder dette sannsynligheten for at utvandrende smolt faktisk vil vandre mot en ny, fremmed elv og sannsynligheten for at noen av disse i tillegg vil vandre opp i elvene. Det er også lite data på hvor fort fisken vandrer, og om den velger vannskikt med spesielle saliniteter, eller beveger seg tilfeldig i de øverste vannlagene (0-3 m dybde). Denne manglende kunnskapen på adferdsmønsteret i forbindelse med utvandringen, svekker analysen. Vi har forsøkt å kompensere for denne usikkerheten ved å gi anslagene stor

variasjonsbredde i tillegg til å ta hensyn til ekspertuttalelser. Supplerende data i framtiden vil kunne forbedre estimatene og gi tryggere konklusjoner.

Effekten av tidevannsstrømninger og vind på salinitetsprofiler og strømningsforhold er ikke blitt vurdert i modellen.

6.5 Andre scenarier

6.5.1 Andre aktuelle elver

Et mulig smittescenario er en utvikling der ulike naboelver smittes en etter en ("dominoeffekt"). En utredning av dette alternativet krever en kartlegging av de aktuelle elvene og stiller krav til betydelig mer lokalinformasjon og adferdskunnskap enn tilgjengelig pr. dags dato. Modellen er imidlertid enkel å justere i forhold til nye elver når datagrunnlaget er tilstede.

6.5.2 Feilvandring av voksen fisk

For at voksen, uinfisert fisk skal bli infisert kan det tenkes en sannsynlig minimumsbetingelse at fisken kommer inn og oppholder seg en tid i Drammensvassdraget (fra estuariet og oppover) før den svømmer ut igjen. Ved retur og fram til nytt bestemmelsessted (ny elv) vil svømmehastighet og salinitet bestemme hvor godt parasitten overlever. Dersom slik fisk kommer fram til ny elv kan det tenkes at sjansene for at slik fisk svømmer opp i elver og etablerer smitte er større enn for utvandrende smolt. Det foreligger ikke noe data som indikerer graden av slik feilvandring når laks først er kommet inn i Drammensvassdraget. Denne risikoen er ikke vurdert i modellen.

En økning utover dagens risikonivå vil sannsynligvis være spesielt knyttet til en økning i andelen av regnbueørret og oppdrettslaks i fjordsystemet.

6.5.3 Smitte via villfauna, fiske- og fritidsaktiviteter

Det er vist eksperimentelt at *G. salaris* kan overføres fra et vassdrag til et annet via for eksempel en våt hov (Mo 1983). Annet utstyr som benyttes i ei infisert elv og fraktes vått over land til en ny elv for videre bruk, kan tenkes å føre smitte på samme måte. Tilsvarende vil infisert elvevann i båter (for eksempel kanoer), vannkanner o.l som tømmes/skylles i ikke-infisert elv, kunne bringe smitte til nye elver. Det er i dag en betydelig informasjonsaktivitet og bevissthet knyttet til *G. salaris*- situasjon i Drammensvassdraget og det er innlagt ulike krav om desinfeksjon av fiskeredskaper i samråd med Statens Dyrehelsetilsyn. En samvittighetfull oppfølging av enkle desinfeksjonsprosedyrer av fiske- og fritidsutstyr som kommer i kontakt med infisert vann, gir effektive brudd i denne type smitteoverføring. Utstyr som tørkes mellom bruk i ulike elver anses generelt å ikke være bærer av *G. salaris* (Anon. 1997).

Det kan videre tenkes at *G. salaris* hefter til begroing på lystbåter. Båttrafikken på elva er primært knyttet til det lokale vassdraget og det er generelt liten trafikk av lystbåter som trafikkerer mellom Drammensvassdraget og andre vassdrag (Mathiesen 2002).

Det er angitt at fiskespisende dyr (rovfugl, måker, mink, oter) kan overføre *G. salaris* via et infisert bytte eller fjær/pels. Dette er imidlertid betegnet som en teoretisk mulighet (Anon. 1997).

Ut fra tilgjengelig informasjon konkluderes det i Anon. 1997 at det ikke foreligger noen indikasjoner på at smitte er spredd i Norge via disse alternative smitteveiene. Denne konklusjonen er fremdeles gyldig (Mo 2002).

6.5.4 Opphør av dagens kultiveringsaktivitet

Fullstendig opphør eller sterk begrensning av dagens kultiveringsaktivitet vil medføre en sterk reduksjon i antall laks hvor parasitten kan leve og reprodusere. Dette vil ytterligere redusere risikoen for potensiell smitteoverføring til andre elver. Ved å bruke 13 000 utvandrende smolt i modellen ser vi at det er mindre enn 5 % sannsynlighet for at det vil svømme opp smittet laks selv i Sandeelva.

Elva har en betydelig fiskebestand som parasitten kan overleve videre på og elvas størrelse vil alltid tiltrekke seg kjønnsmoden laks. Parasittens videre skjebne i elva etter en eventuell stopp i dagens utsettsrutiner vil derfor avhenge av ulike andre supplerende tiltak. På kort sikt vil elva uansett forbli infisert. Det er diskutert hvorvidt et sterkt redusert laksefiske vil kunne endre interessen og de sosiale forholdene rundt elva og dermed svekke dagens lokal engasjement bl.a. for smittekontroll med påfølgende innvirkning på smitterisikoen over land (Rieber-Moen 2002). Vi har ikke hatt datagrunnlag for å vurdere hvordan en endring i dagen kultiveringspraksis vil kunne påvirke smitterisikoen (over land) i forhold til dagens praksis.

VEDLEGG 1: Datagrunnlag

VEDLEGG 2: Oversiktskart

VEDLEGG 3: Kvantitativ modell, beskrivelse og resultater

VEDLEGG 4: Kommentarer fra referee

VEDLEGG 5: Referanser

1.	HISTORIKK	1
2.	RISIKOBESKRIVELSE	2
3.	DATAINNSAMLING	3
3.1	Drammensvassdraget	3
3.2	Estuariet i Drammensfjorden	4
3.3	Breiangbassenget	6
3.4	Sandebukta	7
3.5	Indre Oslofjord	7
3.6	Ytre Oslofjord	9
3.7	Fiskearter i vassdraget	9
3.8	Populasjonsdata for laks	10
3.9	Avstander	11
3.10	Adferd hos lakseunger og utvandrende smolt	12
3.11	Aktuelle biologiske egenskaper hos <i>Gyrodactylus salaris</i>	14
3.12	Smitteforhold	14

1. HISTORIKK

Drammensvassdraget har lang tradisjon med store sosiale og økonomiske interesser knyttet til laksefiske og bevaring av stedefen laksestamme. Den industrielle utnyttelsen av elva og vannmassene bidro i sterk grad til å redusere dets betydning som laksevassdrag i etterkrigstiden, men et langvarig engasjement med kultiveringsaktivitet har snudd en nedadgående trend. Utover 1980-tallet ble vassdraget igjen å betrakte som et betydelig vassdrag for laksefiske (Mathiesen 1997).

Gyrodactylus salaris ble første gang påvist på lakseunger i Drammenselva den 23. september 1987. Smitten ble antatt å komme via smittet regnbueørret eller laks fra oppdrettsanlegg i Tyrifjorden. I Drammenselva ble smitten først påvist i gyteområdet nedenfor Hellefoss. Årsaken til at smitte ikke ble påvist lengre opp settes i sammenheng med lave tettheter av lakseunger. Den 10. november 1987 ble *G. salaris* påvist i Asdøla, ei sideelv til Lierelva. Smitten til Asdøla kan ha kommet fra Drammenselva eventuelt direkte via en vanningstunnel fra Holsfjorden (en sidearm til Tyrifjorden) hvor infiserte anlegg lå (Mo 1987, Garnås 2002) (vedlegg 2, figur 2-1).

Parasitten ble etter hvert påvist i flere områder i elvene og lokalt anser en i dag hele Lierelva med tilstøtende elver og hele Drammenselva opp til Embretsfossen som smittede områder. Enkelte sideelver som munner nedenfor Embretsfossen anses ikke som smittet på grunn av høye fossefall hvor laks eller annen fisk ikke kan forsere. Statens Dyrehelsetilsyn regner

imidlertid hele Drammenselva fra Drammen til Ryfossen mellom Vangsmjøsa og Slidrefjorden som smittet (Jensen, 2003).

Som ledd i tiltak mot *G. salaris* i Drammensvassdraget, ble det i 1988 nedsatt et utvalg i regi av Fylkesmannen i Buskerud med representanter fra fiskeinteressene, veterinærmyndighetene, forskning og regulant (Fylkesmannen i Buskerud rapp. nr 2,1988). Her ble tradisjonell behandling med rotenon vurdert som uaktuell for vassdraget. Men i stedet for å la laksestammen og et populært laksefiske dø ut, ble det utarbeidet en strategi med utsett av yngel/smolt for å kompensere for forventet dødelighet, samt bevare den stede laksestammen. Dette har medført at Drammenselva i dag har opprettholdt en positiv utvikling av laksepopulasjonen samtidig med tilstedeværelse av *G. salaris*. I Lierelva har laksebestanden hatt en vedvarende reduksjon, selv om det også her settes ut lakseunger.

Introduksjon av *G. salaris* -parasitter til et nytt vassdrag i en region er, så langt en kjenner til, satt i sammenheng med innvandring, forflytting og utsett/rømming av levende fisk fra smittede anlegg/områder. Etter en førsteintroduksjon har det i flere regioner blitt oppdaget smitte til andre nærliggende elver i samme fjordsystem. Det er antatt at det skjer en smitteoverføring fra primærelven (indekselven) til sekundærelvene som følge av at smittet fisk svømmer i brakkvannslaget i fjordene og opp i nye elver. Dette kan altså ha skjedd mellom Drammenselva og Lierelva og er en sannsynlig forklaringsmodell for smittespredningen i Sørfjorden, Vefsnfjorden, Beistadfjorden, Sunndalsfjorden, Isfjorden, Tafjorden og Sykkylvsfjorden. Avstanden mellom det opprinnelige smittede vassdraget og nytt smittet vassdrag har i de fleste tilfellene vært mindre enn 5 km. Smitte over større avstander er imidlertid også sannsynliggjort, og opptil 38 km er sett som en mulighet dersom Bardalselva i Sørfjorden er blitt smittet fra Ranelva (Soleng og Bakke 1995, Johnsen et al 1999, Stensli 1996). I prinsippet kan en nok tenke seg at avstanden er ubegrenset så lenge parasitten henger fast på en egnet vert (for eksempel laks og regnbueørret) og at den på ferden ikke utsettes for et ugunstig ytre miljø (for eksempel høy saltholdighet).

Ettersom mange elver langs kysten ikke har blitt systematisk undersøkt opp gjennom årene før en påvisning er gjort, kan en ikke nøyaktig si når de ulike sekundærelvene er blitt infiserte i forhold til indekselva. I Bardalselva for eksempel, var laksebestanden nærmest utryddet ved første påvisning (Stensli 1996). En kan derfor vanskelig benytte disse observasjonene som bidrag til å sannsynliggjøre risikoen for at naboelever infiseres i et fjordsystem.

G. salaris har vært konstant til stede i Drammenselva og Lierelva (Drammensvassdraget) siden 1987. Det har så langt ikke vært registrert smitte til lakseførende elver i Oslofjorden som følge av denne situasjonen.

2. RISIKOBESKRIVELSE

Formålet med analysen er å vurdere risikoen for at *Gyrodactylus salaris* fra Drammenselva og Lierelva kan bli introdusert til nærliggende lakseførende vassdrag via migrasjon av smittet laks. Dagens kultiveringsaktivitet danner grunnlaget for en relativ høy yngel og smolttetthet i elva på tross av infeksjonen, og det er ønskelig å kvantifisere smitterisikoen denne populasjonen bidrar til ved smoltutvandring. Analysen vurderer primært risikoen for at smittet fisk kan nå fram til nærliggende vassdrag med fortsatt aktiv smitte og at smittet fisk vandrer

opp i disse elvene. Analysen vil ikke ta for seg hvorvidt smitte kan eller vil etablere seg etter at den er introdusert.

De nærliggende lakseførende vassdragene til Drammensvassdraget (referanseelver) er i analysen satt til å være Sandeelva, Åroselva og Numedalslågen (vedlegg 2, figur 2-2).

- Sandeelva munner innerst i Sandebukta ved Sande i Vestfold. Sandebukta er en nordvestlig arm av Breiangbassenget og elva munner ca. 10 km fra Rødtangen.

Fra og med 1988 og fram til 2002 har lakseunger fra elva årlig vært undersøkt m.h.p. *G. salaris*, og den har siden 2001 inngått som prøvested i det nasjonale overvåkingsprogrammet for *G. salaris* med 30 prøver årlig. Alle prøvene har vært negative (Eken 1989, Fylkesmannen i Buskerud 1990-2000, Mo og Nordheim 2001, Nordheim 2002).

- Åroselva munner i Oslofjorden ved Åros, ca. 27 km i nordlig retning fra Rødtangen opp Drøbaksundet langs Hurumlandet i Buskerud.

På tilsvarende måte som for Sandeelva, har lakseunger vært undersøkt siden 1988. Elva har siden 2001 inngått i nasjonalt overvåkingsprogram for *G. salaris*. Alle prøvene har vært negative (Eken 1989, Fylkesmannen i Buskerud 1990-2000, Mo og Nordheim 2001, Nordheim 2002).

- Numedalslågen munner ved Larvik i Vestfold. Korteste avstand sørover langs kysten fra Rødtangen er ca. 83 km.

På tilsvarende måte som for Sandeelva, har lakseunger vært undersøkt siden 1988. Elva har siden 2001 inngått i nasjonalt overvåkingsprogram for *G. salaris*. Alle prøvene har vært negative (Eken 1989, Fylkesmannen i Buskerud 1990-2000, Mo og Nordheim 2001, Nordheim 2002).

Risiko for spredning av *G. salaris* over land til andre vassdrag som følge av de fritidsaktivitetene som utøves i Drammensvassdraget (fiske og annet tur-/friluftsliv) og risiko knyttet til opphør av dagens lokale forvaltningspraksis, vil bli diskutert.

3. DATAINNSAMLING

3.1 Drammensvassdraget

Drammenselva renner ut innerst i Drammensfjorden ca. 2 km fra munningen til Lierelva. Elvene er i Gyrodactylussammenheng å betrakte som ett vassdrag (vedlegg 2, figur 2-1).

Drammenselva har et nedbørsfelt på 17100 km² og en lakseførende strekning etter *G. salaris* påvisningen, på 30 km. De siste årene har den årlige fangsten vært på ca 8–9 tonn laks og 100 kg sjørret (<http://www.flyshop.no/ostsidenjff> og <http://www.flyshop.no/aamotjff>). Det er tre sentrale fosser i Drammenselva med hensyn på *G. salaris*; Hellefossen, Døvikfossen og

Embretsfossen som ligger henholdsvis 10, 30 og 32 km fra utløpet i Drammen (se vedlegg 2, figur 2-1).

I Drammenselva foregår det i dag fiske av laks opp til Døvikfossen. Laksetrappa i Hellefossen fungerer som et todelt system hvor all laks (og sjørret) manuelt må løftes opp siste del. Denne operasjonen gir grunnlag for registreringer av ulike data.

Etter at *G. salaris* ble påvist, ble trappene i Døvikfoss og Embretsfoss stengt. *G. salaris* – smittet laks påvises i dag opp til Døvikfossen. Til tross for at en antar at smitten kom nedstrøms fra Tyrifjorden, er elvepartiene i fylket oppstrøms Embretsfossen ikke registrert smittet. Etter at smitekildene i Tyrifjorden ble fjernet, anser en derfor Embretsfossen i praksis som øvre barriere mot videre oppstrøms spredning av *G. salaris* i Buskerud fylke. Dette er en lokal vurdering som har hatt praktisk betydning for hvor yngel settes ut. Statens Dyrehelstilsyn anser imidlertid hele Drammensvassdraget som smittet, fra Drammen opp til Ryfossen mellom Vangsmjøsa og Slidrefjorden (Jensen, 2003).

Lierelva har et nedbørsfelt på 310 km² og en lakseførende strekning på 30 km. Det er betraktelig mindre fiske- og kultiveringsaktivitet i denne elva i forhold til Drammenselva. Fiskebestanden i Lierelva har ikke vist tilsvarende positiv utvikling som i Drammenselva. Årlig fangst er på ca. 200 kg laks og 1000 kg sjørret (Fylkesmannen i Buskerud 1990-2000).

Drammensfjorden innenfor Svelvik er en brakkvannssone hvor haloklinen ligger på 10 – 20 meters dyp under vår- og høstflommen (Pethon, 1987). Over haloklinen har vannet en salinitet på <5 ‰ og dermed ingen destruerende effekt på *G. salaris* (Soleng og Bakke 1997). Under smoltutvandringen kan derfor Drammensfjorden helt ned til Svelvik defineres som en del av Drammensvassdraget. Det er ingen lakseførende sideelver som munner i Drammensfjorden nord for Svelvik med unntak av Drammenselva og Lierelva. Siden det er lite ferskvannsavrenning om vinteren vil saliniteten i fjorden bli høyere enn 20 ‰ og *G. salaris* vil derfor ikke overleve i bassenget gjennom vinterhalvåret (Soleng og Bakke 1997).

3.2 Estuariet i Drammensfjorden

Drammensfjorden fra Svelvik til Rødtangen defineres som estuariet hvor utvandrende smolt akklimatiserer seg i kortere eller lengre tid før endelig utvandring. Estuariet er omgitt av høye bredder og har ingen lakseførende sideelver hvor det kan skje oppgang av fisk (Mathiesen 2002). Ut fra salinitetsforholdene, blir estuariet i analysen delt inn i en indre sone fra Svelvik til Holmsbu og en ytre sone fra Holmsbu og ned til og med selve utløpet (se vedlegg 2, figur 2-4).

I 1986 og 1987 samt i perioden 1.- 24. juni 1995 ble det utført salinitetsmålinger i estuariet (Pethon 1987, Soleng et al 1998). Resultater fra disse målingene er gjengitt i tabellene 1-1 til 1-3. Målingene gjort av Soleng og medarbeidere, samsvarer med Pethon's prøvestasjon 2 i tabell 1-2. Både vår- og høstmålingene er utført under forhold som tilsvarer normal vårflom i Drammensvassdraget.

Vannet i estuariet er lagdelt og sirkulasjonen er i hovedsak basert på vind og trykkforhold. Saliniteten vil derfor kunne variere i de øvre lagene med ulike værforhold. På tilsvarende måte vil hovedstrømmens beliggenhet kunne variere (Pethon 1987). Ved å benytte målingene i hovedstrømmen fanger vi med stor sannsynlighet inn både de laveste salinitetsverdiene og

den mest sannsynlige transportruten som smolten følger (jfr. vedlegg 2, figur 2-4). For indre del av estuariet har vi i analysen benyttet dataene fra stasjonene 1b, 2, 3a og 4 (Pethon 1987) og 2 (Soleng et al 1998). For ytre del av estuariet har vi benyttet data fra målestasjonene 5b, 6a og 7 (Pethon 1987) (jfr vedlegg 2, figur 2-4).

Tabell 1-1. Salinitetsvertikaler (‰) i estuariet i Drammensfjorden mellom Svelvik og Rødtangen. Lokalisering av målestasjonene er gitt i vedlegg 2, figur 2-4 (Pethon, 1987).

måledato målestasjon	14.05.86 St. 2	25.05.87 St. 2	02.06.87 St. 2	25.05.87 St. 3	19.05.87 St. 4 (Holmsbu)	19.05.87 St. 6b
Dybde (m)						
0	4,3	2,2	4,3	5	5,5	6
1	4,7	4,8	5,2	7,4	6,6	15
2	5,2	11,3	6,3	18,5	13,2	17
3	5,2	25,3	7,5	25	18	20,8
4	5,5	27,4	9	26,5	21,2	23,8
5	6,4	29,5	15,2	27,4	23,5	25,6
6	7,2	30,5	15,7	30	24,2	25,7
7	8,5	31	16	30,8	25,3	27,2
8	11,3	31	17	31,2	26,2	29
9	10,5	31	21,8	31,3	29,3	29,5

Tabell 1-2. Salinitetsvertikaler (‰) i estuariet i Drammensfjorden mellom Svelvik og Rødtangen tatt 27.10.87. Lokalisering av målestasjonene er gitt i vedlegg 2, figur 2-4 (Pethon, 1987).

Målested	Stasjon 1			Stasjon 3			Stasjon 4			Stasjon 5			Stasjon 6		Stasjon 7
Dybde (m)	a	b	c	a	b	c				a	b	c	a	b	
0	3,3	1,7	2,5	4,0	1,7	2,5	3,5	5,0	4,5	5,1	5,1	11,0			6
1	3,8	2,7	2,5	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	6,7	6,8	5,3	11,8			6
2	7,0	9,7	2,5	4,0	5,9	5,2	4,5	8,6	9,5	10,5	10,0	12,5			-
3	9,6	13,3	2,7	4,0	6,6	7,6	8,0	11,0	11,7	11,0	11,5	13,1			12,4
4	12,0	17,5	14,5	4,0	10,0	11,0	10,5	12,5	12,6	12,5	13,5	13,6			15,8
5	19,0	20,7	20,5	15,5	12,5	16,2	13,2	13,0	13,5	14,1	13,9	14,2			16
6	21,1			19,1	15,5	18,0	16,7	18,6	15,0	15,5	14,4	15,0			16,1
7				20,7	18,0	19,5	18,1	20,7	17,0	17,5	16,5	17,0			16,5
8					22,3	23,2	21,7		21,1	19,2	20,5	18,2			17
9										22,1		21,1			17,5
10															18,3

Tabell 1-3. Salinitets- og temperaturvertikaler i estuariet sør for Svelvik i perioden 1.-24. juni målt i området tilsvarende stasjon 2 i tabell 1-1, jfr. vedlegg 2, figur 2-4 (Soleng et al 1998).

Dybde (m)	Saltholdighet (‰)			Temperatur (°C)		
	gjennomsnitt	Minimum	maksimum	gjennomsnitt	minimum	maksimum
0	2,6	2,0	3,5	10,2	10,0	10,5
1	3,0	2,5	3,6	10,0	9,8	10,2
2	3,6	2,8	5,0	9,9	9,8	10,1
3	4,9	3,1	10,2	9,9	9,7	10,0
4	9,2	4,7	20,0	10,0	9,7	10,5
5	12,7	6,0	24,6	10,1	9,5	10,9

3.3 Breiangbassenget

Estuariet sør i Drammensfjorden åpner seg i Oslofjorden ved Rødtangen. Her faller bunnprofilen bratt ned til over 150 m dyp. Dette området ned mot Horten kalles Breiangbassenget. Bassenget åpner seg mot Oslofjorden i sør og øst, og mot Sandebukta i vest. Vindretningen er angitt å ha betydning for strømbildet og graden av innblanding av estuarievann i bassengvannet og dermed saliniteten i det øvre vannsjiktet.

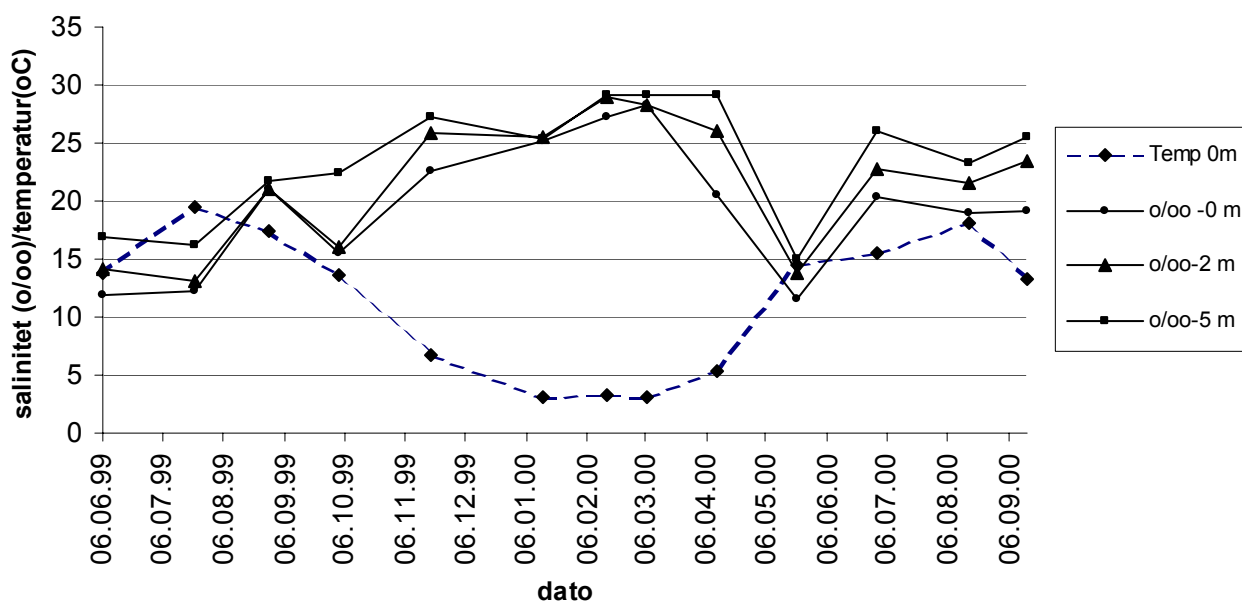
Salinitetsmålinger utført i 1987 og 1999/2000 er gjengitt i tabell 1-4 og figur 1-1 etter henholdsvis Pethon (1987) og Danielssen (2002).

Tabell 1-4. Salinitetsvertikaler (‰) i Breiangbassenget tatt 28.10.87. Lokalisering av målestasjonene er gitt i figur 2-4, vedlegg 2 (Pethon 1987).

Målestasjon										
Dybde (m)										
	St 8	St 9	St 10	St 11	St 12	St 13	St 14	St 15	St 16	St 17
0	14,8	13,4	14,5	16,2	19	16,3	16,9	18,1	18,1	15,5
1	14,8	13,4	14,5	16,2	19	16,4	17	18,1	18,1	15,5
2	14,8	13,4	14,5	16,2	19	16,4	17	18,1	18,1	15,5
3	14,8	13,4	14,5	16,2	19	16,4	17	18,1	18,1	16,3
4	15	14,4	14,5	16,6	19	16,4	18,5	18,1	18,1	17,4
5	15,3	15,5	15,1	17,5	19,3	17	18,5	18,3	18,1	17,5

Målinger i østlige del av bassenget viser gjennomgående høyere salinitetsverdier enn i vestre del, og i modellen er derfor Breiangbassenget delt i to soner som vist på figur 2-4 i vedlegg 2. Indre sone (linje Ersvik-Mølen-Løvøya) er definert med målestasjonene 8, 9, 10 og 17 (Pethon 1987) pluss stasjon 5 (Danielssen, 2002) mens ytre sone er definert med 11, 12, 13, 14, 15 og 16 og er omtalt under indre Oslofjord (se pkt. 3.5).

Figur 1-1. Månedlig variasjon i salinitet og temperatur ved ulike dybder. Målingene tatt vest for Mølen (Danielssen 2002)



3.4 Sandebukta

Det finnes ingen publiserte data for salinitet og temperatur i Sandebukta, men området må forventes å ha moderat ferskvannspåvirkning under vårflommen. I modellen er saliniteten i Sandebukta satt lik saliniteten i ytre sone av estuariet i Drammensfjorden inkludert de vestligste stasjonene i Breiangbassenget (stasjonene 6a, 7, 8, i tabellene 1-2 og 1-4 (Pethon 1987)).

3.5 Indre Oslofjord

Indre Oslofjord er i modellen definert som østlig del av Breiangbassenget, nordover i Drøbaksundet og sørover inklusiv målestasjon øst for Bastøy v/Horten (jfr. pkt. 3.3 og figur 2-3 i vedlegg 2).

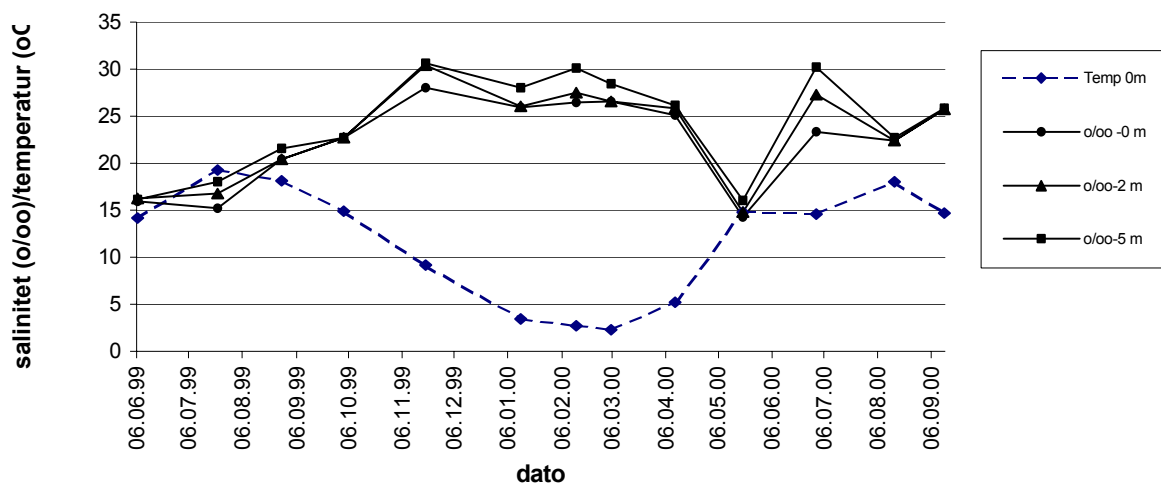
Generelt har, i følge Gade 1970, tidevannsstrømmer og vind en dominerende virkning på bevegelsene i de øvre vannlag i indre deler av Oslofjorden. Dette betyr at vind og strømforhold vil kunne innvirke på estimatene for parasittens overlevelsestid og fiskens svømmehastighet. Slike effekter blir likevel ikke inkludert i modellen da svært få av våre grunnlagsdata er relatert til vind og strømningsforhold.

Salinitetsprofilen langs Hurumlandet er gitt i tabell 1-5 (Pethon 1987) og variasjonene gjennom et år i Drøbaksundet og ved Bastøy er gitt i figurene 1-2 og 1-3 (Danielsen, 2002).

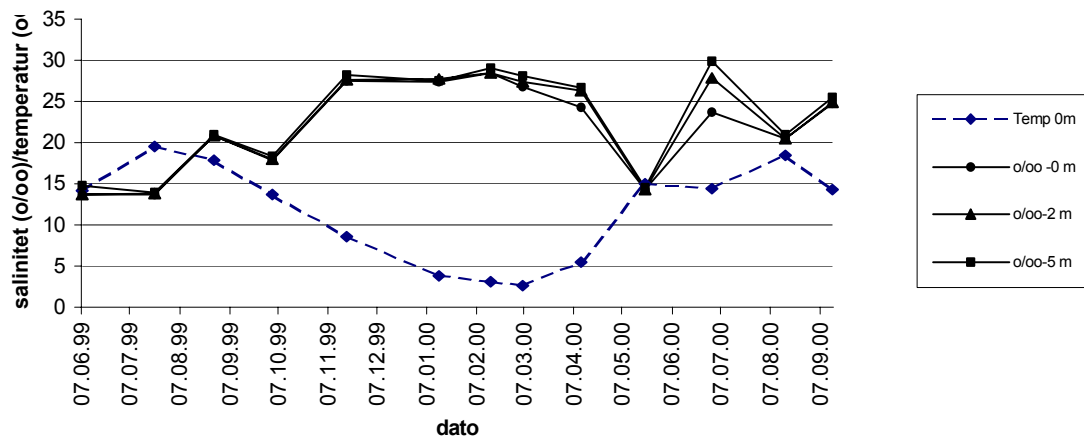
Tabell 1-5. Salinitetsvertikaler (‰) langs Hurumlandet (Rødtangen – Drøbaksundet) tatt 25.10.87. Lokalisering av målestasjonene er gitt i figur 2-3, vedlegg 2 (Pethon 1987).

Målestasjon	Tofte brygge	Filtvet brygge	Storsand fergerleie
Dybde (m)			
0	19,9	20,6	21,5
1	19,9	20,8	21,3
2	19,9	21,0	21,6
3	21,0	21,2	22,7

Figur 1-2. Månedlig variasjon i salinitet og temperatur ved ulike dybder. Målingene tatt ved Bastøy (Danielssen 2002)



Figur 1-3. Månedlig variasjon i salinitet og temperatur ved ulike dybder. Målingene tatt i Drøbaksundet (Danielssen 2002)



3.6 Ytre Oslofjord

Fra ytre del av Oslofjord har vi salinitetsmålinger basert på ukentlige observasjoner gjennom fem år målt i juni måned (0 – 10 m dyp) nord for Bolærne ved Tønsberg (tabell 1-6, figur 2-2 (vedlegg 2)). Det er stor variasjon i de målte verdiene (9,3 – 33,2 ‰) noe som forklares ved at spesielle vær- og vindforhold kan transportere vann fra Glomma til området (Pethon 1987). Disse målingene inkluderer derfor mulig påvirkning av flomvann fra Glomma.

Tabell 1-6. Gjennomsnittsverdier for salinitet (‰) målt i løpet av juni måned ved Bolærne i sjiktet 0-10 m (Pethon 1987/Tønsbergfjordens Avløpsutvalg)

År	antall målinger	gjennomsnitt	sd	minimum	maksimum
1983	35	19,6	6,1	9,3	30,0
1984	21	22,5	4,8	15,8	33,2
1985	28	19,6	6,5	12,7	30,2
1986	35	20,8	5,2	14,0	30,0
1987	28	20,5	3,5	15,0	27,8

3.7 Fiskearter i vassdraget

Ulike arter en kan finne i vassdraget er gitt i tabell 1-7 (Anon. 2000). Røye, regnbueørret og brasme finnes normalt bare oppstrøms Hellefoss (Ann. 2000). Opplysninger fra de siste ti årene viser at regnbueørret ikke er rapportert tatt ved fangst nedenfor Hellefoss eller registrert ved kontroll i laksetrappa ved Hellefoss (Mathiesen 2002). I 1999 ble det registrert 8 oppdrettslaks av total 1294 laks (0,6 ‰) i laksetrappa og i 2001 var tilsvarende forhold 3 av 2233 (0,1 ‰) (Hansen 2002).

Tabell 1-7. Fiskearter registrert i Drammensvassdraget (Anon. 2000).

Norsk navn	Latinsk navn
Abbor	<i>Perca fluviatilis</i>
Elvenioye	<i>Lampetra fluviatilis</i>
Gjedde	<i>Esox lucius</i>
Gullbust	<i>Leuciscus leuciscus</i>
Hork	<i>Acerina cernua</i>
Krøkle	<i>Osmerus eperlanus</i>
Laks	<i>Salmo salar</i>
Laue	<i>Alburnus alburnus</i>
Mort	<i>Rutilus rutilus</i>
Ørekyt	<i>Phoxinus phoxinus</i>
Regnbueørret	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Røye	<i>Salvelinus alpinus</i>
Skrubbe	<i>Platichthys flesus</i>
Stam	<i>Leuciscus cephalus</i>
3-pigget stingsild	<i>Gasterosteus aculeatus</i>
9-pigget stingsild	<i>Pungitius pungitius</i>
Sørv	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>
Vederbuk	<i>Leuciscus idus</i>
Ørret	<i>Salmo trutta</i>
Ål	<i>Anguilla anguilla</i>

3.8 Populasjonsdata for laks

Normalt vil en *G. salaris* –infeksjon i ei norsk lakseelv i løpet av få år føre til en svært lav laksebestand grunnet liten overlevelse av naturlig produserte lakseunger. Dette registreres også i Drammensvassdraget. I det årlige el-fisket blir det påvist lakseunger i ulike alder i en omfang som er mindre enn 10 % av normal reproduksjon. Blant disse påvises det også parasittfrie lakseunger (Fylkesmannen i Buskerud 1990-2000). Det er imidlertid lite kjent i hvilken grad yngel fra naturlig reproduksjon når parr/smolt-stadiet og bidrar til den totale smoltutvandringen. Variasjonen i individuell naturlig/ervertet motstandskraft må forventes å være tilstede og en kan derfor anta at til tross for infeksjonen, vil det forekomme en viss utvandring av motstandsdyktig naturlig produsert smolt (Jansen et al 1996, Mo 2002). I Drammensvassdarget er denne andelen neglisjerbar i forhold til utvandringen av kultivert smolt.

I perioden 2000 - 2002 ble det registrert et årlig laksefiske på henholdsvis 7350 kg, 9381 kg og 9352 kg. Av dette er ca 25 % tatt ovenfor Hellefoss. I disse årene var gjennomsnittsvekten på opptatt fisk henholdsvis 4,0 kg, 4,2 kg, og 3,8 kg. (summert fra fangststatistikkene fra <http://www.flyshop.no/ostsidenjff> og <http://www.flyshop.no/aamotjff>).

Den smoltutvandringen som skal til for å kunne gi en slik gjenfangst, kan grovt beregnes ut fra kjennskapet til tilbakevandringprosent og fangstprosent. Tilbakevandringprosenten varierer naturlig fra år til år, og vil i ei selvreproduserende elv kunne anslås til mellom 1 og 2 % (Garnås 2002). En tilsvarende prosentsats (2,3%) er estimert for merket smolt i

Drammenselva (Hansen, 1990). I Drammensvassdraget blir det imidlertid satt ut en stor andel yngel. Dette bidrar til økt overlevelse og den gjennomsnittlige gjenfangsten i Drammenselva blir på dette grunnlaget anslått til 4% (Hansen 2002, Mathiesen 2002).

Forutsettes en høstingsprosent på ca. 40 % (Garnås 2002) og et opptak av laks på 8 500 kg med gjennomsnittsvekt på 4,0 kg (gjennomsnittall for årene 1999 - 2002, i følge opplysninger fra <http://www.flyshop.no/ostsidenjff> og <http://www.flyshop.no/aamotjff>), gir dette et produksjonsoverslag på ca. 130 000 smolt. Utsett av smolt og yngel i Drammenselva for årene 1999 - 2001 er gitt i tabell 1-8 (Ann. 2001, Mathiesen 2002). Tar en utgangspunkt i de konkrete utsettene og gjør et konservativt estimat på 5 % predasjon på utsatt smolt og 10 % overlevelse av yngel, får vi en gjennomsnittlig produksjon på ca 148 000 fra yngel og frem til smoltifisering (Mathiesen 2002).

Tabell 1-8. Utsett av smolt og yngel i Drammenselva fra 1999-2001 (Ann. 2001/ Mathiesen 2002).

År	Smolt	Yngel*
1999	128 500	212 000
2000	113 900	310 000
2001	149 500	215 500

* omfatter 0+ (startforet yngel), 1+ (fôret i anlegget over første sommeren) og 2+

Det er satt ut yngel på flere steder i elva oppstrøms for gyroinfisert område, og det er ikke funnet noen systematisk forskjell i overlevelse og nedvandring mellom sammenlignbare grupper satt ut på ulike steder (Hansen et al 1996).

Egenproduksjon i infisert del av elva varierer noe fra år til år, men er gjennomgående lav, som vist i tabell 1-9 (Fylkesmannen i Buskerud 1990-2000).

Tabell 1-9. Antall lakseunger/100 m² beregnet etter el-fiske ved Hellefoss (Fylkesmannen i Buskerud 1990-2000).

Årklasse	1996	1997	1998	1999
0+	9	10	9	4
1+/eldre	3	2	15	4

3.9 Avstander

Avstandene i tabell 1-10 er korteste avstander basert på Cappelens Stor kartbok Norge 2000/2002 i målestokk 1:325 000.

Tabell 1-10. Avstander og svømmehastigheter gjennom ulike sektorer på ferden fra Hellefoss i Drammenselva til Numedalslågen basert henholdsvis på Cappelens "Stor kartbok Norge" (2000/2002) og Pethon og Hansen (1990).

Sektor	Fra	Til	Avstand (km)	Svømmehastighet (km/h)			Antall fisk
				Min	Gjennomsnitt	Max	
1	Hellefoss	Utløp Drammenselva	30	0,25	0,56	0,83	7
2	Utløp Drammenselva	Svelvik	10	0,03	0,15	0,44	4
3	Svelvik	Holmsbu	6,5	0,03	0,15	0,44	4
4	Holmsbu	Rødtangen	3,5	0,03	0,15	0,44	4
5	Rødtangen	Sandeelva (munning)	10	0,02	0,04	0,06	5 ¹
6	Rødtangen	Ersvik/Mølen/Løvøya	7	0,02	0,04	0,06	5 ¹
7	Ersvik/Mølen/Løvøya	Åroselva (munning)	20	0,44	0,7	0,85	4 ²
8	Ersvik/Mølen/Løvøya	Bastøy	11	0,44	0,7	0,85	4 ²
9	Bastøy	Numedalslågen (munning)	65	0,44	0,7	0,85	4 ²

¹ I Pethon og Hansen's undersøkelse ble denne hastigheten målt på smolt satt fri ved Hellefoss og gjenfanget i indre Oslofjord område

² I Pethon og Hansen's undersøkelse ble denne hastigheten målt på smolt satt fri ved Svelvik og gjenfanget i Skagerak

Smolt ble ikke gjenfanget i disse spesifikke sektorene, men under tilsvarende miljø/fysiologisk situasjon og de konkrete observasjonene ekstrapolert til de ulike sektorene definert i modellen.

3.10 Adferd hos lakseunger og utvandrende smolt

Lakseunger er utpreget territoriale, står gjerne et stykke ut i elva (> 20 cms dyp) og foretrekker partier hvor vannstrømmene er 20 – 40 cm/s (Heggenes og Saltveit 1990, Heggenes 1994, Hansen 2002). Territorial adferd tilsier at individene hevder sine områder så lenge de ikke føler seg truet eller ser andre territorier som mer fordelaktige. I elver med lav fisketetthet kan territoriene bli relativt store med liten direkte-/nærkontakt mellom individene.

Flom, temperatur og turbiditet/lysforhold er viktige faktorer som utløser utvandring (Hansen 2002, Høgåsen 1998). Smith (1985) har vist at atlantisk laks begynner vandringen nedover elva når temperaturene kommer over 5°C. Drammenselva oppnår denne temperaturen i siste halvdel av april og en begynnende utvandring skjer erfaringsmessig fra månedskifte april/mai (Eken 1989, Mathiesen 2002). Atlantisk laks er vist å vandre nedover elva med en gjennomsnittsfart på opptil 1/4- 1/3 av strømhastigheten (Smith 1982).

Fisken har en mer eller mindre direkte bevegelse nedover elva og sparer energi gjennom en kostnadseffektiv utnyttelse av vannstrømmen (McCormick et al 1998, Høgåsen 1998). Pethon og Hansen (1990) registrerte svømmehastigheten til utvandrende smolt i Drammenselva frisatt på ulike steder på vandringsruten. I forsøket tok det merket fisk frisatt ved Hellefoss ca. 2 døgn å nå elvemunningen. Dette ga en gjennomsnitthastighet på 13,4 km/døgn (individuell variasjon fra 6,0 –20.0 km/døgn). Gjenfanget fisk viste at smolten svømmer med ulik hastighet avhengig av hvor den befinner seg i vannsystemet, noe saktere i estuariet og tilsynelatende raskt når den har bestemt seg for å svømme til havs (se tabell 1-10). Verdiene gitt i tabellen er ekstrapoleringer fra observerte verdier, plassert inn i de ulike sektorene i forhold til de konkrete utslipps- og gjenfangsstedene. Dette skaper usikkerhet i forhold til reelle verdier. Imidlertid er den påviste (angitte) svømmehastigheten for smolt som forlater

estuariat i god overensstemmelse med hastigheter som er målt for oppdrettsmolt frisatt nær munningen til elva Eira i Romsdalsfjorden (Økland et al 2002).

Smolt som utvandrer ser ut til å følge hovedstrømmen. Denne går som oftest midtfjords, men plasseringen kan forskyves i forhold til vær og vindforhold. Hovedstrømmens plassering i Drammensfjorden sør for Svelvik er skissert i Figur 2-4, vedlegg 2 (Pethon 1987).

Både kjønnsmoden fisk og smolt svømmer nær overflaten. I analysen har vi derfor kun inkludert salinitets- og temperaturmålinger gjort i sjiktet 0-3 meter. Under utvandringen foretar smolten kortvarige, hyppige dykk til dypere lag (> 10 m), spesielt i områder der hydrografien er "uryddig", f.eks. der fjorder møtes, i nærheten av øyer osv. (Holm 2002a). Disse kortere oppholdene ned i ofte saltere vann enn det en finner i 0 – 3 m sjiktet, er ikke inkludert i modellen.

Et sentralt punkt i analysen er i hvilket omfang fisk som kommer ned Drammensvassdraget vil søke mot fremmede elver og i tillegg eventuelt gå opp i disse.

Rent intuitivt kan en tenke seg at ufullstendig smoltifisert parr/smolt kan tilbringe noe tid i estuariet i påvente av full smoltifisering (Power og Shooner, 1966). Fisk som ikke smoltifiserer kan etter hvert søke mot ferskvann igjen (Cunjak et al, 1989), enten tilbake til opprinnelig elv eller til en nærliggende fremmed elv. Parr og dårlig smoltifisert smolt kan altså tenkes å kunne svømme rundt i brakkvannsområdet i noen tid og foreta oppgang i nye elver som drenerer til et felles brakkvannsområdet. Men det er ukjent i hvilken grad dette eventuelt skjer. I denne spesielle situasjonen kan en imidlertid tenke seg at et langvarig (unødig) opphold i Drammensfjorden vil være risikofylt sett i forhold til forekomsten av predatorer (jfr. tabell 1-7). Generelt synes parr og smolt fra oppdrettsanlegg i større grad enn vill parr å vandre opp i en elv etter et brakkvannsopphold (Lund og Heggberget, 1992).

Noen praktiske observasjoner kan også bidra til å supplere et svakt datagrunnlag. Av 40 smolt som ble satt ut i Imsa, gikk kun én tilbake opp i ferskvann noen timer etter at den hadde svømt ut i elveosen. Denne fisken oppholdt seg i elva i noen timer før den igjen gikk ut. Av fisk som ble sluppet direkte i sjøen fra et sjøanlegg i Matredal ble én ført av strømmen mot elvemunningen og tok seg et to timers opphold 30 - 50 m opp fra munningen. Av 28 fisk som ble sluppet i eller ved Ingdalselven i Trondheimsfjorden var det én som gikk tilbake opp i elven for noen timer (Holm, 2002b). Det er videre kjent at ørretsmolt infisert med lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) blir stimulert til prematur tilbakevandring til ferskvann for avlusing. Hvorvidt en *G. salaris*-infeksjon kan svekke fisken og påvirke adferd/utvandringsadferd tilsvarende, er ukjent. Generelt kan en tenke seg at (svak) fisk vil kunne søke opp i en tilfeldig elv som gjemmede/tilfluktsted for predatorer. En antar videre spredning av parasitten i en rekke fjordsystemer kan være forårsaket av oppvandret smittet fisk (jfr. pkt 1), selv om en ikke kjenner dette i detalj.

Vi forutsetter imidlertid at fisk både kan søke mot fremmede elvers estuarie og at fisk kan svømme opp i disse elvene. Siden det ikke finnes tilgjengelig data, er vi imidlertid overlatt til å utøve et skjønn for å tallfeste den vandringen. Vi anslår derfor at andelen fisk som vil søke mot ei ny elv etter å ha forlatt sitt definerte estuarie, ligger et sted mellom én av tusen til én av hundretusen fisk. Vi anslår videre at 1-10 % av disse går opp i den nye elva. Gjenfangst i Drøbak-sundet av merket smolt utsatt ved Svelvik, viser at utvandrende smolt kan bevege seg innover i fjorden (Pethon og Hansen 1990).

3.11 Aktuelle biologiske egenskaper hos *Gyrodactylus salaris*

G. salaris er en ferskvannsparasitt med en vekstrate som øker med økende vanntemperaturer fra ned mot null grader helt opp til 19 °C. I ferskvann antas populasjonen å kunne dobles hver 3.–4. dag ved vanntemperaturer på 13–19 °C (Jansen og Bakke 1991). Populasjonsveksten er minst like høy i brakkvann opptil 5 ‰ som i ferskvann, men fra 7,5 ‰ er parasittens evne til å overleve negativt korrelert til temperatur og saltholdighet (tabell 1-11, Soleng og Bakke 1997).

Tabell 1-11. Levetid for *Gyrodactylus salaris* ved ulike saliniteter og temperaturer (d=dager, t=timer, min=minutter) (Soleng og Bakke 1997).

Salinitet ‰	Gjennomsnittlig levetid			Maksimal levetid			Korteste levetid		
	1,4°C	6°C	12°C	1,4°C	6°C	12°C	1,4°C	6°C	12°C
0		vekst	vekst		vekst	vekst		vekst	vekst
5		vekst	vekst		vekst	vekst		vekst	vekst
7,5		38 d	33 d		56 d	54 d		22 d	14 d
10	229 t	117 t	65 t	240 t	132 t	72 t	216 t	108 t	60 t
15	64 t	32 t	17 t	78 t	54 t	24 t	54 t	24 t	15 t
20	36 t	16 t	10 t	42 t	21 t	12 t	30 t	12 t	9 t
33	18 min*	17 min	9 min	20 min	19 min	10 min	15 min	15 min	8 min

* tid til parasittene ble opake og ubevegelige

Parasitter som overlever oppholdet i brakkvann/sjøvann beholder evnen til å infisere og reproducere etter overføring til ferskvann. Dette tas som indikasjon på at *G. salaris* kan transporteres fra elv til elv gjennom brakkvannsklag når den hefter til egnede vektorer (Soleng og Bakke 1998). Det er videre vist at vitaliteten til parasitten er lavere etter hold ved 20‰ enn ved 7,5‰ når eksponeringstiden er den samme. Det er også demonstrert at parasitter mister evne til reproduksjon og infektivitet når de utsettes for 33‰ i 60 minutter (Soleng og Bakke 1998).

3.12 Smitteforhold

Utsett av yngel foregår i områder som anses ikke smittet av *G. salaris*. I følge McCormick et al (1998) er yngel relativt stedbunden, mens parr har større bevegelsesareal og kan vandre både opp og nedstrøms. I hvilket grad parr med kultivert opphav pådrar seg smitte før den begynner å vandre nedover smittede områder, er imidlertid uklart.

Lakseungene i området nedenfor Hellefoss er i all hovedsak resultatet av naturlig gyting. I dette området er det foretatt el-fiske for tetthetsberegninger av lakseunger og overvåking med hensyn på *G. salaris*.

Infeksjonsintensitet og prevalens av *G. salaris* på lakseunger ved Hellefoss fanget fra 1987 og fram til år 1999, er summert i tabell 1-12. Prevalens er til tider høy til tross for lav fisketetthet. Dette forklares med at spredning av *G. salaris* skjer både via drift av frie parasitter i vannsøylen og ved at fisk har kontakt med elvebunnen. Fisk som oppholder seg i et rennende vannmiljø vil derfor kunne pådra seg smitte uten at det er kontakt mellom smittede og usmittede individer, også ved lave fisketettheter. Soleng et al (1999) har vist at parr som får bevege seg fritt i vannprofilen nedstrøms et område med parasittholdig vann, kan være mer utsatt for smitte enn fisk som ikke har kontakt med bunnsubstratet. Parr som var gitt fri bevegelse oppnådde i løpet av ett døgn en prevalens på 44 % med en smitteintensitet på 1,9 parasitter (range: 1-3) og etter to døgn 58% med en intensitet på 2.3 (range: 1-5). Fisk som ble hindret bunnkontakt fikk et mindre parasittanslag (7.8 %, gj.sn. intensitet =1).

Av 25 undersøkte vill-smolt (vekt =22.7 g) fra Lierelva fant Soleng et al (1998) 22 positive med hensyn på *G. salaris* (prevalens 88% , påslag: 1 – 701 parasitter (snitt 176,8 parasitter)).

Tabell 1-12. Undersøkelse av lakseunger i ulike alder (0+, 1+ og 2+) el-fisket ved Hellefoss, med hensyn på *G. salaris*. N: antall undersøkte, positive ant. positive, min-maks: minimum-maksimum antall parasitter på positiv fisk (Fylkesmannen i Buskerud 1990-2000)

Alder	0+			1+			2+		
	N	positive	min-maks	N	positive	min-maks	N	Positive	min-maks
Mai-91	-	-	-	17	1	200-7000	4	4	1-14
Juli-91	89	46	1-58	10	10	850-3000	-	-	-
August-91	29	24	1-83	10	8	2-59	7	6	3-10
Desember-91	19	19	16-423	12	12	21-650	1	13	5-313
							3		
Juni-93	82	3	1-4	-	-	-	2	0	0
Juli-93	20	7	1-26	-	-	-	-	-	-
September-93	18	18	6-213	2	2	302-424	-	-	-
Juli-94	12	11	1-80	4	3	87-214	1	1	97
August-94	16	11	2-271	-	-	-	-	-	-
Juni-97	18	0	0	-	-	-	-	-	-
Juli-98	12	0	0	-	-	-	-	-	-
1999	8	0	0	2	2	10-100	-	-	-

Av artene som er nevnt i tabell 1-7 er regnbueørret, ørret, ål, stingsild (3 og 9-pigget) og skrubbe arter *G. salaris* kan leve på og som kan dermed fungere som vektorer for smitte. Regnbueørret er spesiell blant disse i og med at *G. salaris* kan formere seg på denne arten. Så langt er det ikke påvist regnbueørret i laksetrappa ved Hellefoss som kan tyde på at det er få regnbueørret i vassdraget nedstrøms laksetrappa. Ørret viser stor grad av resistens og selv om parasitten ved eksperimentell infeksjon kan overleve opptil 50 dager på ørret, vil de fleste ørretene kvitte seg med parasitten i løpet av få dager (Bakke et al. 1991, Jansen og Bakke 1995, Bakke et al 1999, Ann. 1997). Det er å forstå referanse Ann. 1997 at ørret ikke er en god kandidat for spredning av *G. salaris* mellom vassdrag. Tilsvarende konklusjoner gjelder for ål selv om ål kan være bærer av parasitten i opptil 8 dager (Bakke et al 1991, Jansen et al 1996, Mo 2002). Stingsild eliminerer en infeksjon under eksperimentelle forhold på mindre enn åtte dager og skrubbe etter bare tre dager (Soleng og Bakke, 1998). Disse smittebærende artene må derfor sees på som bidragsyttere til å opprettholde smittestatus i vassdraget, men der

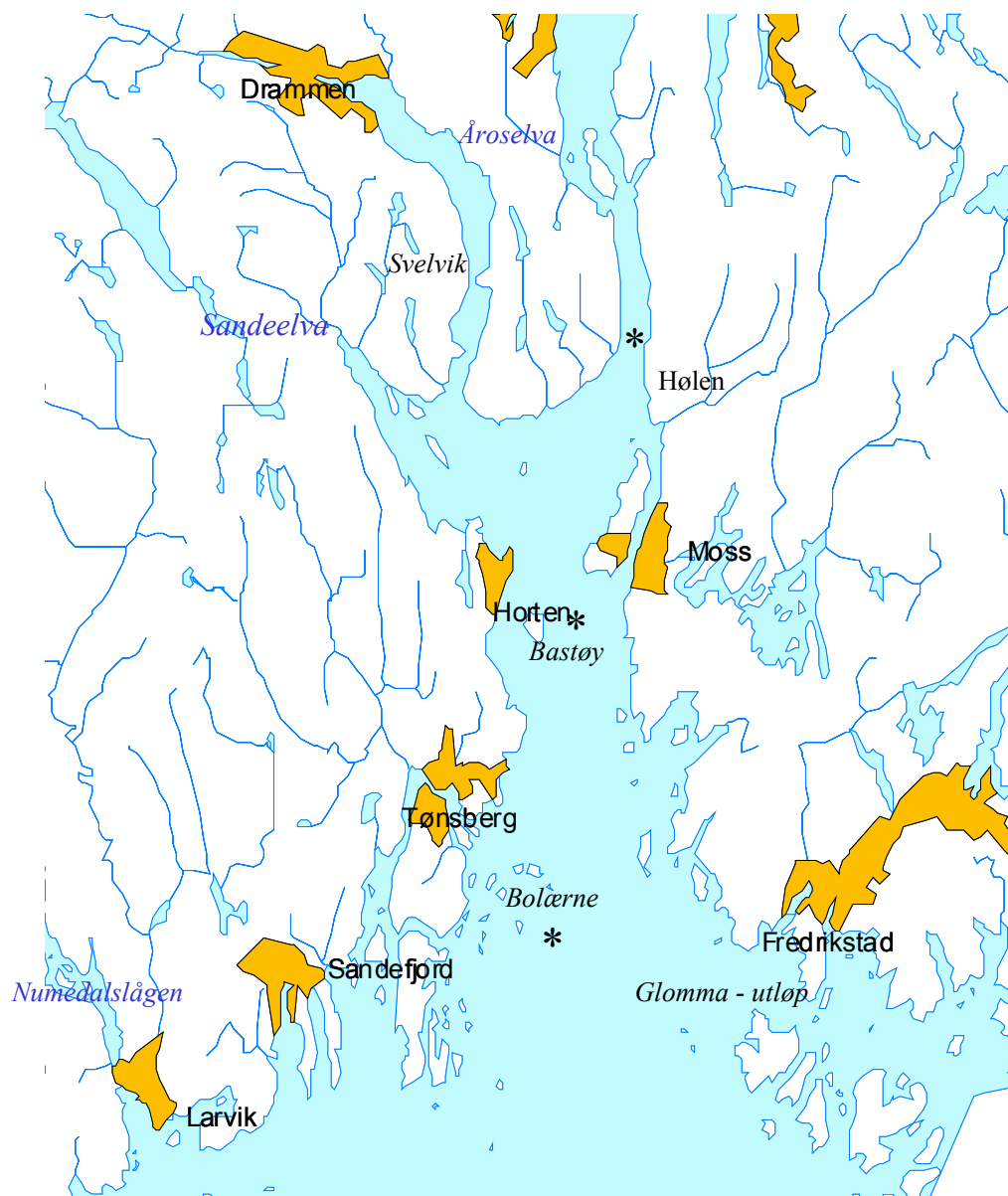
hvor regnbueørret er fraværende, gjenstår laks som den mest aktuelle smittebærer til nærliggende elver.

Smitteoverføring er vist å kunne skje via bunnssubstrat, ved direkte kontakt og kontakt med frittsvevende parasitter. I ferskvann kan frie parasitter leve i noen dager, avhengig av temperaturen. Hvordan ulike saliniteter påvirker den "frie" overlevelsen er ikke kjent. Det må forventes at frie parasitter kan holde seg flytende i de øvre sjikt relativt lengre i brakkvann enn i ferskvann pga. oppdriften, slik at denne potensielle smitteveien kan være minst like aktuell i estuariet som i ferskvann.

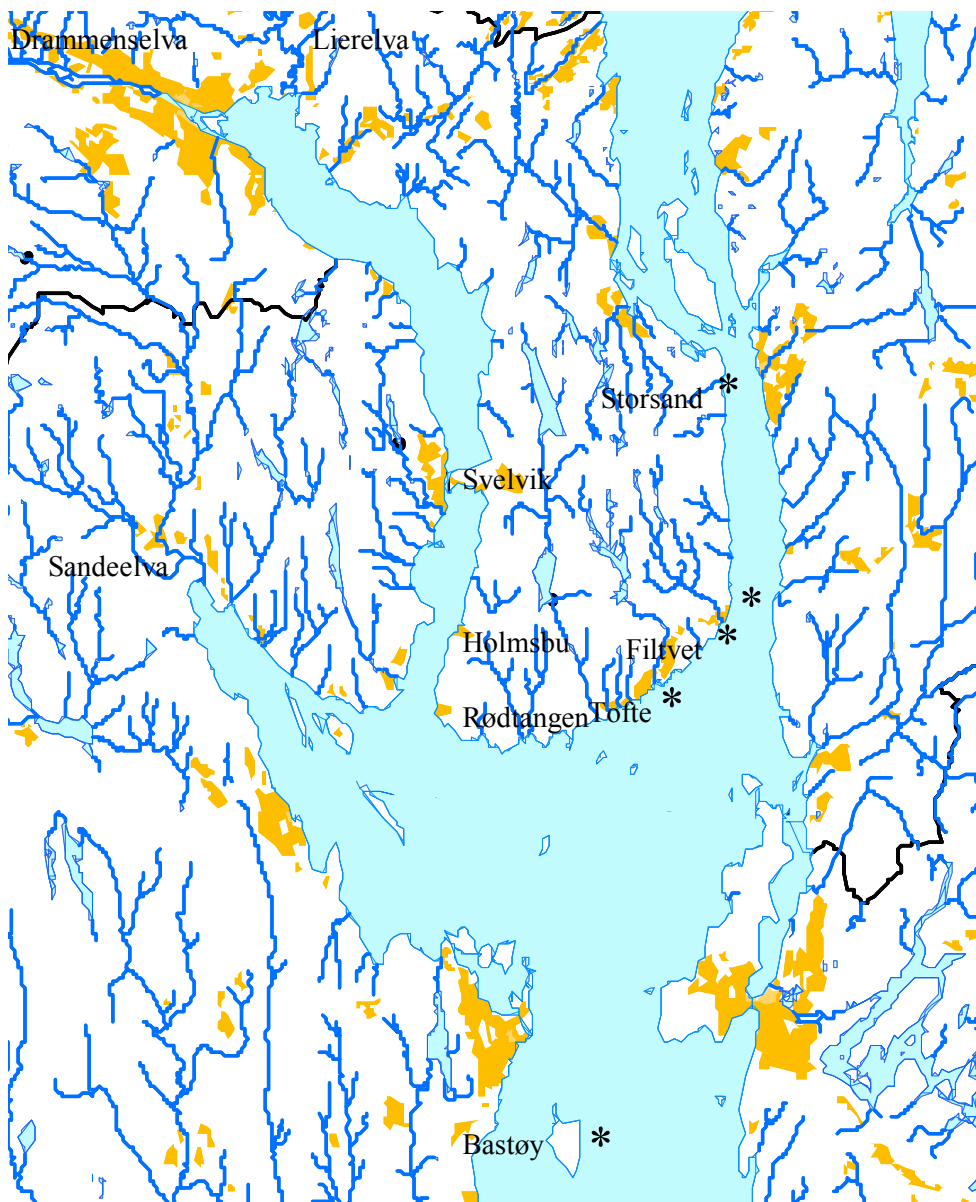
Fra estuariet har vi opplysninger om fangst av 52 smolt like sør for Svelvik hvorav 37 var infiserte med *G. salaris* (prevalens 71,2 %, påslag: 51,8 (range: 1-1105), Soleng et al, 1998). Dette tallet er benyttet i vår modell som grunnlag for prevalensberegning på utvandrende smolt.



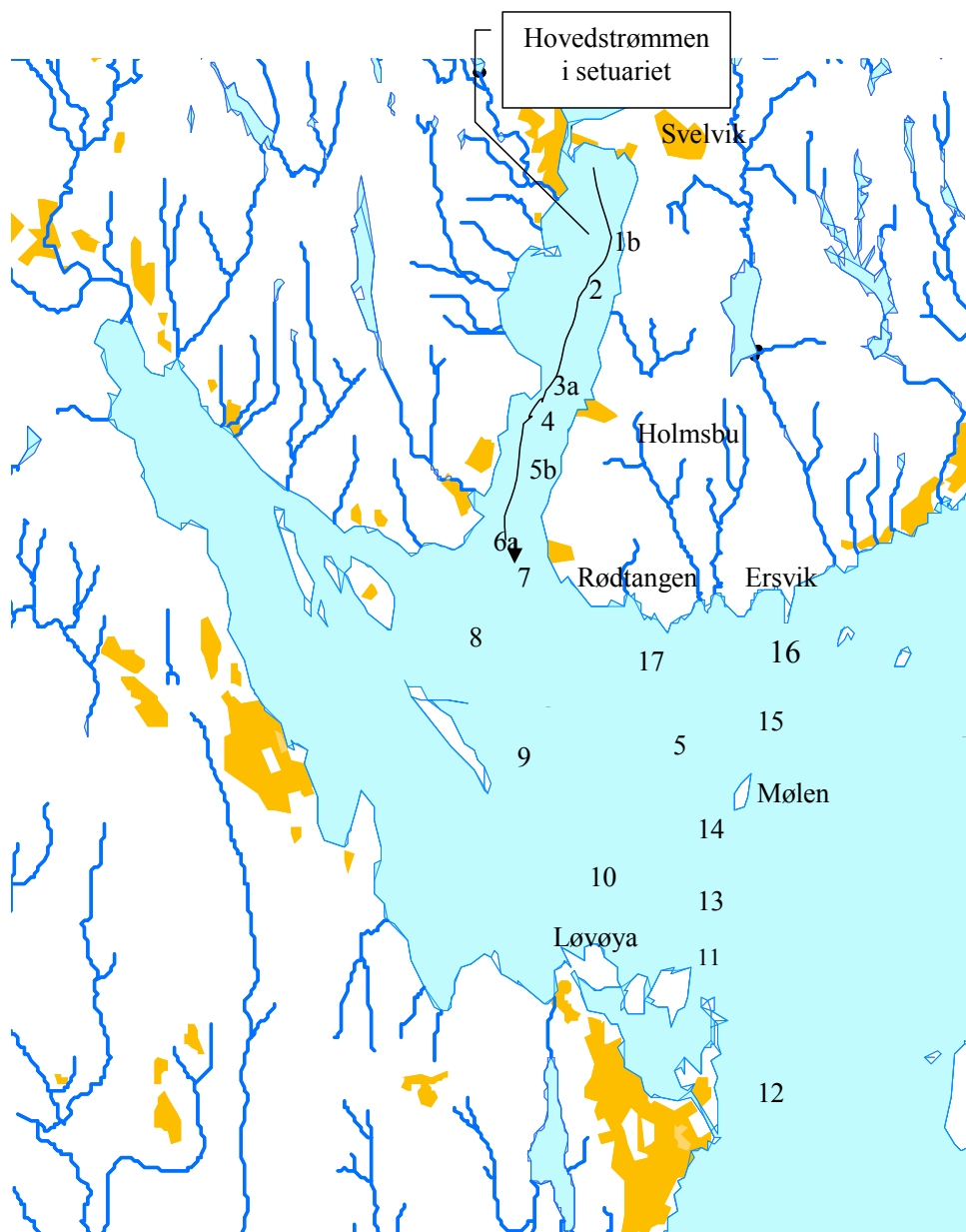
Figur 2-1. Oversikt over Drammensvassdraget



Figur 2-2. Plassering av Sandeelva, Åroselva og Numedalslågen i forhold til Drammensvassdraget og målestasjonene ved Bastøy, Bolærne og Drøbaksundet (*) (Pethon 1987, Danielsen 2002)



Figur 2-3. Målestasjoner i indre Oslofjord (*)
(Pethon 1987, Danielsen 2002)



Figur 2-4. Målestasjoner i estuaret og i Breiangbassenget (tallene ref. til ulike stasjoner gitt i tabeller i vedlegg 1, Pethon 1987)

VEDLEGG 3: KVANTITATIV MODELL BESKRIVELSE OG RESULTATER

1.	INNLEDNING.....	1
2.	BESKRIVELSE AV MODELLEN	1
2.1.	Verktøy	1
2.2.	Modell	2
2.2.1.	Hendelsestre	2
2.2.2.	Forutsetninger	2
	Antall smolt ved inngangen av estuariet (N).....	2
	Prevalens blant smolt i estuariet (prevalens).....	2
	Andel infiserte smolt som svømmer mot elva og når fram levende (p1)	3
	Andel infiserte smolt som fremdeles er smittet etter vandring gjennom en gitt sektor (si).....	3
	Andel infiserte smolt som fremdeles er smittet når de når fram til elva (p2).....	3
	Andel infiserte smolt som svømmer opp elva (p3)	3
	Sektor-spesifikke data	3
	Antall smittede smolt i elva ($N \cdot \text{prevalens} \cdot p1 \cdot p2 \cdot p3$).....	5
2.3.	Simulering	5
3.	RESULTATER.....	5
3.1.	Estimert antall smittede smolt som vandrer opp i Sandeelva	5
3.1.1.	Resultatvariabel.....	5
3.1.2.	Betydning av vandring i saltvann på prevalens av <i>G. salaris</i> (p2).....	6
3.1.3.	Sensitivitetsanalyse	6
3.1.4.	Inputverdier	7
3.2.	Estimert antall smittede smolt som vandrer opp i Åroselva.....	10
3.2.1.	Resultatvariabel.....	10
3.2.2.	Betydning av vandring i saltvann på prevalens av <i>G. salaris</i> (p2).....	10
3.2.3.	Sensitivitetsanalyse	10
3.2.4.	Inputverdier	10
3.3.	Estimert antall smittede smolt som vandrer opp i Numedalslågen.....	12
3.3.1.	Resultatvariabel.....	12
3.3.2.	Betydning av vandring i saltvann på prevalens av <i>G. salaris</i> (p2).....	12
3.3.3.	Sensitivitetsanalyse	12
3.3.4.	Inputverdier	12
4.	SAMMENSTILLING MED HISTORISK ERFARING	13

1. INNLEDNING

Denne kvantitative modellen estimerer antall smittede smolt som svømmer fra Drammensesetuiet og opp bestemte elver. Den er i første omgang begrenset til tre elver (Sandeelva, Åroselva, Numedalslågen), men kan relativt enkelt tilpasses nye elver hvis datagrunnlaget er tilgjengelig.

2. BESKRIVELSE AV MODELLEN

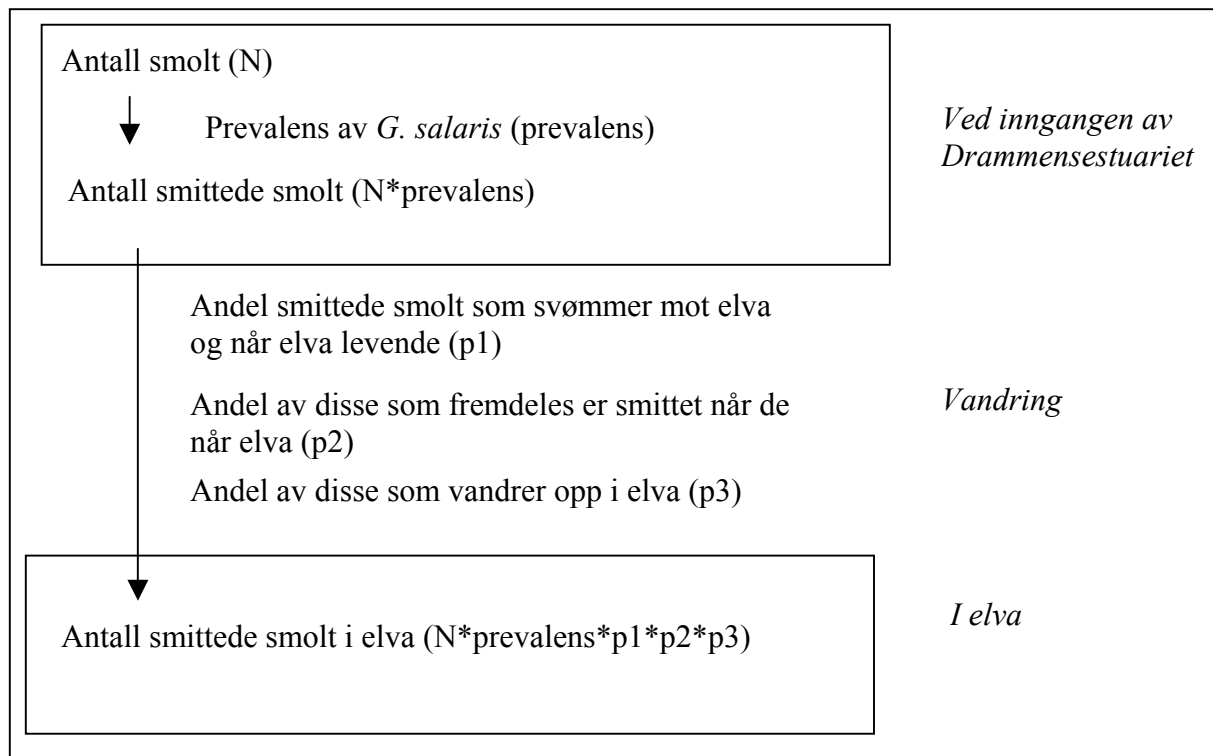
2.1. Verktøy

Modellen er bygget i Microsoft® Excel 97 med @Risk 4.5.2 – Professional Edition (Palisade Corporation) som add-in.

2.2. Modell

2.2.1. Hendelsestre

Følgende hendelsestre ligger til grunn for modellen:



Figur 3- 1. Hendelsestre for en kvantitativ vurdering av antall smolt fra Drammensvassdraget som utgjør en smittefare for en gitt elv

2.2.2. Forutsetninger

Datragrunnlaget for modellen er basert på observerte verdier og antatte fordelinger. Observerte verdier er beskrevet mer omfattende i vedlegg 1. Resultatene rapportert her bygger på følgende forutsetninger:

Antall smolt ved inngangen av estuariet (N)

$N = 130\,000$ som grunntall. Det er også simulert med $N = 200\,000$, $65\,000$ og $13\,000$ til sammenligning.

Prevalens blant smolt i estuariet (prevalens)

$\text{prevalens} = \text{RiskBeta}(\text{sanne positive}+1; \text{sanne negative}+1)$

Det er funnet 37 positive blant 52 undersøkte smolt i estuariet rett sør for Svelvik (Soleng et al 1998), og det er vurdert at sensitiviteten til testen er vanskelig å anslå med presisjon, men ligger mest sannsynligvis omkring 0,95 (Bakke, pers. med.). Det er derfor brukt følgende verdier om testen:

$\text{spesifisitet} = 1$

$\text{sensitivitet} = \text{RiskPert}(0,9; 0,95; 1)$ dvs minst 0,9, mest sannsynligvis 0,95, og maks. 1.

Derfra beregnes :

sanne positive = funnet positive / sensitivitet

sanne negative = undersøkte – sanne positive

Det ble i tillegg gjort en sensitivitetsanalyse der prevalensen ble tillatt å variere mellom 0,5 og 1 (prevalens = RiskUniform(0,5;1)) for å se hvor viktig eventuell feil i dette estimatet var for resultatet.

Andel infiserte smolt som svømmer mot elva og når fram levende (p1)

$p1 = \text{RiskUniform}(0,001;0,00001)$

Ingen datagrunnlag.

Det gjettes at andelen ligger et sted mellom 1 av 100 000 og 1 av 1 000, uten at noen verdi er mer sannsynlig enn en annen. Samme fordeling ble brukt til alle tre elver.

Andel infiserte smolt som fremdeles er smittet etter vandring gjennom en gitt sektor (si)

si er basert på generelle studier av fisk smittet med *G. salaris*, og som utsettes for ulike saliniteter ved ulike temperaturer og i en bestemt tid, samt sektorspesifikke data for temperatur, salinitet og vandringshastighet (se detaljer under "Sektorspesifikke data").

Andel infiserte smolt som fremdeles er smittet når de når fram til elva (p2)

$p2 = si * sj * sk * \dots$, der: *si*, *sj*, *sk*... er andel smolt som fremdeles er smittet etter å ha passert gjennom henholdsvis sektor *i*, *j*, *k*... som smolten må svømme gjennom for å nå elva.

Andel infiserte smolt som svømmer opp elva (p3)

$p3 = \text{RiskUniform}(0,01;0,1)$

Ingen datagrunnlag.

Det gjettes at andelen ligger et sted mellom 1 av 100 og 1 av 10 blant de som har vandret frem til elva. Samme fordeling ble brukt til alle tre elver.

Sektorspesifikke data

De ulike sektorene fisk må svømme gjennom er definert ut fra en akseptabel homogenitet i salinitet og vandringshastighet. Følgende sektorer er definert:

Tabell 3- 1. Ulike sektorer definert i modellen

Nr.	Fra	Til	Lengde (km)
1	Hellefoss	Elveutløp (Drammenselva)	30
2	Elveutløp	Svelvik	10
3	Svelvik	Holmsbu	6,5
4	Holmsbu	Rødtangen	3,5
5	Rødtangen	Sandeelva (munning)	10
6	Rødtangen	Ersvik/Mølen/Løvøya	7
7	Ersvik/Mølen/Løvøya	Åroselva (munning)	20
8	Ersvik/Mølen/Løvøya	Bastøy	11
9	Bastøy	Numedalslågen (munning)	65

Sektorer 1 og 2 ble ikke brukt i denne modellen. Med utgangspunkt i sektor 3 er det antatt at følgende sektorer måtte krysses for å nå de ulike elvene:

Tabell 3- 2. Ulike sektorer som krysses for ulike elver

Sandeelva	Sektor 3 - 4 - 5
Åroselva	Sektor 3 - 4 - 6 - 7
Numedalslågen	Sektor 3 - 4 - 6 - 8 - 9

Endringer i prevalens med salinitet, tid og temperatur er basert på studier av Soleng og Bakke (1997). Det ble antatt at deres resultater er gyldig for utvandrende smolt i Drammensvassdraget. Videre ble det antatt en lineær relasjon mellom prevalens og de ulike parametrene for å finne verdier ved salinitet, tid og temperaturer som ikke var undersøkt. Det ble antatt at prevalensen ikke endrer seg ved en salinitet på 5 ‰ eller lavere.

Temperaturen ble antatt å være 10°C i sektorene 3 til 9 med bakgrunn i registrerte temperaturdata i utvandringsperioden.

Saliniteten ble antatt å følge en sannsynlighetsfordeling med bakgrunn i salinitetsmålinger fra aktuelle vandringsområder i utvandringsperioden. Salinitetsdata for sektor 5 (Sandebukta) var ikke tilgjengelige og det ble antatt at saliniteten i sektor 5 var sammenlignbar med enkelte områder i sektor 4, som ble valgt ut på grunnlag av plassering i forhold til elvemunningen. For sektorer 3 til 8 ble en kumulativ fordeling utviklet ut fra observerte målinger, som beskrevet i Vose (2000). Minimum og maksimumsverdier i hver sektor ble anslått. For sektor 9 ble gjennomsnitt og standardavvik for fem ulike år brukt til å generere 100 data for hvert år basert på antatt normalfordeling, og en ny normalfordeling basert på disse 500 dataene ble brukt i modellen. Fordelingene er illustrert under Resultater, Inputverdier.

Tabell 3- 3. Verdier eller fordelinger brukt for salinitet i ulike sektorer

Sektor	min	max	Fordeling
3	1	15	=RiskCumul(min;max;{xi};{pi})
4	4	14	=RiskCumul(min;max;{xi};{pi})
5	4	16	=RiskCumul(min;max;{xi};{pi})
6	11	24	=RiskCumul(min;max;{xi};{pi})
7	13	29	=RiskCumul(min;max;{xi};{pi})
8	13	29	=RiskCumul(min;max;{xi};{pi})
9			=RiskNormal (20,6;5,3)

Tiden fiskene oppholder seg i hver sektor ble beregnet ut fra sektorens lengde (avstand) og fiskenes vandringshastighet:

$tid = lengde / vandringshastighet$

Vandringshastigheten ble basert på data fra Pethon og Hansen (1990) og følgende fordeling ble brukt:

$Svømmehastighet = RiskTrigen(min; mean; max; 10; 90; RiskTruncate(0;))$

der min, mean og max er observerte verdier i ulike sektorer (n=4-7), og det antas at 10% av reelle verdier ligger under min og 10% ligger over max.

For sektorer der det ikke foreligger data, brukes verdier fra en tilsvarende sektor.

Tabell 3- 4. Svømmehastigheter (km/t) i ulike sektorer (Pethon og Hansen 1990)

Sektor	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Avstand (km)	30	10	6,5	3,5	10	7	20	11	65
Min Observert	0,25	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,44	0,44	0,44
Mean Observert	0,56	0,15	0,15	0,15	0,04	0,04	0,7	0,7	0,7
Max Observert	0,83	0,44	0,44	0,44	0,06	0,06	0,85	0,85	0,85
N Observert	7	4	4	4	5	5	4	4	4

Det ble ikke inkludert korrelasjoner mellom saliniteter eller mellom svømmehastigheter i ulike sektorer.

Antall smittede smolt i elva ($N \cdot \text{prevalens} \cdot p1 \cdot p2 \cdot p3$)

Dette var resultatvariabelen i modellen.

Med unntak av sensitivitetsanalysene er resultatene angitt for den avrundede variabelen (til nærmeste heltall).

2.3. Simulering

Ti tusen iterasjoner ble brukt i alle simuleringer.

Trekking i ulike distribusjoner ble foretatt med Latin Hypercube Sampling. Seed ble satt til 1. For sensitivitetsanalysen ble Spearman's rank correlation beregnet.

3. RESULTATER

3.1. Estimert antall smittede smolt som vandrer opp i Sandeelva

3.1.1. *Resultatvariabel*

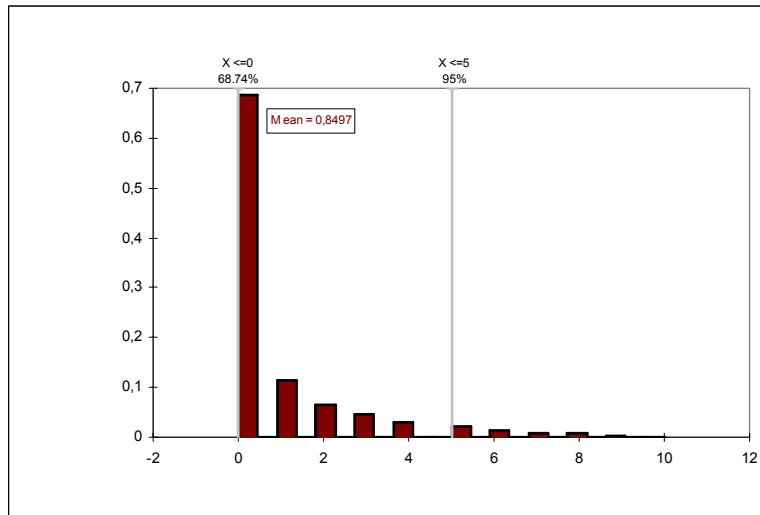
Hvis det vandrer 130 000 smolt ut av Drammenselva vil det i følge modellen mest sannsynligvis ikke vandre noen smittet smolt opp i Sandeelva (69% sannsynlig). Man kan også være nokså trygg på at det ikke vandrer flere enn fem smittede smolt opp i Sandeelva (med 95% sikkerhet), og i ingen tilfeller flere enn ti (maksimumsverdi i simuleringen).

Tilsvarende tall for scenarioer med flere (200 000) eller færre utvandrende smolt (65 000, dvs halvparten, og 13 000, dvs en tiendel) er vist i Tabell 3- 5.

Fullstendig sannsynlighetsfordeling med utgangspunkt i 130 000 smolt er vist i Figur 3- 3.

Tabell 3- 5. Estimert antall smittede smolt som vandrer opp i Sandeelva

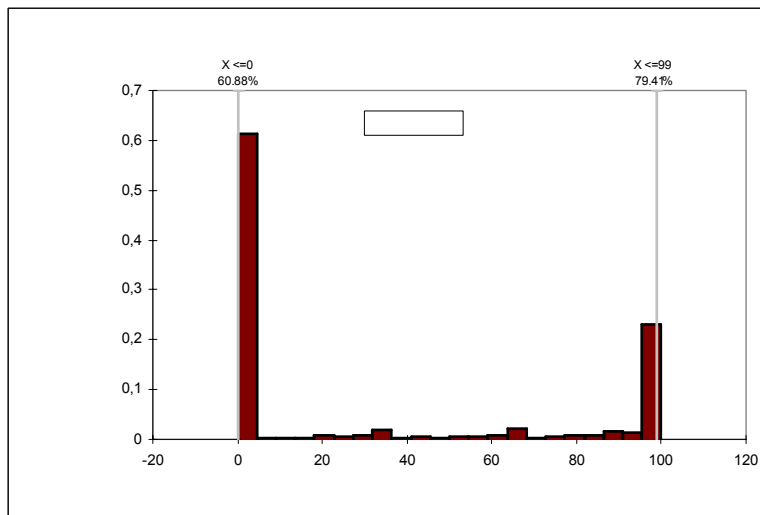
Antall smolt som svømmer ut Drammensesetuiet	130 000	200 000	65 000	13 000
Mest sannsynlig (Mode)	0	0	0	0
Sannsynlighet for antall = 0	69 %	66 %	75 %	96 %
Maksimum	10	16	5	1
Gjennomsnitt	0,8	1,3	0,4	0,04
95% konfidensintervall	0-5	0-7	0-2	0-0



Figur 3- 2. Sannsynlighetsfordeling for antall smittede smolt som vandrer opp i Sandeelva, gitt at 130 000 smolt svømmer ut av estuaret

3.1.2. Betydning av vandring i saltvann på prevalens av *G. salaris* (p2)

Modellen estimerte at vandring fra Drammensestuaret til Sandeelva fører til at infeksjonen forsvinner helt i 61% av tilfellene, mens i 21% av tilfellene er prevalensen uforandret. I det første tilfellet har fiskene møtt høye saliniteter i minst ett av områdene de vandret gjennom, mens i siste tilfelle har ingen av områdene vært salte nok til å eliminere infeksjonen mens fisken vandret gjennom det, og dermed redusere prevalensen. Hele fordelingen er vist i Figur 3- 3.



Figur 3- 3. Sannsynlighetsfordeling for andel infiserte fisker som fremdeles er infisert når de når frem til Sandeelva

3.1.3. Sensitivitetsanalyse

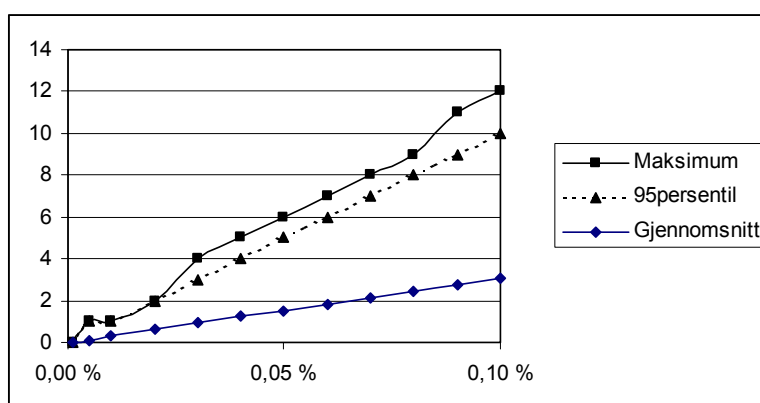
For de 10 variablene som kunne variere under simuleringen ble saliniteten i sektor 5 vist å ha størst effekt på resultatet, etterfulgt av andel infiserte smolt som vandrer til Sandeelva og andel av disse som vandrer opp i Sandeelva. Korrelasjonskoeffisienter er angitt i Tabell 3- 6.

Tabell 3- 6. Relativ betydning av ulike variabler

Rang	Inputvariabel	Korrelasjonskoeffisient
1	Salinitet i sektor 5	-0,81
2	Andel infiserte smolt som vandrer helt frem til Sandeelva	0,13
3	Andel av disse som vandrer opp Sandeelva	0,09
4-10	andre	<0,05

Prevalens av *G. salaris* blant smolt ble funnet å fremdeles ha en neglisjerbar effekt på resultatvariabelen når den ble tillatt å variere mellom 0,5 og 1 (korrelasjonskoeffisient = 0,02), noe som tyder på at eventuell feil på dette estimatet har liten effekt på resultatet.

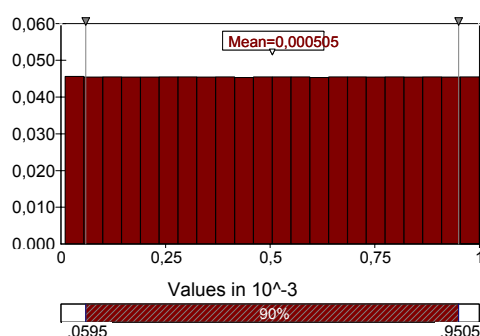
Figur 3- 4 illustrerer effekten av andel infiserte smolt som vandrer helt frem til Sandeelva på antall forventede smittede smolt som vandrer opp elva. Det er antatt at 130 000 smolt vandrer ut av Drammenselva og at 1 av 10 smolt som vandrer frem til Sandeelva faktisk vandrer opp i elva.



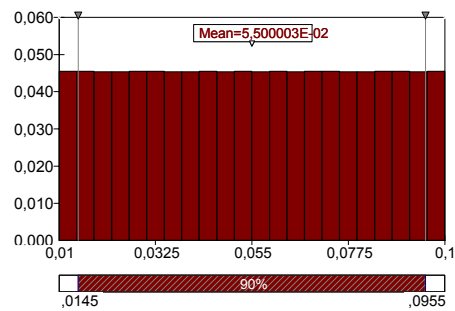
Figur 3- 4. Estimert antall smittede smolt som vandrer opp Sandeelva i forhold til andel smittede smolt som vandrer frem til Sandeelva .

3.1.4. Inputverdier

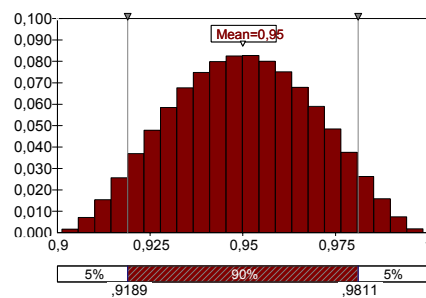
Andel infiserte smolt som vandrer frem til den nye elva



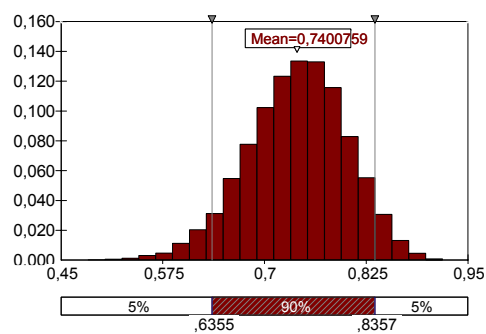
Andel av disse som vandrer opp
den nye elva



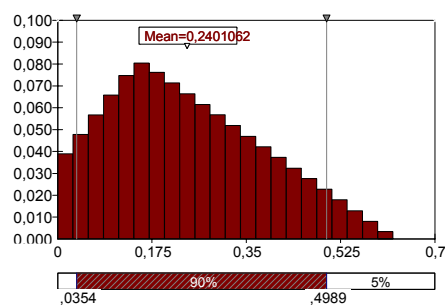
Testens sensitivitet



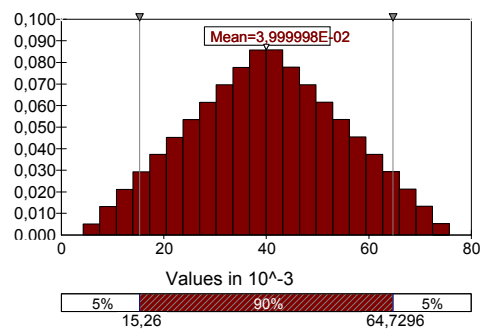
Prevalens av *G. salaris* blant
smolt



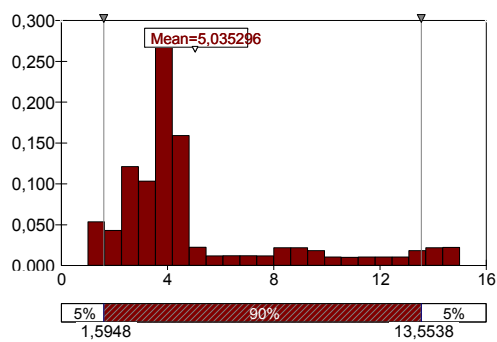
Svømmehastighet i sektor 3 og 4
(km/t)



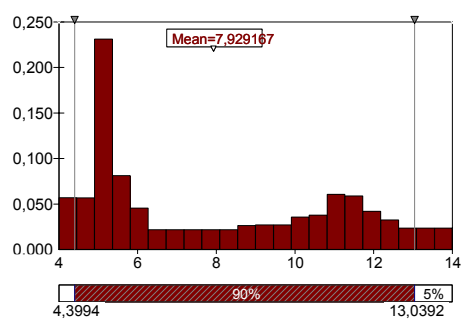
Svømmehastighet i sektor 5
(km/t)



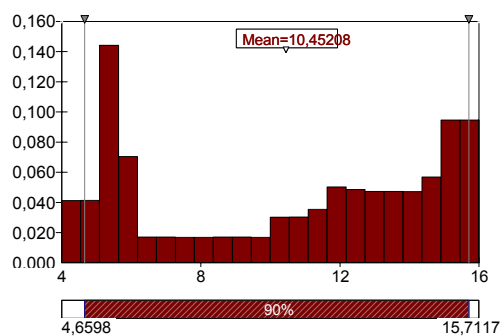
Salinitet i sektor 3 (‰)



Salinitet i sektor 4 (‰)



Salinitet i sektor 5 (‰)



3.2. Estimert antall smittede smolt som vandrer opp i Åroselva

3.2.1. Resultatvariabel

Hvis det vandrer 130 000 smolt ut av Drammenselva vil det i følge modellen mest sannsynligvis ikke vandre noen smittet smolt opp i Åroselva (99,99 % sannsynlig). Under helt spesielle betingelser kan det tenkes å vandre en smittet smolt opp (0,01% sannsynlig).

Tilsvarende tall for scenarioer med flere (200 000) eller færre utvandrende smolt (65 000, dvs halvparten, og 13 000, dvs en tidel) er vist i Tabell 3- 7.

Tabell 3- 7. Estimert antall smittede smolt som vandrer opp i Åroselva

Antall smolt som svømmer ut Drammensesetuiet	130 000	200 000	65 000	13 000
Mest sannsynlig (Mode)	0	0	0	0
Sannsynlighet for antall = 0	99,99 %	99,94 %	100 %	100 %
Maksimum	1	1	0	0
Gjennomsnitt	0,0001	0,0006	0	0
95% konfidensintervall	0-0	0-0	0-0	0-0

3.2.2. Betydning av vandring i saltvann på prevalens av *G. salaris* (p2)

Modellen estimerte at vandring fra Drammensesetuiet til Åroselva fører til at infeksjonen forsvinner helt i 95 % av tilfellene, mens i 99 % av tilfellene reduseres prevalensen til under 1 % av opprinnelig verdi. I gjennomsnitt vil residuell prevalens etter vandring være 0,04 % av opprinnelig prevalens, og høyest forventet verdi er 24 % av opprinnelig prevalens.

3.2.3. Sensitivitetsanalyse

For de 12 inputvariablene som kunne variere under simuleringen ble svømmehastighet i sektor 6 vist å ha størst effekt på resultatet, etterfulgt av saliniteten i sektor 7 og 6. Andre variabler hadde neglisjerbar effekt. Korrelasjonskoeffisienter er angitt i Tabell 3- 8.

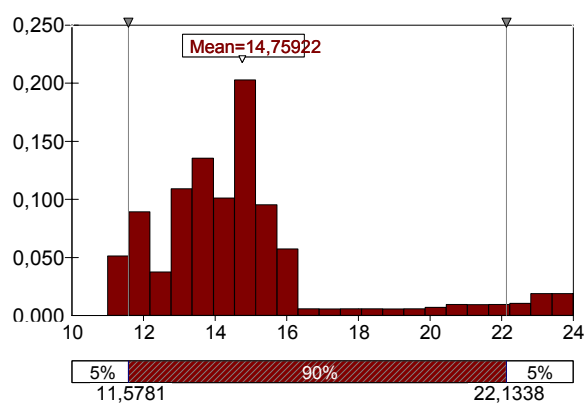
Tabell 3- 8. Relativ betydning av ulike variabler

Rang	Inputvariabel	Korrelasjonskoeffisient
1	Svømmehastighet i sektor 6	0,32
2	Salinitet i sektor 7	-0,2
3	Salinitet i sektor 6	-0,2
4-12	Andre	<0,02

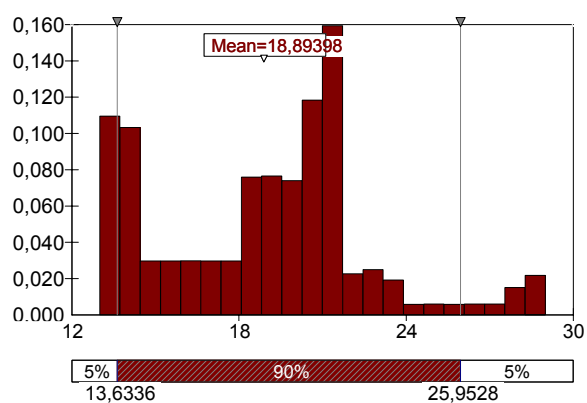
3.2.4. Inputverdier

For inputverdier også brukt til Sandeelva henvises til 3.1.4.

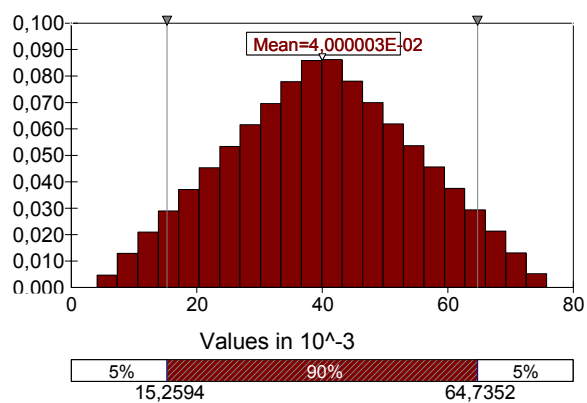
Salinitet i sektor 6 (‰)



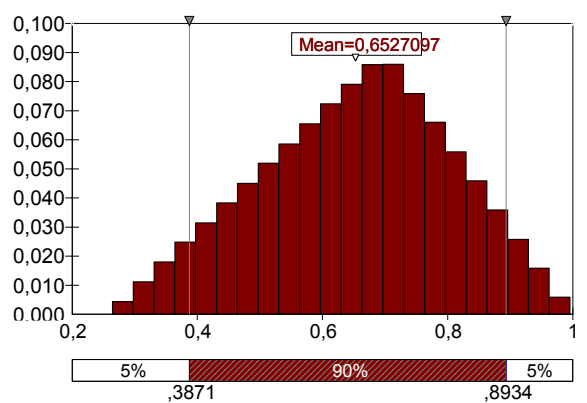
Salinitet i sektor 7 (‰)



Svømmehastighet i sektor 6 (km/t)



Svømmehastighet i sektor 7 (km/t)



3.3. Estimert antall smittede smolt som vandrer opp i Numedalslågen

3.3.1. Resultatvariabel

Hvis det vandrer 130 000 smolt ut av Drammenselva vil det i følge modellen mest sannsynligvis ikke vandre noen smittet smolt opp i Åroselva (99,99 % sannsynlig). Under helt spesielle betingelser kan det tenkes å vandre en smittet smolt opp (0,01 % sannsynlig). Tilsvarende tall for scenarioer med flere (200 000) eller færre utvandrende smolt (65 000, dvs halvparten, og 13 000, dvs en tiendel) er vist i Tabell 3- 9.

Tabell 3- 9. Estimert antall smittede smolt som vandrer opp i Numedalslågen

Antall smolt som svømmer ut Drammensestuaret	130 000	200 000	65 000	13 000
Mest sannsynlig (mode)	0	0	0	0
Sannsynlighet for antall = 0	>99,99 %	>99,99 %	100 %	100 %
Maksimum	1	1	0	0
Gjennomsnitt	0,0001	0,0001	0	0
95% konfidensintervall	0-0	0-0	0-0	0-0

3.3.2. Betydning av vandring i saltvann på prevalens av *G. salaris* (p2)

Modellen estimerte at vandring fra Drammensestuaret til Numedalslågen fører til at infeksjonen forsvinner helt i 99,1 % av tilfellene. I gjennomsnitt vil residuell prevalens etter vandring være 0,004 % av opprinnelig prevalens, og høyest forventet verdi er 13 % av opprinnelig prevalens.

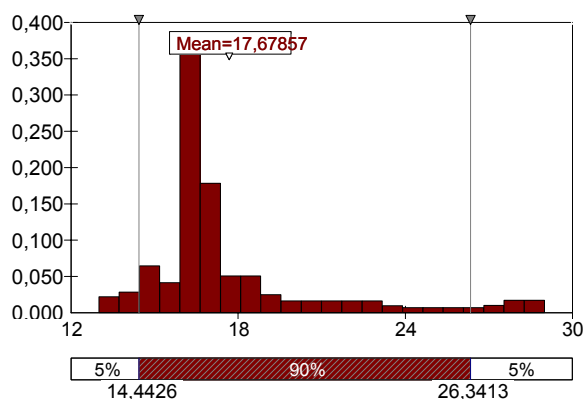
3.3.3. Sensitivitetsanalyse

Det ble funnet veldig lav effekt av alle variabler (alle korrelasjonskoeffisienter lavere enn 0,03).

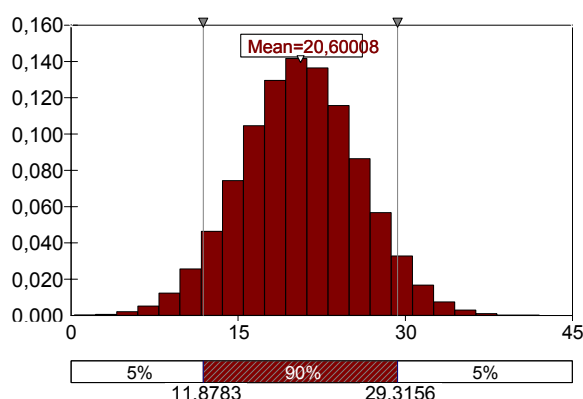
3.3.4. Inputverdier

For inputverdier også brukt til Sandeelva eller Åroselva, henvises til 3.1.4 og 3.2.4.

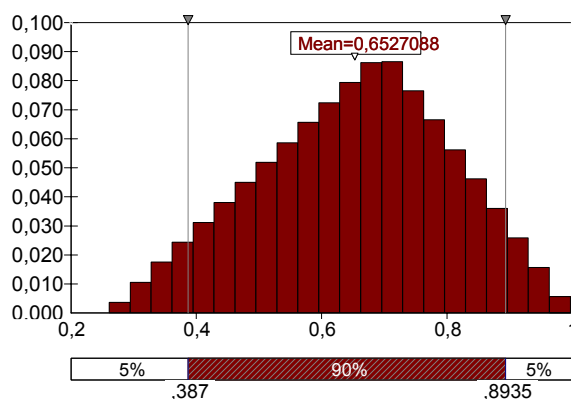
Salinitet i sektor 8 (‰)



Salinitet i sektor 9 (‰)



Svømmehastighet i sektor 8 og 9 (km/t)



4. SAMMENSTILLING MED HISTORISK ERFARING

En modell er en forenkling av realiteten, og det er viktig å sammenstille resultater av en modell med reelle observasjoner, for å vurdere hvorvidt modellen er en god nok tilnærming eller ikke.

Drammensvassdraget har vært infisert i mange år uten at man har påvist smitte til noen av elvene som munner i Oslofjorden inklusive Sandeelva, Åroselva og Numedalslågen.

Hvis vi antar at den årlige smitterisikoen, p , har vært nogenlunde konstant i løpet av de siste 15 årene uten at det har ført til smitte, kan vi fastsette en øvre grense på p med en gitt sannsynlighet¹:

p lavere enn	0,14	0,18	0,26
sannsynlighet	90%	95%	99%

Med andre ord er vi 99% sikre på at den årlige risikoen for smitte er lavere enn 26%, for at det kan ha gått 15 år uten noen smitte.

Modellen har estimert at sannsynligheten for at minst en smittet fisk vandrer opp Åroselva og Numedalslågen er 0,01 % eller lavere når 130 000 smolt vandrer ut av Drammensesetuariet, og er derfor klart i samsvar med en årlig risiko for smitte lavere enn 26%.

¹ sannsynlighet for ingen smitte i 15 år = $(1-p)^{15} > 1-k$, med $k = 0,9; 0,95; 0,99$

Når det gjelder Sandeelva estimerer modellen at sannsynligheten for at minst en smittet smolt vandrer opp Sandeelva er 31%. Dette er høyere enn 26%, og kan tolkes på følgende måter:

1. modellen overestimerer risikoen, eller
2. det er nødvendig med mer enn en smittet smolt for å infisere Sandeelva, eller
3. det har ikke gått 15 år med konstant risiko uten at elva er smittet.

1. Modellen overestimerer risikoen

Hvis vi antar at en smittet smolt alltid er nok til å infisere elva, at risikoen har vært konstant de siste 15 årene, og at Sandeelva aldri er blitt infisert, kan vi konkludere at modellen overvurderer risikoen for smitte. Med en årlig risiko for smitte på 31% er det bare en sannsynlighet på $0,004^2$ for at det kan gå 15 år uten smitte. Det er da grunn til å vurdere nøyere forutsetningene som er gjort.

2. Det er nødvendig med mer enn en smittet smolt for å infisere Sandeelva

Når et smittestoff introduseres til et nytt miljø, er risikoen for at smitten etablerer seg avhengig av forholdet mellom smittepress og antall mottakelige dyr. For etablering av *G. salaris* i en elv kan det tenkes at vandringsperioden gjennom saltvannsområder, som reduserer antall parasitter, samt dreneringseffekten av rennende vann, kombinert med en lav tetthet av mottakelige fisk i nærheten av smitekilden, bidrar til at parasitten kan forsvinne fra elva før den har fått anledning til å etablere seg.

Hvis vi antar at risikoen har vært konstant de siste 15 årene, at Sandeelva aldri er blitt infisert, og at modellen er korrekt, tyder resultatene på at det er nødvendig med mer enn en smittet smolt for å smitte Sandeelva. Modellen angir følgende sannsynlighetsfordeling for antall smittede smolt som vil vandre opp Sandeelva et gitt år, under forutsetning at 130 000 smolt vandrer ut Drammenselva:

Antall	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	>10
Sannsynlighet	0,69	0,11	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,001	0,0004	0

For å nå en årlig risiko for smitte lavere enn 26% bør det være nødvendig med minst to smittede smolt, i gjennomsnitt, for å smitte elva.

3. Det har ikke gått 15 år med konstant risiko uten at elva er smittet.

En alternativ forklaring er at risikoen har endret seg i løpet av 15 år, at den har vært betydelig lavere i perioder enn det modellen beskriver. Dette kan skyldes for eksempel et lavere antall utvandrende smolt. Ved å endre på forutsetninger fra år til år vil vi kunne teste hvorvidt denne hypotesen kan være riktig. Det bør også åpnes for muligheten for at Sandeelva er eller har vært infisert på et lavt nivå, uten at dette er blitt oppdaget.

² $= (1 - 0,31)^{15}$

Hovedrapport (uten konklusjoner), datagrunnlag (vedlegg 1), figurer (vedlegg 2), modell og resultater (vedlegg 3) ble sendt pr. e-mail den 11. desember 2002 med svarfrist 20. januar 2003, til:

Kristin Thorud, SDT
Lars Petter Hansen, NINA
Marianne Sandberg, NVH
Per Pethon, ZMO
Tor Andreas Bakke, UiO
Tor Atle Mo, VI
Torbjørn Forseth, NINA

1. Modellen bør inkludere sannsynligheten for at smolt søker mot en ny elv i stedet for å gå rett tilhavs, og sannsynligheten for at denne fisken faktisk går opp i elva. Dette er tatt til etterretning i vår modell, ved å legge inn en sannsynlighet for at fisk som når elva faktisk vandrer opp på 1 – 10 %.
2. Vandringsmønsteret eller graden av feilvandring hos smolten er lite kjent og ulike vurderinger gjør seg gjeldende. Kunnskapsmangelen ble av samtlige betraktet som en betydelig svakhet ettersom den er så sentral i risikovurderingen. Våre opprinnelige anslag på vandring til den nye elva (1/1 000 – 1/100 000) som ble satt lik for de tre referanseelvene ble kommentert uten at det ble gitt andre forslag. Vi har derfor beholdt dem i modellen.
3. Svømmehastigheten er basert på få observasjoner. Dette er eneste tilgjengelig informasjon og er derfor beholdt i modellen. Svømmehastigheten er på et gitt tidspunkt avhengig av strømningsforhold i overflatesjiktet der den svømmer. Strømbilde i Oslofjorden er vist å være sterkt påvirket av vindforholdene. Vi har likevel ikke inkludert denne variabelen i modellen av mangel på data. Dette er nærmere kommentert i rapporten.
4. Vårt opprinnelige grunntall over smoltproduksjonen i elva (ca. 300 000-500 000 basert på 1-2 % tilbakevending) ble kommentert til å være for høyt. Vi har tatt dette til følge og benyttet 4 % som ble oppgitt som et gjennomsnitt sett over flere år og beregnet produksjonen til 130 000.
5. Prevalens er dårlig fundert. Datagrunnlaget er den eneste tilgjengelige informasjonen og er derfor beholdt i modellen. Får å vurdere effekten av eventuell feil inkluderte vi en sensitivitetsanalyse der prevalensen kunne variere mellom 50 og 100 % i estuariet, og det viste seg å ha en neglisjerbar effekt på resultatet.
6. Vårt opprinnelige anslag på 0,8 i sensitivitet for påvisning av *G. salaris* ble av flere kommentert som for lav. Kommentarene er tatt til følge og sensitiviteten er satt til mest sannsynlig 0,95, med en variasjonsmulighet på 0,90-1.
7. Hvilken konklusjon kan en trekke av 15 års negativ overvåking av elvene langs Oslofjorden? Vår bruk av dette historiske aspektet var ikke inkludert i det utsendte materialet, men er belyst i den endelige rapporten.

VEDLEGG 5: REFERANSER

- Anonym 1997. Mulige smittekilder og spredningsveier for *Gyrodactylus salaris* til elvene Rauma og Lærdalselva. Rapport fra ekspertgruppe nedsatt av Statens Dyrehelsetilsyn
- Anonym 2000. Driftsplan for Drammensvassdraget versjon 1.0. Driftsplanutvalget Hokksund, 32s.
- Anonym 2001. Beretning for Hellefoss-Åmot kultiveringsanlegg 2001
- Bakke, T.A., P.A. Jensen og L.P. Hansen 1991. Experimental transmission of *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957 (Platyhelminthes, Monogenea) from Atlantic salmon (*Salmo salar*) to the European eel (*Anguilla anguilla*). Can J Zool 69: 733-737
- Bakke, T.A., P.A. Jansen, og C.R. Kennedy 1991. The host specificity of *Gyrodactylus salaris* Malmberg (Platyhelminthes, Monogenea): susceptibility of *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) under experimental conditions. J Fish Biol 39, 45-57
- Bakke, T.A., A.Soleng og P.D. Harris 1999. The susceptibility of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) x brown trout (*Salmo trutta* L.) hybrids to *Gyrodactylus salaris* Malmberg and *Gyrodactylus derjavini* Mikailov. Parasitology 119, 467-481
- Cunjak, R.A., E.M.Chadwick og M. Shears 1989. Downstream movements and estuarine residence by Atlantic salmon parr (*Salmon salar*). Can J Fish Aquat Sci 46: 1466 – 1471
- Danielssen, D. 2002. Forsker, Flødevigen Marine Forskningsstasjon
- Eithun, I. 2002. Personlig meddelelse, Rådgiver, Statens Dyrehelsetilsyn
- Eken, M. og E. Garnås 1989. Utbredelse og effekt av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* på Østlandet 1988. Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvern avdelingen, Rapport nr. 1
- Fylkesmannen i Buskerud 1990-2000. Overvåking av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* på Østlandet. Årlige rapporter
- Gade, H. G. 1970. Hydrographic Investigation in the Oslofjord, a Study of Water Circulation and Exchange Processes, volume 1-3. Report 24. Geophysic Institute, University of Bergen
- Garnås, E. 2002. Personlig meddelelse. Fiskeforvalter Fylkesmannen i Buskerud
- Hansen, L. P., B. Jonsson og N. Jonsson 1986. Overvåking av laks fra Imsa og Drammenselva. NINA. Oppdragsmelding 401: 28s.
- Hansen, L.P. 1990. Rehabilitation of the Atlantic salmon stock in the river Drammenselv, Norway. In: Strategies for the rehabilitation of salmon rivers. Proceedings of a Joint Conference at the Linnean Society of London, 30.11.90
- Hansen, L.P. 2002. Personlig meddelelse. Seniorforsker NINA
- Heggenes, J. og S. J. Saltveit 1990. Seasonal and spatial microhabitat selection and segregation in young Atlantic salmon (*Salmon salar* L.) and brown trout (*S. trutta* L.) in a Norwegian river. J Fish Biol 36: 707 –720
- Heggenes J. 1994. Habitatvalg og vandringer hos ørret og laks i rennende vann. I: Borgstrøm R, B. Jonnson og J.H. L’Abee-Lund (red). Ferskvannfisk. Økologi, kultivering og utnytting. Norges Forskningsråd, sluttrapport for prosjektet ”Fiskeforsterkningstiltak i norske vassdrag”
- Holm, M. 2002a. Ny kunnskap om villaksens marine økologi. Plenumsforedrag v/ Programkonferansen Havbruk og Villaks, 16.-18. september, Tromsø. Norges Forskningsråd
- Holm, M. 2002b. pers. meddelelse. Seniorforsker, Havforskningsinstituttet, Bergen.
- Høgåsen, H.R. 1998. Physiological changes associated with the diadromous migration of Salmonids. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science 127, NRC Research Press, Ottawa. 128s.
- Jansen, P.A. og T.A.Bakke 1991. Temperature-dependent reproduction and survival of *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957 (Platyhelminthes: Monogenea) on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Parasitology 102, 105-112
- Jansen, P.D. og T.A.Bakke 1995. Susceptibility of brown trout to *Gyrodactylus salaris* (Monogenea) under experimental conditions. J Fish Biol 46, 415-422

- Jansen, P.A., T.A. Bakke, A. Soleng og L.P. Hansen 1996. Sammenfatning av kunnskapsstatus vedrørende *Gyrodactylus salaris* og laks - biologi og økologi. Utredning for D.N. nr 1996-2
- Jensen, P.E. 2003. Personlig meddelelse, rådgiver Statens Dyrehelsetilsyn
- Johnsen, B.O., N.A. Hvidtsten og P.I. Møkkelgjerd 1999. Lakseelver i Trondheimsfjorden. Oppdragsmelding 598. Norsk institutt for naturforskning. s.38
- Lund, R.A. og T.G. Heggberget 1992. Migration of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr through a Norwegian fjord: potential infection path of *Gyrodactylus salaris*. *Aqua Fish Mang*
- Mathiesen, E. 1997. Laksefisket i Drammenselva. Hokksund. ISBN 82-994430-0-8
- Mathiesen, E. 2002. Personlig meddelelse, Styreleder Hellefoss-Åmot Kultiveringsanlegg
- McCormick, S.D. L. P. Hansen, T.P. Quinn og R.L. Saunders 1998. Movement, migration, and smolting of Atlantic salmon (*Salmon salar*). *Can J Fish Aquat Sci* 55 (suppl 1): 77 -92
- Mo, T.A. 1987. Virksomheten i 1987 og program for virksomheten i 1988. Gyrodactylusundersøkelsene ved Zoologisk Museum, universitetet i Oslo. Rapport nr.4: 29s.
- Mo, T.A. 2002. Personlig meddelelse. Seksjonsleder Veterinærinstituttet.
- Mo, T.A og K. Nordheim 2001. The surveillance and control programme for *Gyrodactylus salaris* in Atlantic salmon and rainbow trout in Norway. I Fredriksen B. og T. Mørk (eds) "Surveillance and control programmes for terrestrial and aquatic animals in Norway. Annual report 2001." Statens Dyrehelsetilsyn
- Nordheim, K. 2002. Personlig meddelelse. Forsker Veterinærinstituttet
- Pethon, P. 1987. Salinitetsmålinger i Drammensfjorden og Oslofjorden høsten 1987. Direktoratet for naturforvaltning, Teknisk notat nr 1, 16s.
- Pethon, P. og L.P. Hansen 1990. Migration pattern of Atlantic salmon smolts *Salmo salar* L. released at different sites in the River Drammenselv, SE Norway. *Fauna Norv. Ser. A* 11: 17 –22
- Power, G. og G. Shooner 1966. Juvenile salmon in estuary and lower Nabisipi river and some results of tagging. *Can J Fish Aquat Sci* 23: 947 – 962
- Rieber-Mohn, G.F. 2002 Uttalelser til Drammens Tidendes internettutgave, 24.mai
- Smith, L.S. 1982. Decreased swimming performance as a necessary component of the smolt migration in salmon in the Columbia River. *Aquaculture* 28: 153-161
- Smith, R.J.F. 1985. The control of fish migration. Springer-Verlag, Berlin. 243s.
- Soleng, A. og T.A. Bakke 1997. Salinity tolerance of *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea): laboratory studies. *Can J Fish Aquat Sci* 54: 1837 –1845
- Soleng, A., T.A. Bakke og L.P. Hansen 1998. Potential for dispersal of *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea) by sea-running stages of the Atlantic salmon (*Salmo salar*): fields and laboratory studies. *Can J Fish Aquat Sci* 55: 507 –514
- Soleng, A og T.A. Bakke 1998. The susceptibility of three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*), nine-spined stickleback (*Pungitius pungitius*) and flounder (*Platichthys flesus*) to experimental infections with monogenean *Gyrodactylus salaris*.
- Soleng, A., P.A. Jansen og T.A Bakke 1999. Transmission of the monogenean *Gyrodactylus salaris*. *Folia Parasitol* 45: 179 – 184
- Stensli, J.H. 1996. Rotenonbehandling av vassdragene rundt Ranafjorden og Sørfjorden - utredning. Fylkesmannen i Nordland. s.49
- Vose, D. 2000. Risk analysis. A quantitative guide. 2nd Ed. John Wiley & Sons, Chichester. 418 s.
- Økland, F., E. Thorstad, B. Finstad og R. Scott McKinley 2002. Estimating sea lice infestation on Atlantic salmon and sea trout smolts in a Norwegian fjord. Poster ved AquaNet II, Second Research Conference and Annual Meeting of AquaNet i New Brunswick, Canada, 14.-17. September