

# Rapport

## En vurdering av risiko for spredning av *Gyrodactylus salaris* knyttet til ulike potensielle smitteveier

Peder A. Jansen  
Helga R. Høgåsen  
Edgar Brun

Til Vitenskapskomiteen for mattrygghet  
Fra Veterinærinstituttet  
Dato 20.05.2005



**Veterinærinstituttet**  
National Veterinary Institute

## Forord

Veterinærinstituttet har hatt i oppdrag fra Vitenskapskomiteen for mattrygghet å vurdere risikoen for spredning av *Gyrodactylus salaris* i tilknytning til ulike potensielle spredningsveier. Vurderingen er gjort med hjelp fra ulike fagmiljø og eksperter. Arbeidet ble gjennomført med relativt korte tidsfrister. Det var derfor begrenset hvor bredt vi kunne gå ut for hente inn fagekspertise, og hvor dypt vi kunne gå inn i alle problemstillingene som er belyst. Vi ønsker spesielt å takke Tor A. Bakke, Åge Brabrand og Kjetil Olstad, Zoologisk Museum, Universitet i Oslo, og Tore Håstein Atle Lillehaug, Tor Atle Mo, for konstruktive kommentarer og innspill til arbeidet. Endelig vil vi takke Hanne Mari Jordsmyr for utforming av layout på rapporten.

## Innhold

Forord .....	2
Innhold .....	3
Sammendrag .....	4
Bakgrunn.....	4
Metode .....	5
Kortfattet om systematikk, livssyklus og utbredelse til <i>Gyrodactylus salaris</i> .....	6
Spredning av <i>Gyrodactylus salaris</i> i Norge .....	8
Risiko for spredning av <i>Gyrodactulus salaris</i> via ulike potensielle spredningsveier .....	10
Rangering av de ulike faktorer som er involvert i smittespredning .....	16
Referanser .....	17
Vedlegg 1: Kvantifisering av konsentrasjonen av <i>Gyrodactylus salaris</i> i et infisert vassdrag .....	19

## Sammendrag

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag fra Vitenskapskomiteen for mattrygghet, etter forespørsel fra Mattilsynet om en vurdering av potensielle smitteveier for *G. salaris*. Vi har i hovedsak gjort en kvalitativ analyse av risiko for spredning av *G. salaris* til nye vassdrag i Norge, men med islag av kvantitative beregninger for enkelte hendelser. Vurderingene er gjort for 7 ulike smitteveier der gitte hendelsesforløp vil føre til spredning. De ulike smitteveiene er rangert etter vurdert risiko, der forventet hyppighet av hendelsesforløp som vil spre *G. salaris* til nye vassdrag og konsekvenser av slik spredning utgjør vurderingsgrunnlaget. Følgende vurderinger ble konkludert:

Forventet hyppighet av et hendelsesforløp med spredning av *G. salaris* til nye vassdrag med vandring av infisert fisk i brakkvann er vurdert til **moderat vanlig til vanlig (omtrent hvert 4. til hvert 2. år)**. Konsekvensen av en slik spredning anser vi som **alvorlig**, siden den primært vil være til mindre vassdrag innen et allerede smittet område.

Forventet hyppighet av et hendelsesforløp med spredning av *G. salaris* fra infiserte anlegg er vurdert til **sjelden til moderat vanlig (omtrent hvert 10. til hvert 4. år)**. Konsekvensen av slik spredning anser vi som **svært alvorlig**, siden den gjerne kan være over store avstander til nye regioner.

På bakgrunn av økt kunnskapsnivå, og erfaring med forvaltning og håndtering av problemene med *G. salaris* er forventet hyppighet av et hendelsesforløp der *G. salaris* spres til nye vassdrag med utsetting av infisert fisk vurdert til **sjelden (omtrent hvert 10. år)**. Konsekvensen av et slikt hendelsesforløp anser vi som **svært alvorlig** siden kultivering stor sett foregår i store viktige laksevassdrag, og at slik spredning gjerne kan være til nye regioner.

Forventet hyppighet av et hendelsesforløp med spredning av frie *G. salaris* med utstyr som har vært i kontakt med infisert fisk er vurdert til **svært sjelden til sjelden (omtrent hvert 100. til hvert 10. år)**. Konsekvensen av en slik spredning anser vi som **alvorlig til svært alvorlig**, siden den i første rekke vil skje lokalt, men da gjerne til større vassdrag med hyppige besøk. Vi anser at bruk av hover og garn som redskap utgjør den største risikoen for dette spredningsforløpet.

Forventet hyppighet av uforutsigbare menneskelige aktiviteter, som for eksempel at bevisst handling skal spre *G. salaris* til nye vassdrag er vurdert til **svært sjelden**. Konsekvensene kan imidlertid være **svært alvorlige**.

Forventet hyppighet av et hendelsesforløp med spredning av frie *G. salaris* med vann er vurdert til **svært sjelden**. Denne konklusjonen baserer seg primært på kvantitative beregninger av sannsynligheten for å finne infektive *G. salaris* i gitte volum med vann fra infiserte vassdrag. Konsekvensen av en slik spredning anser vi som **alvorlig til svært alvorlig**, siden den primært vil skje lokalt, men gjerne til større vassdrag med hyppige besøk av for eksempel av sportsfiskere. Det presiseres at konklusjonen forutsetter at utstyret ikke har vært i kontakt med infisert fisk.

Forventet hyppighet av et hendelsesforløp med naturlig spredning av *G. salaris* med andre arter enn anadrom laksefisk er vurdert til **svært sjelden**. Konsekvensen av en slik spredning anser vi som **alvorlig**, siden slike hendelsesforløp først og fremst har lokal risiko.

Den akkumulerte forventete hyppigheten for at nye vassdrag skal infiseres med *G. salaris* for alle de skisserte smitteveiene tilsvarer en forventning om at ett nytt vassdrag vil infiseres med *G. salaris* hvert år til annethvert år. Dette tilsvarer omtrent hyppigheten av påvisninger i nye vassdrag ut i fra de senere års erfaring. Endrete forvaltningsrutiner og tiltak, overvåkningsinnsats, og driftsrutiner ved fiskeanlegg i ferskvann, vil kunne påvirke dette bildet.

## Bakgrunn

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag fra Vitenskapskomiteen for mattrygghet, etter forespørsel fra Mattilsynet (brev av 15.02.2005) om en vurdering av potensielle smitteveier for *G. salaris*. Mattilsynet viser i sitt brev til at de fleste *G. salaris* infiserte vassdragene i Norge er smittet via infisert fisk, men at parasitten også kan spres med infisert vann i beholdere eller båter, eller på utstyr som har vært i kontakt med infisert fisk som garn, håver og vadebukser. Endelig vises det til at det også er mulig at fiskeutstyr

som fluer, liner, sluker, stenger osv. kan spre parasitten. På denne bakgrunn ønsker Mattilsynet utredet betydningen av mulige smitteveier for *G. salaris* basert på eksisterende kunnskap, og der sannsynligheten for overføring av smitte mellom vassdrag med ulike smitteveier rangeres.

Følgende smitteveier er vurdert, og rangert etter forventet hyppighet av hendelsesforløp som vil spre *G. salaris* til nye vassdrag, i denne rapporten:

- Utsetting av *G. salaris* infisert fisk.
- Spredning av *G. salaris* med vandring av fisk i brakkvann.
- Spredning av *G. salaris* fra infiserte fiskeanlegg.
- Spredning av frie *G. salaris* med vann.
- Spredning av frie *G. salaris* med utstyr som har vært i kontakt med infisert fisk.
- Spredning av *G. salaris* gjennom uforutsigbar menneskelig aktivitet.
- Naturlig spredning av *G. salaris* med andre arter enn anadrom laksefisk.

## Metode

Vi har i hovedsak gjort en kvalitativ analyse av risiko for spredning av *G. salaris* til nye vassdrag i Norge, men med islag av kvantitative beregninger for enkelte hendelser. Til grunn for analysen ligger samlet aktuell litteratur og ekspertuttalelser.

Vurderingene som er gjort er basert på hendelsesforløp som vil resultere i *G. salaris* spredning. Forventning om hyppighet av slike hendelsesforløp er beskrevet med en terminologi gitt i Tabell 1. Vi har også anslått omtrentlig forventet hyppighet på årlig basis. Disse anslagene er gjort med utgangspunkt i antall påvisninger av *G. salaris* i nye vassdrag i Norge i løpet av siste tiårsperiode (Fig. 3).

Tabell 1. Beskrivelse av terminologi og tilsvarende omtrentlig forventet hyppighet av hendelsesforløp som vil føre til spredning av *G. salaris* til nye vassdrag.

Terminologi	Forventet hyppighet av spredning
Vanlig	hvert 2. år
Moderat vanlig	hvert 4. år
Sjelden	hvert 10. år
Svært sjelden	hvert 100. år eller sjeldnere

Disse subjektive vurderingene er usikre for mange av de beskrevne hendelsene, men de tjener sin hensikt ved vurderingen av ulike spredningsveier mot hverandre. Valøren gitt enkelte hendelser må også forventes å endres etter hvert som kunnskapstilfanget øker, eller dersom aktuelt regelverk og aktuelle forvaltningsmessige eller driftsmessige rutiner endres.

Konsekvensene av *G. salaris* spredning er vurdert som **alvorlig** dersom hendelsesforløp forårsaker lokal spredning til mindre vassdrag, og **svært alvorlig** dersom hendelsene medfører spredning av *G. salaris* til vassdrag i nye regioner eller til store viktige laksevassdrag.

Et begrep som brukes gjennomgående i analysen er "mottagelige verter". Med dette menes i første rekke norsk Atlantisk laks. Annen laksefisk kan også være mottagelige for *G. salaris* infeksjon, og vil kunne bidra til spredning av parasitten (Jansen m.fl. 1996). For å etablere *G. salaris* infeksjoner i ville fiskebestander går vi allikevel her ut i fra at dette kun er aktuelt for laks i Norge.

## Kortfattet om systematikk, livssyklus og utbredelse til *Gyrodactylus salaris*

Systematisk tilhører haptormarken *Gyrodactylus salaris* familien Gyrodactylidae innen orden Gyrodactyloidea. Klassen haptormark (Monogenea) er en av fire klasser i rekken flatmark (Smidt & Roberts 1985). Det norske navnet haptormark skrives fra det bakre fastheftingsorganet, opisthaptoren, med klemmeskåler, kroker, haker og andre harde deler som er viktige for dyrets evne til å feste seg på verten. Haptormarkene er parasitter på vannlevende dyr, de fleste på fisk, og de lever vanligvis på vertsdyrets hud eller gjeller. Ifølge Bakke m.fl. (2002) er det beskrevet i overkant av 400 arter innen slekten *Gyrodactylus*, og de lister opp 29 arter som er funnet på fisk innen laksefamilien.

*Gyrodactylus* er små, mindre enn 1 mm lange, og gjennomsiktige parasitter som gjerne blir oversett dersom man ikke leter spesielt etter dem. De har en enkel livssyklus. De blir født fullt utviklet og fester seg omgående på samme vert som mordyret. De har ingen spesialiserte spredningsstadier. Hele livssyklus kan gjennomføres på en og samme vertsfisk. Samtidig har *Gyrodactylus* et enestående reproduksjonssystem. Ved fødsel er *Gyrodactylus* høygravid, og inni fosteret er det anlegg til enda et foster under utvikling som har anlegg til nok et foster inni seg. Disse fostrene inni hverandre kan i prinsippet utgjøre en uendelig rekke av kloner av hverandre. Fordi det største fosteret har kommet langt i sin utvikling når mordyret blir født, går det relativt kort tid fra en parasitt fødes til denne selv føder sitt første avkom. Ung alder ved første fødsel har stor betydning for *Gyrodactylus* sitt potensial for populasjonsvekst.

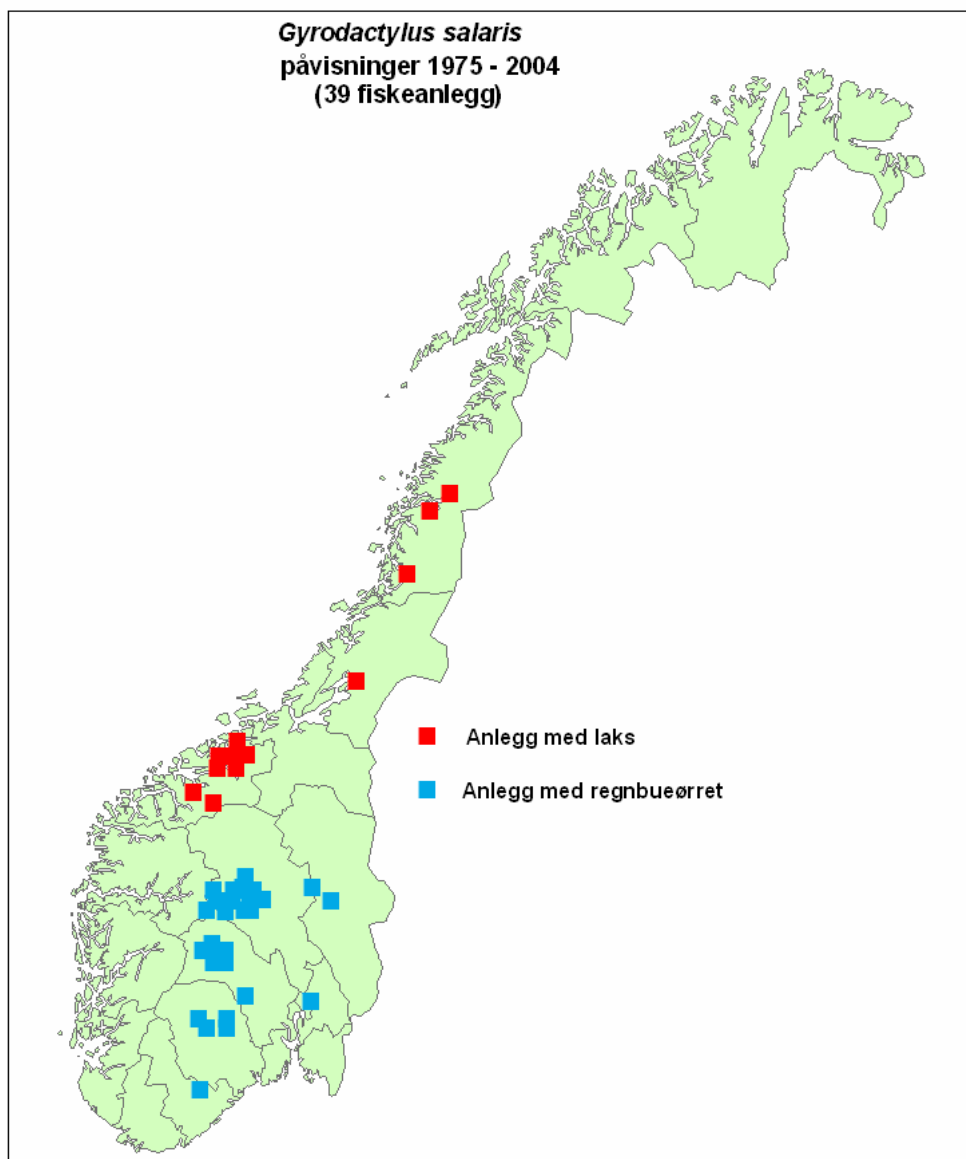
*Gyrodactylus salaris* har blitt observert å kunne føde maksimalt 4 unger, og der hver av disse har fostre inni seg slik som den førstefødte. For en nærmere beskrivelse av opphavet til disse, se Jansen m.fl. (1996).

Alle livsprosessene til *G. salaris* er sterkt influert av vanntemperatur. Jo varmere vann inntil 20 °C, desto kortere tid går det mellom hver fødsel. Samtidig går forventet levetid ned med økende vanntemperatur. På bakgrunn av *G. salaris* fødselsrater og dødsrater ved ulike vanntemperaturer, beregnet Jansen & Bakke (1991) parasittens potensial for populasjonsvekst. Det ble funnet at *G. salaris* populasjoner maksimalt kunne fordobles i antall hver 3. - 4. dag i vanntemperaturer fra 13 - 19 °C. Under slike forhold kan én parasitt tenkes å bli opphav til en populasjon på rundt 1000 parasitter på én måned. I kaldere vann reduseres populasjonsveksten vesentlig.

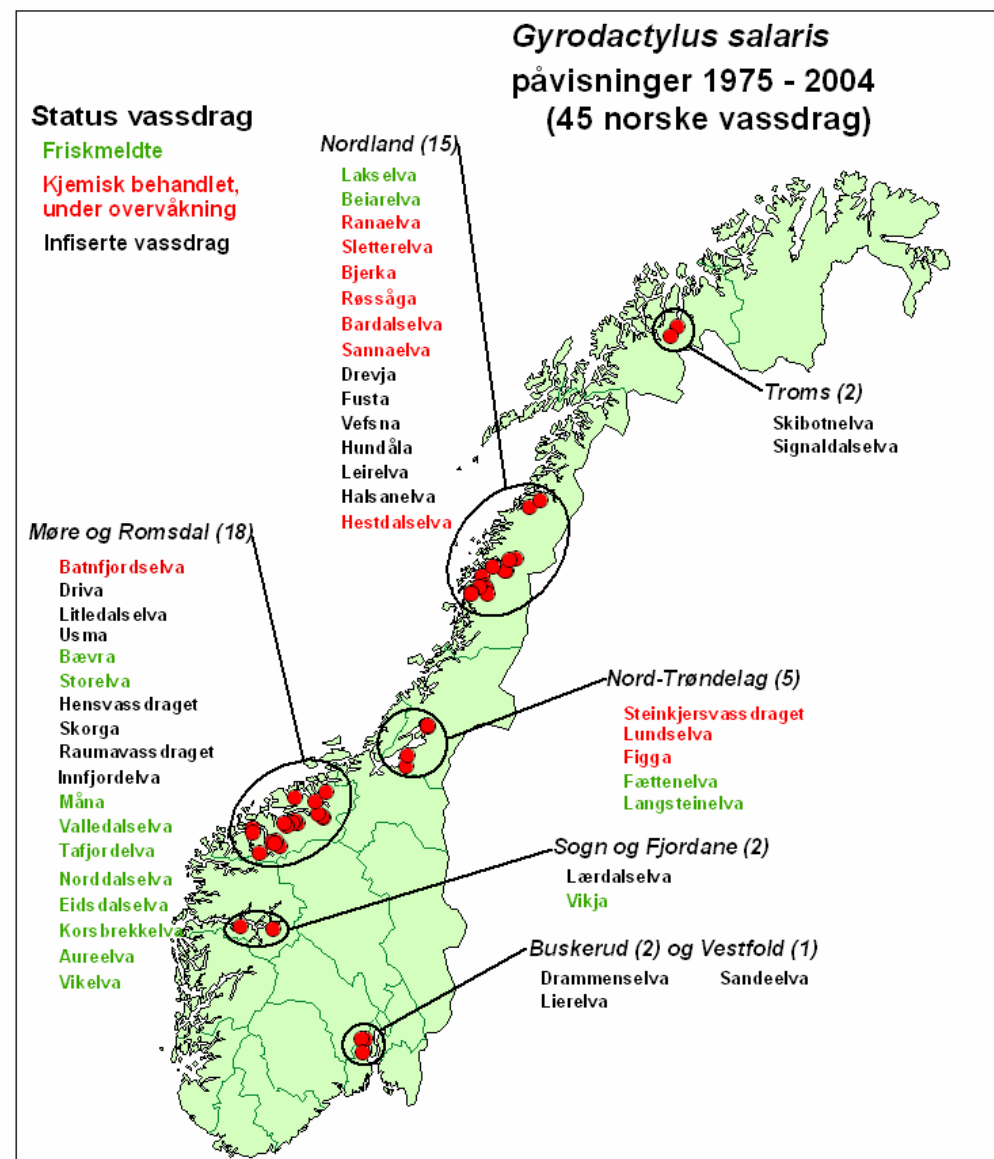
*Gyrodactylus salaris* har blitt påvist i 39 fiskeanlegg i Norge i perioden 1975 - 2003, hvorav 13 anlegg er settefisk-anlegg for laks og 26 anlegg er settefisk- eller matfisk-anlegg for produksjon av regnbueørret i ferskvann. Ved utgangen av 2003 er *G. salaris* bekreftet utryddet fra alle fiskeanlegg der infeksjon har vært påvist (Mo & Nordheim 2004). Settefisk-anleggene for laks ligger på kysten fra Møre og Romsdal til Nordland. Anleggene for produksjon av regnbueørret i ferskvann ligger i de sørøstre deler av Norge (Fig. 1).

*Gyrodactylus salaris* har blitt påvist i 45 norske vassdrag i perioden 1975 - 2004 (Mo & Nordheim 2005). Innen utgangen av 2004 er i alt 15 vassdrag friskmeldte, 11 vassdrag er under overvåking etter kjemisk behandling og 19 vassdrag er infisert med *G. salaris* (Mo & Nordheim 2005). Infiserte vassdrag finnes i regioner over det meste av landet fra Troms til Østlandet. Innen regionene er de infiserte vassdragene tydelig gruppert, slik at nabovassdrag med utløp i samme fjorsystem gjerne er infisert (Fig. 2).

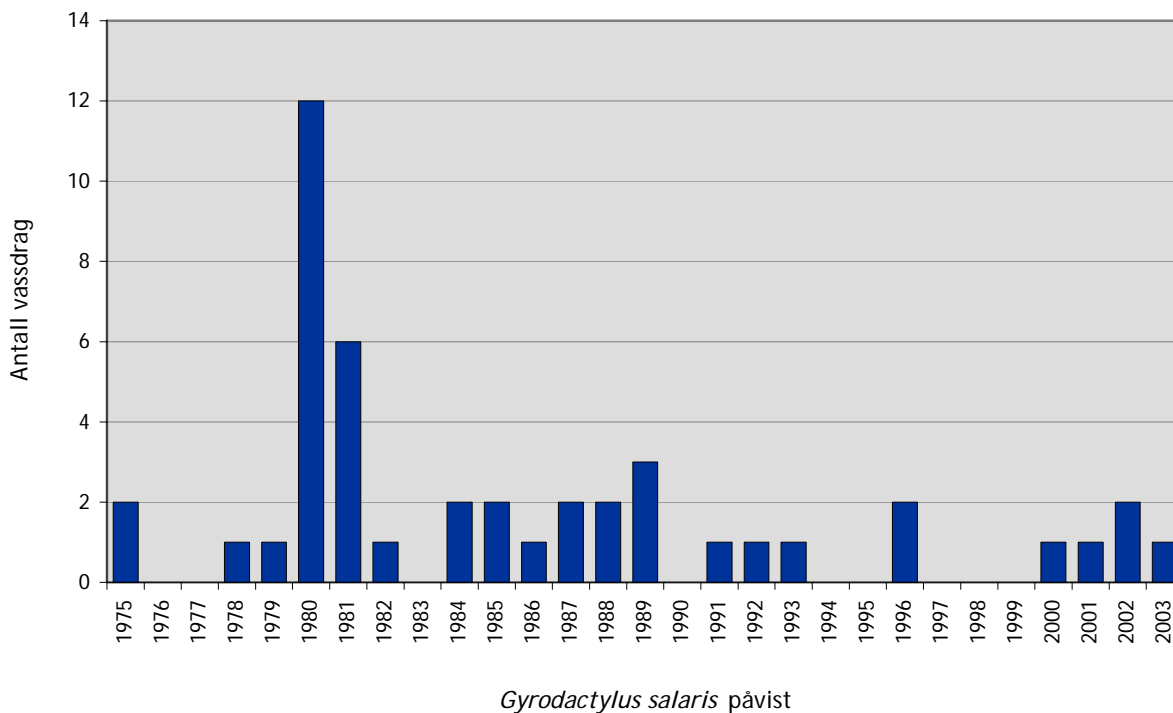
Påvisning av *G. salaris* i nye norske vassdrag viste en klar topp i årene 1980 og 1981 (Fig. 3), da parasitten ble funnet i henholdsvis 12 og 6 nye vassdrag. Dette henger sammen med at det ble igangsatt regionale undersøkelser av vassdrag i regi av Gyrodactylusutvalget, som ble nedsatt av Direktoratet for vilt og ferskvannfisk i 1980. Mer enn 10 000 laksunger fra ca. 150 elver ble undersøkt for *G. salaris* i disse årene (Johnsen m.fl. 1999).



Figur 1. Påvisning av *Gyrodactylus salaris* i fiskeanlegg i Norge.



Figur 2. Påvisning av *Gyrodactylus salaris* i vassdrag i Norge.



Figur 3. Årlige antall nye vassdrag der *G. salaris* er påvist i Norge.

I løpet 22 år (1982 - 2003) er *G. salaris* påvist i 23 nye vassdrag, i et relativt jevnt antall varierende mellom 0 og 3 nye vassdrag årlig.

## Spredning av *Gyrodactylus salaris* i Norge

*Gyrodactylus salaris* kan ikke svømme, slik at infeksjon av en ny vert betinger nær kontakt mellom parasitt og vert. Dette kan skje ved at uinfisert fisk kommer i kontakt med infisert levende eller død fisk, eller ved at uinfisert fisk kommer i kontakt med frie parasitter drivende i vannsøylen eller på substratet (Bakke m.fl. 1992).

Ved introduksjon av *G. salaris* i nye norske vassdrag er erfaringen at parasitten raskt koloniserer hele den lakseførende strekningen. Johnsen m.fl. (1999) viser til data fra 6 store norske laksevassdrag som tyder på at lakseførende strekninger i disse ble kolonisert av *G. salaris* i løpet av 1 - 3 år etter introduksjon. Det er også et særtrekk for norske vassdrag at *G. salaris*-infeksjon raskt utvikler seg til en epidemi, med store tettheter av parasitter på praktisk talt alle laksunger (Johnsen m.fl. 1999). Høy spredningshastighet innen vassdrag har åpenbart sammenheng med parasittens høye reproduksjonshastighet, og at norske laksunger ikke evner å bremse utviklingen av parasittpopulasjonene i tilstrekkelig grad gjennom mobilisering av resistens.

I tillegg til stort smittepress gjennom laksunger, er det sannsynliggjort at voksen oppvandrende laks sprer *G. salaris* oppstrøms, og at dette særlig kan bidra til spredning over hindre som forseres av voksen, men ikke juvenil laks (Johnsen m.fl. 1999). *Gyrodactylus salaris* er funnet vanlig forekommende på finner av voksen laks i ferskvann (Soleng m.fl. 1998).

Det er verd å bemerke at smittepresset knyttet til videre spredning av *G. salaris* fra et infisert vassdrag kan bli særlig stort i de første årene etter introduksjon av parasitten, da man fremdeles kan ha tette bestander av laksunger og at disse hver seg har intense infeksjoner med *G. salaris*.



Johnsen m.fl. (1999) oppsummerer status for 40 norske vassdrag som hadde fått påvist *G. salaris* ved inngangen til 2000, og for hvert vassdrag er sannsynlig opphav til infeksjon vurdert. Etter år 2000 er *G. salaris* påvist på laks i ytterligere 5 vassdrag.

I 2000 ble parasitten påvist i Signaldalselva i Troms. Knutsen m.fl. (2003) påpeker at smitteveien til Signaldalselva er ukjent. Signaldalselva munner imidlertid ut innerst i Storfjorden bare ca. 20 km fra utløpet Skibotnelva, som har vært *G. salaris* infisert siden 1979. Den mest sannsynlige spredningsveien til Signaldalselva ble derfor vurdert til å være vandring av infisert fisk i brakkvannslag.

I 2001 ble *G. salaris* påvist i Lundselva i Nord-Trøndelag. Lundselva renner ut i Beitstadfjorden mindre enn 5 km fra utløpet av de infiserte elvene Ognå og Figga. Spredning til Lundselva kan dermed forklares med vandring av infisert fisk i brakkvann (Mo & Nordheim 2002).

I 2002 ble *G. salaris* påvist i to nye vassdrag i Nordland, Halsanelva og Hestdalselva. Disse har utløp i samme estuarium slik at introduksjon av parasitten til det ene vassdraget gjerne kan ha spredt seg til det andre vassdraget. Utløpet av Halsanelva og Hestdalselva ligger i ytre fjordstrøk i Vefsnfjorden, og bortimot 40 km sjøvei til nærmeste *G. salaris* infiserte vassdrag, Hundåla. I følge Mo & Nordheim (2003) er det tvilsomt om *G. salaris* spredning over slike avstander i ytre fjordstrøk med relativt høye saltholdigheter kan forekomme. Ny introduksjon til disse vassdragene er i det videre vurdert som ett tilfelle med ukjent spredningsvei og ett tilfelle av spredning med vandring av infisert fisk i brakkvann

I 2003 ble *G. salaris* påvist i Sandeelva i Vestfold. Risikoen for spredning av *G. salaris* fra Drammensvassdraget til Sandeelva ble vurdert i en omfattende kvantitativ analyse foretatt før parasitten ble påvist i Sandeelva (Høgåsen & Brun 2003). Man kom da til at det var betydelig risiko (årlig risiko på 31 %) for at smittet laksesmolt fra Drammensvassdraget skulle svømme opp i Sandeelva. *Gyrodactylus salaris* i Sandeelva har derfor sannsynlig opphav gjennom vandring av infisert smolt i brakkvann.

På denne bakgrunn er sannsynlig opphav for *G. salaris* smitte i 45 norske vassdrag sammenfattet i Tabell 2.

Tabell 2. Sammenfatning av sannsynlig opphav til *G. salaris* i 45 norske vassdrag, etter Johnsen m.fl. (1999) og egne vurderinger av 5 nye introduksjoner etter 2000.

Sannsynlig opphav til <i>G. salaris</i> infeksjon i vassdrag	Antall vassdrag
Utsetting av fisk fra infiserte fiskeanlegg	9
Vandring av infisert fisk i brakkvann	24
Infisert fiskeanlegg med tilknytning til vassdraget	7
Fisketransport fra Sverige skiftet vann og kan ha skylt ut død/døende fisk	1
Ukjent spredningsvei	4
<b>Sum</b>	<b>45</b>

Ut i fra Tabell 2 er det tydelig at opphavet til *G. salaris* infeksjoner i norske vassdrag vesentlig er knyttet til spredning med fisk.

## Risiko for spredning av *Gyrodactylus salaris* via ulike potensielle spredningsveier

### Utsetting av *Gyrodactylus salaris* infisert fisk

Johnsen & Jensen (1986) grupperte smittede norske vassdrag inn i 14 smitteregioner, og etablerte sammenhengen mellom utsetting av infisert fisk og den tidlige spredningen av *G. salaris* i norske vassdrag. Dette er videre oppsummert av Johnsen & Jensen (1991). På bakgrunn av informasjon fremskaffet av det tidligere Gyrodactylusutvalget ble det klart at leveranser av fisk fra *G. salaris* infiserte fiskeanlegg var levert til minst en elv i 11 av 14 regioner. I en senere kritisk gjennomgang av *G. salaris* biogeografi og epidemiologi i Norge konkluderte Halvorsen & Hartvigsen (1989) med at sammenhengen mellom utsetting av fisk fra infiserte anlegg og utbredelse av *G. salaris* i Norge var signifikant.

Fremdeles i dag avspeiler disse 11 smitteregionene hovedutbredelsen til *G. salaris* i norske vassdrag. Utsetting av fisk fra infiserte anlegg er til nå den best dokumenterte spredningsveien for *G. salaris*. Dersom infiserte laksunger settes ut i en uinfisert lakspopulasjon spres parasitten med nær 100 % sannsynlighet. Denne sannsynligheten minker ikke vesentlig om det skulle være snakk om én laksunge infisert med én levende *G. salaris*.

Spredning av *G. salaris* med utsetting av infisert fisk har skjedd i forbindelse med kultivering, og i tiden før de fatale følgene av denne parasitten i Norge var kjent. Større bevissthet og høyere kunnskapsnivå om *G. salaris*, og erfaringer med forvaltning og håndtering av problemene med denne parasitten, har endret regelverk og driftsrutiner i forhold til tidligere. På denne bakgrunn vurderes hyppigheten av et hendelsesforløp der *G. salaris* spres til nye vassdrag med utsetting av infisert fisk til sjelden. Konsekvensen av et slikt hendelsesforløp anser vi som **svært alvorlig** siden kultivering stort sett foregår i store viktige laksevassdrag, og at distribusjon av fisk fra kultiveringsanlegg kan skje til uinfiserte regioner.

### Spredning av *Gyrodactylus salaris* med vandring av fisk i brakkvann

Soleng og Bakke (1995) foretok en grundig utredning av spredningspotensiale til *G. salaris* i tilknytning til parasittens saltholdighets-toleranse. Parasitten er i stand til å reprodusere etter opphold både i brakkvann og sjøvann, og den er i stand til å smitte mellom fisk i brakkvann med opptil 20 % saltholdighet. Dette sammenholdt med stratifisering av vannlag i norske fjorder, der vann med lav saltholdighet sjiktes øverst i vannsøylen, sannsynliggjør muligheten for spredning av *G. salaris* med vandrende fisk i brakkvann (Soleng og Bakke 1995).

Laksunger med *G. salaris* infeksjon er observert mer enn 25 km fra munningen av nærmeste infiserte vassdrag (Soleng m.fl. 1998). Det er også dokumentert fjordvandring hos presmolt laksunger, og forfatterne antyder en mulig spredning av *G. salaris* på denne måten (Lund & Heggberget 1992).

Johnsen m.fl. (1999) redegjør for geografiske avstander mellom infiserte vassdrag i ulike fjordsystem, og tidspunkt for når parasitten ble påvist i vassdragene. Redegjørelsen viser et tydelig mønster med spredning ut ifra vassdrag med tidlig påvisning av *G. salaris*, først til de nærmeste nabovassdragene, og senere suksessivt til vassdrag lenger unna. Alle de aktuelle fjordsystemene har store konsentrasjoner av ferskvann om våren under snøsmeltingsperioden (Johnsen m.fl. 1999).

I sum er dette sterke indisier på at spredning med vandrende fisk i brakkvann er opphavet til *G. salaris* i de fleste infiserte vassdragene i Norge. Denne formen for spredning er imidlertid lokal, avgrenset av distanse og saltholdighet. Med disse begrensningene har denne spredningsveien hatt mindre betydning enn utsetting av *G. salaris* infisert fisk for den nasjonale utbredelsen av *G. salaris*.

Vi vil allikevel hevde at den største risikoen for spredning av *G. salaris* til nye vassdrag er knyttet til vandring av fisk i brakkvann. Ekstreme flomsituasjoner kan tenkes åpne for spredning over avstander vi til nå ikke har sett. Videre vil suksessiv forflytning til nye vassdrag vil kunne bidra til at stadig nye vassdrag kommer innenfor spredningsdistansen av parasitten gjennom vandring av infisert fisk i brakkvannslag.

På denne bakgrunn anser vi at hyppigheten av et hendelsesforløp med spredning av *G. salaris* til nye vassdrag med vandring av infisert fisk i brakkvann vil være **moderat vanlig til vanlig**. Konsekvensen av en slik spredning anser vi som **alvorlig**, siden spredningen gjerne vil være til mindre vassdrag i allerede smittede områder.

## Spredning av *Gyrodactylus salaris* fra infiserte fiskeanlegg

Johnsen m.fl. (1999) lister opp 7 vassdrag (medregnet Lierelva) der det er påvist *G. salaris* i fiskeanlegg ved eller i nedslagsfeltet til vassdragene, slik at opphavet til *G. salaris* i disse vassdragene sannsynligvis er spredning fra anleggene. For de fleste av disse anleggene er det også sannsynliggjort at *G. salaris* har kommet inn i anleggene med inntak av fisk, enten ved import av levende fisk fra Sverige eller fra andre infiserte anlegg.

For to anlegg med tilknytning til Storelva og Bævra i Møre og Romsdal er imidlertid opphavet til påviste *G. salaris* infeksjoner usikre (Johnsen m.fl. 1999). Dette gjelder også for mange av påvisningene av *G. salaris* i fiskeanlegg i Norge, men der parasitten tilsynelatende ikke har blitt spredt videre. Senest i 2002 ble *G. salaris* påvist i 3 nye fiskeanlegg i Nordland (Mo & Nordheim 2003). To av disse ligger i nærheten av infiserte vassdrag slik at *G. salaris* på en eller annen måte kan ha kommet inn i anleggene fra disse. Det tredje anlegget hadde fått tilsendt fisk fra ett av de andre to (Mo m.fl. 2004). Anlegget som angivelig fikk tilsendt smittet fisk lå mer enn 10 mil unna opphavs-anlegget, og i en region uten *G. salaris* infeksjon i vassdrag.

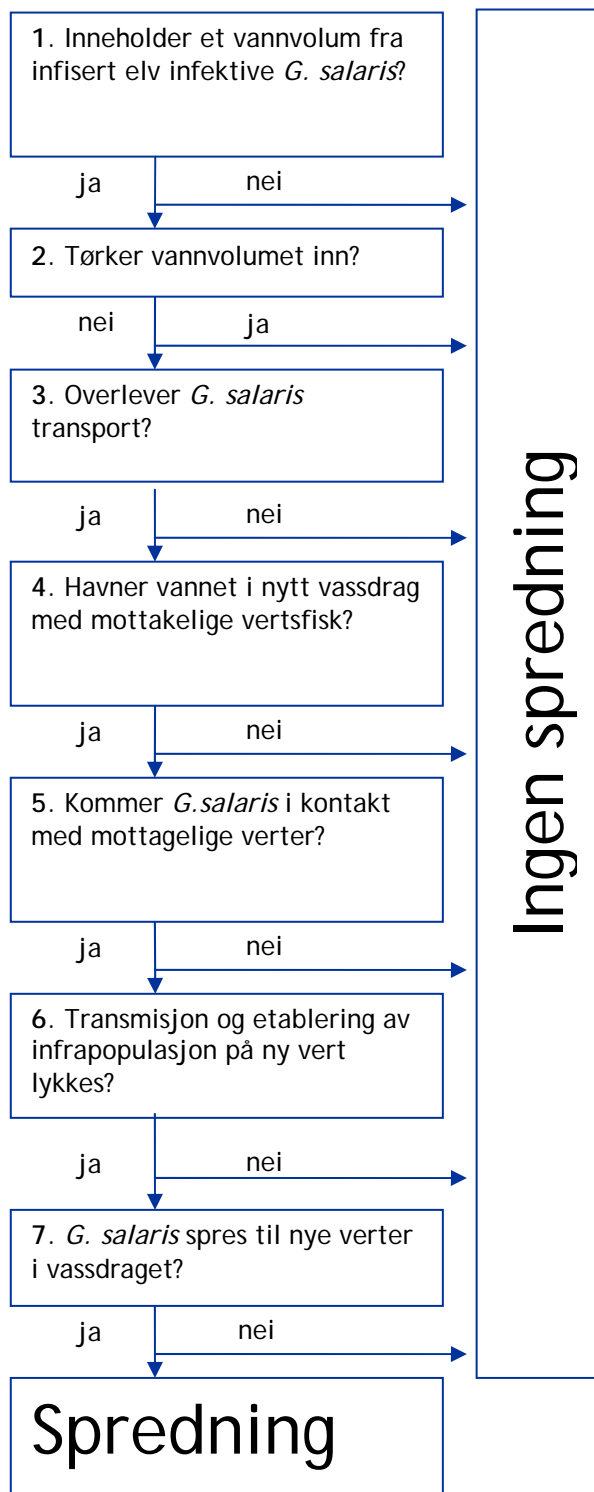
Nye påvisninger av *G. salaris* infeksjoner uten kjent opphav i fiskeanlegg, og rutiner som omfatter forsendelser av fisk mellom anlegg for oppdrett av laksefisk i ferskvann, antyder en klar risiko for spredning av *G. salaris* fra fiskeanlegg med ferskvannsdrift. Overvåkningsinnsatsen i fiskeanlegg i ferskvann har ligget på mellom 32 og 86 årlige prøvetatte anlegg fra 2001 - 2004 (Mo & Nordheim 2002, 2003, 2004, 2005), av flere enn 550 oppdrettsanlegg for laksefisk i ferskvann registrert i Fiskeridirektoratets Havbruksregister. Dette viser at oversikten over forekomst og utbredelse av *G. salaris* i fiskeanlegg er begrenset. En økt overvåkningsinnsats og bedrede rutiner for forsendelse til andre anlegg eller til direkte utsett, vil kunne redusere risikoen for spredning av *G. salaris* fra fiskeanlegg.

For at *G. salaris* skal spres til nytt vassdrag fra infiserte fiskeanlegg må først anlegget bli infisert. Deretter må enten fisk rømme fra anlegget til uinfisert vassdrag med mottagelige verter, eller mottagelige fisk i vassdraget må infiseres gjennom avløpsvann fra anlegget. Anlegg som produserer settefisk av laks eller produserer regnbueørret, og som ligger ved, eller i nedslagsfeltet til uinfiserte lakseførende vassdrag, kan i teorien forårsake slik spredning.

På denne bakgrunn er hyppigheten av et hendelsesforløp med spredning av *G. salaris* til nye vassdrag fra infiserte anlegg vurdert til **sjelden til moderat vanlig**. Konsekvensen av slik spredning anser vi som **svært alvorlig**, siden den gjerne kan være over store avstander til nye regioner. Sannsynligheten for dette hendelsesforløpet vil imidlertid avhenge av hvor godt aktuelle fiskeanlegg overvåkes for *G. salaris* infeksjon, og rutiner og regelverk for drift av fiskeanlegg i ferskvann, herunder med hensyn til forsendelser av levende fisk mellom slike anlegg.

## Spredning av frie *Gyrodactylus salaris* med vann

For spredning av *G. salaris* som ikke er fastheftet til fisk er det hensiktsmessig å dele inn mulighetene for spredning av frie parasitter i vann, og spredning gjennom utstyr som har vært i kontakt med smittet fisk. Forutsetningene for at *G. salaris* skal kunne spres med vann er skissert i hendelsestreet i Figur 4. For at spredning skal skje forutsettes at hendelsene i hvert steg følges av hverandre, slik at sannsynligheten for spredning er produktet av sannsynlighetene for riktig utfall i hvert ledd.



### Forklaring:

Smittespredning med vann betinger at vann med infektive *G. salaris* overføres til uinfisert vassdrag med mottagelige verter. Sannsynligheten for at vann skal inneholde infektive *G. salaris* vil avhenge av tettheten av parasitter i vannkilden og volumet med vann som flyttes.

Dersom vannvolumet tørker inn avverges smittespredning.

Infektive *G. salaris* må overleve transport. Dette vil avhenge av transporttid og vanntemperatur. Overlevelse av frie *G. salaris* er negativt korrelert med temperatur.

Vannet må havne i nytt vassdrag og dette vassdraget må ha en populasjon av mottagelige verter. Sannsynligheten for hendelsen vil avhenge av vannvolum.

Infektive *G. salaris* må komme i smittekontakt med mottagelige verter i nytt vassdrag. Dette vil avhenge av tettheten av slike verter i det nye vassdraget og antallet parasitter som slippes ut.

*G. salaris* må lykkes i å feste seg til ny vert dersom den kommer i smittekontakt. Den må også lykkes i å etablere en ny infrapopulasjon gjennom å føde avkom. Dette vil avhenge av parasittens alder og tilstand.

Endelig må *G. salaris* spre seg til nye mottagelige verter i det nye vassdraget.

Figur 4. Hendelsestre for spredning av frie *G. salaris* med vann, med forklaring av hvert steg.

#### Steg 1 - Inneholder et gitt vannvolum fra infisert elv infektive *G. salaris*?

Det er her gjort en kvantitativ analyse for å estimere konsentrasjonen av infektive parasitter i vann fra en smittet elv, og sannsynligheten for at en gitt mengde vann fra denne elva inneholder parasitter. For å ta hensyn til usikre momenter samt tilfeldig spredning av parasitter i vannmassen, er det utviklet en probabilistisk modell. Detaljer i modellen er gjengitt i vedlegg 1.

Analysen er gjort på bakgrunn av resultater fra et smitteforsøk gjennomført i Lierelva. Soleng m.fl. (1999) satte ut i alt 157 uinfiserte laksunger enkeltvis i små nettingbur i elva over et døgn. De små burene ble

hengt opp i vannmassene i taket på større nettingbur slik at forsøksfiskene var forhindret fra å komme i kontakt med infisert fisk i elva. Fisken ble da stående ca. 15 cm over elvebunnen der vanndybden var 60 cm. Vannstrømmen på forsøksstedet ble målt til 25 cm per sekund på overflaten, og vanntemperaturen i elva var 12 - 14 °C. Av forsøksfiskene ble i alt 10 laksunger infisert med én parasitt hver (Soleng m.fl. 1999).

Disse smitteforsøkene ble gjort i et elvestrekk med en tett bestand av *G. salaris* infiserte laksunger. Ved sammenligning av tetthetstall for laksunger i norske infiserte vassdrag tyder mye på at Lierelva er det vassdraget som har opprettholdt høyest tettheter av laksunger etter *G. salaris* introduksjon (se Johnsen m.fl. 1999). Forsøkene er også gjort om sommeren da infeksjonsintensiteten er på det høyeste (Jansen & Bakke 1993). Til sammen antyder dette at tettheten av *G. salaris* under forsøkene må karakteriseres som høye sammenlignet med en normalsituasjon i et *G. salaris* infisert norsk vassdrag.

De viktigste forutsetningene som er lagt til grunn i modellen er:

- Vannhastigheten forbi laksungene var ca 20 cm/s (intervall 15-25 cm/s).
- Infektive *G. salaris* som passerte laksungene nært nok ville feste seg til laksungen, gitt de angitte strømhastigheter og vanntemperatur. Nært nok er i modellen satt til en tilfeldig avstand mellom 0,5 og 1 mm.
- Volumet av vann innen 0,5 - 1 mm av fiskens overflate benevner vi for infektivt vannvolum, og dette volumet skiftes ut for hver fiskelengde vannstrømmen beveger seg.
- Sannsynligheten for å påvise *G. salaris* hos laksungene når disse fantes fastheftet var ca 95 % (intervall 90-100 %).

Resultatene av modellen tyder på at gjennomsnittskonsentrasjon av parasitter i Lierelva under forsøket var 0,13 *G. salaris* per m<sup>3</sup> vann (10<sup>3</sup> liter), med et 95 % konfidensintervall på [0,05;0,24]. Sannsynligheten for at en desiliter vann fra en slik elv inneholder minst en *G. salaris* er 0,001 %, eller ca en av 100 000. Tilsvarende verdier for 1 liter, 10 liter og 50 liter vann er angitt i Tabell 3.

Tabell 3. Sannsynlighet for at et gitt volum vann inneholder minst en infektiv *G. salaris*.

	Vannvolum (l)			
	0,1	1	10	50
Sannsynlighet	0.001 %	0.013 %	0.128 %	0.640 %

Ut i fra forutsetningene i modellen er det lite sannsynlig at et tilfeldig vannvolum fra et infisert vassdrag skal inneholde infektive *G. salaris*, med mindre det dreier seg om meget store volum. En av forutsetningene i modellen er at alle *G. salaris* som driver innen infektivt vannvolum av forsøksfiskene i Soleng m.fl. (1999) ville feste seg til fisken, dvs. 100 % sannsynlighet for fasthefting. Dette kan underestimere konsentrasjonen av infektive *G. salaris* i Lierelva, og vi kunne valgt å modellere ulik sannsynlighet for fasthefting av parasitter gitt at disse kom innen infektivt vannvolum. Samtidig vil en lavere sannsynlighet for fasthefting også kunne gjøre seg gjeldende som en lavere sannsynlighet for å etablere seg på en ny vert i et eventuelt nytt vassdrag, dersom man tenker seg at frie *G. salaris* overføres med vann. Det er derfor valgt å ikke modellere ulike sannsynligheter for fasthefting.

### Steg 2 - Tørker vannvolumet inn?

*Gyrodactylus salaris* vil dø dersom vannet de lever i tørker ut. Alt av utstyr som bevisst tørkes vil dermed eliminere spredningsrisikoen. Volumet med vann som skal til for å holde *G. salaris* levende er imidlertid usikkert, og dette vil være avhengig av temperatur. Det er ikke gjort forsøk som viser hvor lenge *G. salaris* overlever kun ved høy luftfuktighet.

Det kan ikke utelukkes at fiskeutstyr, annet redskap, båter, badetøy og lignende fremdeles kan være vått fra bruk i ett vassdrag til bruk i neste. Bevisstgjøring av brukere av *G. salaris* infiserte vassdrag med hensyn på tørking av utstyr/ redskap, synes som et fornuftig mål for å minske risikoen forbundet med gjentatt bruk i nye vassdrag.

### Steg 3 - Overlever *G. salaris* transport?

Overlevelse av infektive *G. salaris* under transport mellom vassdrag avhenger av transporttid og vanntemperatur. I forsøk gjort nylig rapporterer Olstad m.fl. (2005) at *G. salaris* overlever i opptil ett døgn som frie parasitter ved 18 °C, og at overlevelsen øker til opptil 4 døgn ved 3 °C vanntemperatur.

Med hensyn til temperaturrens betydning for utfallet av steg 3, så antar vi at aktuelle transporter av vann oftest vil skje på sommerstid og bestå av små vannvolum som raskt kan varmes opp. Således vil steg 3 virke betydelig begrensende for sannsynligheten for *G. salaris* spredning ved at de fleste parasittene vil dø etter relativt kort transporttid. Overlevelse i 1 - 4 døgn er allikevel innenfor mulige transporttider mellom infiserte og uinfiserte vassdrag. Korte transporttider mellom vassdrag vil imidlertid være knyttet til målrettet bruk av vassdrag, slik som av sportsfiskere, elvepadlere og campingturister.

#### Steg 4 - Havner vannet i nytt vassdrag med mottakelige vertsfisk?

Dette betinger at vann fra infisert vassdrag havner i et nytt uinfisert vassdrag med mottagelige verter. Som i steg 3 vil virksomhet knyttet til bruk av vassdrag kunne være den mest sannsynlige årsaken til slike hendelser. For sportsfiskere antar vi allikevel at hendelsene begrenses av informasjon om *G. salaris* smitterisiko fra infiserte vassdrag. For alle gruppene antar vi også sannsynligheten for at en hendelse skal inntreffe er avhengig av vannvolum, slik at det sjelden inntreffer at større vannvolum, si mer enn én liter vann, fra infiserte vassdrag havner direkte i uinfiserte vassdrag. Herunder antas det at båter, kajaker og kanoeer grovt sett tømmes for vann før transport til nytt vassdrag. Vannflasker fylt opp til drikke til dyr eller mennesker, eller til andre formål, har også vært nevnt som en mulighet. Dette kan ikke utelukkes, men vi anser at det må være sjelden at slikt vann fra infisert vassdrag havner direkte i uinfisert vassdrag.

I dette analysearbeidet har det ikke fremkommet noen systematisk virksomhet som kan tenkes å transportere store volum med vann fra infisert vassdrag til andre vassdrag. Vasking av veiskilt har vært diskutert som en mulighet, der tankbiler kan tenkes å fylle vann fra infiserte vassdrag. Det er imidlertid vanskelig å tenke seg at annet enn små volum av slikt vann vil kunne havne direkte i uinfiserte vassdrag med mottagelige verter.

På denne bakgrunn anser vi at hendelser der vannvolum på mer enn én liter fra infiserte vassdrag skal havne direkte i uinfiserte vassdrag med mottagelige verter vil være svært sjeldne. Hendelser der mindre vannvolum havner i uinfiserte vassdrag vil også være sjeldne, men jo mindre vannvolum jo oftere antar vi det kan skje.

#### Steg 5 - Kommer *G. salaris* i kontakt med mottagelige verter?

Dette betinger at frie *G. salaris* kommer i kontakt med mottagelige verter etter å ha havnet i uinfisert vassdrag. Sannsynligheten for at én enkelt *G. salaris* vil komme i smittekontakt vil avhenge av tettheten av mottagelige verter. Videre kan hver *G. salaris* som havner i uinfisert vassdrag ses på som uavhengige hendelser slik at sannsynligheten for at en parasitt kommer i smittekontakt med en mottagelig vert er lik den akkumulerte sannsynligheten for alle parasittene som havner vassdraget.

Det er vanskelig å tallfeste sannsynligheten for en hendelse i steg 5. Med normale tettheter av mottagelige verter antar vi allikevel at frie *G. salaris* ikke sjeldent kan komme i smittekontakt med en vertsfisk.

#### Steg 6 - Transmisjon og etablering av infrapopulasjon på ny vert lykkes?

Dette er en meget sannsynlig hendelse. Cable m.fl. (2000) rapporterte at omkring 60 % av *G. salaris* individene som ble overført eksperimentelt til norsk laks overlevde minst frem til å ha født et avkom. Vi antar her at en infrapopulasjon av *G. salaris* vil etableres på en laksunge dersom første parasitt på laksungen føder ett avkom.

#### Steg 7 - *G. salaris* spres til nye verter i vassdraget?

Vi antar at dersom en infrapopulasjon av *G. salaris* er etablert i et vassdrag, vil dette spre seg videre, forutsatt at vassdraget har en stabil populasjon av mottagelige verter. Med denne forutsetningen utelukkes vassdrag der bestander av mottagelige vertsfisk kun opptrer sporadisk.

Gjennomgangen av hendelsesforløpet som må til for å spre *G. salaris* med vann viser at sannsynligheten for slik spredning er svært liten. Den viktigste årsaken til dette er at sannsynligheten for at infektive *G. salaris* finnes i gitte volum med vann er liten, selv fra elvestrekk som har relativt tette parasitt-bestander. Dette kombinert med at flytting av større volum med vann fra infiserte til uinfiserte vassdrag vil være svært sjeldne hendelser, og at slik flytting må skje over begrensede tidsrom, medfører svært liten sannsynlighet for slik spredning.

Samtidig må det tas forbehold om at denne konklusjonen er basert på forutsetningen om at vann skal transporteres fra et vassdrag til et annet, og at det i vår analyse ikke har fremkommet noen systematisk virksomhet som tilsier annet enn at slike transporter vil omfatte små volum med vann. Tenker en vedvarende flytting av større volum med vann fra infisert til uinfisert vassdrag er situasjonen annerledes.

For eksempel viser Johnsen m.fl. (1999) til fiskeanlegg som har blitt infisert gjennom inntaksvann fra infisert vassdrag. I slike tilfeller vil det være snakk om store vannvolum med kort transporttid. Soleng m.fl. (1999) sitt forsøk viser også at infeksjon gjennom frie *G. salaris* i vann er mulig, men det krever normalt store vannvolum.

På denne bakgrunn anser vi at spredning av frie *G. salaris* med vann til nye vassdrag vil forekomme **svært sjelden**. Konsekvensen av en slik spredning anser vi som **alvorlig til svært alvorlig**, siden slik spredningen i første rekke vil skje lokalt, men gjerne til større vassdrag da disse er hyppigere besøkt, for eksempel av sportsfiskere. Det presiseres at konklusjonen forutsetter at utstyret ikke har vært i kontakt med infisert fisk.

Av virksomhet som har vært nevnt som potensielt smittespredende av frie *G. salaris* i vann er:

1. Sportsfiskeutstyr
2. Båter, kajaker, kanoer
3. Vasking av veiskilt
4. Badetøy, annet vått tøy og badeutstyr
5. Vannfly

### **Spredning av frie *Gyrodactylus salaris* med utstyr som har vært i kontakt med infisert fisk**

*Gyrodactylus salaris* sitter fastheftet til fiskens ytre hudlag. All kontakt med fisk som erfaringsmessig avsetter slim, ytre hudlag og skjell fra fisken vil samtidig kunne avsette *G. salaris*. I tillegg til at *G. salaris* kan følge med i slike avskrap, vil også parasitten kunne øke sin overlevelsestid i slikt medium. Olstad m.fl. (2004) fant at *G. salaris* lever omtrent dobbelt så lenge på døde laksunger enn som frie *G. salaris* i vann ved tilsvarende temperatur. I tillegg vil slim og hudavskrap fra fisk være mer bestandig mot uttørring enn rent vann.

Hover og garn er typiske redskaper som kommer i kontakt med fisk, og der det typisk avsettes slim og hudavskrap fra fisken. I tillegg til at det avsettes fiskehud og slim, er hover og garn ofte laget av materiale som holder godt på vann, og redskaper kan gjerne lagres i vanntette beholdere som bakker og plastposer mellom bruk. Dette øker sannsynligheten for at slik redskap fortsatt kan være vått ved bruk i nytt vassdrag. En mulig ytterligere risikofaktor ved slik redskap er at den har høy sannsynlighet for å komme i kontakt med fisk, både infisert fisk ved bruk i infisert vassdrag og uinfisert fisk ved eventuell påfølgende bruk i uinfisert vassdrag.

Ved fangst av fisk vil også alt som benyttes til lagring av fisken, for eksempel plastbakker, plastposer og lignende, kunne ha med seg *G. salaris* avsatt i slim og hudavskrap. Vasking av slikt utstyr i nytt vassdrag etter fangst i infisert vassdrag vil kunne spre *G. salaris*.

Ved fiske med båt vil slim og hudavskrap og fiskerester kunne avsettes særlig på dørken. Vasking av fiskerester og øsing av båt i nytt vassdrag etter å ha vært benyttet i infisert vassdrag representerer en spredningsrisiko på samme måte.

Likeledes vil sløying og vasking av laksefisk fanget i infisert vassdrag representere en spredningsrisiko, dersom dette foregår i nytt vassdrag.

Et spesialtilfelle som har vært diskutert i tilknytning til sportsfiske er bruken av filtsåler på vadere. Slike såler absorberer vann slik at de tørker sakte. Det er også mulig at slike såler kan komme i kontakt med død infisert fisk, eller at de plukker opp frie *G. salaris* fra bunnsubstratet.

Med hensyn til annet sportsfiske-redskap som fluer, sluker, dupper, søkker, snører, stenger, klepper, klær, fottøy og lignende anser vi at de vannvolum og eventuelle fiskerester som kan forventes å transporteres med dette er så minimale at sannsynligheten for at dette skal spre *G. salaris* kan neglisjeres.

Alle spredningsmulighetene som er diskutert i tilknytning til spredning av frie *G. salaris* gjennom utstyr som har vært i kontakt med fisk, handler om aktiviteter knyttet til sportsfiske. Vi antar at bevisstheten til laksefiskende sportsfiskere i forhold til risiko for spredning av *G. salaris* er høy. Med erfaringsmessig god informasjonsspredning til fiskere i *G. salaris* infiserte vassdrag antar vi at hendelser som medfører risiko for spredning av parasitten er sjeldne. For disse spredningsmulighetene gjelder for øvrig også forutsetningene i steg 2 - 7 i hendelsestreet (Fig. 4), men moderert slik at sannsynlighetene for riktig

utfall for spredning er høyere i flere ledd enn for spredning av frie parasitter med vann, jf. momentene over.

På denne bakgrunn anser vi at sannsynligheten for et hendelsesforløp med spredning av frie *G. salaris* til nye vassdrag med utstyr som har vært i kontakt med infisert fisk vil være **svært sjelden til sjelden**. Konsekvensen av en slik spredning anser vi som **alvorlig til svært alvorlig**, siden dette i første rekke vil skje lokalt, men da gjerne til større vassdrag som er hyppig besøkt, for eksempel av sportsfiskere. Vi anser at bruk av hover og garn som redskap vil utgjøre den største risikoen for dette spredningsforløpet.

### Naturlig spredning av *Gyrodactylus salaris* med andre arter enn anadrom laksefisk

I forbindelse med *G. salaris* infeksjon i Skibotnelva og senere Signaldalselva har det særlig vært diskutert muligheten for at fisk kan vandre over vannskillet fra Finland eller Sverige der *G. salaris* kan betraktes som endemisk. Spesielt har ferskvannstasjonær røye vært nevnt som en aktuell art siden *G. salaris* finnes på røye i de nevnte elvene. Samtidig er det ikke beskrevet funn av *G. salaris* over lakseførende strekninger i Skibotnelva eller i Signaldalselva. Inntil slik spredning er sannsynliggjort, anser vi at slike hendelsesforløp vil være neglisjerbare eller svært sjeldne. Hvis så ikke var tilfelle burde man forventet at *G. salaris* kom til Norge før 1975. Sannsynliggjøring av slik spredning kunne for eksempel være funn av etablerte *G. salaris* infeksjoner i bestander av innlandsfisk som er utenfor rekkevidde av anadrom laks, og som ved infeksjon av laks fører til ukontrollert populasjonsvekst av parasitten.

Andre fiskearter enn laksefisk har også vært diskutert som mulige spredere av *G. salaris*. Ål har spesielt vært nevnt siden de kan vandre noe avstand over land mellom vassdrag. Likeledes har ørekyt og stingsild vært nevnt ved at disse kan tenkes brukt som agnfisk. Mottakelighet for *G. salaris* infeksjoner på andre arter enn laksefisk, og overlevelse av parasitten på slike verter, er imidlertid lav (se for eksempel Jansen m.fl. 1996), slik at sannsynligheten for spredning med andre arter enn laksefisk må anses som svært liten.

Muligheten for spredning med pattedyr eller fugler har også blitt nevnt. Fiskespisende fugl som fanger infisert fisk og av en eller annen grunn mister denne i et uinfisert vassdrag vil kunne introdusere smitte. Dette må anses å være svært lite sannsynlig. At *G. salaris* på noen annen måte skulle spres med dyr, for eksempel gjennom våt pels eller våte fjær anser vi på lik måte, som svært lite sannsynlig.

På denne bakgrunn anser vi at sannsynligheten for et hendelsesforløp med naturlig spredning av *G. salaris* med andre arter enn anadrom laksefisk vil være **svært sjelden**. Konsekvensen av en slik spredning anser vi som **alvorlig**, siden slike hendelsesforløp først og fremst har lokal risiko.

### Spredning av *Gyrodactylus salaris* gjennom uforutsigbar menneskelig aktivitet

Av annen menneskelig aktivitet som har vært diskutert som mulig spredningsvei for *G. salaris* til nye vassdrag er bevisste handlinger. Dette var særlig diskutert i forbindelse med at *G. salaris* ble påvist igjen i Rauma tre år etter rotenonbehandling, der det fremgikk at en person ville "redde" harrstammen i elva ved å skjerme harr fra behandling i en isolert dam. Om dette hadde noen betydning for gjenpåvisning av parasitten er usikkert, men det viser at uforutsette handlinger kan ha betydning. Episoden er redegjort for i rapport fra en ekspertgruppe nedsatt av Statens dyrehelsetilsyn (Mo m.fl. 1997).

En annen aktivitet som har vært diskutert er barns tiltrekning til lek med levende dyr. Syke laksunger kan være enkle å fange og holde i vannbeholdere. Fisken kan da tenkes å slippes i neste vassdrag på campingtur eller lignende, og gjerne av medlidenhet, som levende, døende eller nylig død fisk.

Hendelser som beskrevet over er svært uforutsigbare, men kan ikke utelukkes. Vi går imidlertid ut ifra at hyppigheten av at slike uforutsigbare menneskelige aktiviteter skal resultere i hendelsesforløp som sprer *G. salaris* til nye vassdrag vil være **svært sjelden**. Konsekvensene kan imidlertid være **svært alvorlige**, ved at spredning kan være over store avtander.

## Rangering av de ulike faktorer som er involvert i smittespredning

På bakgrunn av vurderingene gitt ovenfor har vi rangert mulige hendelsesforløp i risiko rang, slik de er vurdert i analysen etter forventet hyppighet av spredning av *G. salaris* til nye vassdrag. Ved lik vurdering



av forventet hyppighet for ulike hendelsesforløp har vi rangert forventet svært alvorlig konsekvens foran alvorlig konsekvens (Tabell 4).

Tabell 4. Rangering av omtrentlig forventet hyppighet av hendelsesforløp slik de er klassifisert i analysen. Ved lik rangering av forventet hyppighet er svært alvorlig konsekvens gitt høyere risiko rang enn alvorlig konsekvens.

Inndeling av hendelsesforløp	Forventet hyppighet av hendelsesforløp	Vurdering av konsekvens	Risiko rang
Spredning av <i>G. salaris</i> med vandring av fisk i brakkvann	Moderat vanlig/ vanlig - hvert 4. - 2. år	Alvorlig	1
Spredning av <i>G. salaris</i> fra infiserte fiskeanlegg	Sjelden/ moderat vanlig - hvert 10. - 4. år	Svært alvorlig	2
Utsetting av <i>G. salaris</i> infisert fisk	Sjelden - hvert 10. år	Svært alvorlig	3
Spredning av frie <i>G. salaris</i> med utstyr som har vært i kontakt med infisert fisk	Svært sjelden/ sjelden - hvert 100. - 10. år	Alvorlig/ svært alvorlig	4
Spredning av <i>G. salaris</i> gjennom uforutsigbar menneskelig aktivitet	Svært sjelden - hvert 100. år	Svært alvorlig	5
Spredning av frie <i>G. salaris</i> med vann	Svært sjelden - hvert 100. år	Alvorlig/ svært alvorlig	6
Naturlig spredning av <i>G. salaris</i> med andre arter enn anadrom laksefisk	Svært sjelden - hvert 100. år	Alvorlig	7

Den akkumulerte forventete hyppigheten for at nye vassdrag skal infiseres med *G. salaris* for alle de skisserte hendelsesforløpene i Tabell 4 tilsvarer en forventning om at ett nytt vassdrag vil infiseres med *G. salaris* hvert år til annethvert år. Dette tilsvarer omtrent hyppigheten av påvisninger i nye vassdrag ut i fra de senere års erfaring (Fig. 3). Endrete forvaltningsrutiner og tiltak, overvåkningsinnsats, og driftsrutiner ved fiskeanlegg i ferskvann, vil kunne påvirke dette bildet.

## Referanser

1. Bakke TA, Harris PD, Jansen PA & Hansen LP 1992. Host specificity and dispersal strategy in gyrodactylid monogeneans, with particular reference to *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea). Dis. Aquat. Org. 13: 63 - 74.
2. Bakke TA, Harris PD & Cable J 2002. Host specificity dynamics: observations on gyrodactylid monogeneans. Int. J. Parasitol. 32: 281 - 308.
3. Cable J, Harris PD & Bakke TA 2000. Population growth of *Gyrodactylus salaris* (Monogenea) on Norwegian and Baltic Atlantic salmon (*Salmo salar*) stocks. Parasitology 121: 621 - 629.
4. Halvorsen O & Hartvigsen R 1989. A review of the biogeography and epidemiology of *Gyrodactylus salaris*. NINA Utredning 2: 41s.
5. Høgåsen HR & Brun E 2003. Risk of inter-river transmission of *Gyrodactylus salaris* by migrating Atlantic salmon smolts, estimated by Monte Carlo simulation. Dis. Aquat. Org. 57: 247-254.
6. Jansen PA & Bakke TA 1991. Temperature-dependent reproduction and survival of *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957 (Platyhelminthes: Monogenea) on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) Parasitology 102: 167 - 173.
7. Jansen PA & Bakke TA 1993. Regulatory processes in the monogenean *Gyrodactylus salaris* Malmberg - Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) association. I. Field studies in southeast Norway. Fish. Res. 17: 87 - 101.
8. Jansen PA, Bakke TA, Soleng A & Hansen LP 1996. Sammenfatning av kunnskapsstatus vedrørende *Gyrodactylus salaris* og laks - biologi og økologi. Utredning for DN 2: 49 s.

9. Johnsen BO & Jensen AJ 1986. Infestations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) by *Gyrodactylus salaris* in Norwegian rivers. J. Fish Biol. 29: 233 - 241.
10. Johnsen BO & Jensen AJ 1991. The *Gyrodactylus* story in Norway. Aquaculture 98: 289 - 302.
11. Johnsen BO, Møkkelgjerd PI & Jensen AJ 1999. Parasitten *Gyrodactylus salaris* på laks i norske vassdrag, statusrapport ved inngangen til år 2000. NINA Oppdragsmelding 617: 129 s.
12. Knudsen R, Rikardsen A, Kristoffersen R, Sandring S & Sikavoupio S 2004. Registreringer av *Gyrodactylus* spp. I fiskesamfunnet I Signaldalselva og Kitdalselva I Troms 2003. NINA Oppdragsmelding 817: 24s.
13. Lund R & Heggberget TG 1992. Migration of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr through a Norwegian fjord: potential infection path of *Gyrodactylus salaris*. Aquacult. and Fish. Manage. 23: 367-372.
14. Mo TA, Appleby C, Jansen PA & Johnsen BO 1997. Mulige smittekilder og spredningsveier for *Gyrodactylus salaris* til elvene Rauma og Lærdalselva. Rapport fra ekspertgruppen nedsatt av Statens dyrehelsetilsyn: 23 s.
15. Mo TA & Nordheim K 2002. The surveillance and control programme for *Gyrodactylus salaris* in Atlantic salmon and rainbow trout in Norway. In: Fredriksen B & Mørk T (Eds), Surveillance and control programmes for terrestrial and aquatic animals in Norway. Annual report 2001. National Veterinary Institute, Oslo, Norway, pp. 155 - 159.
16. Mo TA & Nordheim K 2003. The surveillance and control programme for *Gyrodactylus salaris* in Atlantic salmon and rainbow trout in Norway. In: Heier B (Ed), Surveillance and control programmes for terrestrial and aquatic animals in Norway. Annual report 2002. National Veterinary Institute, Oslo, Norway, pp. 137 - 141.
17. Mo TA & Nordheim K 2004. The surveillance and control programme for *Gyrodactylus salaris* in Atlantic salmon and rainbow trout in Norway. In: Mørk T & Hellberg H (Eds), Surveillance and control programmes for terrestrial and aquatic animals in Norway. Annual report 2003. National Veterinary Institute, Oslo, Norway, pp. 133 - 137.
18. Mo TA & Nordheim K 2005. The surveillance and control programme for *Gyrodactylus salaris* in Atlantic salmon and rainbow trout in Norway. In: Mørk T & Hellberg H (Eds), Surveillance and control programmes for terrestrial and aquatic animals in Norway. Annual report 2004. National Veterinary Institute, Oslo, Norway, in prep.
19. Mo TA, Nordheim K & Hellesnes I 2004. Overvåkings- og kontrollprogram for *Gyrodactylus salaries* på laks og regnbueørret i Norge. Norsk veterinærtidsskrift 3: 157 - 163.
20. Olstad K, Cable J & Bakke T A 2004. Survival, infectivity and transmission of *Gyrodactylus salaris*. BSP joint Spring Meeting and Malaria Meeting. Chester College, UK, April 4th - 7th.
21. Olstad K, Cable J, Robertsen, G & Bakke, T A 2005. I Transmission of *Gyrodactylus salaris* (monogenea: gyrodactylidae), with emphasis on dead hosts as a reservoir of infection. The 1st Symposium of the Scandinavian-Baltic Society for Parasitology. Vilnius, Lithuania, May 26th - 29th.
22. Schmidt GD & Roberts LS 1985. Foundations of parasitology. Times Mirror/ Mosby Collage Publishing, St. Louis, Missouri.
23. Soleng A & Bakke TA 1995. Salinitetstoleransen til *Gyrodactylus salaris* Malmberg 1957: Spredningspotensiale og sikringssoner. Utredning for DN 1: 50 s.
24. Soleng A, Bakke TA & Hansen LP 1998. Potential for dispersal of *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea) by sea-running stagews of Atlantic salmon (*Salmo salar*): field and laboratory studies. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55: 507 - 514.
25. Soleng A, Jansen PA & Bakke TA 1999. Transmission of the monogenean *Gyrodactylus salaris*. Folia Parasitol. 46: 176 - 184.
26. Vose D 2000. Risk Analysis. A quantitative guide. John Wiley & Sons Ltd, England
27. Wells PR & Pinder AW 1996. The respiratory development of Atlantic salmon I. Morphometry of gills, yolk sac and body surface. J. Exp. Biol. 199: 2725 - 2736.

## Vedlegg 1: Kvantifisering av konsentrasjonen av *Gyrodactylus salaris* i et infisert vassdrag

Det er gjort en kvantitativ analyse for å estimere konsentrasjonen av infektive parasitter i vann fra en smittet elv, og sannsynligheten for at en gitt mengde vann fra denne elven inneholder parasitter. For å ta hensyn til usikre momenter samt tilfeldig spredning av parasitter i vannmassen, er det utviklet en probabilistisk modell. I en slik modell blir resultatene gjengitt som en sannsynlighetsfordeling, som gir uttrykk for usikkerheten i estimatene. Modellen er bygget i Microsoft® Excel 2002 med @Risk 4.5.2 - Professional Edition (Palisade Corporation) som add-in. Prinsippene for valg av distribusjoner er basert på Vose (2000).

Analysen er gjort for Lierelva, på bakgrunn av resultater fra et smitteforsøk av Soleng m.fl. (1999). Totalt 157 uinfiserte laksunger ble holdt i vannmassen i et døgn ca 15 cm over bunnen. Kontakt med andre fisk ble hindret vha netting, slik at kun drivende parasitter kunne smitte laksungene. Strømhastigheten i overflaten ble målt til 25 cm/s, dybden var 60 cm, og fiskenes størrelse varierte fra 6 til 10 cm. Etter et døgn ble det påvist en parasitt på hver av 10 fisker, ingen på de resterende 147.

Vi antar at diagnostikkmetoden for påvisning av *G. salaris* har en sensitivitet som ligger mellom 0,9 og 1, mest sannsynlig 0,95 (dvs. man påviser 90-100 %, mest sannsynligvis 95 % av de smittede fiskene), og en spesifisitet på 1 (hvis man påviser smitte er man sikker på at fisken faktisk er smittet). Usikkerheten i diagnostikkmetodens sensitivitet beskrives i modellen med fordelingen:

$$\text{Sensitivitet} = \text{BetaPert}(0,9,0,95,1)$$

Reelt antall smittede fisker i forsøket kan derfor estimeres som:

$$\text{Reelt antall} = \text{Påvist antall} / \text{sensitivitet}$$

Sannsynligheten for å bli smittet i et slikt forsøk kan for øvrig beskrives av fordelingen:

$$p = \text{Beta}(\text{antall smittede} + 1, \text{antall ikke smittede} + 1)$$

Hvis vi antar at antall parasitter er tilfeldig fordelt i vannmassen, kan antall parasitter per volum  $V$  beskrives av følgende fordeling:

$$X = \text{Poisson}(CxV)$$

der  $C$  er gjennomsnittskonsentrasjon av parasitter per volumenhet.

Vi antar at parasitter som kommer passivt drivende med vannstrømmen vil feste seg til fisken dersom den kommer innen 0,5 - 1 mm avstand av disse. Denne avstanden tilsvarer bortimot utstrakt lengde på *G. salaris* på 0,7 - 0,8 mm (Tor Atle Mo, Veterinærinstituttet, personlig meddelelse). I modellen er følgende fordeling brukt:

$$d(\text{mm}) = \text{Uniform}(0,5;1)$$

Volumet av vann innen 0,5 - 1 mm av fiskens overflate benevner vi derfor for infektivt vannvolum. Vi antar videre at infektivt vannvolum skiftes ut for hver fiskelengde vannstrømmen beveger seg. Sannsynligheten for smitte vil være lik sannsynligheten for at det infektive vannvolumet over et døgn ( $V$ ) vil inneholde minst en parasitt.

$$p = P(X > 0) = 1 - p(X = 0) = 1 - e^{-CxV}$$

hvorfra man kan beregne  $C$ :

$$C = - (1/V) \times \text{Ln}(1-p)$$

For å beregne det infektive vannvolumet over et døgn ( $V$ ) tar vi utgangspunkt i fiskens areal. Siden Soleng med flere (1999) kun har oppgitt fiskestørrelse til varierende mellom 6 og 10 cm har vi antatt at disse hadde normal kondisjon (kondisjonsfaktor = 1) og regnet størrelse om til vekt etter formelen:

$$m = l^3/100$$

der m er fiskevekt (g) og l er fiskelengde (cm). Dette gir fiskevekter varierende mellom 2,2 og 10,0 g.

Wells & Pinder (1996) oppgir regresjoner over overflateareal på laksunger som funksjon av våtvekt på fisk fra 0,190 til 11,2 g:

$$y = 1582m^{0,54}$$

der y er overflateareal (mm<sup>2</sup>) og m er fiskevekt (g).

En laksunge på 8 cm vil ha en vekt på 5,12 g, en areal på 3821 mm<sup>2</sup>, et infektivt vannvolum (v) rundt fisken på 3,821\*d ml, og et infektivt vannvolum per døgn (V) på:

$$V \text{ (ml)} = v * h(\text{cm/s}) * 3600 * 24 / \text{lengde(cm)} = h \text{ (cm/s)} * d * 41267 \text{ ml}$$

eller:

$$V \text{ (l)} = h \text{ (cm/s)} * d * 41,3 \text{ l}$$

der h er strømhastigheten. Strømhastigheten der fisken sto er ukjent, og antas i modellen å ha en fordeling med en maksimumverdi på 25 cm/s (hastigheten målt på overflaten), en minimumsverdi på 15 cm/s, og en mest sannsynlig verdi på 20 cm/s. Usikkerheten beskrives i modellen med fordelingen:

$$h \text{ (cm/s)} = \text{Triang} (15;20;25)$$

Modellen er kjørt med 5 000 iterasjoner, som sikret konvergens.

Resultat 1 - Konsentrasjon av infektive *G. salaris* i Lierelva under forsøket

Resultatene av modellen tyder på at gjennomsnittskonsentrasjon av parasitter i Lierelva under forsøket var 0,13 *G. salaris* per m<sup>3</sup> vann (10<sup>3</sup> liter), med en median på 0,12, et 95 % konfidensintervall på [0,05;0,24], og en range (min-max) på [0,02;0,44], angitt i antall parasitter per m<sup>3</sup> vann.

Resultat 2 - Sannsynlighet for at et viss volum vann fra Lierelva inneholder minst en *G. salaris*:

Sannsynligheten for at en desiliter vann inneholder minst en *G. salaris* var i gjennomsnitt lik 0,001 %, eller ca en av 100 000. Usikkerheten rundt dette estimatet kan uttrykkes ved distribusjonens persentiler (Tabell 1). For eksempel er vi 95 % sikre på at sannsynligheten for at en desiliter vann inneholder minst en *G. salaris* er lavere en 0,002 %, eller ca en av 50 000.

Tilsvarende verdier for 1 l, 10 l og 50 l vann er angitt i Tabell 1.

Tabell 1. Sannsynlighet for at et volum vann inneholder minst en *G. salaris*.

	Vannvolum (l)			
	0,1	1	10	50
Gjennomsnitt	0.001 %	0.013 %	0.128 %	0.640 %
95 % persentil	0.002 %	0.022 %	0.220 %	1.097 %
99 % persentil	0.003 %	0.027 %	0.274 %	1.365 %