

Risikostyringsverktøy for oppdrettsnæringen

Odin Dybsland

Marin teknikk

Innlevert: april 2017

Hovedveileder: Jan Erik Vinnem, IMT

Medveileder: Ingunn Marie Holmen, IMT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for marin teknikk

Risikostyringsverktøy for oppdrettsnæringen

Odin Dybsland

Marinteknologi

Innleveringsdato: 30. April 2017

Veileder: Jan Erik Vinnem

Biveileder: Ingunn Marie Holmen

**Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Marinteknisk institutt**

Forord

Dette er det siste karaktergivende arbeidet ved NTNU. Dette har vært et interessant og givende arbeide, fylt av utfordringer og en ytterligere utvidelse av min kunnskap. Arbeidet har omfattet rømming av oppdrettsfisk fra flytende matfisk anlegg, og hvordan rømming av oppdrettsfisk kan overvåkes ved bruk av indikatorer.

Jeg vil herved benytte anledningen til å takke min veileder Jan Erik Vinnem, for hjelp og innspill underveis i arbeidet. Jeg vil også takke min biveileder Ingunn Marie Holmen.

Jeg vil også takke Lars Erik Hestnes, HMS-koordinator hos Marine Harvest, for innføring omkring sikkerhetsrelaterte utfordringer knyttet til sikkerheten til røktene, og utfordringer knyttet til rømming av fisk.

Odin Dybsland
Trondheim, 30. April 2017

Sammendrag

En utvidet bruk av hendelsesbaserte indikatorer for å vise en trendutvikling, for å overvåke effekten av de forebyggende tiltak som blir gjennomført, er uansett næring, et viktig verktøy for å finne de områdene hvor ressursene best blir utnyttet. For overvåkning av rømming av fisk kan man dele opp hendelsene i to grupper; hendelser med henholdsvis lite og stort omfang. De første hendelsene omfatter rømminger som kommer av ulike skader på notposen, mens de siste kommer som følge av alvorlige brudd i forankringsrammer eller fortøyning.

En kategorisering av hendelsene viser at det er liten sammenheng mellom antall rapporterte nesten-hendelser, hvor en rømming ikke fra uttelling av fisk kan påvise noen rømming, og antall rapporterte rømmingshendelser.

Hendelsene er videre sortert ut fra oppdagelsesomstendigheter og utbedringstid, som viser perioden mellom at skaden skjer, til den blir oppdaget, er urovekkende lang for en del alvorlige hendelser med stort rømmingsomfang.

Det ser ut til å være flere årsaker til at antall hendelser som medfører rømming ved flytende oppdrettsanlegg, ikke er ytterligere redusert enn det de har blitt de siste årene. En av disse er at merden er en lite robust barriere for å holde fisken i et avgrenset volum. Det er små avvik fra det som kan virke som en ellers normal operasjon, som kan påføre notposen skade. Og når store deler av notposen til enhver tid er under vann blir disse avvikene vanskelig å avdekke. Når inspeksjonsrutinene også i etterkant ikke fungerer tilstrekkelig, vil det fremdeles rømme store mengder med oppdrettsfisk fra anleggene langs kysten.

Det er en relativt stor andel av skadene som har kommet under dårlige værforhold, og et poeng som dukker opp i den forbindelse er hvorvidt anleggenes lokasjon skulle vært godkjent.

Innholdsfortegnelse

FORORD	IV
SAMMENDRAG	VI
FIGURLISTE	VIII
TABELL-LISTE	IX
1. INNLEDNING	1
1.1 MÅL.....	2
1.2 BEGRENSNINGER	2
2. BAKGRUNN	3
2.1 OPPDRETTSNÆRINGEN	3
2.1.2 SETTEFISKANLEGG.....	3
2.1.3 FLYTENDE MATFISKANLEGG	3
2.1.4 OPERASJONER.....	5
2.1.5 KONSEKVENSER AV RØMMING	7
2.2 RISIKO	7
2.2.2 RISIKONIVÅ I NORSK PETROLEUMSINDUSTRI	10
3. METODE OG ANALYSEGRUNNLAG	12
3.1 GRUNNLAGET	12
3.2 SORTERING AV HENDELSER	13
4. HISTORISK RØMMINGSOVERSIKT	17
4.1 TORSK	18
4.2 LAKS OG REGNBUEØRRET	19
5. RESULTAT OG DISKUSJON	23
5.1 TOTALVERDIER FOR GRUNNLAGET.....	23
5.2 DRIFTSMODUS	25
5.3 OPERASJONER.....	26
5.4 FAKTORER TIL DE ULIKE TYPENE HENDELSER	28
5.4.1 <i>Gnagskader</i>	29
5.4.2 <i>Rivningsskader</i>	30
5.4.3 <i>Operasjonelle feil</i>	32
5.4.4 <i>Skipskollisjon</i>	33
5.4.5 <i>Strukturelle brudd</i>	34
5.4.6 <i>Gnag fra åtseletere</i>	34
5.5 DISKUSJON	34
6. FORSLAG TIL INDIKATORER	37
7. KONKLUSJON	38
REFERANSER	39

Figurliste

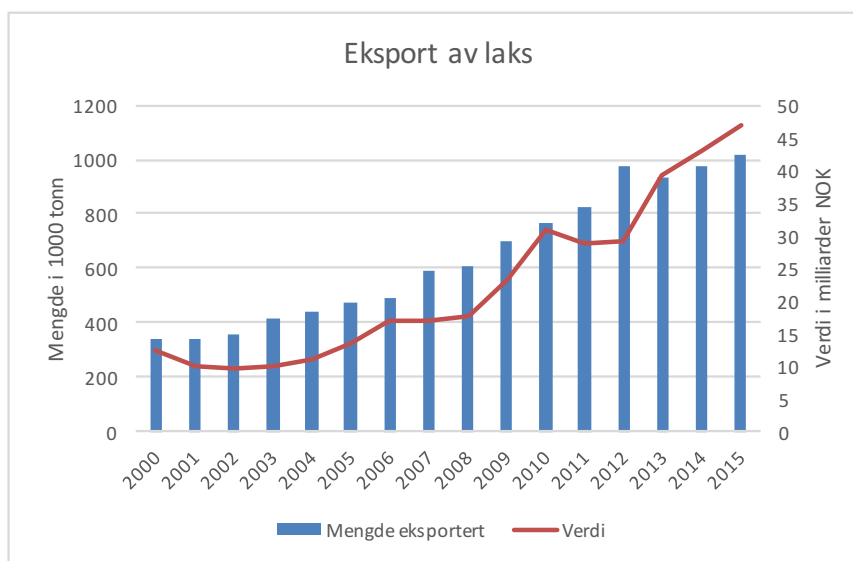
Figur 1: Eksport av laks.....	1
Figur 2: Ulike typer notposer.....	4
Figur 3: Skisse over enkel fortøyningsramme.	5
Figur 4: Sløyfemodellen.....	8
Figur 5: Antall fisk rømt per år, fordelt over fiskeslag.....	18
Figur 6: Oversikt over produksjon av torsk og normalisert rømmingsverdi.....	19
Figur 7: Biomasseoversikt	20
Figur 8: Produksjonskvantum av ørret.	21
Figur 9: Produksjonskvanta og normalisert rømmingsverdi for laks.....	21
Figur 10: Antall rømmingshendelser med laks og regnbueørret.....	22
Figur 11: Oversikt over rømmingshendelsene	25
Figur 12: Utbedringstid for driftsmodus.....	26
Figur 13: Type skade eller feil i driftsmodus.....	26
Figur 14: Frekvens (a) og antall rømt (b) fordelt på ulike operasjoner og deloperasjoner.	27
Figur 15: Fordeling over måned rømt	27
Figur 16: Oppdagelsesomstendigheter	28
Figur 17: Fordeling av frekvens og antall rømte fisk, fordelt på skade/feil.....	28
Figur 18: "Bowtie"-diagram for farlige hendelsen "Hekt mellom notpose og komponent.....	35

Tabell-liste

Tabell 1: Oversikt over grunnlaget, og andelen det utgjør av totalen i perioden 2011 til 2015.	12
Tabell 2: Fordeling av rømte individ, produksjonsmengde og normaliserte rømmingsverdier, over fiskeslag i perioden fra 2006 til 2015.	18
Tabell 3: Totalfordeling av antall hendelser og rømte individ, over de ulike operasjonene. ..	23
Tabell 4: Oppdagelsesomstendighetene ved alle hendelsene i grunnlaget	24
Tabell 5: Oversikt over utbedringstiden for alle hendelsene i grunnlaget	24
Tabell 6: De faktorene som hadde høyest representasjon ved gnagskader. Andel gitt av de 22 hendelsene.	29
Tabell 7: RIFer for rivningsskader	31
Tabell 8: Prosedyrefeil	31
Tabell 9: De faktorene med flest observasjoner ved operasjonelle feil.	33
Tabell 10: Oppdagelsesomstendigheter for umiddelbare brudd på notpose.	35

1. Innledning

Oppdrettsnæringen har på de siste 40 årene vokst fra å være en liten binæring for folk bosatt på kysten, til å bli en av Norges viktigste eksportnæring (Hammer, 2009). Den har vokst fra enkle driftsformer med høy grad av manuelt arbeide, hvor det meste av driftsutstyr var utviklet og fremstilt fra driveren selv, til en mer industrialisert næring med automatiserte løsninger. Den teknologiske utviklingen, drevet av et godt eksportmarked, kan ses i alle ledd i produksjonen, fra settefiskanlegg til slakteri (Fenstad, Osmundsen & Størkersen, 2009). Totalt ble det eksportert over en million tonn med laks fra Norge i 2015, til en verdi av nesten 47 milliarder norske kroner (SSB.no, 2016).



Figur 1: Eksport av laks, i mengde og verdi basert på tall fra SSB.no (SSB.no, 2016).

Verdiskapning basert på sjøbaserte resurser ventes å øke med mellom 100 og 200% innen 2050, hvor den største delen vil komme fra oppdrett av fisk (Olafsen, Winther, Olsen & Skjermo, 2012). Dette er henger sammen med den økende folkemengden i verden og dermed det økende behovet for mat, og siden oppdrett av fisk er en energieffektiv måte å fremstille proteinrik mat på.

Dette er ikke noe søkt, siden det en voksende befolkning trenger en tilgang på proteinrik mat, som er mer energieffektiv å fremstille.

Med rundt 6730 sysselsatte i havbruksnæringen i 2015 (SSB, 2016), er liten tvil om at oppdrettsnæringen har stått for mye verdiskapning langs den norske kysten. Men det er også en del utfordringer knyttet til næringen; sikkerheten til ansatte, fiskevelferd og rømming av oppdrettsfisk.

Ansatte ved norske oppdrettsanlegg har den nest høyeste arbeidsulykke frekvensen, sett i forhold til eksponerte timer (Holen). Sykdommer og lakselus på fisken har skapt utfordringer knyttet til fiskevelferden, og kan i enkelte tilfeller medføre store økonomiske konsekvenser ved utslakting av fisken i hele anlegg (Mattilsynet, 2016).

For den atlantiske villaksen utgjør oppdrettsnæringen ved rømminger av oppdrettsfisk og lakselus to farer, ved henholdsvis høyere konsentrasjon av lakselus på villfisk med de problemer det medfører, og utvanning av villfiskens gener.

Dersom den norske oppdrettsnæringen skal bidra med å forsyne deler av verdens befolkning med mat, men kanskje like viktig på grunn av vår posisjon som en ledende nasjon innen teknologiutvikling innen industrialiserte oppdrettsanlegg, må enkelte problemer knyttet til næringen løses. Denne oppgaven vil fokusere på rømming av oppdrettsfisk, og hvordan man kan overvåke risiko for rømming, ved bruk av indikatorer.

1.1 Mål

Det overordnede målet med denne oppgaven er å undersøke hvorvidt det er mulig å benytte kunnskapen, omkring risikostyringsverktøyet RNNP, til bruk i oppdrettsnæringen.

1.2 Begrensninger

Oppgavens mål er å finne ut hvorvidt det er mulig å benytte risikostyringsverktøy for å overvåke risiko knyttet til rømming av oppdrettsfisk. I denne oppgaven er hendelsesrapporter fra rømminger av oppdrettslaks, regnbueørret og ørret blitt benyttet i grunnlaget. Disse fiskeslagene er valgt ut fra at det er disse som tradisjonelt er de slagene som det produseres mest av. Torsk er, tross det har vært mange og store rømmingshendelser knyttet den, ekskludert på grunn av at rømmingshendelser med dette slaget, er svært forskjellig fra rømmingshendelser med laks og ørret. Mengden kultivert torsk levert til slakt, har siden 2013 avtatt, og per 2015 ble det ikke lengre levert torsk.

Videre er kun hendelsesrapporter med rømminger fra flytende oppdrettsanlegg for produksjon av matfisk, inkludert. Dette gjør at hendelsene i grunnlaget ikke inkluderer fisk rømt fra settefiskanlegg eller fra ventemerder ved slakteri.

2. Bakgrunn

Dette kapittelet vil gi en liten innføring omkring oppdrettsnæringen; om anleggenes oppbygning, operasjoner og litt om relevant lovverk. Videre vil en kort innføring om risikostyringsverktøyet utviklet av Petroleumstilsynet, RNNP.

2.1 Oppdrettsnæringen

Den norske oppdrettsnæringen har de siste årene vært preget av en teknologisk utvikling drevet av en effektivisering i alle ledd av produksjonen (Fenstad et al., 2009). Dette har ført til større anlegg, med en høyere grad av automasjon, hvor graden av manuelt arbeid har blitt redusert. Utviklingen har gått i de siste årene gått i retning av færre, men større selskaper, som driver mange anlegg ved ulike lokasjoner.

2.1.2 Settefiskanlegg

Settefisk er i Akvakulturdriftforskriften definert som rogn eller fisk som er produsert med den hensikt å overføres til en annen lokasjon eller annen type produksjon (Akvakulturdriftforskriften, 2008). Med dette menes fisk avlet frem av rogn fra stamfisk i ferskvann, ved landbaserte anlegg, for senere flytting til sjøbaserte matfiskanlegg. Settefisken blir foret opp fra yngelstadiet, og dens vekst blir blant annet stimulert av kunstig lys, til den er moden nok til å overleve i saltvann. Dette skjer når fisken er rundt et år, og på dette tidspunkt er fiskens størrelse på rundt 100 gram (Fiskeridirektoratet, 2015). I tidsperioden rett etter flytting til matfiskanleggene utgjør fisken, på grunn av dens størrelse i forhold til notmaskene i notlinet, en rømmingsfare. Dette har medført en trend som viser at vekten på settefisk har økt de siste årene (Fiskeridirektoratet, 2015). Maks grensen på vekten til settefisk er i henhold til Akvakulturdriftforskriften forøvrig på 250 gram (Akvakulturdriftforskriften, 2008).

2.1.3 Flytende matfiskanlegg

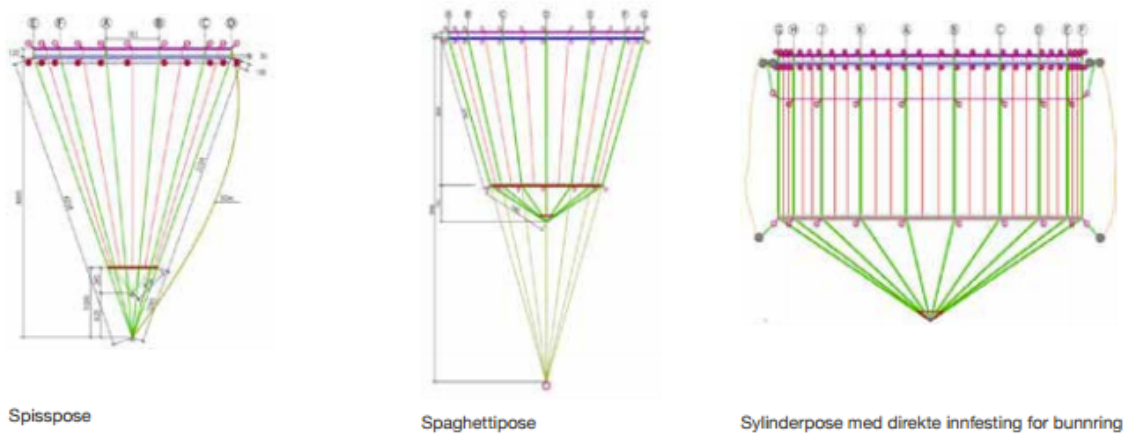
Etter at fisken er flyttet fra settefisk- til matfiskanlegg, defineres den i henhold til Akvakulturdriftforskriften som matfisk (Akvakulturdriftforskriften, 2008). Det er ved disse anleggene fisken lever den største delen av livet, før den slaktes for konsum. Fiskens vekst er sterkt avhengig av vanntemperaturen ved anlegget, hvor den optimale temperaturen ligger på mellom 8 og 14 grader celsius. Og alt etter tidspunktet den er satt i sjøen, vil fisken nå optimale slaktevekten på mellom 4 og 5 kilogram, på mellom 14 til 24 måneder (Marine Harvest, 2016).

Matfiskanleggene varierer i størrelse og utforming, men består som regel av de følgende hovedkomponentene:

- Notpose
- Flytekrage
- Fortøyning
- Flåte

(NYTEK-forskriften, 2011)

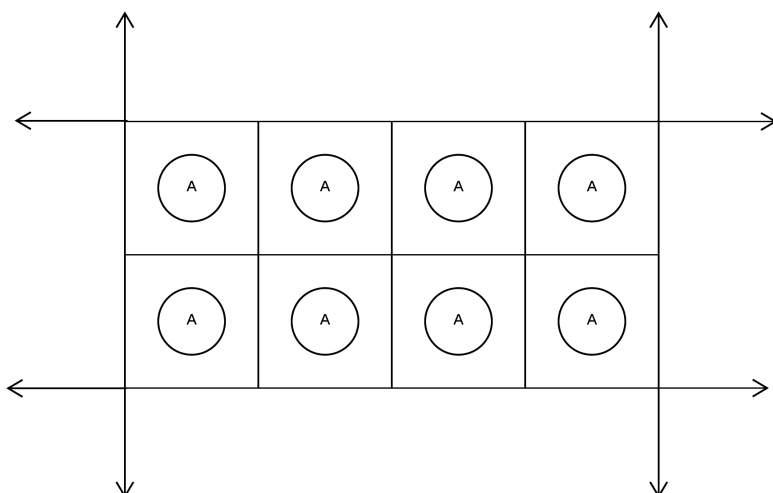
Notposen er innfestet i flytekragen, eller andre flyteelementer, samt en form for nedlodning i bunnen, for å holde den utstrakt i vertikal retning. En samlebetegnelse for notpose, nedlodning og flyteelement, som ofte blir benyttet er merd.



Figur 2: Ulike typer notposer, for bruk sammen med sirkulære flytekrager. Bildet er hentet fra (Mørenot).

I Figur 2 ser man tre ulike utforminger av notpose. For sylinderposen (til høyre i figuren) benyttes bunnringer som nedlodning. Disse har ofte samme diameter som flyteringen, og disse kan ha en egenvekt på flere tonn. Fordeler med den sylindriske notposen er at den har et større volum, enn de andre typene (gitt samme omkrets), slik at man kan ha et større kvantum med fisk per merd. Ulempene med denne typen mot de to andre er at med denne har vil det være en fare for kontakt mellom notposen og bunnring eller dens innfesting.

Fortøyningen er den hovedkomponenten som skal holde merdene, eller hele anlegget, dersom det er snakk om et stålanlegg, i riktig posisjon. For anlegg med plastringer er disse fortøyd i en fortøyningsramme, som består av en rekke kvadrater, hvor hver merd fortøyes i hvert sitt kvadrat, som vist i Figur 3. Her ser man merdene, sirklene markert med A, i senter av hvert sitt bur. En slik fortøyningsramme er ofte forankret med ankre, som holder rammen utstrakt i begge retninger. Figur 3 er en veldig forenklet skisse, hvor pilene viser fortøyningslinjer.



Figur 3: Skisse over enkel fortøyningsramme.

Flåten er en flytende struktur plassert ved anleggene, for oppbevaring av fôr og utstyr som benyttes i den daglige driften av anlegget. Disse kan også benyttes som operative senter for driften og tilholdssted for de som jobber ved anlegget.

2.1.4 Operasjoner

Det er gjennom flere studier identifisert operasjoner, situasjoner og forhold som medfører en økt sannsynlighet for rømming og fare for røkterne. I T Thorvaldsen, Holmen og Moe (2013) konstateres det gjennom intervjuer med aktører som jobber i næringen, at en hver operasjon som inkluderer håndtering av notposen, er kritiske med tanke på rømming. Sentrale forhold som er med på å gjøre dette kritisk, er at man det er vanskelig med visuell observasjon siden det er mye som skjer under havoverflaten. Et annet punkt er at det er store masser, og derfor store krefter som påføres notposen når den skal håndteres.

Sortering og splitting av fisk

Dette er en operasjon som skjer ved hjelp av brønnbåt, hvor fisken i merden pumpes ombord, sorteres og pumpes tilbake til ulike merder. Dette blir gjort på grunn av at fisken som blir satt ut i en merd kan ha ulik vekstrate, og siden man ønsker en så lik størrelse på fisken i merdene, må man enkelte ganger sortere ut den miste fisken. Denne blir da plassert i en merd med mindre størrelse.

Transport av levende fisk

I dag benyttes brønnbåter til å frakte fisk mellom settefisk- og matfiskanlegg, samt mellom sistnevnte og slakteri. Den norske brønnbåtflåten utgjør i dag en rekke høyteknologiske, store fraktbåter dedikert til transport av fisk, og står i stor kontrast til de første brønnbåtene, som ofte var ombygde, utraderte fiskebåter. Denne brønnbåtflåten er verdensledende, både med hensyn til størrelse og teknologi (Kystrederiene, 2016).

Operasjonene med brønnbåter medfører manøvrering i nærhet av merdene, både når fisk skal lastes og losses ombord i brønnbåten. Dette kan føre til kontakt mellom brønnbåt og not eller

fortøyning, som videre kan føre til rømming. Andre farer operasjoner med brønnbåter introduserer, er operasjonelle feil av type feil ventilstilling som videre kan føre til at fisk pumpes rett i sjøen.

Avlusing

Lakselus er en parasitt som man finner både i oppdrettsanlegg og på villfisk, men problemet er veldig fremtredende i oppdrettsnæringen på grunn av dens driftsform. Man har her et høyt antall med fisk samlet på et begrenset volum. På grunn av nasjonalt satte grenser på gjennomsnittlig antall lus per fisk, er avlusing en operasjon som gjennomføres ofte ved matfiskanlegg. Denne grensen ligger i dag på 0,5 voksne hunnlus per fisk, og dersom denne grensen overskrides må avlusing ved anlegget iverksettes (Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg, 2012).

Avlusing kan gjennomføres på flere ulike måter, blant annet ved hjelp av badebehandling, mekanisk fjerning eller ved bruk av lusebeiterere. Det er badebehandlingen, hvor fisken blir trent i et avgrenset volum som blir tilsatt kjemikalier, som tradisjonelt har vært den mest utbredte metoden. Men tross en trend som viser et økende antall behandlinger med kjemikalier mellom 2011 til 2015, var det en reduksjon på nesten 41% mellom 2015 til 2016 (Hjeltnes, 2017).

Badebehandling kan gjennomføres både ved at fisken henholdsvis trenges i merden og ved at den pumpes ombord i brønnbåter, før den behandles med kjemikalier. Dersom den behandles i merden, blir notposen hevet for å fortrenge volumet fisken kan bevege seg på, før notposen omslutes av en presenning og kjemikalier blir tilsatt i vannet. Presenningens funksjon er å sikre at konsentrasjonen av kjemikalier skal holde seg på rett nivå.

En trend de siste fem årene at brønnbåter oftere blir benyttet i avlusingsoperasjoner (Kjempenes, 2016). En fordelene med dette er at kjemikalier kan transporteres vekk fra anlegget etter behandling. Med den økende størrelse og kapasitet i brønnbåtflåten, har også muligheten med å avluse med ferskvann blitt mer vanlig. Med denne metoden blir fisken pumpet ombord i brønnbåten, hvor den blir stående i en lengre periode i ferskvann. Denne behandlingsformen fungerer fordi lakselusen dør når den eksponeres for ferskvann.

Vasking av not

På grunn av groe, spesielt i sommermånedene, er det behov for å vaske notposene for å sikre god vanngjennomstrømming, og redusere motstand, i notposen (Moe & Myskja, 2008). Dette gjøres ved hjelp av vaskerigger, som ofte er drevet av kran og/eller vinsj på overflaten, eller ved hjelp av ROVer (Moe & Myskja, 2008). Disse vaskeriggene består av en rekke roterende, høytrykks spyledyser, som ofte vasker notposen i vertikale soner.

Vasking av not er en operasjon som tradisjonelt har skjedd ved landbaserte servicestasjoner, noe som følgelig medfører at notposene må byttes ved anlegget. Spyling av nøter i sjø har derfor redusert frekvensen notbytter, men notposene må fremdeles på land for fullstendig kontroll ved gitte tidsintervall (Trine Thorvaldsen, Holmen & Moe, 2015). Vaskeriggene er et eksempel på ny teknologi som har forenklet røkterens hverdag ved å redusere antall notskifter. Men er også et eksempel på ny teknologi som innfører nye faremomenter, siden det har vært en del hendelser hvor vaskerigg hekter i og påført notlinet skader (Moe & Myskja, 2008).

2.1.5 Konsekvenser av rømming

Konsekvensene av rømming er kan deles inn i to deler; den økonomiske og den økologiske. Hvor den økonomiske speiler tap av fortjeneste, bøter og renomme, mens den økologiske omhandler bevaring av den ville laksebestanden.

Økonomiske konsekvenser

De økonomiske konsekvensene for rømming av fisk fra oppdrettsanlegg avhenger av flere forhold, som blant annet tid i vekstsyklus, antall rømte individ og hvorvidt rømmingen er et resultat av overtredelse av Akvakulturloven. Ved en eventuell rømming er driver eller eieren av anlegget pliktig å være med på å betale for gjenfangsten (Akvakulturloven, 2015). Den tapte fortjenesten av fisken, er avhengig av når i vekstsyklusen en eventuell rømming skjer, og desto nærmere slaktedato fisken rømmer, desto mer fôr, tid og andre resurser er blitt lagt i et produkt som man ikke får noe igjen for. Små rømminger utgjør derfor lite i det store bildet, men desto større rømmingen er desto større blir tapet.

En annen potensiell økonomisk konsekvens kan være tap av kunder på grunn av omdømme tap. Denne kan være vanskelig å sette eksakt verdi på.

Økologiske konsekvenser

Den ville laksebestanden som hvert år går opp i norske vassdrag for å gyte utgjør omtrent 25% av all atlantisk laks (Vetrinærinstituttet, u.å), og i 2015 ble dette innsiget estimert til rundt 475 000 laks. Overvåkning av antall laks i gyteelver, har vist en stadig synkende trend, og bestanden i 2015 utgjør 50% av den gytende bestanden som ble estimert i 1983 (VRL, 2015). Den største trusselen mot villaksen er rømminger fra oppdrettsanlegg, som medfører både spredning av smitte, lakselus og en utvanning av villaksens naturlige genom (Hansen, 2006). På grunn av oppdrettsfiskens relativt like genom, vil kryssinger mellom oppdrettsfisk og villfisk føre til en mindre genetisk variasjon hos sistnevnte (Fleming et al., 2000). Dette kan i neste ledd være med på å gjøre villfisken, mindre motstandsdyktig mot sykdom eller klimaendringer.

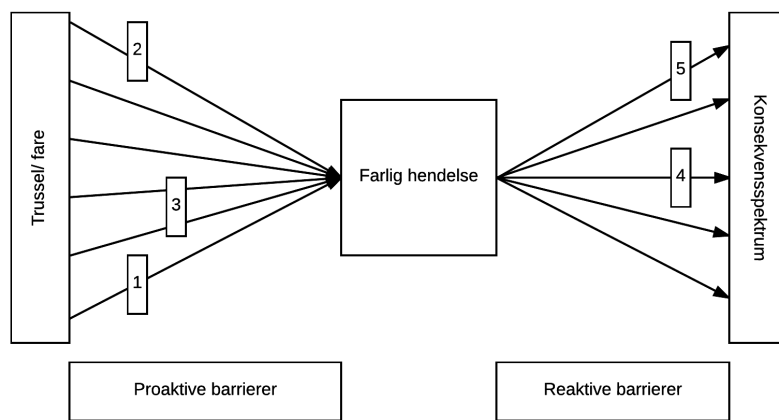
2.2 Risiko

Risiko er et begrep knyttet til sannsynlighet og konsekvens av en fremtidig hendelse, og risikoen knyttet til et system eller en aktivitet, kan i følge Rausand (2013) forklares ved å svare på de følgende tre spørsmålene:

- Hva kan gå galt?
- Hva er sannsynligheten for at det går galt?
- Hva blir konsekvensen dersom det går galt?

Risikoanalyse

I en risikoanalyse benytter man kunnskap og empirisk data knyttet til et system eller en aktivitet, for å identifisere alle relaterte farer, for så å finne sannsynligheten og konsekvensen til disse (Rausand, 2013). Disse farene kan være knyttet til tap eller skade av mennesker, miljø eller eiendeler. På et overflatisk nivå kan man benytte sløyfemodellen, som vist i Figur 4 til å forklare dette. For hver farlige hendelse har man et konsekvensspektrum, med ulike utfall basert på alvorlighetsgrad. For å begrense henholdsvis effekten og sannsynligheten av en farlig hendelse, benyttes reaktive og proaktive barrierer. I Figur 4 illustreres proaktive barrierer på venstre side av den farlige hendelsen, og er knyttet til å redusere sannsynligheten for at trusler eller farer mot systemet, som enten ligger latent i systemet eller introduseres fra en annen kilde, kan eskalere til en farlig hendelse. De reaktive barrierene, er plassert i systemer for å redusere skadeomfanget av hendelsen.



Figur 4: Sløyfemodellen (eng. Bow-tie diagram), med innregnede proaktive (1,2 og 3) og reaktive barrierer (5 og 4).

For hvert konsekvensspektrum vil man ha de ulike utfallene man kan ha for den farlige hendelsen, sammen med en sannsynlighet for hvert utfall gitt den farlige hendelsen. Som eksempel kan man ha et enkelt system hvor det kun er to farlige hendelser hvor begge har to utfall i konsekvensspektrummet, dødsfall og ikke dødsfall. De gitte sannsynlighetene for dødsfall, gitt at den farlige hendelsen har skjedd er $P(D|FH_1) = 0,01$ og $P(D|FH_2) = 0,04$. Farlig hendelse nummer 1 og 2 har en frekvens i systemet på henholdsvis fire og fem hendelser per år. Risikoen knyttet til farlig hendelse nummer 1 kan da uttrykkes som:

$$R_1 = f_1 \times P(D|FH_1) = 4 \text{ hendelser/år} \times 0,01 \text{ dødsfall/hendelse} = 0,04 \text{ dødsfall/år}$$

Videre blir den totale risikoen knyttet til *systemet*, summen av risikoene knyttet til de ulike farlige hendelsene, altså

$$R_{tot} = \sum_i^N R_i = 0,04 \text{ dødsfall per år} + 0,2 \text{ dødsfall per år} = 0,24 \text{ dødsfall per år}$$

Hvor indeks i er nummeret på farlig hendelse og N er totalt antall farlige hendelser.

Dette er bare en av mange måter å uttrykke risiko på, og for flytrafikk kan man for eksempel benytte benevnning dødsfall per flyvetime eller kilometer fløyet. Uansett så er dette en veldig forenklet, måte å finne risiko på, og er tatt med for å illustrere.

Risikoevaluering og modifisering

Neste steg i risikostyringsprosessen er risikoevalueringen. Her benytter man resultatet av risikoanalysen, altså risikoen knyttet til farlige hendelser, som avveies mot risikoakseptgrenser (Rausand, 2013). Risikoakseptgrensene er for gitte verdier for hvor stor den akseptable risikoen knyttet til for eksempel et system kan være, og disse kan være satt av for eksempel organisatoriske eller politiske mål (*Risikostyring : prinsipper og retningslinjer = Risk management : principles and guidelines*, 2010) **(USIKKER PÅ DENNE REFERANSEN)**. Dersom risikoen er for høy, vil det neste steget i prosessen være å foreslå risikoreduserende tiltak, eller finne andre måter å modifisere risikoen med.

For å modifisere risiko kan man enten unngå aktiviteten som medfører uhensiktsmessig høy risiko, fjerne kilden til risikoen eller innføre risikoreduserende tiltak i form av ulike typer barrierer. Dersom det ikke er hensiktsmessig å unngå aktiviteten eller fjerne kilden til risiko, vil de mest aktuelle tiltaket være å implementere risikoreduserende tiltak i systemet. Disse kan deles inn i to hovedgrupper; preventive og reaktive tiltak (Rausand, 2013). De preventive tiltakene er knyttet mot de initierende hendelsene, farer og trusler, man har i et system, og hvordan man forhindrer eller reduserer sannsynligheten for at disse skal gi opphav til en farlig hendelse. Disse tiltakene omtales ofte som sannsynlighets reduserende tiltak, siden de er med på å redusere sannsynligheten for at en farlig hendelse skal skje. De begrensende tiltakene implementeres i et system for å begrense skadeomfanget av en farlig hendelse (Rausand, 2013). Dersom man for eksempel ser på brann i et bolighus som en farlig hendelse, vil en komfyrvakt og et sentralslokkeanlegg henholdsvis være preventive og begrensende tiltak for å redusere risikoen for brann. Dette siden komfyrvakten vil redusere sannsynligheten for at en brann kan oppstå, mens sentralslokkeanlegget vil begrense skaden av brannen.

Indikatorer

Indikatorer benyttes i mange ulike sammenhenger for å belyse forhold som kan være vanskelig å ha et direkte mål på (Dahlum, 2014). Så i sammenhenger hvor det blir for komplisert, eller at det ikke er mulig å måle, et forhold ved et direkte mål, kan man benytte en indikator som man vet speiler forholdet. Man får altså ikke den korrekte verdien ved å benytte indikatorer, men dersom man har en indikator, valgt med grunnlag av noen kriterier, vil man få en god pekepinn på hvordan tilstanden til det forholdet man ønsker å måle.

I risikokontekst benyttes indikatorer for å fremstille forhold som har innvirkning på risikoen, og har i lengre tid blitt benyttet. I Øien (2001) defineres indikatorer som ”*en målbar eller operasjonell variabel som kan beskrive tilstanden til et større fenomen eller aspekt av virkeligheten*”.

I prosessindustri har indikatorer i lengre tid blitt benyttet som nøkkeltall for sikkerhet, og spesielt feil bruk av indikatorer har fått stor oppmerksomhet i etterkant av storulykker (Vinnem, 2013). For eksempel ble personskade- og fraværstatistikk benyttet som indikator for prosessikkerheten i forkant av ulykken ved Texas City Oil Refinery i 2005 og i forkant av Deepwater Horizon-ulykken i 2010. Dette kan mislede både ledelse og ansatte til å tro at

deres anlegg er tryggere enn det som er realiteten, og det har senere blitt påpekt at det ikke er noen kobling mellom yrkesrelaterte skader og systemets sikkerhetsytelse ved anlegg innen prosessvirksomhet (Ale, 2009). Derfor er viktigheten av å velge indikatorer som faktisk reflekterer det forhold man ønsker å belyse.

Reaktive indikatorer

De reaktive indikatorene kalles ofte hendelsesbaserte eller laggende indikatorer, og baserer seg på observasjoner av initierende eller farlige hendelser (Øien, Utne, Tinmannsvik & Massaiu, 2011). Disse er basert på hendelser

Dersom man benytter ulykkes scenarioer for å forklare reaktive indikatorer, vil altså

2.2.2 Risikonivå i Norsk Petroleumsindustri

Risikonivå i Norsk Petroleumsvirksomhet (RNNP) er et verktøy for å overvåke risikonivået knyttet til menneskelig tap gjennom ulykker av ulik art, og måle effekt av det systematiske forebyggende arbeidet som blir gjort på norsk sokkel (kilde). Arbeidet ble startet gjennom en pilotstudie gjennomført av Oljedirektoratet i 1999, hvor målet var å vurdere hvordan det faktiske sikkerhetsnivået var på installasjoner (kilde). Dette ble gjort på grunn av ulik oppfatning hvordan helse-, miljø og sikkerhetsstatusen faktisk var (kilde). Mens arbeidstakerorganisasjoner og myndigheter på den ene siden mente at sikkerhetsnivået ikke var tilstrekkelig, mente selskapene at sikkerheten aldri hadde vært bedre (kilde). Derfor ble arbeidet med å evaluere det faktiske sikkerhetsnivået i gangsett av Oljedirektoratet, hvor den følgende oppgaven ble formulert:

”Oljedirektoratet skal i lys av det etablerte sikkerhetsnivået på norsk sokkel, foreta en vurdering av status og trender”
(Oljedirektoratet, 2001)

Prosjektet kulminerte i rapporten ”Utvikling i risikonivå – Norsk sokkel”, som fremstilte risikonivået som funksjon av en rekke indikatorer som var knyttet til storulykker og arbeidsulykker (). For storulykker ble da, og benyttes fremdeles, hendelsesbaserte indikatorer basert på antall definerte fare- og ulykkesituasjoner (DFUer) registrert. Dette er hendelser som enten er initierende eller farlige hendelser knyttet til storulykker, og omfatter blant annet ukontrollerte utslipp av hydrokarboner, skip på kollisjonskurs eller konstruksjonsrelaterte hendelser (kilde). Basert på de individuelle indikatorene gav konklusjonen i pilotstudien ga en indikasjon om at arbeidstakerorganisasjonene og myndighetenes antagelser om at risikonivået hadde blitt høyere de siste tre årene (kilde).

Arbeidet med fremstillingen av risikonivået i norske petroleumsvirksomheter har siden oppstart, utviklet seg med jevne mellomrom, og inkluderer i dag også spørreundersøkelser for å kartlegge ansattes syn opplevde syn på blant annet arbeidsmiljø, HMS-klima og ulykkesrisiko (RNNP 2013).

I regi av Petroleumstilsynet gjennomføres dette arbeidet nå hvert år, og resultatene legges frem i form av RNNP-rapporten, som viser status og trender angående risikonivået på norsk sokkel (Petroleumstilsynet, 2016). Det er et omfattende arbeide, hvor en stor mengde informasjon innhentes fra aktørene selv, luftfartsmyndigheter, Dette arbeidet har som formål å blant annet måle effekten av det sikkerhetsarbeidet som blir gjort i næringen og øke kunnskapen rundt områder som har stor innflytelse på risikonivået (kilde). På grunn av dette er dette fungerer resultatene som hvert år kommer frem i denne rapporten som et beslutningsgrunnlag for både næringen selv, men også for myndighetene, for å finne satsingsområder. som er knyttet til risiko for storulykker gjennom en risikomodell, og deres åresvise utvikling. Dette for å se trender og utviklingstrekk ved

3. Metode og analysegrunnlag

For å kategorisere rømmingshendelsene og finne karakteristiske trekk ved de ulike typene er 73 rapporter gransket. Granskningen av hendelsene i hver av rapportene, har en tilnærming som er lik den man finner ved ulykkesgranskning. Ulykkesgranskning utføres i etterkant av hendelser som har medført tap av menneskeliv eller ødeleggelse av eiendeler eller miljø, og har i følge Rausand (2013), som regel to hovedmål:

- fordele skyld
- øke kunnskapen rundt ulykkesituasjonen

Det første punktet er for å finne ut hvem den ansvarlige parten for ulykken er, og kan relateres til punkter i hendelsesrapportene hvor grad av uaktsomhet belyses, eller hvorvidt virksomhetene i det hele tatt kan bebreides for rømmingen.

Det andre punktet er for å finne årsaker, både direkte og bakenforliggende, samt de underliggende forhold som har innvirkning ved ulykker (Rausand, 2013). Den direkte årsaken i hendelsesrapportene ofte angitt av type feil eller skade som gir fisken en mulighet til rømme. Bakenforliggende årsaker, finner man lengre bak i hendelsesforløpet, og kan for eksempel være en dårlig innfesting eller at uregelmessigheter på ekstraustyr som kan føre til skader ikke blir oppdaget. Underliggende forhold, eller risikopåvirkende faktorer, kan ses på som en samling de omstendighetene en ulykke skjer under. De risikopåvirkende faktorene per definisjon ”relativt stabile forhold som påvirker risikoen” (Rausand, 2013).

3.1 Grunnlaget

Dataene som er benyttet som analysegrunnlag i denne oppgaven er innhentet fra Fiskeridirektoratet. For etablering av det historiske rømmingshendelsene er Fiskeridirektoratets egen statistikkbank¹. Her er det siden rundt 2000 ført oversikt over rømminger som har skjedd fra norske oppdrettsanlegg. I denne er hver hendelse oppført ut fra aspekter som type fisk, antall rømt, måned, lokasjon og vekt på fisk.

For identifikasjon av risikopåvirkende faktorer er det benyttet 72 hendelsesrapporter, også kalt åstedsrapporter, som er utarbeidet ved rømmingshendelser, eller i enkelte tilfeller mistanke om rømming. Disse rapportene omhandler hendelser som har skjedd i tidsperioden 2011 til 2015. Siden oppgavens fokusområde er å identifisere risikopåvirkendefaktorer ved hendelser som har skjedd ved flytende matfiskanlegg med oppdrett av laks, ørret og regnbueørret.

Tabell 1: Oversikt over grunnlaget, og andelen det utgjør av totalen i perioden 2011 til 2015.

Totalt	Grunnlaget
--------	------------

¹ Fiskeridirektoratets hjemmesider: <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur>

Frekvens	Antall rømt	Frekvens	Andel	Antall	Andel
127	1 242 262	45	35,4%	592815	47,7%

Fra Tabell 1 kan man se at grunnlaget utgjør totalt 35,4% av hendelsene som er rapportert til Fiskeridirektoratet i perioden 2011 til 2015, mens hele 47,7% av det totale antall fisk rømt. Dette indikerer at det er en overvekt av de hendelsene med store rømmingsomfang i grunnlaget. I tillegg til disse rapportene, som er konstaterede rømmingshendelser, inkluderer grunnlaget også 28 åstedsrapporter hvor det ikke har vært noen beviselig rømming. Strukturen på rapportene som henholdsvis beskriver faktiske rømmingshendelser og de hvor det ikke har vært noen beviselig rømming, er helt lik. De sistnevnte er allikevel innkludert i grunnlaget, siden systemet også her har blitt påført feil, som har gitt fisk muligheten til å rømme, og kan derfor benyttes til å belyse hvilke faktorer som spiller inn ved rømminger.

Åstedsrapportene blir utarbeidet i etterkant av inspeksjon ved anlegget, som har hatt rømming eller tilløp til rømming av Fiskeridirektoratet. Ved hver rømmingshendelse, eller mistanke om rømmingshendelse, opprettes det en sak hos Fiskeridirektoratet. Neste steg i prosessen er at de sender en, eller flere inspektører, ut til lokasjonen hvor hendelsen har skjedd, hvorpå informasjon omkring hendelsen innhentes. For hver hendelse utarbeides det en åstedsrapport med relevante aspekter, og føres etter en opplagt mal. Disse aspektene er de følgende:

- Relevant informasjon rundt rømmingstidspunktet
- Hendelsesforløp, beskrevet av ansvarlig ved anlegg
- Beskrivelse av anlegg
- Andre forhold av interesse og inspektørs oppsummering av saken

I det første punktet informeres det om hvor, når og hvordan, rømmingstilfellet ble oppdaget. Deretter blir det lagt frem et hendelsesforløp, sett fra en av anleggets ansvarshavende (ofte driftsleder) side. Her kommer informasjon om hva som har skjedd, hvilke komponenter som har sviktet eller medvirket til hendelsen, hvilken operasjon som har ført til rømmingen.

Det inkluderes også i enkelte rapporter en granskning av notpose, etter at den er byttet ut og sendt til land. Når dette skjer hender det at inspektør fra Fiskeridirektoratet besøker notverkstedet hvor noten er sendt, for å inspisere skaden. Derfor blir ofte skadens utforming en viktig indikasjon på hvorvidt forklaringer på hvordan skaden har skjedd og hendelsesforløp fremlagt av ansatte ved anlegget er plausibel.

3.2 Sortering av hendelser

Hendelsene er sortert ut fra type skade en rekke ulike aspekter og egenskaper ved rømmingshendelsen. For hvert aspekt blir hver rømmingshendelse tilegnet en kategori, slik at man etter at alle hendelsesrapporter er sortert kan lete etter karakteristiske egenskaper for de ulike typene hendelser.

De ulike aspektene er oppført under:

Operasjoner

En sortering av hendelsene er i gjort for å dele hendelsene i grunnlaget inn i ulike kategorier basert på hvilken operasjon eller driftstilstand, de ulike typer skader eller feil har skjedd i. Her skiller det mellom de følgende typene operasjoner:

- Installasjon eller bruk av dødfiskoppsamlings utstyr
- Sykdomsbehandling
- Avlusing
 - Med presenning
 - Med brønnbåt
- Notskifte
- Vasking av not
- Sortering, splitting og overlining
- Lasting eller lossing
- Drift
- Ukjent

Den første kategorien omhandler både bruk av dødfiskhåv, montering og uttak av dødfiskpumpe. Spesielt montering og uttak av dødfiskpumpe er en deloperasjon ved flere av de ovenfornevnte operasjonene, men er tatt med som egen kategori siden dette er en deloperasjon som utpreger seg med mange notskader. Videre er drift satt som egen kategori for å skille mellom skader og feil som skjer under de ulike operasjonene, og de som skjer i ”driftsmodus”. Drift vil altså omfatte alle skader eller feil som påføres anlegget, i tidsrommet mellom alle de andre operasjonene, og vil derfor være den modusen som anlegget oftest befinner seg i.

Komponent

I de tilfellene hvor rømmingen har kommet som følge av en kontaktskade på notposen, er også komponenten som er årsak i skaden oppført. Dette er mest relevant for skadetyperne gnagskader og rivningsskader. De ulike komponentene er både av typen ekstrautstyr, utspilingskomponenter og operasjonelt utstyr, og er sortert i de følgende kategorier og under kategorier:

- Ekstrautstyr
 - Dødfiskoppsamlingsutstyr
 - Forspreder
 - Lysarmatur
- Utspilingsystem
 - Bunnring
 - Bunnlodd og opphalertau
 - Kjetting til bunnring

- Operasjonelt utstyr
 - Presenning
 - Notkrok
 - Vaskerigg
- Propell
- Annet
- Ukjent
- Irrelevant

For de hendelsene som ikke knyttes til en komponent, for eksempel gnag fra pigghå eller skipskollisjon, registreres som irrelevant. For kategorien ukjent vil de hendelsene hvor skaden tilsier at det er en komponent som har skapt den, men det er usikkert hvilken komponent som har skapt den, registres dette under ukjent.

Oppdagelsesomstendigheter

Et annet punkt i hver av hendelsesrapportene er oppdagelsesomstendighetene rundt rømmingshendelsen. Her belyses det hvordan ansatte ved anlegget fikk den første mistanke om en mulig rømmingshendelse. Det er viktig å understreke at dette den første indikasjon på at en rømming kan ha skjedd ved anlegget, altså ikke hvordan hullet ble funnet. Slik at en hendelse hvor de ansatte har fått melding om fangst av oppdrettsfisk i nærheten, hvorpå hullet blir funnet i en etterfølgende dykkerinspeksjon, vil den første indikasjon registreres under kategorien *Rapport om fangst av oppdrettsfisk*. Disse kategoriene er de følgende:

- Under samme operasjon, eller umiddelbart etter feil/skade har oppstått
- Under annen operasjon
- Inspeksjon i etterkant av operasjon som medførte feil/skade
- Rutinemessig inspeksjon
- Villfisk observert på foringskamera
- Ved tilfeldigheter

Dersom skade eller feil som kan føre til rømminger har skjedd, vil det alltid være å foretrekke at skaden oppdages umiddelbart, eller under samme operasjon. Da vil mulighetene til å begrense skaden være større, og omfanget av hendelsen vil bli mindre. På grunn av hyppig skadefrekvens på notposen i enkelte operasjoner, er det i følge flere av åstedrapportene anbefalinger fra notprodusenter at man inspiserer notposen etter hver håndtering. Så *inspeksjon i etterkant av operasjon* er inspeksjoner som utføres enten med undervannskamera, dykkere eller ROVer. Villfisk som blir observert på foringskamera er en annen entydig indikasjon på at det er hull i notposen.

Rutinemessige inspeksjoner er her ment å omfatte inspeksjoner som enten utføres med gitte tidsintervall eller i etterkant av uvær.

Utbedringsintervall

Basert på hendelsesforløpene som blir fremlagt, vil også et intervall mellom det tidspunkt skaden har skjedd til den blir oppdaget blir ført for hver av hendelsene i grunnlaget. Derfor vil antall dager mellom at skaden/feilen har oppstått til at den blir oppdaget eller utbedret, bli ført. I enkelte hendelsesrapporter kan man ikke knytte noe tidspunkt til skaden, siden det hverken fra inspektørens eller virksomhetens side, kan konstateres hva som har forårsaket den. Disse registreres som ukjent.

Mens ved andre hendelser kan man ut fra type skade og hvilke operasjoner forut for hendelsen som kan ha forårsaket denne, kan man sette tidspunktet for hendelsen i et tidsintervall. Dette gjelder både for skader/feil oppstått i en periode med uvær, og operasjoner som har gått over flere dager ved anlegget. I de tilfellene hvor dette er tilfellet registreres antall dager som middelverdien i dette intervallet.

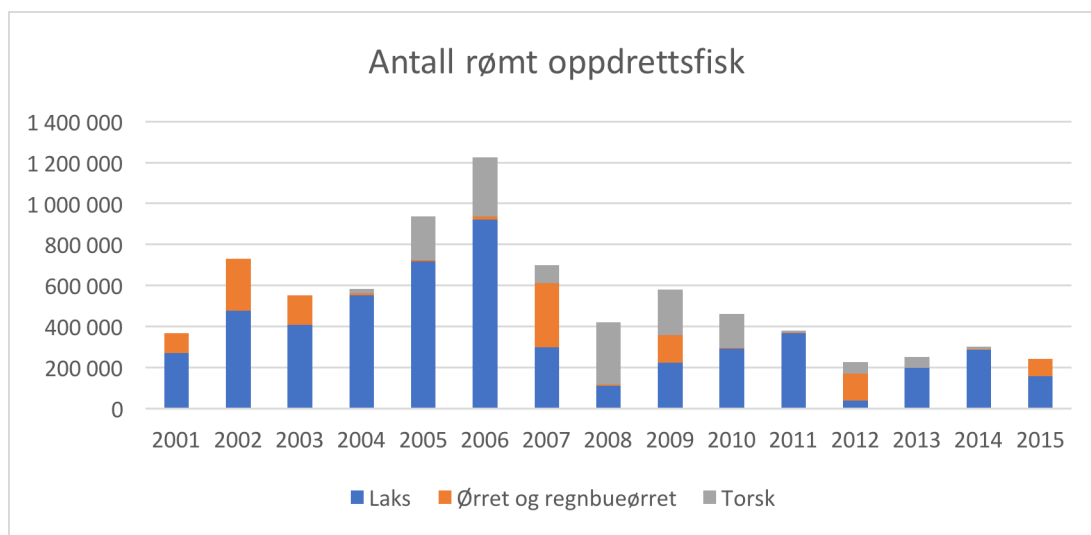
4. Historisk rømmingsoversikt

Den historiske rømmingsoversikten er basert på tallmateriale som ligger i Fiskeridirektoratets offentlige rømmingsoversikt. Dette kapittelet skal legge frem den historiske rømmingsstatistikken for å vise utviklingen næringen har hatt de siste årene. Her fremstilles antall rømte individ for torsk, laks og regnbueørret.

For å normalisere verdiene er antall tonn produsert fisk per fiskeslag blitt benyttet, slik at den normaliserte verdien blir antall fisk rømt per tonn produsert. Et alternativ ville ha vært å benytte biomassen av den rømte fisken, og normalisert med antall tonn produsert, men dette er ikke gjort. Grunnen til at antall fisk rømt per tonn produsert er foretrukket over antall tonn rømt per tonn produsert, er at forskning viser at fisk som rømmer i et tidlig stadium av produksjonen har et større skadepotensiale på villfiskstammen. Dette med bakgrunn i at fisk som rømmer i et tidlig stadium, har en større sannsynlighet for å tilpasse seg et liv i det fri. (kilde) Så ved å benytte biomasse rømt, vil den største fisken gi et større bidrag, selv om det er den minste fisken som utgjør den største trusselen.

Tallene som videre er presentert i de følgende delkapitellene er totaltall for oppdrettsnæringen, noe som innebærer at rømmingstillfeller fra settefisk- og matfiskanlegg, samt for transport mellom destinasjonene. Verdier for produksjon er hentet fra Statistisk Sentralbyrås database for akvakulturnæring, mens rømmingsdata er hentet fra Fiskeridirektoratets egne rømmingsstatistikk.

Siden 2001 har Fiskeridirektoratet publisert statistikk basert på de innrapporterte rømmingshendelsen som skjer i løpet av et år (Jensen, Dempster, Thorstad, Uglem & Fredheim, 2010). I følge denne er det siden rapportert om nesten 8 millioner fisk rømt fra norske oppdrettsanlegg. Dette er et betydelig antall med tanke både på økonomiske og miljømessige konsekvenser. Men fra toppåret 2006, med over 1,2 millioner rømte individer, har antall rømte per år blitt redusert, og i 2015 var tallet nede i 241 000 individer, se Figur 5. Hovedårsaken til denne reduksjonen er i følge Jensen et al. (2010) den tekniske forbedringen av anleggene som NS-9415 medførte. Etter at utførelsen av flytende matfiskanlegg ble lovpålagt i 2006, ble det stilt strengere tekniske krav til hovedkomponentene, kan man se at antall rømte fisk har gått betydelig ned. I 2012 ble NYTEK-forskriften innført, noe som medførte ytterligere krav til utførelsen på oppdrettsanlegg, og hvor det foruten krav til individuell standardisering på hovedkomponentene, nå ble krav om samvirket mellom dem, og dermed hele anlegget som en enhet, i stedet for et anlegg bestående av en rekke individuelle komponenter. Ut Figur 5 kan man ikke se noen tydelig trend som viser effekten av denne.



Figur 5: Antall fisk rømt per år, fordelt over fiskeslag.

En annen årsak som har redusert antallet som har rømt fra norske oppdrettsanlegg, er at oppdrett av torsk nesten har opphørt. Fra topp året i 2010 da over 20 000 tonn med kultivert torsk ble produsert, har produksjonen avtatt, og i 2015 var mengden produsert nede i null. Årsakene til at oppdrett av torsk aldri tok av på samme måte som laks og ørret, kan være problemene med at det var vanskelig å holde torsk i merden, kannibalisme og at man har en betydelig bedre tilgang til vill torsk enn laks.

Tabell 2: Fordeling av rømte individ, produksjonsmengde og normaliserte rømmingsverdier, over fiskeslag i perioden fra 2006 til 2015.

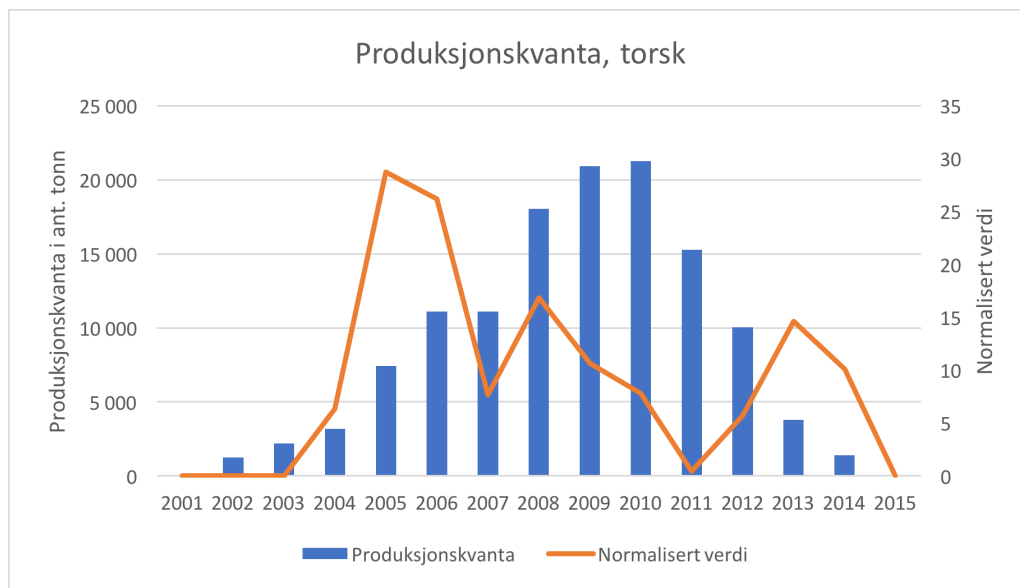
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Laks	Produksjon (Antall i 1000 tonn)	630	744	737	862	940	1 065	1 232	1 168	1 258	1 303
	Rømt (antall i 1000)	921	298	111	225	291	368	38	198	287	157
	Normalisert	1,46	0,4	0,15	0,26	0,31	0,35	0,03	0,17	0,23	0,12
Ørret	Produksjon (Antall i 1000 tonn)	62,5	77,6	85,6	74,3	54,7	58,5	74,7	71,5	69	73
	Rømt (antall i 1000)	15	315	7	133	6	4	133	0,2	1	84
	Normalisert	0,24	4,06	0,08	1,79	0,11	0,07	1,78	0	0,01	1,15
Torsk	Produksjon (Antall i 1000 tonn)	11,1	11,1	18,1	20,9	21,2	15,3	10	3,7	1,4	0
	Rømt (antall i 1000)	290	85	304	222	166	7	57	55	14	0
	Normalisert	26,16	7,65	16,84	10,61	7,86	0,46	5,68	14,59	10,1	0

Tabell viser en oversikt over produksjonen og antall rømte individer, for de tre fiskeslagene. I tillegg er en normalisert rømmingsverdi for antall rømte fisk per tonn produsert. Dette er gjort for å ta høyde forskjellen i produksjonskvanta mellom de ulike fiskeslagene.

4.1 Torsk

På grunn av torskens evne til å selv gnage seg ut av merden, fikk man store rømmingstall i forhold til mengde produsert. Figur 6 viser produksjonskvanta i antall tonn, samt en

normalisert verdi, som viser sammenheng mellom antall rømte individ normalisert i forhold til antall tonn produsert. Av figuren kan man se at det ikke ble levert torsk fra norske matfiskanlegg til slakt i 2015.



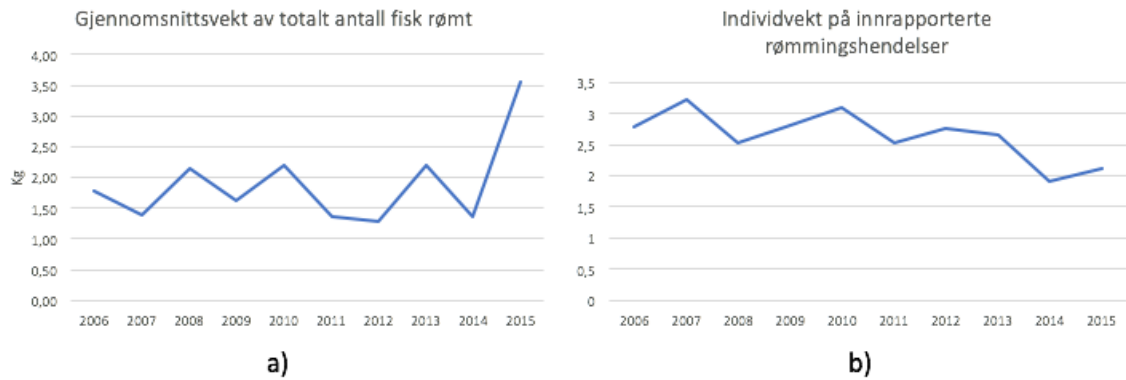
Figur 6: Oversikt over produksjon av torsk og normalisert rømmingsverdi.

I tillegg til vanskeligheter med å holde torsken i merdene, har det også vært problemer med kannibalisme i merdene hvor man har holdt torsk, og derfor har denne produksjonen blitt lite levedyktig. For 2005 hadde man omtrent 29 torsker rømt per tonn matfisk produsert. Til sammenligning hadde man 1,2 rømt laks per tonn produsert, noe som kan være en indikasjon på at lakseoppdrett var en kjent driftsform, hvor problemområder var utforsket, mens produksjon av torsk var i en tidlig fase.

På grunn av omstendighetene rundt rømming av torsk, samt det faktum at det mer eller mindre ikke produseres torsk lengre, vil ikke rømminger av torsk være en del av den videre studien.

4.2 Laks og regnbueørret

Videre vil studien kun omhandle rømminger av laks, regnbueørret og ørret. En årsak til dette er at disse fiskeslagene er nokså like med tanke på produksjonsform og tilhørende operasjoner. En annen årsak er at

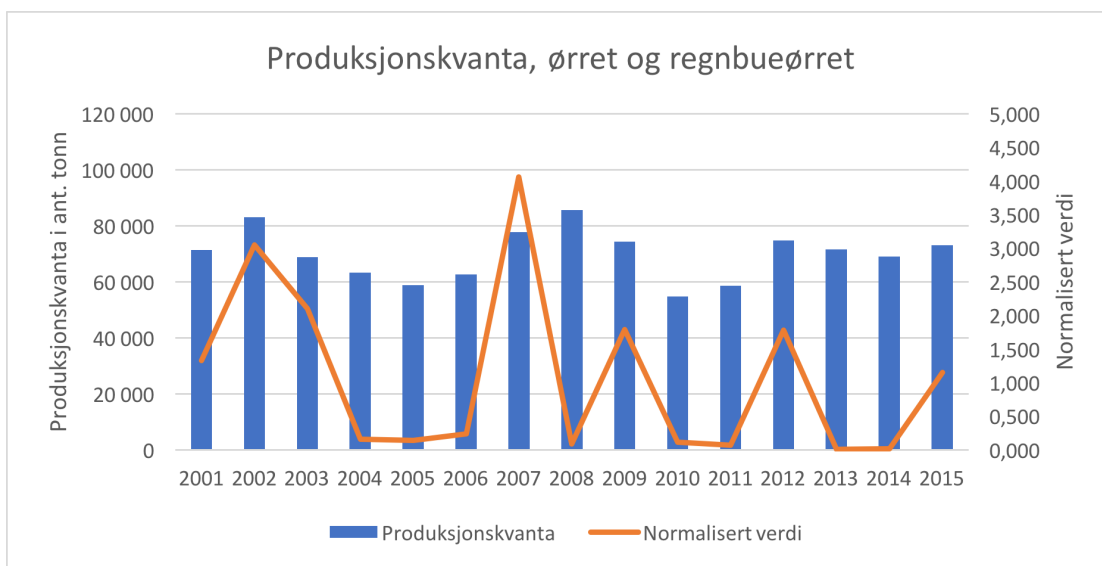


Figur 7: a) viser gjennomsnittsvekt på den totale mengde fisk rømt, mens b) viser gjennomsnittsvekten av vekten hver rapporterte rømmingshendelse

I Figur 7 a) ser man at gjennomsnittsvekten av den totale mengden som har rømt for hvert år. Denne viser at det i 2015 var en overvekt av stor fisk som rømte. For hver rapport oppgis vekten på den rømte fisken, og det er denne individvekten i hver rømmingshendelse Figur 7 b) forsøker å fremstille. Her blir summen av individvekt på fisk for hver rapport delt på antall rapporterte hendelser for de respektive årene, altså har ikke antall fisk som har rømt i hver hendelse noen innflytelse. Dette er gjort for å vise en trend som fremstiller hvordan rømminger av henholdsvis stor fisk og små fisk har utviklet seg de siste årene. Den gjennomsnittlige innrapporteringsvekten som man kan kalle den, viser en avtakende trend de siste 4-5 årene, og kan enten bety at det er flere rømminger med små fisk. En annen årsak til denne trenden, kan være den økte oppmerksomheten rundt rømming fra settefiskanlegg som kom etter Smoltoffensiven. Dette var en kontrolloffensiv ført av Fiskeridirektoratet for å kartlegge barrierer mot rømming av fisk fra settefiskanlegg, eller i den første perioden ved etter utsett (Osland, Kjempenes, Hovland, Sørensen & Mikalsen, 2008). Offensiven ble i gang satt etter at prøvetaking av fisk i norske lakseelver viste at det måtte være en betydelig underrapportering av det totale antallet rømt fra oppdrettsanlegg (Sægrov & Urdal, 2006).

Ørret

Produksjonsmengden har for ørret vært relativt stabil i tidsrommet fra 2001 til 2015. Den normaliserte verdien har derimot vært ustabil i tidsperioden, og for de årene med en høy normalisert rømmingsverdi, skyldes disse enkelt hendelser med stort rømmingsomfang.



Figur 8: Produksjonskvantum av ørret, sammen med den normaliserte rømmingsverdien.

For disse årene skyldes de høye verdiene enkelthendelser med store rømmingsomfang, hvor store deler av fisken som var i merden rømte. For den høye normaliserte verdien i 2012, var det en hendelse som utgjorde 92,6 % av all ørret rømt det året. I dette tilfellet oppsto et hull i notposen som følge av gnag mot kjetting til bunnringen, noe som medførte at 123 000 fisk rømte.

Laks

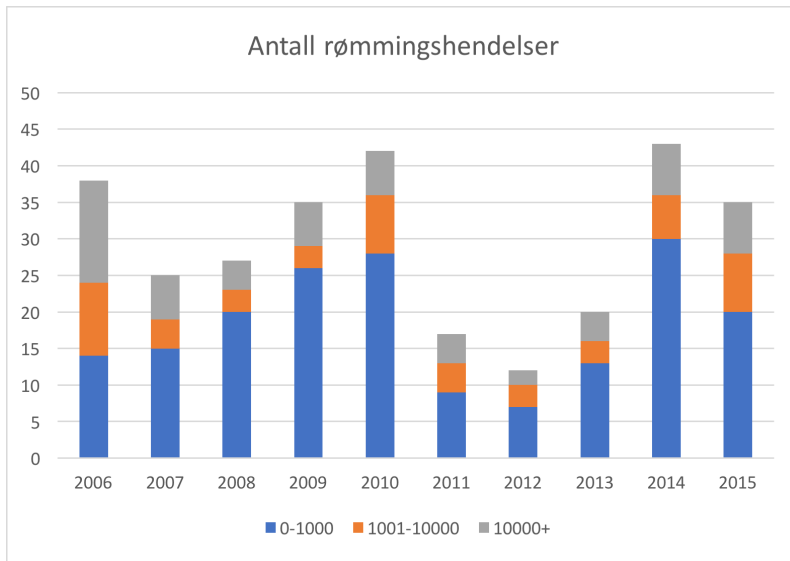
For rømming av laks ser man en trend som viser tydelig nedgang etter at det kom krav til den tekniske utførelsen av flytende matfiskanlegg i 2006. Og sett i forhold til produksjonsmengden er antall rømte fisk redusert betraktelig.



Figur 9: Produksjonskvanta og normalisert rømmingsverdi for laks.

Antall hendelser

Dersom man ser på antall rømmingshendelser for laks og regnbueørret, er det vanskelig å se noen tydelig trend i tidsrommet fra 2006 til 2015. Figur 10 viser antall rømmingshendelser for både laks og regnbueørret.



Figur 10: Antall rømmingshendelser med laks og regnbueørret.

5. Resultat og diskusjon

Dette kapittelet skal fremstille hoveddelen av arbeidet som er gjort i denne oppgaven. Hendelsene i de 73 åstedsrapportene har blitt sortert med grunnlag i hvilken operasjon de ulike skadene eller feil, som har medført rømming eller tilløp til rømming. Videre er hendelsene sortert ut fra type skade eller feil. For hver hendelse er også omstendighetene rundt oppdagelsen av skaden kategorisert, for å forsøke å vise forskjeller mellom skader/feil som medfører rømminger som blir påført under operasjoner.

I de første to delkapitlene er alle hendelsene inndelt i de to kategoriene driftsmodus og operasjoner, for å se hva som skiller de rømminger som skjer under operasjoner fra de som skjer under driftsmodus. Med driftsmodus menes i denne sammenheng det tidsrommet hvor ingen operasjoner skjer ved anlegget.

5.1 Totalverdier for grunnlaget

De totale verdiene av grunnlaget er oppsummert i dette delkapittelet, for å sette noen referansepunkter som sammenligningsgrunnlag for en videre inndeling.

Type operasjon

Av alle 73 hendelsene ser man at det er driftsmodus som er den operasjonskategorien som står for både de fleste hendelsene, både nesten-hendelser og rømminger. Det er også i denne kategorien flest fisk har rømt. Dette har en sammenheng med at det nettopp er i denne modusen systemet befinner seg.

Tabell 3: Totalfordeling av antall hendelser og rømte individ, over de ulike operasjonene.

Type operasjon	Nesten hendelser		Rømminger				Totalt	
	Frekvens	Andel	Frekvens	Andel	Antall	Andel	Frekvens	Andel
Installasjon av ekstrauts.	2	7,1 %	4	8,9 %	4841	0,8 %	6	12,3 %
Avlusing	2	7,1 %	7	15,6 %	24518	4,1 %	9	13,7 %
Notskifte	1	3,6 %	3	6,7 %	71	0,0 %	4	6,8 %
Vasking	3	10,7 %	2	4,4 %	54800	9,2 %	5	6,8 %
Sortering, splitting og over	1	3,6 %	3	6,7 %	2105	0,4 %	4	5,5 %
Lasting og lossing	2	7,1 %	3	6,7 %	20247	3,4 %	5	6,8 %
Drift	15	53,6 %	17	37,8 %	465431	78,5 %	32	37,0 %
Ukjent	2	7,1 %	6	13,3 %	20802	3,5 %	8	11,0 %
	28	100,0 %	45	100,0 %	592815	100,0 %	73	100,0 %

Dersom verdiene i Tabell 3 hadde blitt normalisert mot for eksempel gjennomsnittlig tid tilbrakt ved hver operasjon eller driftsmodus, ville fordelingen vært ulik, uten at dette er gjort her.

Oppdagelsesomstendigheter

De ulike kategoriene som oppdagelsesomstendighetene, og deres respektive frekvenser, er for alle hendelsene i grunnlaget oppsummert i Tabell 4. For det alle hendelsene i grunnlaget uten å skille mellom operasjon skaden har skjedd i, kan man ut fra denne kun konkludere med at det er et uheldig høyt antall som er registrert under kategoriene 'Under annen operasjon', 'Foringskamera' og 'Tilfeldigheter' med totalt 43,9% av alle hendelsene. Disse kategoriene

kan man uansett operasjon eller om det er driftsmodus, klassifiseres som ikke godkjente oppdagelses omstendigheter.

Tabell 4: Oppdagelsesomstendighetene ved alle hendelsene i grunnlaget

Beskrivelse	Nesten hend		Rømmingshend		Totalt	
	Frekvens	Andel	Frekvens	Andel	Frekvens	Andel
Under samme operasjon	2	7,1 %	8	17,8 %	10	13,7 %
Under annen operasjon	9	32,1 %	9	20,0 %	18	24,7 %
Insp. i etterkant av operasjon	5	17,9 %	6	13,3 %	11	15,1 %
Rutinemessig inspeksjon	7	25,0 %	13	28,9 %	20	27,4 %
Foringskamera	2	7,1 %	1	2,2 %	3	4,1 %
Fanget oppdrettsfisk	3	10,7 %	5	11,1 %	8	11,0 %
Tilfeldigheter	0	0,0 %	3	6,7 %	3	4,1 %
	28	100,0 %	45	100,0 %	73	100,0 %

En annen finurlighet ved Tabell 4 er at 'Fanget oppdrettsfisk' har en frekvens på tre under nesten-hendelser. Forklaringen bak dette er at det har blitt fanget fisk som stammer fra anlegget, men på grunn av feilmarginene på telleutstyret benyttet i etterkant av rømmingen, har man ikke kunnet bekreftet noen rømming.

Utbedringstid

Tidsintervallet mellom det tidspunkt man får den første indikasjon på at det kan ha vært rømming, til skaden/feilen er utbedret for det totale grunnlaget er oppsummert i Tabell 5. Ved 51,1% av rømmingshendelsene har skaden eller feilen som har ført til rømming, blitt oppdaget innen et døgn. Det faktum at ved 17,8% rømmingshendelsene kan det ikke fastslås hvor lenge hullet har stått åpent.

Tabell 5: Oversikt over utbedringstiden for alle hendelsene i grunnlaget

Utbedringstid	Nesten hendelser		Faktiske rømminger		Totalt	
	Observasjon	Andel	Observasjon	Andel	Observasjon	Andel
Usikkert	5	17,9 %	8	17,8 %	13	17,8 %
Innen et døgn	10	35,7 %	23	51,1 %	33	45,2 %
Mellom et og to døgn	2	7,1 %	3	6,7 %	5	6,8 %
Mellom to og fire døgn	2	7,1 %	5	11,1 %	7	9,6 %
Mellom fire og seks døgn	1	3,6 %	0	0,0 %	1	1,4 %
Mellom seks og ti døgn	3	10,7 %	1	2,2 %	4	5,5 %
Over ti døgn	5	17,9 %	5	11,1 %	10	13,7 %
	28	100,0 %	45	100,0 %	73	100,0 %

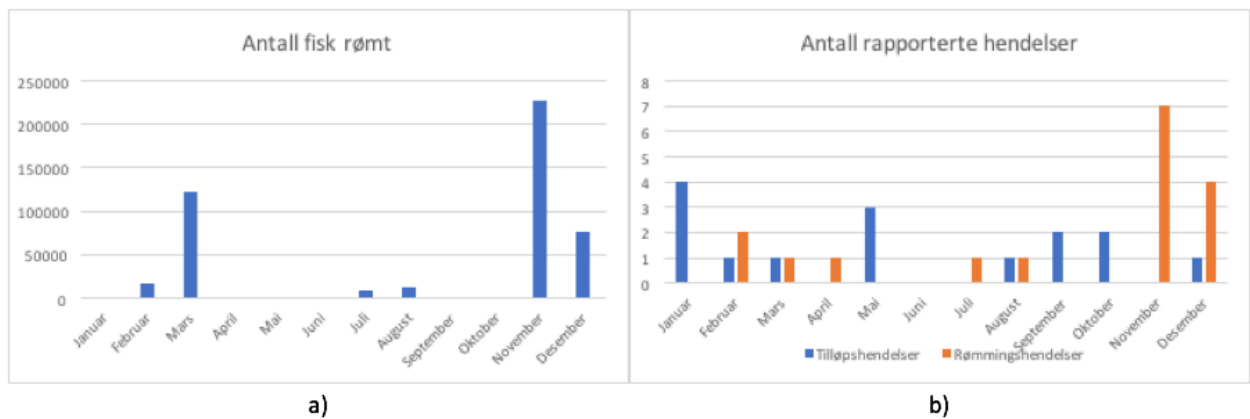
Tabell 1 viser utbedringstiden for de totalt 73 hendelsene i grunnlaget. Et aspekt som påvirker denne verdien er størrelsen på hullet, men hendelsene som inngår i grunnlaget, er ikke differensiert ut fra dette. Grunnen til at størrelsen på hullet er utelatt er at dette var lite konsekvent ført i hendelsesrapportene, og at den i mange rapporter var helt utelatt.

Utbedringstiden kan allikevel fungere som en god indikasjon på hvor gode inspeksjonsrutiner virksomhetene har.

I de hendelsene som er registrert med usikker utbedringstid, var det ingen forslag til når skaden kunne ha oppstått. Men det er i disse tilfellene grunn til å tro at hullet har vært der en stund. Uansett vil de hendelsene som er klassifisert med usikker utbedringstid, på grunn av usikkerheten rundt hvor lenge hullet har stått åpent, ikke inkluderes i gjennomsnittene. Utbedringstiden for de 37 rømmingshendelsene i de seks nederste radene i Tabell 5, altså de som ikke er usikre, har en gjennomsnittlig utbedringstid på 4,6 døgn. Vel og merke vil dette være et dårlig mål på hvor lenge en eventuell rivningsskade i notposen vil stå åpent, siden alle typer feil her er inkludert og mange av disse blir utbedret med en gang.

5.2 Driftsmodus

I datagrunnlaget er det totalt undersøkt 32 hendelsesrapporter for rømminger, eller tilløp til rømminger, som har skjedd i driftsmodus. Dette er den modusen som anlegget oftest befinner seg i, og omfatter det tidsrommet når andre spesielle operasjoner ikke finner sted ved anlegget. Av disse 32 hendelsesrapportene omfatter 17 bekreftede rømminger og 15 ubekreftede eller tilløp til rømming. Sistnevnte omfatter altså de tilfeller hvor det har vært hull på notposen, eller at fisken ved anlegget på annen måte har hatt muligheten til å rømme.



Figur 11: Oversikt over rømmingshendelsene som ikke har skjedd under operasjoner, altså i en slags driftsmodus., a) viser antall rømt fordelt på måneder, mens b) viser antall rapporterte hendelser.

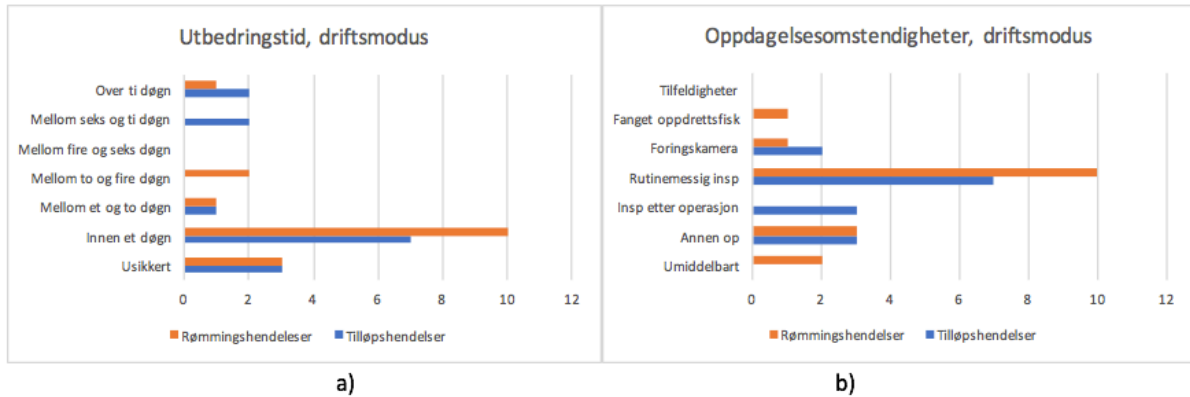
Figur 11 viser en fordeling av hendelsene i driftsmodus over månedene. Her kan man se at 65,4% av hendelsene som har medført rømming, har skjedd i november og desember. Den høye andelen rømminger i november og desember.

ser man en oversikt over de komponenter som har påført notposen skade, eller andre feil som har medført rømming eller tilløp til rømming. For kategorien annet, representerer de to hendelsene (en rømming og en nesten hendelse) skipskollisjoner.

Videre er hendelsene i kategorien irrelevant; gnag fra predatorer, brudd i innfesting av notpose, og brudd i forankring.

Oppdagelsesomstendigheter

For alle hendelsene som har medført rømming eller tilløp til rømming, i driftsmodus så har 53,1% skjedd i uvær. Dersom man ser på den delen av disse hendelsene som har medført rømming, har 52,9% prosent skjedd under uvær.

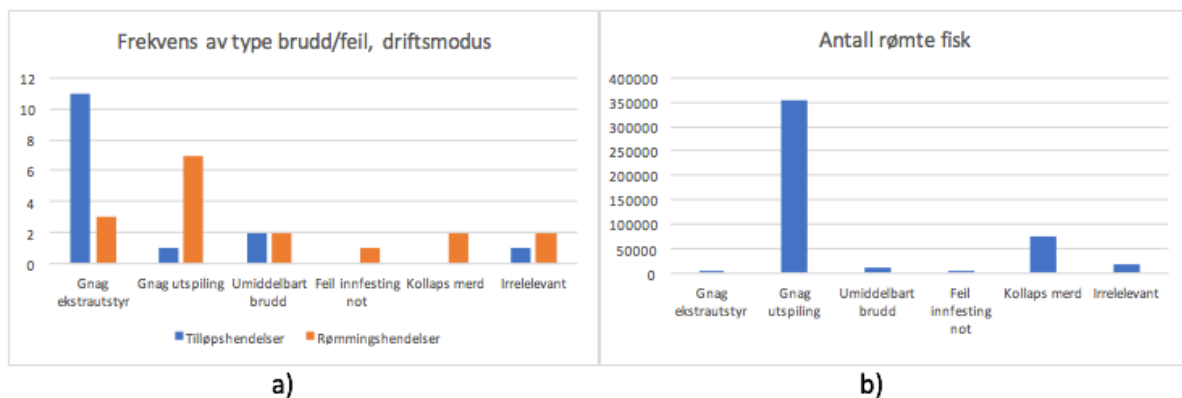


Figur 12: Utbedringstid for driftsmodus (a) og oppdagelsesomstendigheter (b) for driftsmodus.

Den høye andelen av skader og feil som har medført rømminger og tilløpshendelser medfører den høye andelen av feil/skader som blir oppdaget i rutinemessige inspeksjoner. Dette er et område virksomhetene

Type skade/feil

For de typer skader og feil som oppstår under driftsmodus, er rømminger og rømmingstilløp som følge av gnagskader de mest dominerende. Men til tross for 14 hendelser (11 tilløp og 3 rømminger) som følge gnagskader fra ekstrautstyr, står disse hendelsene kun for 4763 rømte fisk, eller omlag 1% som har rømt i driftsmodus.



Figur 13: Frekvens (a) og antall rømte fisk (b) fordelt på type skade eller feil i driftsmodus.

5.3 Operasjoner

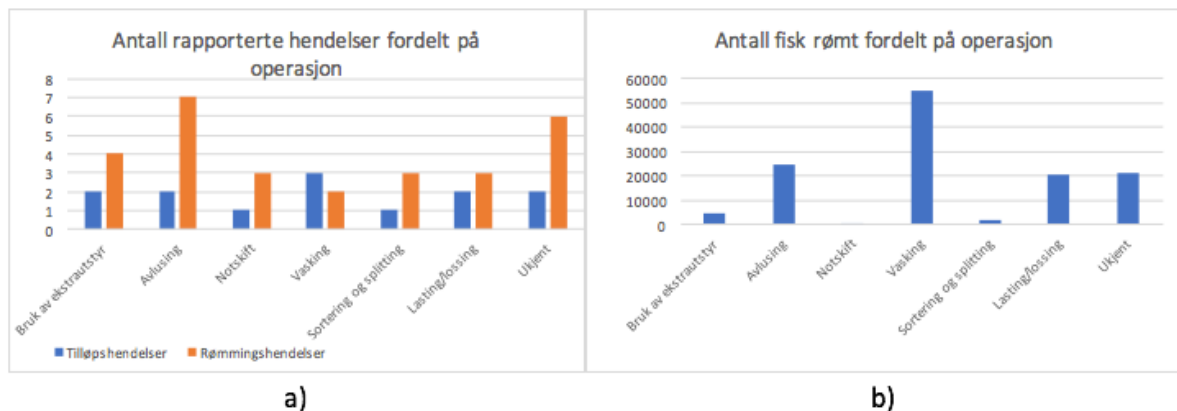
Dette delkapittelet omhandler den totale statistikken for de 41 hendelsene som kan knyttes til operasjoner. Av disse hendelsene utgjør 28 bekreftede rømminger, med et totalt rømningsomfang på 127384 fisk. 62,2% av de rapportene i grunnlaget med bekreftede rømmingshendelser. 21,5% av det totale rømningsomfanget i grunnlaget.

Har valgt å inkludere de rømmingene og rømmingstilløpene som er klassifisert under ukjent operasjon, i operasjoner. Dette er på grunn av at granskning av skadene, altså hullene eller feil som må ha medført rømmingen, tilsvarer samme skader som blir påført under operasjoner av ulike arter og er da mest sannsynligvis påført operasjoner.

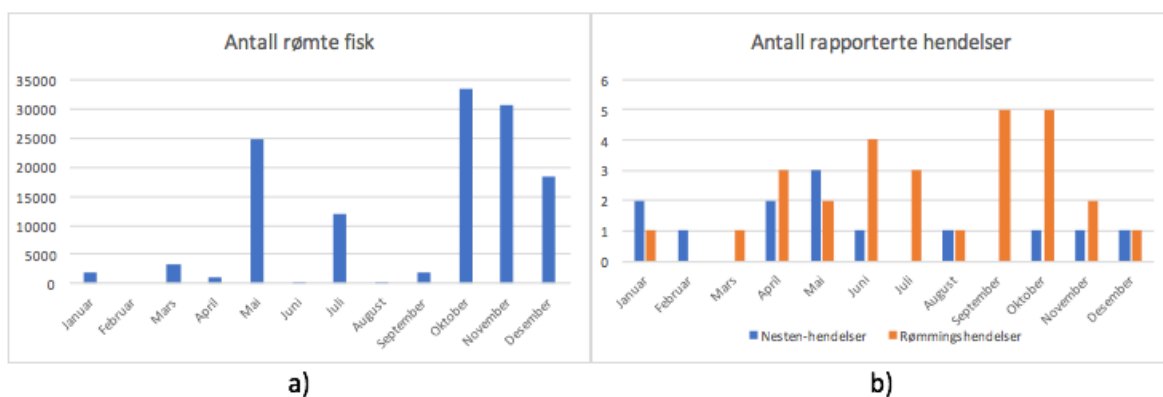
Gjengangeren er rivningsskader på notposen, men at hverken Fiskeridirektoratets inspektører eller de ansatte ved anlegget ikke kan bekrefte hvilken operasjon rømmingen har skjedd under.

Operasjoner

Av de 73 rapportene som er gransket, kan 41 hendelser knyttes til operasjoner. Av disse hendelsene er 28 bekreftede rømminger. Disse kan igjen deles opp i de følgende operasjoner og deloperasjoner.



Figur 14: Frekvens (a) og antall rømt (b) fordelt på ulike operasjoner og deloperasjoner.



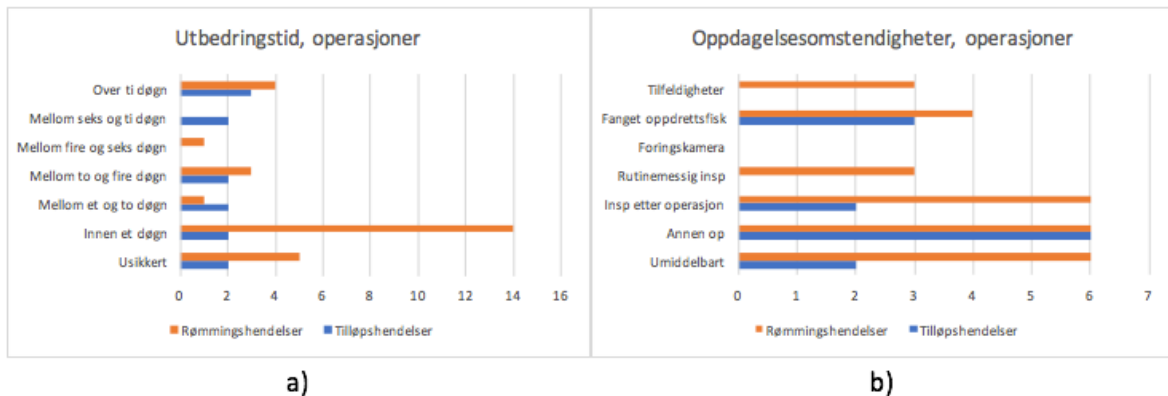
Figur 15: Antall rømte fisk (a) og antall rapporterte hendelser (b) fordelt over måned for operasjoner.

Figur 15 viser hendelsene som er kategorisert under operasjoner fordelt over måned. Denne viser en jevnere fordeling av hendelsene over månedene, men også her ser man at den den

største andelen av fisken rømmer i årets siste måneder. Dette har en sammenheng med at det er høy aktivitet ved anleggene i denne tidsperioden.

Oppdagelsesomstendigheter

For de 41 hendelsene som er kategorisert som operasjoner den gjennomsnittlige utbedringstiden 6,5 døgn, mens for de 28 av disse hendelsene som er bekreftede rømmingshendelser er gjennomsnittlig utbedringstid på 6 døgn.

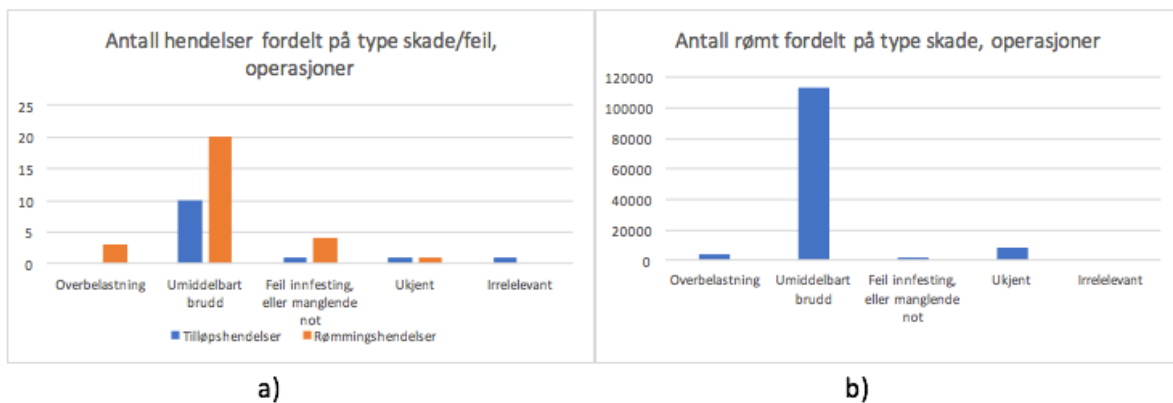


Figur 16: Viser henholdsvis utbedringstid (a) og oppdagelsesomstendigheter (b), for hendelsene som er kategorisert som operasjoner.

Av Figur 16 kan man se at det

Type skade/feil

For hendelsene som har skjedd under ulike typer operasjoner, er umiddelbare brudd den dominerende typen skade. Dette er rivningsskader som skjer både under håndtering av not,



Figur 17: Fordeling av frekvens og antall rømte fisk, fordelt på skade/feil

5.4 Faktorer til de ulike typene hendelser

For å knytte risikopåvirkende faktorer til de ulike typene hendelser, er det videre tatt utgangspunkt i de ulike typene skader og hva som har forårsaket dem. Det er i tillegg lagt vekt på hvem som er ansvarlig for skaden, slik at fokuset er på hva virksomhetene selv kan gjøre for å redusere sannsynligheten for at de skjer. Derfor skilles det for eksempel mellom

operasjonelle feil gjort av røktere og fra mannskap ombord på brønnbåt. Av hendelsene i grunnlaget som er gjennomgått blir alle fanget opp av den følgende klassifiseringen:

- Gnagskader
 - Fra ekstrautstyr
 - Mot utspilingsystem
- Operasjonelle feil
 - Under operasjon
 - Brønnbåt
- Rivningsskader
- Skipskollisjon
- Strukturelle brudd
 - Forankring
 - Fortøyningsramme
- Gnag fra åtseletere
- Hull påført av hval eller andre store fisk
- Ukjent

Ved å dele de ulike hendelsene inn på denne måten får man en konsis måte å differensiere de ulike skadene eller feil ut fra hvilke som har like, karakteristiske trekk.

5.4.1 Gnagskader

Gnagskader på notposen er hendelser som er sterkt knyttet til uvær. Av de 22 hendelsene i denne kategorien, har 18 skjedd i forbindelse med uvær. Videre har av de 10 hendelsene som har medført rømming, skjedd i forbindelse med uvær. Av alle skadene som kommer som følge av gnagskader på notposen, har ekstrautstyret den høyeste frekvensen. Til tross for det høye antallet nesten hendelser som er registrert hvor gnagskader fra ekstrautstyr har påført notposen skade, er det ikke i forbindelse med noen av disse registrert noen rømminger. I de fleste hendelsene har differansen mellom det som er oppgitt i journalen for merden og en ny telling av fisken vært under den tellefeilen man har hatt på det benyttede telleutstyret.

Tabell 6: De faktorene som hadde høyest representasjon ved gnagskader. Andel gitt av de 22 hendelsene.

Faktor	Antall observasjoner	Andel
Værforhold	18	81,8%
Avvikshåndtering	9	40,9%
Prosedyrer	9	40,9%
Etterfølgelse av veiledende dokumentasjon	8	36,4%
Risikovurderinger	6	27,3%

Avvikshåndteringen favner her om feil bruk av avvikshåndteringssystemet, altså at ansatte eller ledelse i virksomheten ikke har ført inn hendelser. Men også at det har ligget avvik inne i

systemet på lignende forhold, uten at man har innført tiltak for å redusere sannsynligheten for at en slik hendelse skal hende igjen.

Med etterfølgelse av ledende dokumentasjon i denne sammenhengen menes det at virksomheten ikke har fulgt de anbefalinger fra produsenten av det utstyret skaden har oppstått på grunn av. For gnagskader handler dette i mange tilfeller om korrekt innfesting av utstyr.

Gnagskader av ekstrautstyr

Ekstrautstyr er her definert som fastmonterte innretninger og utstyr i merden, som benyttes i den daglige driften av et oppdrettsanlegg. Dette inkluderer blant annet dødfiskoppsamlere, både håver og pumper, forspredere, kamera og lyskilder. For gnagskadene er det dødfiskoppsamlingsutstyret som har forårsaket flest skader på notposen, etter at innfestingen har røket.

Av ekstrautstyret som har påført notpose gnagskader er dødfiskoppsamler, den som har ført til flest nesten-hendelser. Typiske hendelsesforløp for denne typen skade er at innfestingen til utstyret ryker, og dermed kan den bevege seg ut fra optimal posisjon i bunnen av noten hvor den skaper gnagskader på notlinet. Et tiltak som blir utført for å redusere sannsynligheten for at dette skal skje er at man har et område med dobbelt notlin, i bunnen av notposen, slik at området den er plassert på skal bli mer robust.

Typiske hendelses forløp for disse nesten-hendelsene med ekstrautstyr, er at utstyrets innfesting har røket, og at det dermed har beveget seg vekk fra dets optimale plassering i notposen.

Noe av grunnen til at det ikke er registrert noen rømminger på hendelsene med ekstrautstyr, er at disse hullene er plassert helt i bunnen av notposen. Siden fisken i stort sett står lengre opp i notposen, vil disse da sjelden medføre rømming.

Gnagskader mot utspilingssystem

Kontakt mellom notpose og utspilingssystem eller nedlodding, står for 33,3 % av antall hendelsene og 79,6% av all fisken som er rømt som er registrert innen driftsmodus. For perioden fra 2011 til 2015 er det registrert 1,2 millioner rømte laks, regnbueørret og ørret, og av disse utgjør de 366659 rømte fiskene, som har rømt i forbindelse denne typen hendelse 29,5%. Altså har dette utgjort et stort problem med tanke på store rømminger de siste årene. Denne type skade førte til flere og større rømmingshendelser, (dette er tynt) noe som viser at de risikoreducerende tiltakene som ble. Det ble et stort fokus på denne type hendelser, etter årstall, som medførte flere store rømmingshendelser forårsaket av gnagskader mot utspilingssystemet. Blant annet ble kilden til risikoen, altså kjettingen som bunnringen henger i, byttet ut med tau. Anbefalinger om å bytte ut sylindriske notposer med koniske notposer, på værutsatte lokasjoner, for å redusere sannsynligheten for at kontakt mellom notlin og kjetting skulle oppstå.

5.4.2 Rivningsskader

Av rivningsskadene som er påført notposen i ulike typer operasjoner kan man igjen dele opp

Ved seks av hendelsene som hvor rivningsskade hadde ført til rømming eller tilløp til rømming, ble ikke skaden oppdaget før etter 10 dager. For den rømmingshendelsen med størst omfang sto hullet åpent i 19 dager. Dersom man ser bort fra de tre hendelsene hvor det er ukjent hvor lenge hullet har stått åpent, får man et gjennomsnittlig utbedringsintervall på 8,3 døgn på de resterende hendelsene. Dette kan være et tegn på at det både er vanskelig å oppdage denne type skade ved operasjoner, men også at inspeksjonsrutiner i etterkant av operasjoner har et forbedringspotensial.

De 16 hendelsene hvor rivningsskader har ført til rømminger har til sammen ført til 102716 rømte fisk, og har dermed et gjennomsnitt på 6420 fisk per rømming.

Uten å skille mellom de hendelsene som har medført og ikke har medført rømming blir de faktorene som har flest observasjoner i de 24 hendelsesrapportene oppsummert i Tabell 7.

Tabell 7: De fem faktorene som hadde høyest andel observasjoner ved rivningsskader, antall observasjoner i rapportene i grunnlaget og andel av de 24 hendelsene som omfatter rivningsskader.

Faktor	Antall observasjoner	Andel
Prosedyrefeil	12	50%
Inspeksjonsrutiner	9	37,5%
Risikovurderinger	6	25%
Avvikshåndtering	6	25%
Værforhold	5	20,8%

Inspeksjonsrutiner i etterkant av operasjon er også en faktor. Med et gjennomsnittlig utbedringsintervall på 8,3 døgn, er det det naturlig at dette er en faktor som er med på å påvirke det totale omfanget av denne type hendelser. Det skilles ikke mellom feilet inspeksjon og det at inspeksjonen ikke er gjennomført i det hele tatt her.

Prosedyrefeil er en gjenganger for flere av de ulike typene skader og feil, som har medført rømming eller tilløp til rømminger. Denne er registrert binært, slik at det er 12 hendelser hvor en eller flere prosedyrefeil *kan* ha påvirket utfallet av situasjonen som førte til en rømmingshendelse eller tilløp til rømming. Prosedyre feilene er vider fordelt som oppført i Tabell 8.

Tabell 8: Fordeling av prosedyre feil ved antall observasjoner og andel av alle hendelsene som omfatter rivningsskader.

Beskrivelse	Antall observasjoner	Andel
Prosedyrefeil	12	50 %
Manglende prosedyre	4	16,7%
Ikke tilstrekkelig prosedyre	6	25%
Etterfølgelse	7	29,2%

Av Tabell 8 kan man se at *etterlevelse* er den mest fremtredende prosedyrefeilen ved rivningsskader. Dette forholdet går på at virksomheten har en prosedyre på hvordan operasjonen skal utføres, altså rekkefølge og beskrivelse på alle deloperasjoner, for å redusere sannsynligheten for brudd i notposen skal oppstå.

Interaksjon mellom bunnring/nedlodding og notpose

Å heve å senke bunnringen, eller annen nedlodding, er en deloperasjon som inngår i en rekke operasjoner, og utføres relativt ofte ved et oppdrettsanlegg. For stålanlegg, eller ved merder uten bunnring, benyttes i stedet en rekke lodd plassert på nedre del av notposen for å holde den utstrakt. Det er knyttet en del faremomenter med tanke på heving og senking av nedlodding, siden dette er store komponenter som skal forflyttes like ved notposen. Vinsjer og kraner blir benyttet i denne deloperasjonen, og ved en eventuell hekting vil man sjelden få noen indikasjon på at noe er galt før skade på notposen har oppstått. Andre faremomenter er skarpe kanter, eller andre uregelmessigheter på lodd eller bunnring, som kan forårsake rivningsskader ved interaksjon med notposen.

Dermed er inspeksjonsrutiner både i forkant, for å sjekke for eventuelle ting som kan henge seg opp, og i etterkant, for å undersøke notposen for eventuelle skader.

Bruk, montasje eller uttak av dødfiskoppsamlingsutstyr

Her inkluderes både uttak av død fisk ved hjelp av håv, montering og uttak av oppsugingspumpe. Disse er samlet i en kategori siden disse er utpreget like hendelser, ved at de påfører notposen samme skade og de har de samme bakenforliggende årsakene. Selv om det er ulike operasjoner/ deloperasjoner er omstendighetene rundt denne typen operasjon like. Skadene ved bruk eller montering av dødfiskoppsamlingsutstyr oppstår i notveggen, når det heves eller senkes, og på grunn av at det er skarpe kanter som hekter i notlinet.

Rivningsskade på grunn av propell

Denne typen skade skjer i forbindelse med arbeid i nærheten av merdene hvor arbeidsbåter blir benyttet, i operasjoner ved merden. Initierende hendelser er at man feilberegner strømbildet, og dermed hvordan notposen står i vannet.

Rivningsskade ved vasking

Av alle de typene skader kategorisert som rivningsskader er de som kommer ved bruk av vaskerigg som har medført de fleste rømmingene. Også ved denne typen skader er det rivningsskader som kommer, som følge av at enten notlinet hekter seg direkte i vaskeriggen og dermed blir opprevet. Det er også spekulert i flere av hendelsesrapportene om det har vært fremmedobjekter som har vært i notlinet, og som vaskeriggen har hektert i, og den dermed har forårsaket skade.

5.4.3 Operasjonelle feil

I denne kategorien inngår de operasjonelle feil som fører til rømming eller rømmingstilløp, men som ikke skyldes rivningsskader på notposen. Dette er feil som går på feil innfesting av notposen, eller andre handlinger som fører til at fisken får anledning til å rømme, uten at det nødvendigvis påføres noen skade på notposen. Et karakteristisk trekk ved disse hendelsene er

at de oppdages tidlig. 9 av 12 hendelser oppdages henholdsvis under samme operasjon og innen et døgn. Noe som gir en gjennomsnittlig utbedringstid på 2,7 døgn.

De faktorene som er observert ved flest hendelser i denne kategorien er oppsummert i Tabell 9.

Tabell 9: De faktorene med flest observasjoner ved operasjonelle feil.

Faktor	Observasjoner	Andel
Eksterne fartøy	4	33,3%
Stress	3	25%
Utmattelse	3	25%
Operasjonell ledelse	3	25%
Kommunikasjon	3	25%

Eksterne fartøyer er i denne sammenhengen brønnbåter, og introduserer en del faremomenter ved operasjoner. Manøvrering av store brønnbåter ved, og i enkelte tilfeller mellom, merder, kan føre til hekting med fortøyningsramme eller en kollisjon med merd. Like viktig kan det overhengende stressmomentet ved utgiftene som bruk av brønnbåt, og ekstrakostnader som eventuelle forsinkelser i operasjon, være.

Observasjoner av stress er indirekte observert gjennom situasjoner hvor uforutsette ting, mange deloperasjoner, eller tidspress *kan* ha påvirket utfallet av hendelsen.

Utmattelse er ment å omfavne både fysisk og mental utmattelse på grunn av enten høy arbeidsintensitet over perioder, eller lange arbeidsøkter. Ved disse hendelsene er det registrert både ved avlusingsoperasjoner, hvor ansatte i virksomheten har jobbet mange timer over en tidsperiode, og ved enkelt operasjoner som har tatt lengre tid enn forventet. Dette fører til at de ansatte ikke har får muligheten til å restituere.

Operasjonell ledelse omfavner her både fravær av enten driftsleder, eller nest-leder, ved operasjoner som krever et gitt nivå av planlegging og operasjonell ledelse. De hendelsene hvor styring av operasjonen av leder ikke har vært tilstrekkelig er også registrert ved denne faktoren.

5.4.4 Skipskollisjon

Det er til sammen to rapporter som omhandler skipskollisjon med større skip i grunnlaget, hvorav en som medførte rømming. Det er kjent at etterhvert som næringen har utviklet seg har anleggene blitt større, og de har blitt flyttet fra skjermede lokaliteter inne i fjorder til mer eksponerte steder.

Dette delvis på grunn av at anleggene har blitt større, men også på grunn av dyrevelferd. For å få god nok kvalitet på vannsøylen som fisken befinner seg i, er man avhengig av lokaliteter med tilstrekkelig sterk strøm. Dette har videre ført til at andelen av anlegg som ligger i nærhet av skipsleiene har økt. Begge tilfellene som omfatter skipskollisjon i grunnlaget, er forårsaket av menneskelig svikt fra skipsfører ombord i det kolliderende skipet, noe det fra driveren av oppdrettsanleggets side er vanskelig å gjøre noe med. Fra driveren av oppdrettsanleggets side

kan gjøre noe med, er belysning av anlegget. Dette er med på å belyse dets posisjon i vanskelige lysforhold.

5.4.5 Strukturelle brudd

Disse hendelsene har begge skjedd i uvær, hvor svake punkter på forankring til henholdsvis flåte og fortøyningsramme, har røket.

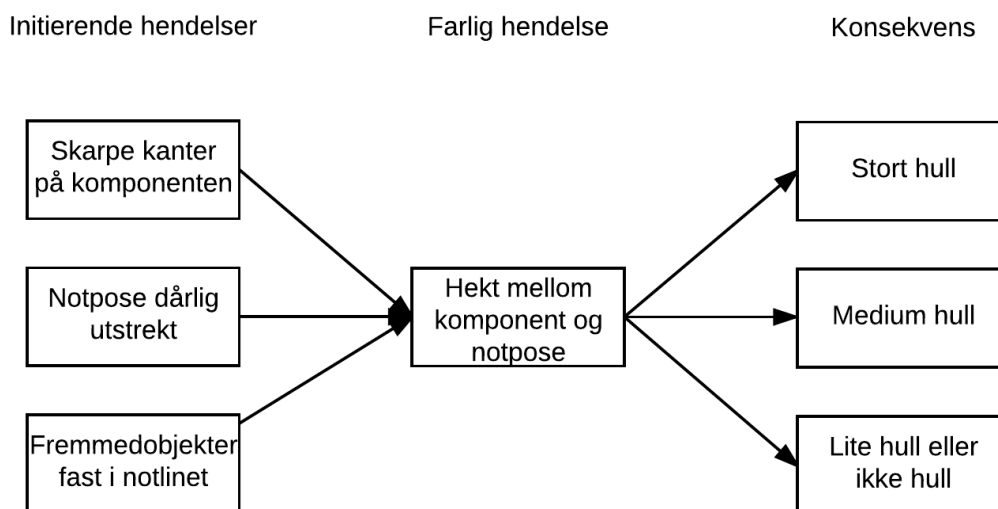
5.4.6 Gnag fra åtseletere

Åtseletere er ulike dyr og fisk som tiltrekkes lukt av dødfisk som eventuelt blir liggende i notposen. Disse påfører notposen gnagskader i bunnen, noe som kan medføre rømming. Den utløsende årsaken til at disse hendelsene skjer, er ofte at ansatte ved anlegget ikke har hatt tid eller utstyr til å ta hånd om den døde fisken i merden, ofte i sammenheng med massedød i etterkant av operasjoner. Virksomhetene er pålagt å fjerne død fisk fra merdene, og journalføre disse for å holde kontroll på biomassen i merdene.

5.5 Diskusjon

Ved granskning av rapportene for å finne risikopåvirkende faktorer, er det enkelte faktorer som er vanskelige å påvise at har en reell innflytelse på hendelsen. For eksempel er det registrert få hendelser, hvor røkterens formelle kompetanse har hatt innflytelse på hendelsen. Dette betyr ikke at kompetansen til røktere er ubetydelig for eventuelle rømminger. Det er også en høy andel av hendelsene hvor prosedyrefeil og risikovurderinger er registrert. Dette har med Fiskeridirektoratets satsingsområder, hvor de har et høyt fokus på at virksomhetene skal etterfølge Internkontroll-forskriften akvakultur. Her er fokus på risikobasert tilsyn, og at alle komponenter og operasjoner skal være risikovurdert, og at risikoreducerende tiltak skal implementeres for å redusere risiko knyttet til operasjoner.

Dersom man ser på ”hekt mellom komponent og notpose” som den farlige hendelsen, ”brudd på notpose” som konsekvens, som vist i Figur 18, er det svært lite som skiller den farlige hendelsen fra en eventuell konsekvens. Dersom man fordeler hendelsene ut fra type skade, og ser på de hendelser som har ført til rømminger eller rømmingstilløp på grunn av rivningsskader, kan man se flere indikasjoner på at det er vanskelig under selve operasjonen å vite hvorvidt det faktisk har oppstått noen skade.



Figur 18: Enkel "Bowtie"-diagram for den farlige hendelsen "Hekt mellom notpose og komponent".

Dersom man ser på oppdagelsesomstendighetene til denne type skaden som har medført rømming, ser man at tilsammen 7 av 22 registrert med godkjente oppdagelsesomstendigheter (umiddelbart/under samme operasjon og Inspeksjon etter operasjon), se Tabell 10.

Tabell 10: Oppdagelsesomstendigheter for umiddelbare brudd på notpose.

Beskrivelse	Tilløpshendelser		Rømmingshendelser	
	Frekvens	Andel	Frekvens	Andel
Umiddelbart	1	8,3%	3	13,6%
Annen operasjon	4	33,3%	6	27,3%
Insp. etter operasjon	3	25,0%	4	18,2%
Rutinemessig insp.	0	0,0%	3	13,6%
Foringskamera	1	8,3%	0	0,0%
Fanget oppdrettsfisk	3	25,0%	3	13,6%
Tilfeldigheter	0	0,0%	3	13,6%
Totalt	12	100,0%	22	100,0%

Det er også seks av 22 rømmingshendelser som har skjedd ved en ukjent operasjon, og av disse som har en kjent utbedringstid eller et utbedringsestimert (18 hendelser) får man et gjennomsnittlig utbedringsintervall på 3,9 døgn.

Alle momentene som er nevnt ovenfor gir en indikasjon på at det er vanskelig for deltakere i en operasjon å vite hvorvidt det er oppstått noen skade på notposen under operasjonen. Så dersom man da definerer hendelsene og konsekvens som i Figur 18, har risikoreducerende tiltak i næringen stort sett kommet som proaktive tiltak for å redusere sannsynlighet av den farlige hendelsen. Reaktive tiltak kunne vært å øke notlinets bruddstyrke. Utviklingen i næringen med større og tyngre utstyr, har ført til at man i dag stort sett benytter kraner og vinsjer i løfteoperasjoner. Dette har muligens gjort at det er desto vanskeligere å oppdage at

komponenter og utstyr har heftet i notposen, noe som kan begrense omfanget av skaden, eller forhindre at det skjer.

6. Forslag til indikatorer

Dersom man skal sammenligne norsk olje- og gassvirksomhet, og den overvåkingen av risikoen som er knyttet til storulykker, med oppdrettsnæringen, kan det være naturlig å se på de største rømmingshendelsene som potensielle ”storulykker”. Med de største rømmingshendelsene er det her snakk om hendelser som potensielt kan føre til at store deler av fisken i hele anlegget rømmer. Slike anleggshavari kan ha katastrofale konsekvenser for villfisk i nærliggende vassdrag. Men anleggshavari er, etter innføringen av de tekniske kravene til flytende matfisk anlegg, blitt så sjeldne at sannsynligheten for at sannsynligheten for at de inntreffer ikke kan baseres på den observerte frekvensen av dem. Men dette betyr ikke at de ikke kan inntreffe. Det er enkelte av hendelsene i grunnlaget som har hatt potensialet til å medføre en slik anleggskollaps, hvor kun tilfeldigheter kan ha vært skille mellom noen tusen rømt og noen hundre tusen rømt.

Disse hendelsene er fundamentalt forskjellig fra hendelsene hvor hull på nopose og andre feil fører til rømminger, siden det er andre mekanismer og prosesser som ligger til grunn for dem. For rømminger ved som skjer som følge av skade påført notposen, handler det om notposens robusthet og operatørens evne til å oppfatte at avvik fra en normal operasjon. For anleggshavari vil utfallet avhenge av forankringens og fortøyningens robusthet, dersom anlegget blir utsatt for en ulykkeslast, eller på annen måte får brudd i en eller flere av fortøyningselementene. Den tekniske utførelsen av fortøynings og forankringskomponenter skal være utført i henhold til NS-9415, og skal ta høyde for bortfall eller brudd i enkelte fortøyningskomponenter (NYTEK-forskriften, 2011). Men ved bortfall og brudd på flere av forankringslinene, vil en økt belastning på de resterende linene økes og sannsynligheten for brudd i disse øke.

En proaktiv indikator for å speile konsekvensspekteret ved et potensielt anleggshavari, kan andel av anleggene som inspiseres hvert år som har avvik på fortøyning eller forankring. Av de undersøkte hendelsene som omhandler strukturelle brudd i forankring, var virksomheten klar over at forankringen ikke var i henhold til standarden.

For de mindre hendelsene, som kun omfatter de som medfører skade på notposen i en merd, vil det også være viktig å overvåke. Disse hendelsene skjer fremdeles relativt ofte, og ved en inndeling av hendelsene utfra komponent og skade, er det lettere å se hvor tiltakene skal settes inn for å ytterligere redusere antall rømte fisk fra oppdrettsanlegg.

7. Konklusjon

En utvidet bruk av hendelsesbaserte indikatorer for å vise en trendutvikling, for å overvåke effekten av de forebyggende tiltak som blir gjennomført, er uansett næring, et viktig verktøy for å finne de områdene hvor ressursene best blir utnyttet. For overvåkning av rømming av fisk kan man dele opp hendelsene i to grupper; hendelser med henholdsvis lite og stort omfang. De første hendelsene omfatter rømminger som kommer av ulike skader på notposen, mens de siste kommer som følge av alvorlige brudd i forankringsrammer eller fortøyning.

Det ser ut til å være flere årsaker til at antall hendelser som medfører rømming ved flytende oppdrettsanlegg, ikke er ytterligere redusert enn det de har blitt de siste årene. En av disse er at merden er en lite robust barriere for å holde fisken i et avgrenset volum. Det er små avvik fra det som kan virke som en ellers normal operasjon, som kan påføre notposen skade. Og når store deler av notposen til enhver tid er under vann blir disse avvikene vanskelig å avdekke. Når inspeksjonsrutinene også i etterkant ikke fungerer tilstrekkelig, vil det fremdeles rømme store mengder med oppdrettsfisk fra anleggene langs kysten.

Det er en relativt stor andel av skadene som har kommet under dårlige værforhold, og et poeng som dukker opp i den forbindelse er hvorvidt anleggenes lokasjon skulle vært godkjent.

Referanser

- Akvakulturdriftforskriften. (2008). Forskrift om drift av akvakulturanlegg.
- Akvakulturloven. (2015). *LOV-2005-06-17-79: Lov om akvakultur*. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-79>.
- Ale, Ben. (2009). More thinking about process safety indicators. *Safety Science*, 47(4), 470-471. doi:10.1016/j.ssci.2008.07.012
- Dahlum, Sirianne. (2014). indikator *Store Norske Leksikon*.
- Fenstad, Jørn, Osmundsen, Tonje & Størkersen, Kristine Vedal. (2009). Fare på merde?: Behov for endret sikkerhetsarbeid ved norske oppdrettsanlegg.
- Fiskeridirektoratet. (2015). Settefisk. Hentet 09.10, 2016, fra <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Kommersielle-tillatelser/Laks-oerret-og-regnbueoerret/Settefisk>
- Fleming, Ian A., Hindar, Kjetil, Mjølnerod, Ingrid B., Jonsson, Bror, Balstad, Torveig & Lamberg, Anders. (2000). Lifetime Success and Interactions of Farm Salmon Invading a Native Population. *Proceedings: Biological Sciences*, 267(1452), 1517-1523.
- Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg. (2012). Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-12-05-1140>.
- Hammer, Hans U. (2009). *Havbruksnæringa på Fosen: Kystmuséet i Sør-Trøndelag*.
- Hansen, Lars Petter. (2006). Vandring og spredning av rømt oppdrettslaks. *NINA Rapport 162: 21 pp., 162*.
- Hjeltnes, Brit; Bornø, Geir; Jansen, Mona; Haukaas, Asle; Walde, Cecilie S. (2017). *Fiskehelserapporten 2016*. Hentet fra
- Jensen, O., Dempster, T., Thorstad, Eb, Uglem, I. & Fredheim, A. (2010). Escapes of fishes from Norwegian sea-cage aquaculture: causes, consequences and prevention *Aquac. Environ. Interact.* (Vol. 1, s. 71-83).
- Kjempenes, Ruth. (2016, 24.11.16) *Samtale om rømming/Interviewer: Odin Dybsland*.
- Kystrederiene. (2016). Brønnbåter - verdensledene i størrelse og teknologi. Hentet 13.10, 2016, fra <http://www.kystrederiene.no/bronnbaater-2/>
- Marine Harvest. (2016). *Salmon Industry Handbook* Hentet fra <http://www.marineharvest.com/globalassets/investors/handbook/2016-salmon-industry-handbook-final.pdf>
- Mattilsynet. (2016). Infeksiøs lakseanemi utenfor friområder - faglig beredskapsplan. Hentet 29. april 2017, fra https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskehelse/fiske_og_skjellsykdommer/ila/faglig_beredskapsplan_infeksiøs_lakseanemi_utenfor_friomraader.23808/binar/y/Faglig_beredskapsplan:_Infeksi%C3%B8s_lakseanemi_utenfor_friomr%C3%A5der
- Moe, H. F & Myskja, AL. (2008). *Utredning og tiltak mot skader på not ved vasking i sjø*. Hentet fra
- Mørenot. AQUACULTURE - PRODUKTKATALOG. Hentet 31.01.2016, fra http://www.morenot.no/download.aspx?object_id=FA86A718154648B0AD217FB7D9DF32D0
- NYTEK-forskriften. (2011). Forskrift om krav til teknisk standard for flytende akvakulturanlegg.

- Olafsen, T, Winther, U, Olsen, Y & Skjermo, J. (2012). Verdiskaping basert på produktive hav i 2050. *Det Kongelige*.
- Oljedirektoratet. (2001). *Pilotprosjekt 2000 - Sammendragsrapport*. Hentet fra
- Osland, Anne B, Kjempenes, Ruth, Hovland, Frode, Sørensen, Roger & Mikalsen, Frode. (2008). Smoltoffensiven 2007. Rapport fra arbeidsgruppen.
- Petroleumstilsynet. (2016). *Risikonivå i Norsk Petroleumsvirksomhet - Sammendragsrapport*. Hentet fra
- Rausand, Marvin. (2013). *Risk assessment: theory, methods, and applications* (Vol. 115): John Wiley & Sons.
- Risikostyring : prinsipper og retningslinjer = Risk management : principles and guidelines*. (2010). Norsk standard, Vol. NS-ISO 31000:2009. *Risk management principles and guidelines*
- SSB. (2016). Akvakultur, 2015, foreløpige tall. Hentet 23. oktober 2016, fra <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/fiskeoppdrett/aar-forelopige>
- SSB.no. (2016, 12.06.2016). Akvakultur, 2015, foreløpige tall. Hentet 12. oktober, 2016, fra <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/fiskeoppdrett/aar-forelopige/2016-06-02 - content>
- Sægrov, H & Urdal, K. (2006). Rømt oppdrettslaks i sjø og elv; mengd og opphav. *Rådgivende Biologer rapport, 947*, 1-21.
- Thorvaldsen, T, Holmen, IM & Moe, HK. (2013). Menneskelige faktorer og rømming fra lakseoppdrettsanlegg. Årsaksanalyser med fokus på menneskets rolle. *SINTEF Fiskeri og havbruk AS*.
- Thorvaldsen, Trine, Holmen, Ingunn M & Moe, Helene K. (2015). The escape of fish from Norwegian fish farms: Causes, risks and the influence of organisational aspects. *Marine Policy, 55*, 33-38.
- Vetrinærinstituttet. (u.å). Villfisk. Hentet 12. februar 2017, fra <http://www.vetinst.no/dyr/villfisk>
- Vinnem, Jan Erik. (2013). *Offshore Risk Assessment vol 2. : Principles, Modelling and Applications of QRA Studies* (3rd ed. utg.). London: Springer.
- VRL. (2015). *Status for norske laksebestander i 2015*. Hentet fra
- Øien, K. (2001). Risk indicators as a tool for risk control. *Reliability Engineering and System Safety, 74*(2), 129-145. doi:10.1016/S0951-8320(01)00067-9
- Øien, K., Utne, I. B., Tinmannsvik, R. K. & Massaiu, S. (2011). Building Safety indicators: Part 2 – Application, practices and results. *Safety Science, 49*(2), 162-171. doi:10.1016/j.ssci.2010.05.015