

Herman B. Malvåg
Eirik Nilsen
Magnus R. Vollan

Analyse av alarndata i settefiskanlegg

Bacheloroppgave i Maskiningeniør
Veileder: Viggo Pedersen
Mai 2023

Herman B. Malvåg
Eirik Nilsen
Magnus R. Vollan

Analyse av alarndata i settefiskanlegg

Bacheloroppgave i Maskiningeniør
Veileder: Viggo Pedersen
Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for maskinteknikk og produksjon



Kunnskap for en bedre verden

RAPPORT BACHELOROPPGAVE

Tittel:

Analyse av alarmdata i settefiskanlegg

Title:

Analysis of Alarm Data in On-Shore Fish Farm

Prosjektnr.:

MTP-D-2023-03

Forfattere:

Herman B. Malvåg

Eirik Nilsen

Magnus R. Vollan

Oppdragsgiver eksternt:

Lerøy Aurora AS

Veileder internt:

Viggo Pedersen

Rapporten er ÅPEN

Dato levert: 20.05.2023

Kort sammendrag:

Lerøy Aurora AS har et settefiskanlegg i Friarfjord, Finnmark, som produserer laksesmolt til oppdrettsanlegg. Lerøy har som mål å redusere de mest hyppige alarmene fra alarmsystemet. I oppgaven er det utviklet en kode for filtrering og visualisering av alarmdata. Denne dataen brukes for å identifisere de alarmene det skal gjennomføres årsaksanalyser på.

Short summary:

Lerøy Aurora AS operates a smolt hatchery in Friarfjord, Finnmark, which produces salmon smolt for fish farms. Lerøy aims to reduce the most frequent alarms from the alarm system. In the project, a code has been developed for filtering and visualizing alarm data. This data is used to identify the alarms that root cause analyses shall be conducted on.

Stikkord:

Alarm

Sensordata

Dataanalyse

Rotårsaksanalyse

Keywords:

Alarm

Sensor data

Data analysis

Root cause analysis

Forord

Bacheloroppgaven er skrevet ved Institutt for maskinteknikk og produksjon ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Oppgaven ble utført i samarbeid med bedriften Lerøy Aurora AS sitt landbaserte settefiskanlegg i Friarfjord.

Bachelorgruppen ønsker å rette en stor takk til Lerøy Aurora og deres ansatte for godt samarbeid og tilrettelegging underveis. Gruppen ønsker også å rette en takk til vår veileder Viggo G. B. Pedersen for god veiledende hjelp med oppgaven.

Sammendrag

Lerøy Aurora AS har et settefiskanlegg i Friarfjord, Finnmark, som produserer laksesmolt til oppdrettsanlegg. Lerøy ønsker å få en bedre oversikt over sin ressursbruk og ønsker å bruke alarmhistorikken som et verktøy til dette formålet. Anlegget overvåker tilstanden i fiskekar og tilhørende maskineri, og alarmer utløses og logges ved målinger utenfor driftsområdet. Lerøy har som mål å redusere de mest hyppige alarmene fra alarmsystemet.

For å behandle alarmloggen fra 2022, tilsendt av Lerøy, ble en Python-kode for filtrering, systematisering, organisering og visualisering av alarmdata utviklet. Dette arbeidet har synliggjort verdien av alarmhistorikken til Lerøy. En Pareto-analyse av alarmene identifiserer alarmer av størst interesse. Rotårsaksanalysen ble gjennomført ved bruk av «hvorfør»-metoden og årsakene til de mest interessante alarmene ble visualisert i et Ishikawa diagram. Datagrunnlaget for analysene var hovedsakelig erfaringene til de ansatte på anlegget.

Fra alarmloggen ble det identifisert flere typer sensorer som utløser alarmene. Pareto-analyse viste at oksygenalarmer og nivåalarmer var de mest hyppige. Årsaksanalysene avdekker flere årsaker, og fiskestress og manglende prosedyrer er gjentakende årsaker til flere av alarmene. I tillegg har alarmene unike årsaker. Fra dette er fire tiltak for å redusere alarmhyppighet foreslått i resultatet.

Abstract

Lerøy Aurora AS operates a hatchery facility in Friarfjord, Finnmark, which produces salmon smolt for fish farming operations. Lerøy aims to gain a better overview of its resource usage and wishes to use the alarm history as a tool for this purpose. The facility monitors the condition of fish tanks and associated machinery, and alarms are triggered and logged when measurements fall outside the operational range. Lerøy's goal is to reduce the most frequent alarms from the alarm system.

To process the alarm log received from Lerøy for 2022, a Python code was developed for filtering, systematizing, organizing, and visualizing alarm data. This work has highlighted the value of Lerøy's alarm history. A Pareto analysis of the alarms identifies the most significant ones. The root cause analysis was conducted using the «why» method, and the causes of the most significant alarms were visualized in an Ishikawa diagram. The primary data source for the analysis was the experience of the facility's staff.

From the alarm log, several types of sensors that trigger alarms were identified. Pareto analysis revealed that oxygen alarms and level alarms were the most frequent. The root cause analysis uncovered multiple causes, with fish stress and procedural deficiencies being recurring causes for several alarms. Additionally, the alarms had unique causes. Based on this, four measures to reduce alarm frequency are proposed.

Innhold

1	Innledning	1
1.1	Bakgrunn	1
1.2	Problemstilling	1
1.3	Resultatmål og effektmål	2
2	Teori	4
2.1	Settefiskanlegg	4
2.2	Fiskevelferd	4
2.2.1	Offentlig regulering av alarmgrenser	6
2.3	Generelt om vedlikehold	6
2.4	Vedlikeholdsledelse	7
2.4.1	Korrektivt vedlikehold	8
2.4.2	Forebyggende vedlikehold	9
2.4.3	Tilstandsovervåkning og prediktivt vedlikehold	9
2.5	Vedlikeholdsstyringssystem - CMMS	10
2.6	Målesystemer	11
2.6.1	Grunnleggende Målesystem	11
2.6.2	Valg av sensor	12
2.6.3	Temperaturmåling	12
2.6.4	Nivåmåling	13
2.6.5	Oksygenmåling	16
2.6.6	pH-måling	17
2.7	Alarmsystem	18
2.7.1	Krav og begrensninger	18
2.7.2	Alarmhåndtering	20
2.8	Programmering	21
2.9	Python	22
2.9.1	Funksjoner	22
2.9.2	Bibliotek og pakker	22
2.10	Paretoanalyse	23
2.11	Rotårsaksanalyse	24
2.11.1	Fremgangsmåte for rotårsaksanalyse	25
2.11.1.1	Initiering	26
2.11.1.2	Samle fakta	27
2.11.1.3	Analyse	28
2.11.1.4	Validering	28
2.11.1.5	Presentasjon av resultater	29
2.11.2	Teknikker for utføring av rotårsaksanalyse	29

2.11.2.1	«Hvorfor»-metoden	30
2.11.2.2	Ishikawa diagram	31
2.11.3	Suksessfaktorer for utføring av rotårsaksanalyse	33
2.11.3.1	Engasjement fra involverte parter	33
2.11.3.2	God tilgang på nødvendig data	33
2.11.3.3	Forståelighet for teknikken for rotårsaksanalyse	34
3	Metode	35
3.1	Forprosjekt	35
3.2	Info- og datainnsamling	35
3.3	Kjøre Python	36
3.4	Databehandling	37
3.5	Fil-lesing og filtrering	37
3.6	Visualisering	41
3.7	Bruke programmet	42
3.7.1	Datofilter-konfigurasjon	45
3.7.2	Søkefilter-konfigurasjon	45
3.7.3	Visualiseringskonfigurasjon	46
3.7.4	Konfigurasjonseksempler	46
3.8	Pareto-analyse	49
3.9	Metode for rotårsaksanalyse	49
4	Ståstedsanalyse	52
4.1	Oppbygning av anlegget	52
4.1.1	Sterner AS	52
4.1.2	Billund aquaculture	53
4.1.3	Alarmsystem	53
4.2	Sensorer	54
4.2.1	Oxyguard	54
4.2.2	MJK	55
4.2.3	Allen Bradley	55
4.2.4	Alarmgrenser	56
4.3	Prosedyrer for deaktivering av måleutstyr ved vedlikehold	56
4.4	Utrykning	57
5	Resultater	58
5.1	Dataanalyse	58
5.2	Årsaksanalyser	63
5.2.1	Pareto-analyse	63
5.2.2	Ishikawa diagram for alarmer for oksygenmetning	64
5.2.3	Ishikawa diagram for nivå alarmer	65

5.2.4	Årsak-konsekvens diagram for stress hos fisk	66
5.3	Forbedrende tiltak	68
6	Diskusjon	69
6.1	Ståstedsanalyse	69
6.1.1	Problemer med datainnsamling	69
6.1.2	Nivåsensor	70
6.1.3	Oksygensensor	71
6.2	Dataanalyse av alarmdata	72
6.2.1	Utvikling av kode	72
6.2.2	Data fra RAS	73
6.2.3	Data fra Energianlegg	75
6.2.4	Støy i målinger	75
6.3	Rotårsaksanalyse på utvalgte alarmer	76
6.3.1	Metode for rotårsaksanalyse	76
6.3.2	Implementering	76
6.4	Tiltak for å redusere hyppighet av alarmer	77
6.4.1	Deaktivere alarmer under planlagt aktivitet	77
6.4.2	Innføre standardprosedyre for tilskruing av sensor	78
6.4.3	Erstatte UL-sensor	78
6.4.4	Vibrasjon- og kameramonitorering i kar	79
6.5	Videre arbeid	79
7	Konklusjon	80
	Referanseliste	81
	Vedlegg	
	Figurer	
1	Vedlikeholdsstyringsløyfa (Pedersen, 2021d)	7
2	Målesystem (Islek, 2022a)	11
3	Ultrasoundmåler (Islek, 2022b)	14
4	Ikke-ledende fluid (Islek, 2022b)	15
5	Ledende fluid (Islek, 2022b)	15
6	Trykkmåling ved kapasitans (Islek, 2022d)	16
7	Prinsipp oksygen-elektrode (UIO, 2019)	17
8	Eksempel Pareto (Pedersen, 2021b)	24
9	Eksempel på et «hvorfor»-tre (Standard Norge, 2015)	30
10	Eksempel på et Ishikawa diagram (Standard Norge, 2015)	32

11	Mal for Ishikawa diagram	50
12	Teknisk informasjon Oxyguard Sonde (Oxyguard, udatert-a)	54
13	Teknisk informasjon pH-sonde (Oxyguard, udatert-b)	55
14	Teknisk informasjon EXPERT 3400 (MJK, udatert)	55
15	UL-sensor (Codale.com, 2022)	56
16	Søylediagram av de mest hyppige alarmene i alarmloggen	58
17	Søylediagram av de mest hyppige advarslene i alarmloggen	59
18	Søylediagram av alarmer i fokus	60
19	Søylediagram av alarmer når røktere er på	61
20	Søylediagram av alarmtyper	62
21	Alarmer sortert etter avdeling	63
22	Ishikawa diagram av fokushendelsen «Alarm: Høy oksygenmetning»	64
23	Ishikawa diagram av fokushendelsen «Alarm: Lav oksygenmetning»	65
24	Ishikawa diagram av fokushendelsen «Alarm: Høyt nivå»	66
25	Ishikawa diagram av fokushendelsen «Alarm: Lavt nivå»	66
26	Årsak-konsekvens diagram for «Stresset fisk»	67

Tabeller

1	Akronymliste	ix
2	Resultatmål	2
3	Effektmål	3
4	Fremgangsmåte beskrevet i NEK EN 62740:2015 (Standard Norge, 2015)	26
5	Styrker og svakheter ved «hvorfor»-metoden	31
6	Styrker og svakheter ved Ishikawa diagram	33
7	Oversikt over rotårsaker og rangering av forbedrende tiltak	68

Kodeoppføringer

1	Filter funksjon for fil	37
2	Filter funksjon for rad	40
3	Konfigurasjon	42
4	Konfigurasjoneksempel	46
5	Konfigurasjoneksempel	47
6	Konfigurasjoneksempel	48
7	Konfigurasjoneksempel	48

Akronymliste

Tabell 1: Akronymliste

CSV	Comma Separated Values
NTK	Negativ temperatur koeffisient
PTK	Positiv temperatur koeffisient
CMMS	Computerized Maintenance Management System
D&V	Drift og vedlikehold
UL	Ultralyd
pH	pondus Hydrogenii
RAS	Resirkulerende akvakultursystem

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Studentgruppen ble dannet høsten 2022, samtidig som arbeidet med å finne en oppgave startet. Flere bedrifter som studieledere framla for studentene ble kontaktet. Dette ble etter hvert gått bort ifra, da en av studentene hadde tidligere skrevet prosjektoppgave sammen med Lerøy Aurora AS, semesteret V2022. Teknisk leder hos Lerøy ble kontaktet for å høre om muligheten for å skrive en bacheloroppgave. I løpet av høsten 2022 informerte Lerøy om at de mest sannsynlig ville kunne komme med en passende problemstilling. De ønsket å få tilsendt eksempler på tidligere problemstillinger på oppgaver innen studieretningen drift og vedlikehold, for å få inntrykk av omfang og begrensninger. Etter hvert kom Lerøy tilbake med en problemstilling som ble akseptert. Denne problemstillingen innebar å systematisere alarmene på anlegget for å finne de hyppigste alarmene for så å analysere dem. Lerøys motivasjon for å gjennomføre dette prosjektet var å få en oversikt over hvordan deres ressurser brukes, og danne grunnlag for beslutninger.

1.2 Problemstilling

Problemstillingen Lerøy presenterte var å systematisere alarndataen for 2022 på anlegget for å finne de hyppigste alarmene. Denne problemstillingen virket interessant, da en slik systematisering vil danne grunnlaget for å gjennomføre ytterligere analyser som gruppen har hatt om i studiet. Et av målene ble derfor å forsøke å bruke denne alarndataen, sammen med andre kilder til å gjennomføre analyser tilknyttet vedlikehold på anlegget.

1.3 Resultatmål og effektmål

Tabell 2: Resultatmål

Resultatmål	Beskrivelse
Utføre ståstedsanalyse	Innsamle informasjon relevant for kritikalitetsvurdering og identifisering av rotårsaker.
Gjennomføre dataanalyse av alarmdata	Avdekke hvilke sensorer som alarmerer hyppigst.
Gjennomføre rotårsaksanalyse på utvalgte alarmer	Avdekke årsaker til at sensoralarmene går. Bruke metoder som «hvorfør»-metoden og Ishikawa diagram
Foreslå tiltak for å redusere hyppighet av alarmer	

Tabell 3: Effektmål

Effektmål Studenter	Beskrivelse	Effektmål Bedrift	Beskrivelse
Erfaring med prosjektarbeid	Bruk av relevant prosjektteori og refleksjon for å ta med seg erfaringer til senere arbeid.	Økonomisk gunstig løsning for bedriften	Resultatene fra oppgaven skal være like eller mer lønnsomme i sammenligning med nåværende løsninger.
Innsikt i fiskeindustrien	Gruppen får læring og innsikt i drift av fiskeindustrien og hvordan de kan bidra.	Redusert arbeidsbelastning for ansatte	Resultatene skal gi bedriften forbedret vedlikeholdsstrategi og færre vaktutrykninger.
Samarbeid og kommunikasjon med bedrift	Opprettholde god og effektiv kommunikasjon med bedriften.	Kortere nedetid	Redusert alarmhyppighet kan bidra til å redusere den totale nedetiden.
Håndtering og analyse av store datasett	Gruppen får erfaring med bruk av digitale verktøy for å håndtere store datasett.		

2 Teori

2.1 Settefiskanlegg

Anlegget i Laksefjord er et settefiskanlegg. Formålet med et settefiskanlegg er å gi fisken de beste forutsetningene for å vokse og utvikle seg. Anlegget klekker fisk og følger fisken i flere stadier til den er stor nok til å leveres til oppdrettsanlegg.

Smolt er smålaks som er klare for å migrere til havet (Vøllestad, 2022). Smoltifisering er når laks eller annen anadrom fisk utvikler seg slik at de tåler saltvann. Når laksen har mørkere rygg enn buk og er blitt sølvblank er den klar for å vandre nedstrøms i elva.

2.2 Fiskevelferd

Fiskevelferd har stor påvirkning på både vekstraten og dødeligheten til fisken (Merakerås, 2022). Vekstraten reduseres under stress ved at appetitten til fisken reduseres. Økt dødelighet kan skyldes redusert appetitt eller langvarig utmattelse.

Stress hos fisk påvirkes av fysiske, kjemiske og psykiske faktorer. Faktorer som bidrar til økt stress i settefiskanlegg er:

- **Tetthet:** For høy tetthet kan begrense fiskens evne til å svømme fritt i karene. For lav tetthet har også negativ påvirkning på stressnivået, da fisken blir mer agitert.
- **Flytting mellom avdelinger:** Under transport er laksen utsatt for fysisk stress ved at den ofte blir pumpet gjennom rør fra kar til kar.
- **Maskinlyder og andre ulyder:** Maskiner som brukes i oppdrettsanlegg, f.eks. pumper, kompressorer, fôringsutstyr, kan generere høye lyder. Fisk reagerer på høye lyder ved å bli mer agiterte siden de assosierer høye lyder med fare. Høye lyder kan også opptre av blant annet menneskelige aktiviteter.

- **Mangel på fôr:** Mangel på fôr har negativ påvirkning på fiskens velferd generelt, ikke bare stress.
- **Plutselige temperaturendringer:** Fisk er kaldblodige dyr, og kroppstemperaturen deres i stor grad avhenger av omgivelsestemperaturen. Plutselige temperatur-
endringer skaper derfor en fysiologisk respons i fisken som blant annet fører til økt stress.
- **Rask endring i lysstyrke:** Fisk er tilpasset et naturlig lysmønster. Unaturlig lysmønstre, som flimrende lys eller plutselige endringer til lys eller mørke, kan forstyrre fiskens naturlige atferd.
- **Menneskelige interaksjoner:** Fisk er følsomme for endringer i miljøet og kan oppfatte mennesker som en trussel.
- **Oksygenmetning:** Unormal, spesielt lav, oksygenmetning kan føre til stressreaksjoner hos fisken. Høy oksygenmetning har irriterende effekt på fisken respirator-system ved at fisken puster mer enn vanlig. Langvarig høy oksygenmetning kan medføre skader på fiskens respiratoriske system, spesielt tidlig i livssyklusen da fisken er under utvikling. Lav oksygenmetning kan fisken oppleve oksygenmangel, noe som har negativ påvirkning på alle kroppens celler.

Det følger flere konsekvenser av at fisken blir stresset. Stresset fisk har blant annet økt sannsynlighet for å bli syk. Smittevernstiltak burde derfor implementeres i akvakultur-anlegg generelt (Lovdata, 2023). Noen aktuelle tiltak som kan bidra til å redusere smitte er å ha minimal kontakt med fisken, ha hygienestasjoner ved inn-/utgang til fiskekarene, og avlive smittet fisk.

Stress påvirker også atferden til fisken (Stien mfl., 2013):

- **Mindre appetitt:** Fôratferden endres under stress. Appetitten kan både minke og øke, men vil oftest minke.

- **Skjulende atferd:** Fisken kan føle seg truet og vil søke ly. I fiskekar i oppdrettsanlegg vil fisken legge seg ved bunnen av karet.
- **Økt dødelighet:** Stress øker dødeligheten ved blant annet å minke immunforsvaret til fisken og negativt påvirke helsen generelt.
- **Økt oksygenforbruk:** Fisken er i agitert tilstand under stress og vil oppta mer oksygen.

2.2.1 Offentlig regulering av alarmgrenser

Oksygenmetning og pH-verdier er viktige parametere som påvirker fiskevelferden (Rosten mfl., 2004). Det finnes ingen tallfestet lov for hva disse parameterne skal være, men det finnes forskning og føringer for hvilket område en bør være i for å oppfylle kravene i loven. I rapporten til Rosten mfl. defineres 100% (oksygenmetning i vann) som optimalt, 50% som tålelig og under 40% som uakseptabelt. Optimale verdier for pH: 6,5-6,7, tålelig verdier: 5,7-6,5 og under 5 er uakseptable verdier.

2.3 Generelt om vedlikehold

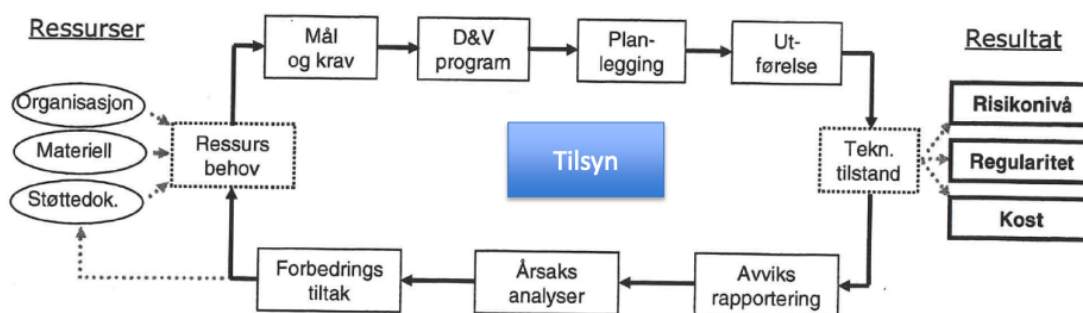
Med vedlikehold menes generelt alle administrative, tekniske og styringsrettede tiltak som har til hensikt å gjenvinne og/eller opprettholde en enhets evne til å utføre krevd funksjon (Standard Norge, 2017). I sammenheng med annen teknologisk fremgang har mekanisk vedlikehold også vært gjennom en utvikling fra den første industrielle revolusjonen og fram til idag (Pedersen, 2021a). Med dette menes både måten det rent praktisk utføres, med nytt vedlikeholdsutstyr og krav til kompetanse hos mekaniker. I tillegg har praksis for vedlikeholdsstrategi endret seg. Det finnes ulike vedlikeholdsstrategier og det kommer stadig nye. Idag er det ikke nødvendigvis slik at en bestemmer seg for én som benyttes gjennomgående i bedriften. Vedlikeholdsstyring baserer seg på finne den best mulige sammensetningen av valg av vedlikeholdsstrategier. I utgangspunktet er det to hoved-

former for vedlikehold; korrektivt og forebyggende vedlikehold. Under forebyggende vedlikehold finnes forhåndsbestemt og tilstandsbasert vedlikehold.

2.4 Vedlikeholdsledelse

Vedlikeholdsledelse er definert i NS-EN 13306 som: «Alle ledelses aktiviteter som definerer målene, strategiene og ansvarsområdene knyttet til vedlikehold» (Standard Norge, 2017).

Vedlikeholdsstyringsløyfa er et verktøy som har som formål å visualisere og systematisere de viktigste aktivitetene i vedlikeholdsstyring. Den visualiserer også hvordan de ulike aktivitetene er avhengig av hverandre og hvorfor en snakker om å «lukke vedlikeholdsstyringsløyfa» (Pedersen, 2021d).



Figur 1: Vedlikeholdsstyringsløyfa (Pedersen, 2021d)

- **Ressurser:** Beskriver hvilke ressurser og hva som er behovet for å effektivt gjennomføre vedlikeholdet. Må være tilstrekkelig for å gjennomføre de andre elementene i sløyfa.
- **Mål og Krav:** Definerte mål og krav til måloppnåelse. Synliggjør hva det skal jobbes mot i organisasjonen.

- **Drift og vedlikeholds (D&V) program:** Hvilke D&V-program skal benyttes i organisasjonen. Forklares nærmere i påfølgende delkapitler.
- **Planlegging:** Beskriver hvordan D&V-programmet skal utføres i forhold til andre aktiviteter og annen drift i organisasjonen. Ønsker for eksempel ikke kollisjon med normal drift.
- **Utførelse:** Utførelse av planen, riktig kompetanse på riktig sted. Godt detaljerte arbeidsordre som definerer hva arbeidet er og hvordan det skal utføres.
- **Teknisk tilstand/resultat:** Hva er tilstanden etter gjennomført vedlikehold, eventuelt ikke gjennomført?
- **Avviksrapportering:** Avvik fra plan/mål skal rapporteres, dette legger grunnlaget for forbedring.
- **Årsaksanalyser:** Hva er årsaken til avvikene, her kan ulike analysemetoder benyttes.
- **Forbedringstiltak:** Iverksett tiltak for å hindre fremtidige avvik av samme karakter.
- **Tilsyn:** For at vedlikeholdsstyringsløyfa skal fungere effektivt velger mange å dra inn en uavhengig tredjepart for overvåke organisasjonen.

(Pedersen, 2021d)

2.4.1 Korrektivt vedlikehold

Første generasjons vedlikehold kalles også korrektivt vedlikehold (Pålitelighet.no, 2021a). Dette er vedlikehold som gjennomføres når svikt først har inntruffet og utstyret har en feil. Forskjellen på svikt og feil på utstyr kan forklares slik: Svikten er i det øyeblikket motoren stopper, og feilen er at motoren står. Dette tolkes som at svikt er en hendelse og feil er en tilstand. Denne formen for vedlikehold benyttes der det vil være økonomisk eller

av andre årsaker ugunstig å drive andre former for vedlikehold. Sett i historisk perspektiv var denne metoden den mest utbredte, da teknologien og fokuset på vedlikeholdsstyring ikke var utviklet i stor grad (Pedersen, 2021a).

2.4.2 Forebyggende vedlikehold

Forebyggende vedlikehold benyttes i et forsøk på å bremse eller stoppe degradering av utstyr (Pålitelighet.no, 2021b). Begrepet preventivt vedlikehold benyttes også om forebyggende vedlikehold. Tilstandsbasert vedlikehold og forhåndsbestemt vedlikehold er underkategoriene for forebyggende vedlikehold. Ved tilstandsbasert vedlikehold overvåkes degradering og status på utstyr. Dette gjøres ved fysisk inspeksjon eller tilstandsovervåkning ved hjelp av måleinstrumenter. Ved endring i utvalgte parametere kan utstyr utbedres før svikt inntreffer. Forhåndsbestemt vedlikehold er hovedsakelig kalender- og tellebasert. Det baserer seg på erfaring om utstyret og vil være vanskelig å bruke på nytt utstyr.

2.4.3 Tilstandsovervåkning og prediktivt vedlikehold

Tilstandsovervåkning benyttes på statisk og dynamisk utstyr. Eksempler på metoder for tilstandsovervåkning innebærer blant annet: vibrasjonsovervåkning og NDT-metoder (Ultralyd (UL)-prøving og magnetpartikkel-prøving m.m). Et viktig element i tilstandsovervåkning er å benytte riktig parameter for degradering (Pedersen, 2021c). Prediktivt vedlikehold er en underkategori av tilstandsbasert vedlikehold og faller under det som i dag betegnes som industri 4.0. I utviklingen av prediktivt vedlikehold jobbes det med å gjøre utstyr i stand til å selv registrere degradering ved hjelp av maskinlæring og historisk data. Dette skal kobles opp til «Computerized Maintenance Management Systems» (CMMS) (se 2.5 om CMMS) for å kunne automatisk generere fremtidige arbeidsordre og planlegge vedlikeholdet (Standard Norge, 2017).

2.5 Vedlikeholdsstyringssystem - CMMS

CMMS er programvare som er en essensiell del av industri 4.0. Det inneholder sanntidsinformasjon om komponenter og systemer tilknyttet vedlikeholdsavdelingen til bedriften (Bye, 2009, kap 5). Eksempler på slike er SAP, IFS Ultimo og HxGN EAM. Mange bedrifter i industrien har et slikt system, men det er ulik grad av utnyttelsen. Formålet med et CMMS er å være et verktøy for beslutningsstøtte, bidra til å høyne påliteligheten til produksjonsutstyret, bidra til å redusere vedlikeholdskostnader, og behandle og lagre store mengder data. Et CMMS består av flere moduler som for eksempel anlegg/utstyrregister og en innkjøpsmodul. Disse modulene snakker sammen og bidrar derfor til en helhetsoversikt som en kan dra stor nytte av. CMMS selges som lisensprodukter og vil være en betydelig investering for en bedrift. Slike systemer kan spesialtilpasses bedriften og det er derfor nødvendig å tenke over hvilke moduler og funksjoner som er nødvendig og unødvendig for bedriften. I punktene under presenteres viktige moduler i et CMMS med kort forklaring:

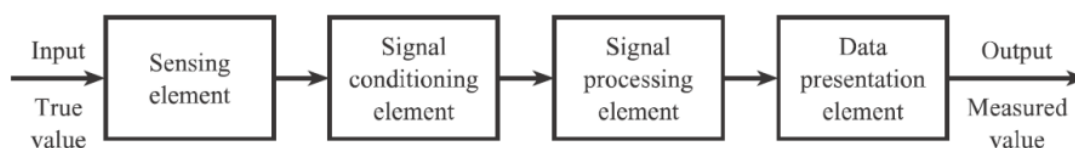
- Anleggsregister - Register av bedriftens utstyr (inkludert Failure Mode, Effect, and Criticality Analysis).
- Reservedel- og innkjøpsmodul - Modul for reservedelsstyring og innkjøp.
- Vedlikeholdsmodul - Modul for vedlikeholdsplan, tilstandskontroll og notifikasjoner.
- Arbeidsordremodul - Oversikt over kommende og pågående arbeidsordrer.
- Dokumentasjonsmodul - Modul for bedriftens dokumentasjon av tegninger og prosedyrer.
- Analysemodul - Modul for lagring av historikk til bruk i analyser.

(Bye, 2009, kap. 5.3)

2.6 Målesystemer

2.6.1 Grunnleggende Målesystem

Målesystemer består i sin grunnleggende form av 4 elementer.



Figur 2: Målesystem (Islek, 2022a)

På norsk betegnes «sensing element» som føleren eller sensoren (Islek, 2022a). Følerens oppgave er å kjenne på endringen (input) i den fysiske variabelen som skal måles. Neste element i prosessen er «signal conditioning», her gjøres den fysiske variabelen om til et ønsket elektronisk signal og sendes videre til «signal processing». «Signal processing» behandler signalet etter gitte spesifikasjoner. Dette kan innebære forsterkning av målesignalet eller behandling av støy for å få et så nøyaktig signal som mulig. Etter disse delprosessene sendes signalet til et visualiseringsverktøy, som f.eks. til et kontrollrom med skjermer til visualisering. Figur 2 viser den grunnleggende tankegangen om signal-omforming, i tillegg finnes det smarte transmittere som bruker to signal til å sende informasjon. Disse transmitterne benytter strømmen levert til transmitteren for å sende et digitalt signal over det analoge signalet som inneholder selve målesignalet (Roa, 2023). Det digitale signalet kan brukes til å sende annen tilleggsinformasjon som enhetens tilstand, kalibreringsinformasjon og sekundære variabler.

2.6.2 Valg av sensor

Sensorer kommer i mange forskjellige former og riktig valg av sensor er viktig for å unngå feilkilder i målesignalet. Når en skal velge sensor er det flere parametere som må vurderes, eksempler på disse inkluderer:

- Hvilket stoff skal det måles på (metaller, gass og væske)?.
- Hvilket måleområde er en opptatt å treffe?.
- Hvordan er område sensoren skal plasseres (høy temp, fuktig)?.

(Islek, 2022a)

2.6.3 Temperaturmåling

Temperaturmålere brukes for å overvåke temperatur på et objekt eller i et område som f.eks. et lagringsrom. Virkningsmåte for noen temperaturmålere er beskrevet under:

- Resistive målere: Resistive følere består av metaller som endrer resistansen når temperaturen endrer seg(Islek, 2022c). Metallene varierer i hvor lineær sammenheng det er mellom resistansen og temperaturen. Et eksempel er Pt-100 element som er av platina og 100 betyr at 100Ω tilsvarer 0°C . Det vil si at det som egentlig måles er resistansendringen, som kan kobles i en målebro for å uttrykke temperaturen.
- Termoelementer: Termoelementer består av to ulike metaller eller halvledere(Skaar, 2021d). Når de forbindes danner de en strømkrets som er temperaturavhengig. Temperaturen som lederne kjenner på, korrelerer med spenningen som dannes mellom lederne. Denne spenningen kan avleses. Hvilke termoelementer som benyttes avhenger som regel av hvilket måleområde en er ute etter å måle. Eksempler er kobber og konstantan (-200°C - 300°C), og platina og platina-rhodium (0°C - 1600°C).

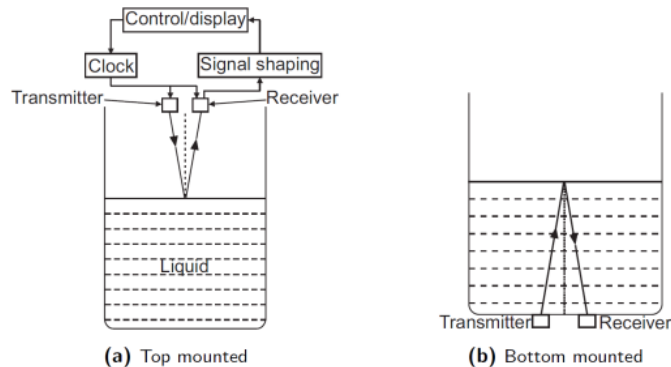
- **Termistor:** Termistorer er elektrisk komponent med høy temperaturavhengig resistans og består av et halvledermateriale (Rongve, 2023). Det finnes to typer termistorer, negativ temperatur koeffisient (NTK) og positiv temperatur koeffisient (PTK). NTK termistorer har avtagende resistans når temperaturen øker og PTK har økende resistans når temperaturen øker.

2.6.4 Nivåmåling

Nivåmåling er ofte benyttet i industri for å overvåke mengde fluid i tanker eller mindre beholdere. Dette kan, som med de andre typene på målere, utformes basert på ulike prinsipper, under nevnes noen relevante målere.

UL-måling: Det finnes to typer UL-målere som benyttes til nivåmåling av tanker (Islek, 2022b): Topp-montert og bunn-montert UL-måler. Slike målere består av 4 forskjellige komponenter: timer, UL-generator/sender, mottaker, og signalbehandlingselement. Når ultralyden sendes mot fluidoverflaten vil signalet skifte retning når det treffer overflaten og reflekteres mot mottakeren. Tiden signalet bruker fra senderen til mottakeren registres og signalbehandles slik at nivå i tanken kan fastsettes.

Ultralyd, topp- og bunnontering



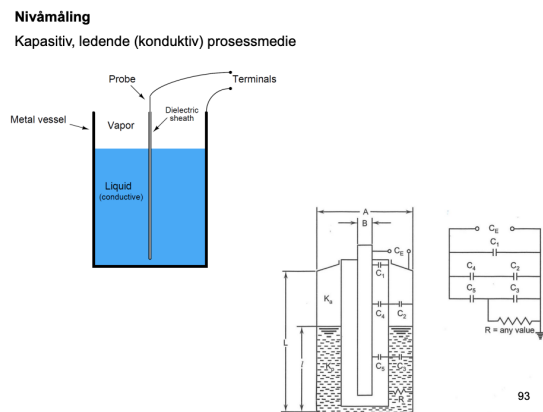
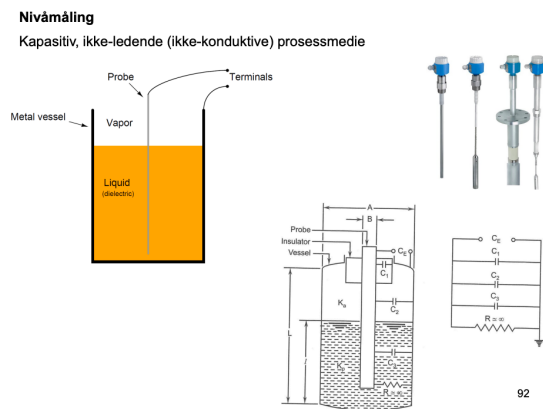
<i>Top mounting</i>	<i>Bottom mounting</i>
1. The instrument does not come in contact with the process fluid	1. The transceiver can be placed on the outer wall of the tank with the advantage of having no contact with the process fluid
2. The calibration is not fluid-specific since ultrasound travels in air	2. The calibration is fluid-specific because the ultrasound travels through the fluid
3. Some sound energy gets lost owing to scattering by the liquid vapour that is invariably present on top of the liquid	3. Some sound energy will be lost by conduction through the tank material
4. Measurement is not affected by the presence of suspended particles in the fluid	4. Gives the best value of the level if the liquid is free from suspended particles

Figur 3: Ultralydmåler (Islek, 2022b)

Kapasitiv nivåmåling: Denne målemetoden bygger på loven om kapasitans. Kapasitans er et elektrisk ledende legemes evne til å oppta ladning (Skaar, 2021a). Hvordan det utnyttes i nivåmåling avhenger av fluidet som skal måles, om fluidet er elektrisk ledende eller ikke-ledende. En elektrisk ledende probe senkes ned i tanken og sammen med selve tankveggen dannes en kondensator. For ikke-ledende fluider vil fluidet fungere som dielektrum mellom platene. Kapasitansen vil variere avhengig av distansen mellom platene (veggen og proben, d), arealet til platene (S) og permittiviteten (ϵ) til fluidet mellom platene. Permittivitet angir et stoffs polariseringsevne (Skaar, 2021c).

$$C = \frac{\epsilon S}{d} \quad (1)$$

Formel 1 er hentet fra (Skaar, 2021b). For ikke-ledende fluid benyttes flere referansepunkt i tanken for å måle kapasitans, siden permittiviteten og distansen er konstant er det kun arealet av platene som endrer seg når fluidet går opp og ned i nivå. Dette kobles opp i en omformer som gir ut et elektrisk signal og et uttrykk for nivået i tanken. For ledende fluid legges et isolerende lag rundt proben som opererer som dielektrum, dette stiller andre krav til oppkobling til omformereren, men vil også gi ut et elektrisk signal som er uttrykk for nivået i tanken. Under kommer to illustrasjoner av de to metodene (se figurene 4 og 5):



Figur 4: Ikke-ledende fluid (Islek, 2022b)

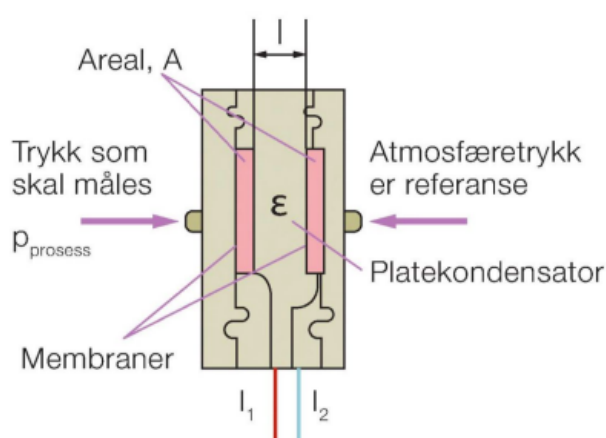
Figur 5: Ledende fluid (Islek, 2022b)

Nivåmåling ved trykk og kapasitans: Denne målemetoden er fundamentalt en kapasitiv trykkmåling, men kan også brukes til å måle nivå (Islek, 2022d). Den type kapasitansmåling som ofte brukes her bygger på samme lov som nevnt i forrige avsnitt (1), men utnyttet på en litt annen måte. En nivåmåler som bruker kapasitans og trykk vil være senket ned i fluidet og kjenne på trykket fra fluidet i tanken. I denne måleren vil det være en kondensator hvor de to elektrisk ledende platene fungerer som membraner med et dielektrum mellom seg. Disse to membranene vil kjenne på to forskjellige trykk, den ene kjenner på referansetrykket og den andre kjenner på trykket i fluidet som skal måles. Referansetrykket kan f.eks. være atmosfærisk trykk eller vakuum. I dette tilfellet

vil arealet (S) og permittiviteten (ϵ) være konstante i formel 1, derfor er det distansen som endrer kapasitansen når membranene skyves mot og fra hverandre på grunn av trykkendringene. Det trykket som måles her vil kunne legges inn i programmet for signalbehandling til å gi et uttrykk for nivået i tanken. Metoden er illustrert i figur 6.

Trykkmåling

Kapasitiv

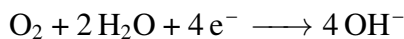


Figur 6: Trykkmåling ved kapasitans (Islek, 2022d)

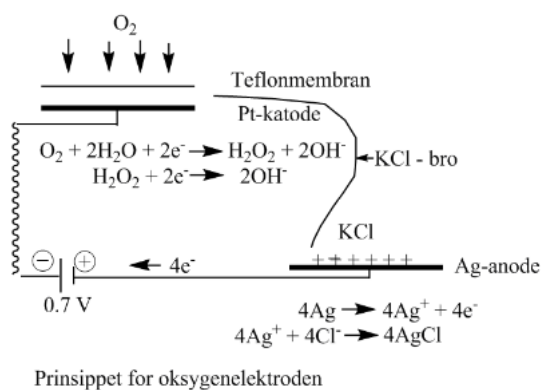
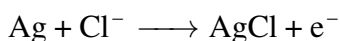
2.6.5 Oksygenmåling

For å måle oksygenkonsentrasjon i vann brukes ofte elektrokjemiske sensorer for å måle gasskonsentrasjonen (UIO, 2019). Oksygen elektroden eller Clark-elektroden består av en platina katode og en sølv anode i en kaliumkloridløsning (KCl). Anoden, katoden og løsningen fungerer som en celle. Målemetoden er bygget opp slik at løsningen er skilt fra prøven ved en membran som kun slipper gjennom oppløst oksygen. Oksygenet kommer seg gjennom membranen og reduseres ved katoden, dette medfører at den elektriske energien som produseres i cellen er proporsjonal med oksygenkonsentrasjonen i prøven.

Katodereaksjon:



Anodereaksjon:



Figur 7: Prinsipp oksygen-elektrode (UIO, 2019)

2.6.6 pH-måling

Måling av pondus Hydrogenii (pH) og annen ionekonsentrasjon baserer seg på elektrokjemiske prinsipper (Olsen, 2015, kap 11). Spenningsforskjellen mellom en indikatorelektrode og en referanse-elektrode brukes til å måle konsentrasjonen av hydrogenioner (H^+). I rent vann er produktet av konsentrasjonene av hydrogenioner (H^+) og OH^- -ioner lik vannets likevekts-konstant: $k_w = 1 \cdot 10^{-14}$, som gir nøytral pH-verdi på 7. I syrer er konsentrasjonen av H^+ høyere enn OH^- , mens i baser er det motsatt. pH-elektroden måler spenningsforskjellen på utsiden og innsiden av membranen. Når elektroden befinner seg i en sur løsning, vil den tiltrekke seg H^+ -ioner og membranen blir positivt ladet i forhold til innsiden. Membranpotensialet måles mellom pH-elektroden og referanseelektroden, dette gir signalet som uttrykker pH-verdien.

2.7 Alarmsystem

Et alarmsystem er et støttesystem ment for å administrere driftsavvik (Sintef, 2001). Alarmsystemer har en primærfunksjon og en sekundærfunksjon:

Primærfunksjonen er å varsle operatører om unormale driftsforhold. Varslingsfunksjonen informerer operatøren om tilstander som må korrigeres. Alarmer burde derfor inneholde tilstrekkelig informasjon for å veilede operatørene.

Alarmer burde:

- Være relevante for den nåværende situasjonen
- Inneholde nyttig informasjon som er hjelpsom i korrigerings av driftsavvik
- Presenteres for operatøren på en håndterbar måte
- Presentere nødvendig informasjon på en lettfattelig måte

Sekundærfunksjonen til et alarmsystem er å loggføre alarmene og driftstilstandene. Historisk data fra tidligere utløste alarmer kan brukes til å analysere og vurdere alarmsystemet. Alarmloggen bør inneholde alle tidligere alarmer, også de som ikke nødvendigvis trenger korrigerings. Hensikten med analyse av historisk data er å kunne optimalisere både prosessene i anlegget og alarmsystemet.

For at alarmsystemet skal være anvendelig, må det kunne presentere nyttig og konsis informasjon til operatøren på en måte som er håndterbar. Systemet bør utformes i samsvar med prinsipper for hvordan mennesker interagerer med maskiner og menneskelige begrensninger, som vår evne til å ta i oss informasjon på begrenset tid og under stress.

2.7.1 Krav og begrensninger

For at et alarmsystem skal kunne utføre funksjonene sine effektivt, må det bli designet etter klare og definerte krav (Sintef, 2001). Kravene for design bestemmes av ønsket

effekt av alarmsystemet og ulike begrensninger, inkludert menneskelige begrensninger.

Operatørene er sluttbrukerne av alarmsystemet. Alarmsystemet må derfor ta for seg begrensningene til operatørene. Mennesker har begrenset kapasitet for å bearbeide informasjon, og faktorer som alarmfrekvens og detaljnivået på alarminnholdet bør tilpasses disse begrensningene. Høy alarmfrekvens kan for eksempel føre til stress eller misforståelser hos operatørene, som igjen kan medføre videre konsekvenser.

Kravene for alarmsystemet bestemmes av den ønskede effekten systemet skal ha, og dette kalles alarmfilosofi. Alarmfilosofien bør omfatte:

- **Primær- og sekundærfunksjonene** bør dokumenteres for å sikre en felles forståelse for hva som er funksjonene til alarmsystemet.
- **Definisjonen av operatørens rolle i systemet** er essensiell for å bestemme ansvarsfordelingen når alarmsystemet brukes.
- **Hvordan designet tilpasser seg menneskelige begrensninger** er med på å sikre at operatørene ikke blir overbelastet. Dersom arbeidsmengden til operatørene er for stor eller for lite, bør dette punktet revurderes.
- **Prioritering av alarmer** er viktig for anlegg der noe utstyr er mer kritisk for produksjon og/eller sikkerhet. Annen metode for prioritering bør også defineres.
- **Relevante standarder** som enten bedriften har designet selv eller adoptert fra ekstern kilde, f.eks. standarden «NEK EN 62541-9: OPC Unified Architecture - Part 9: Alarms and Conditions».
- **Praksis for anerkjennelse av utløste alarmer** bør beskrives, inkludert formålet og hva det innebærer i praksis. Anerkjennelse betyr at operatøren bekrefter at alarmen er motatt og forstått.
- **Alarmgenerering** er hovedessensen med et alarmsystem. Sensoralarmer genereres

ved at én eller flere tilstandsparametere overskrider en satt alarmgrense.

- **Struktur av alarmer** innebærer formidlingen av all informasjon operatøren trenger for å kunne korrigere driftsavviket.
- **Presentasjon** av alarmer som krever korrigering, må formidles til operatørene. Dette kan gjøres via en visuell plattform, som for eksempel et display i et kontrollrom eller på en smarttelefon. Disse varslene blir samlet i en liste som kalles for hovedalarmlisten.

2.7.2 Alarmhåndtering

Alarmundertrykking referer til prosessen å hindre irrelevante alarmsignaler fra å bli vist i hovedalarmlisten og unødvendig varsle operatøren. Undertrykking inndeles i en automatisk prosess og en manuell prosess. Automatisk alarmundertrykking er når algoritmer automatisk filtrerer bort irrelevante alarmsignaler. For eksempel kan en nivåalarm i et settefiskanlegg utløses når fiskekaret er tomt for vann på grunn av planlagt vedlikehold. Manuell alarmundertrykking er undertrykking av irrelevante alarmsignaler som ikke ble filtrert bort automatisk grunnet manglende algoritmer for filtrering av alarmer.

Anerkjennelse av alarmer vil si at operatør bekrefter at alarmer er oppfattet. Anerkjennelse kan enten utføres før eller etter korrigerende aksjon har blitt utført. Undertrykte alarmer behøver ikke anerkjennelse da de filtreres bort på grunn av irrelevans. Etter anerkjennelse bør eventuelle alarmlyder til tilhørende alarmer deaktiveres med mindre alarmlyden er kritisk viktig, for eksempel en brannalarm. I tillegg bør det være et eget alternativ for deaktivering av alarmlyd uten at operatør anerkjenner alarmen.

Hvorvidt operatør har anerkjent en alarm kan brukes til automatisk opprydning av alarmlisten. Etter at en alarm har blitt anerkjent bør den etter en tidsperiode fjernes fra hovedalarmlisten. Alarmer som er klassifisert som høy prioritet bør ikke filtreres bort fra

hovedalarmlisten før korrigerende aksjon er fullført. Ved utløsning av en høyt prioritert alarm kan det være aktuelt at alarmen ikke fjernes fra hovedalarmlisten selv om målinger fra sensoren som utløste alarmen har returnert til normal verdi. Lavt prioriterte alarmer kan, i motsetning til høyt prioriterte, automatisk fjernes fra hovedalarmlisten dersom målinger fra utløsende sensor returnerer til normal verdi.

I kritiske situasjoner bør det være en klar ansvarsfordeling over nødvendig arbeid. Det vil si, rollefordeling av ulike system som overvåkning og styringssystem, sikkerhetssystem, kommunikasjonssystem, osv. I tillegg bør operatørene få opplæring i hvordan systemene og alarmene prioriteres i kritiske situasjoner.

2.8 Programmering

Programmering er å utforme et program til å følge instruksjoner (Rossen, 2022). Et dataprogram får en form for inndata og behandler denne dataen basert på instruksjoner bestemt av en programmerer. Det er ikke bare datamaskiner som kan kjøre programmer, men også andre elektroniske apparater baserer seg ofte på programmering for å fungere. Programmering er algoritmisk problemløsning. Programmet som utformes har i oppgave å løse et problem og følger instruksjonene nøyaktig i den satte logiske rekkefølgen bestemt av programmereren (Statped, 2021).

Programmering kan foregå på flere forskjellige programmeringsspråk. Det skilles mellom lavnivå og høynivå programmeringsspråk. Lavnivåspråk er det nærmeste man kommer maskinvaren, mens høynivåspråk er mer leselig for mennesker. I lavnivåspråk er det mer direkte tilgang på ressurshåndtering på maskinen, og dette kan være til fordel når ytelse og effektivitet skal optimaliseres (Rossen, 2019). Lavnivåspråket krever kjennskap til maskinvarearkitektur og operativsystem, og er tidkrevende å skrive. Høynivåspråk, som f.eks. Java, C++ og Python, låner ofte ord fra engelsk. Dette gjør det enklere å forstå hva hver linje i programmeringskoden har som oppgave å utføre. I tillegg har høynivåspråk

innebygde funksjoner som kan brukes til å utføre komplekse oppgaver.

2.9 Python

Python er et svært populært høynivå programmeringsspråk (PSF, 2023b). Python har en enkel, lettlært og lesbar syntaks som gjør det til et ideelt språk for både nybegynnere og for erfarne utviklere. Programmeringsspråket støtter moduler og pakker som er nyttig for gjenbruk av kode. Det er svært effektivt å programmere i Python grunnet den raske edit-test-debug-syklusen. Dette kommer av at det ikke er noe kompileringstrinn og at debugging er enkelt i Python.

2.9.1 Funksjoner

Funksjoner er uavhengige kodeblokker i et dataprogram. De bidrar til å organisere programmet og gjøre koden mer lesbar og gjenbrukbar. Hver funksjon utfører en oppgave eller en del av en mindre oppgave, og kan gjenbrukes flere ganger i programmet. Dette reduserer mengden programkode som må skrives og gjør det enklere å utvide og vedlikeholde programmet.

2.9.2 Bibliotek og pakker

Pythons standardbibliotek er svært omfattende (PSF, 2023a). Biblioteket inneholder innebygde moduler som gir tilgang til systemfunksjonalitet som f.eks. å lese filer. Biblioteket tilbyr standardiserte løsninger på problemer som ofte dukker opp. I tillegg til standardbiblioteket til Python eksisterer det kodepakker skrevet av andre utviklere som kan brukes til å utføre spesifikke oppgaver. Ved å bruke bibliotek kan en spare tid og unngå å finne opp hjulet på nytt.

Python har en innebygd pakke som håndterer dato og klokkeslett. Med *datetime*-pakken kan man håndtere dato og klokkeslett på en enkel og fleksibel måte. Pakken muliggjør

bruken av aritmetiske operasjoner med tidsobjekter som f.eks. å legge til eller trekke fra tid til et klokkeslett eller en dato.

Comma-Separated Values-pakken (CSV) er en innebygd pakke i Python som gir funksjonalitet for å lese og skrive CSV-filer. CSV-filer brukes ofte til å lagre og utveksle tabellformet data mellom forskjellige programmer og systemer.

Matplotlib-pakken er en populær tredjepartspakke for Python som gir funksjonalitet for å lage grafikk og visualiseringer. Pakken støtter en rekke forskjellige typer grafikk, inkludert linjefrafikk, stolpediagrammer, scatterplots og volumetriske plots. *Matplotlib*-pakken er også enkel å bruke og gir enkel tilpasning av utseendet til grafikken (Matplotlib Development Team, 2023).

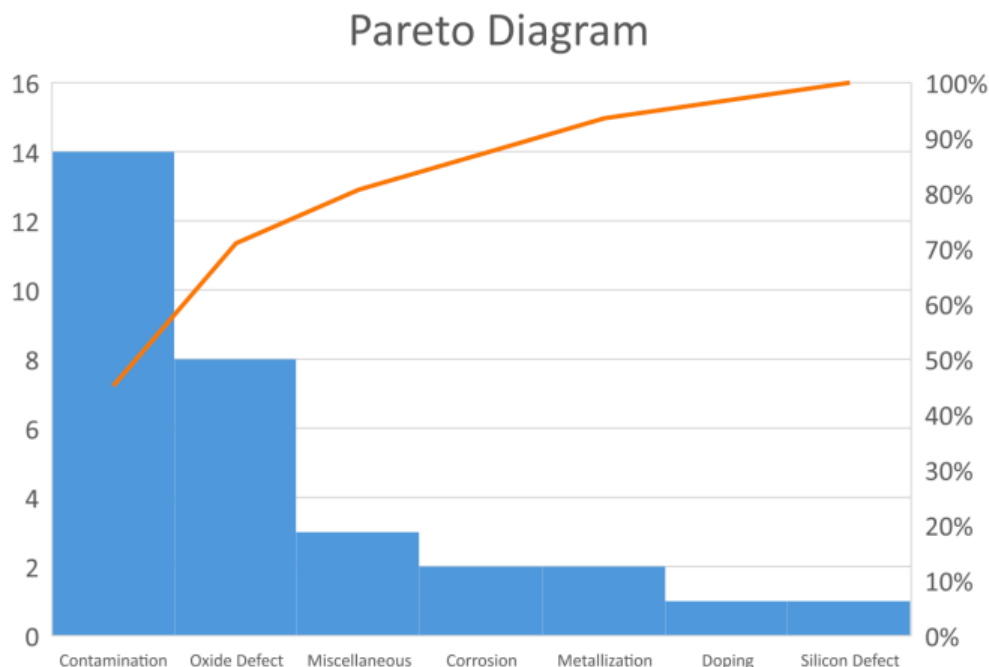
Python bruker tegnsnittet UTF-8 som standard, som er et nyere tegnsnitt som støtter et stort omfang av tegn, inkludert æ, ø og å («Information technology – Universal Coded Character Set (UCS)», 2020). «Windows-1250» er et eldre tegnsnitt som hovedsakelig ble brukt i Sentral-Europa og støtter ikke æ, ø og å («Windows 1250 - Central European character set», 1995).

2.10 Paretoanalyse

Pareto-prinsippet også kalt «loven om de vitale få» eller «80/20-regelen», er et prinsipp utviklet av Vilfredo Pareto. Prinsippet sier at omtrentlig 80% av feilene kommer av 20% av årsakene. Paretoanalyse brukes for å identifisere hvilke problemer det lønner seg mest å løse. Stegene i analysen tilknyttet vedlikehold vil kort kunne oppsummeres som under.

- Identifisere feil på utstyr.
- Identifiser årsakene til feilene.
- Visualiser sammenhengen mellom årsaker og feilene. For eksempel årsaker langs x-aksen og antall feil langs Y-aksen.

- Fokuser på årsakene som står for 80% av feilene.



Figur 8: Eksempel Pareto (Pedersen, 2021b)

Det er viktig å nevne at 80/20 kun er en tommelfingerregel og vil ikke være nøyaktig i de fleste tilfeller. En mulig svakhet med paretoanalyse er at den fremhever de feilene som forekommer hyppigst, men ikke nødvendigvis de viktigste. For å fremheve disse, må feilene forbindes med kostnader (Pedersen, 2021b).

2.11 Rotårsaksanalyse

En rotårsak er en bakenforliggende årsak til et avvik i en prosess (ASQ, 2023). En rotårsaksanalyse er en fellesbetegnelse på ulike, systematiske metoder for å identifisere rotårsaken, eller rotårsakene, til en fokushendelse. En fokushendelse er den hendelsen som er i fokus i en analyse (Standard Norge, 2015). Den umiddelbare årsaken er ofte et

symptom av underliggende årsaker. Å behandle rotårsaken av en feil er ofte mer effektivt enn å behandle symptomet, ved at det forhindrer feil fra å opptre i fremtiden.

Årsaksanalyse er en del av vedlikeholdsstyringsløyfa, slik vist i figur 1. For at forbedrende tiltak skal kunne utvikles må først årsaken(e) identifiseres og analyseres.

Standarden NEK EN 62740 beskriver hovedprinsippene i en rotårsaksanalyse samt fremgangsmetodikk (Standard Norge, 2015). I tillegg beskriver den teknikker for å identifisere rotårsaker.

2.11.1 Fremgangsmåte for rotårsaksanalyse

En rotårsaksanalyse er en systematisk, trinnvis prosess. For å sikre analysens troverdighet må identifiserte rotårsaker og andre konklusjoner i analysen, være basert på dokumenterte bevis. Rotårsaksanalyser bør angripes trinnvis fordi ved analyse av innsamlet informasjon om fokushendelsen kan mangler på informasjon oppdages. Et forslag til hvordan rotårsaksanalyse utføres er beskrevet i standarden NEK EN 62740 (Standard Norge, 2015). Fremgangsmåten er vist i tabell 4 nedenfor.

Tabell 4: Fremgangsmåte beskrevet i NEK EN 62740:2015 (Standard Norge, 2015)

Trinn	Konsepter og oppgaver som må utføres
Initiering	Fastslå behovet for rotårsaksanalysen og definer hensikten og omfanget
Datainnsamling	Innsamle data og fakta over feilen som skal analyseres
Analyse	Bruke analytiske teknikker og verktøy for å fastslå hvorfor feilen inntraff
Validering	Valider om nådd konklusjon er relevant og stemmer overens med innsamlet data
Presentasjon av resultater	Presenter resultatene fra analysen

2.11.1.1 Initiering

En rotårsaksanalyse initieres av behovet for forbedring. Dette behovet kan oppstå når samme feil har inntruffet flere ganger eller når analysen utføres med formålet å redusere risikoen for kritisk utstyr.

Det er viktig å beskrive fokushendelsen som skal analyseres. Beskrivelsen bør tydelig presentere konteksten for feilen, slik at nødvendige kompetanser som for eksempel elektrikere dersom feilen involverer elektroniske komponenter, og fastslå hvilke data som må samles. Gruppen eller personen som utfører analysen bør ha en helhetlig forståelse av systemet. Tilstedeværelse av personer uten tilhørighet til organisasjonen kan gi et uavhengig perspektiv og bidra til å unngå partiskhet.

Det skilles mellom to typer av rotårsaksanalyser basert på hensikten med analysen. Den ene er å analysere fokushendelsen basert på observerte data. Den andre er å identifisere mulige årsaker som kan utløse fokushendelsen. Den første typen krever at fokushendelsen

har skjedd minst en gang. Den andre typen utføres når det er mangel på data, og i slike tilfeller kan hypoteser anses som godt nok.

Om mulig bør det inkluderes en definisjon av omfangets grenser, det vil si hvor i dybden man skal gå. I praksis kan grensen settes helt til den minste faktoren man kan påvirke. Grensen bør være håndterbar for å unngå overkompleksitet.

2.11.1.2 Samle fakta

Data lager selve grunnlaget av analysen. Data som bør samles inn avhenger av situasjonen og omfanget av analysen. Eksempler på data:

- Konteksten av fokushendelsen
- Tilstanden før, under og etter fokushendelsen
- Historisk data over menneskelige interaksjoner med utstyret
- Informasjonen om nærværende miljø
- Historisk data om lignende hendelser
- Avvik fra normal prosess

Metoden for innsamling avhenger av typen data. For eksempel kan historisk data over menneskelige interaksjoner loggføres, eller en kan utføre intervjuer med personalet. Hvis analysen omhandler en feilhendelse som involverer maskinkomponenter, kan det være nødvendig å bruke ulike metoder for å undersøke tilstanden til komponenten(e).

Målet med dette trinnet er å få oversikt over:

- Hva hendte og hvor hendte det
- Tidslinje over hendelsesforløpet før fokushendelsen inntraff
- Logg over alle menneskelige interaksjoner forbundet med fokushendelsen

- Forhold som muliggjorde fokushendelsen
- Konsekvensene av fokushendelsen

2.11.1.3 Analyse

Målet med dette trinnet er å forstå hvordan og hvorfor fokushendelsen inntraff ved å systematisk strukturere innsamlet data og identifisere rotårsakene til fokushendelsen.

Analyse-trinnet involverer:

- Organisering av data
- Se etter både åpenbare og obskure årsaker
- Forstå hvorfor og begrunne konklusjonene basert på innsamlet data
- Gjenta denne prosessen til satt grense er nådd

Identifiserte rotårsaker bør beskrives på en kort og presis måte, slik at de ikke kan forveksles med andre årsaker. For eksempel er "menneskelig feil" ikke tilstrekkelig detaljert, da det kan referere til flere årsaker.

2.11.1.4 Validering

Gjennom datainnsamling og analyse vurderes relevansen av innsamlet data og om konklusjonen støttes av disse dataene.

Valideringsprosessen avhenger av fokushendelsen og analysens teknikk. For eksempel kan rotårsaker valideres ved å simulere dem og kontrollere om samme situasjon oppstår.

Ved å validere identifiserte rotårsaker vil en kontrollere om de er faktisk begrunnet. Kontrollen belyser om det er behov for å innsamle mer data for at rotårsakene skal være valide.

2.11.1.5 Presentasjon av resultater

Dersom hensikten med analysen var å identifisere rotårsaker for en feilhendelse er resultatet forbedrende tiltak. Et forbedrende tiltak er et tiltak som reduserer enten sannsynligheten eller konsekvensene av en feilhendelse uten å føre til en lik eller større risiko.

Forbedrende tiltak bør vurderes basert på hvor realiserbare de er, og ved å sammenligne konsekvensene av hvert tiltak.

Resultatene presenteres i et strukturert format som knytter anbefalte forbedrende tiltak til rotårsakene. Presentasjon av hver rotårsak bør inneholde:

- En tilstrekkelig detaljert beskrivelse av rotårsaken
- En begrunnelse for behovet for å innføre forbedrende tiltak
- Beskrivelse av forbedrende tiltak, deres gjennomførbarhet, kostnader og konsekvenser
- Anbefalte forbedrende tiltak

2.11.2 Teknikker for utføring av rotårsaksanalyse

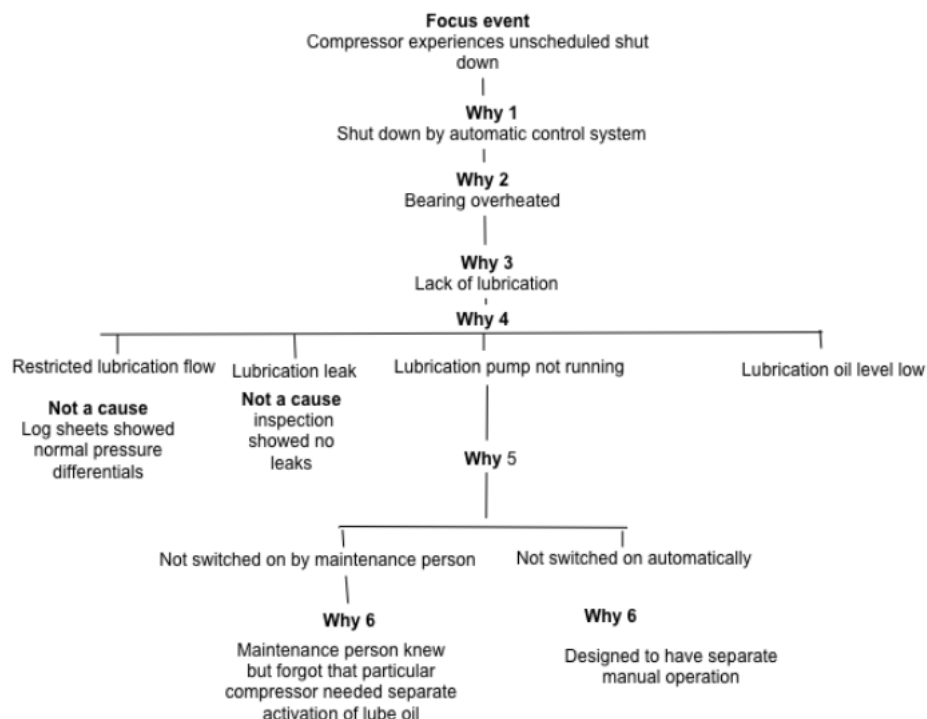
Rotårsaksanalyser utføres med varierende grad av presisjon og kompleksitet. Analyseteknikkene har én eller flere av følgende funksjoner (Standard Norge, 2015):

- Organisere og strukturere data
- Oppdage eventuelle mangler i innsamlet data
- Veileder analytiker(e) i å finne årsakskjedene til en fokushendelse
- Visualisere hendelsesforløpet og/eller årsakskjeden til en fokushendelse
- Utføre statistisk analyse

Valg av teknikk bestemmes av organisasjonens foretrukne teknikker og egenskapene til fokushendelsen, for eksempel kompleksitet eller kritikalitet. Målet med teknikkene kan også variere. Noen teknikker er egnet for å identifisere rotårsaker og årsakskjeder for en fokushendelse, mens andre er egnet for å avdekke svakheter i systemet der fokushendelsen oppstod.

2.11.2.1 «Hvorfor»-metoden

«Hvorfor»-metoden er spørsmålsprosess for å identifisere rotårsaker. Metoden innebærer å starte med å spørre hvorfor fokushendelsen skjedde og deretter fortsette med å spørre hvorfor med hensyn til forrige svar for å avdekke årsakene. Prosessen fortsette helt til en når grensen for omfanget av analysen. Det bør merkes at for hvert «hvorfor» kan det finnes flere årsaker. Disse burde kartlegges i et såkalt «hvorfor»-tre. Et eksempel på et «hvorfor»-tre er illustrert i figur 9.



Figur 9: Eksempel på et «hvorfor»-tre (Standard Norge, 2015)

«Hvorfor»-metoden sin enkle oppbygning gjør at den er lett for de fleste å lære. Det krever at lite forarbeid må utføres når det gjelder opplæring av intervjueren. Metoden er også avhengig av kunnskapen intervjuobjektene, og ikke intervjueren sin kunnskap om fokushendelsen.

Metoden avhenger i stor grad på kompetansen og kreativiteten til intervjuobjektene. Det er mulig at noen områder blir oversett, og dermed kan ikke alle rotårsaker identifiseres. I komplekse system kan det være vanskelig å liste opp alle årsaker. Metoden er derfor best tilpasset enkle systemer med relativt få faktorer.

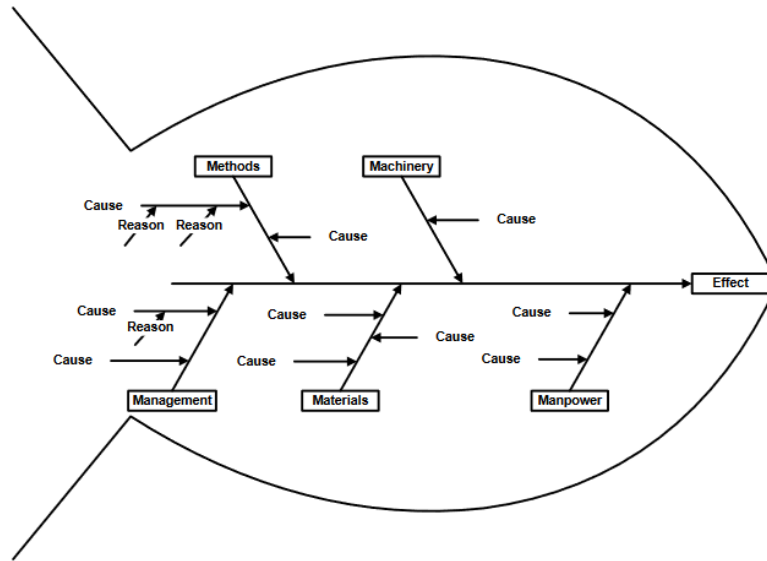
Styrkene og svakhetene ved metoden er oppsummert i tabell 5.

Tabell 5: Styrker og svakheter ved «hvorfor»-metoden

Styrker	Svakheter
<ul style="list-style-type: none"> • Lett å forstå. • Den som stiller spørsmål krever liten kunnskap om systemet. • Rask prosess å gjennomføre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tilpasset enkle situasjoner. • Avhengig av kunnskapen til intervjuobjekt. • Områder kan bli oversett på grunn av mangel på kreativitet hos intervjuobjekt.

2.11.2.2 Ishikawa diagram

Ishikawa diagram er en teknikk som brukes til å identifisere, analysere og presentere årsaker til en fokushendelse. Diagrammet konstrueres ved å kategorisere årsaker under ulike hovedkategorier, for eksempel miljø, menneske, metode, maskin, måling og materialer, og deretter vise årsakskjedene som førte til fokushendelsen. Diagrammet er illustrert som skjelettet til en fisk. Derfor har den fått kallenavnet fiskebeinsdiagram. Et eksempel vises i figur 10.



Figur 10: Eksempel på et Ishikawa diagram (Standard Norge, 2015)

Fordelen med Ishikawa diagram er at det gir en oversiktlig struktur over ulike kategorier, noe som reduserer sjansen for å overse rotårsaker og relevante faktorer. Det kan være nødvendig å etablere et team med tverrfaglig ekspertise for å utføre analysemetoden, spesielt på grunn av valget av kategoriene.

Årsakene innenfor hver kategori kan videre begrunnes og utdypes for å identifisere rotårsaker og illustrere årsakskjeder. Diagrammet gir fleksibilitet til å konstruere flere forgreininger for kategoriene og årsakene, og dermed kan metoden brukes både i enkle og komplekse situasjoner. I svært komplekse situasjoner kan diagrammet bli uoversiktlig. I slik tilfeller kan det være aktuelt å lage separate diagrammer for de mer komplekse årsakskjedene, for eksempel et hvorfor-tre (som illustrert i figur 9).

En begrensning med diagrammet er at det avhenger av kunnskapen og erfaringer til de deltagende ekspertene med fokushendelsen. Dette kan føre til at usannsynlige årsaker eller årsaker som ikke er erfart, ikke blir representert i diagrammet.

Oppsummering av styrker og svakheter ved Ishikawa diagram finnes i tabell 6.

Tabell 6: Styrker og svakheter ved Ishikawa diagram

Styrker	Svakheter
<ul style="list-style-type: none"> • Oppfordrer til tverrfaglig samarbeid. • Kan identifisere rotårsaker i alle bestemte kategorier. • Illustrerer årsakskjeder. • Kan bli brukt for både simple og komplekse situasjoner. 	<ul style="list-style-type: none"> • Årsakskjedene er basert på deltagernes erfaringer.

2.11.3 Suksessfaktorer for utføring av rotårsaksanalyse

2.11.3.1 Engasjement fra involverte parter

I enhver prosess som involverer mennesker er engasjement viktig for effektiv gjennomføring av arbeid. Teknikkene for rotårsaksanalyse utføres ofte av et tverrfaglig team for at de relevante fagområdene blir dekket. Det er viktig at hvert teammedlem viser engasjement for å opprettholde motivasjonen og ikke påvirke andre negativt.

Videre er det viktig at det er engasjement for implementering av forbedrende. Dette sikrer at gjennomføringen av rotårsaksanalysen ikke blir forgjeves.

2.11.3.2 God tilgang på nødvendig data

Tilgang til nødvendig data er avgjørende for en analyse. For å kunne utføre en omfattende analyse, er det nødvendig å samle inn all relevant informasjon om blant annet systemets oppbygning, menneskelige interaksjoner med systemet, og tilstandsdata. God tilgang på data innebærer at det er enkelt å finne de nødvendige datapunktene. Dette reduserer tiden som krever for datainnsamlingen og redusere kompleksiteten samtidig. God tilgjengelighet av data kan oppnås ved for eksempel å sentralisere data i et felles datasystem.

I tilfeller der fokushendelsen er en feilhendelse, er det viktig at drift- og vedlikeholds-personell har kunnskap om mulige feilårsaker. Det er en forutsetning at teknikere lager utfyllende feilrapporter.

2.11.3.3 Forståelighet for teknikken for rotårsaksanalyse

Forståelighet av rotårsaksanalyseteknikker er viktig både for de som gjennomfører rotårsaksanalysen og de som skal implementere resultatet. Kompleksiteten bør tilpasses de ansattes erfaring, og det kan være nødvendig å tilby opplæring. Valg av teknikk vil derfor påvirkes av tilgjengelig kompetanse.

3 Metode

3.1 Forprosjekt

Forprosjektet ble utført i starten av semesteret V2023, definerte mål og rammer for oppgaven. Problemstillingen ble definert sammen med resultat- og effektmål. I resultatmålene ble det bestemt hvilke analysemetoder som skulle brukes.

For å planlegge prosjektet på en effektiv måte, ble det utarbeidet et Gantt-diagram. Dette gav en oversikt over tidsplanen og hvilke oppgaver som måtte utføres når. En risikoanalyse ble også utarbeidet slik at fallgruver kunne unngås. Samlet sett var forprosjektet en viktig fase i prosjektet som la grunnlaget for en vellykket gjennomføring.

3.2 Info- og datainnsamling

Lerøy Aurora ønsker en grundig metode for å innhente og behandle alarndata for å gjøre analyser på avvik i anlegget. Dette skyldes at de ikke har analysert denne type data tidligere. I tillegg til å finne de mest frekvente alarmene, er metoden viktig fordi dette kan gjennomføres med jevnlig mellomrom. Alarmloggen for 2022 ble mottatt i januar og inneholdt over 300 000 rader med alarmer og advarsler.

Etter behandling av dataen, kom det frem at en stor del av alarmene ikke ga detaljert nok informasjon. Den fortalte i hovedsak hvilke områder de hyppigste alarmene utløses og alarmer fra sensorer i selve fiskekarene. For å sikre validitet på funn i dataen ble bedriften tilsendt funnene og bedt om å sammenligne deres virkelighetsoppfatning og funnene i dataen. For å søke ytterligere informasjon, ble det avtalt befaring på anlegget. Her ble det gjennomført samtaler med teknikere på anlegget for å diskutere mulige årsaker til funnene i dataen.

3.3 Kjøre Python

Det er mange måter å kjøre en Python-fil (.py) på. Under utviklingen av programkoden ble det hovedsakelig brukt PyCharm Community. Det kreves en del steg å sette opp PyCharm. Følgene steg vil hjelpe deg med å sette opp PyCharm:

- Opprettet en mappe på disken (ikke i skyen) der du ønsker å lagre programkoden og CSV-filen den skal lese.
- Gå til <https://www.python.org/downloads/> og last ned den nyeste versjonen av Python som passer for ditt operativsystem.
- Følg installasjonsveiledningen for å installere Python.
- Gå til nettstedet for PyCharm: <https://www.jetbrains.com/pycharm/download/>
- Velg PyCharm Community for ditt operativsystem (Windows, MacOS, Linux).
- Last ned installasjonsfilen og kjør den.
- Følg installasjonsveiledningen for å fullføre installasjonen.
- Åpne PyCharm.
- Velg «Open» fra velkomstskjermen eller velg «File» → «Open» fra hovedmenyen.
- Finn filen du vil åpne, og velg den.
- Velg interpreter ved å gå til «File» → «Settings» → «Project:Alarm» → «Python Interpreter» → «Add Interpreter» → «Add local interpreter» og velg nyeste versjon av Python. Påse at «Location» for valgt interpreter legges i en tom mappe.
- Installer pakkene «matplotlib» og «tabulate» i samme vindu som der det velges interpreter.
- Kjør koden ved å klikke på «Run»-knappen i verktøylinjen øverst på skjermen. Du

kan også bruke hurtigtasten «Shift + F10».

- Se resultatene av koden i PyCharms konsoll eller output vinduet.

3.4 Databehandling

Programmet leser en CSV-fil og går gjennom hver enkelt rad. Gjennom filtreringsfunksjonene bestemmes det om raden skal videreføres til resultatet eller ignoreres. Etter filtrering er gjennomført blir dataen sortert i stigende rekkefølge og visualisert i et liggende søylediagram. Øverst i hovedfunksjonen er det et konfigurasjonsområde som gjør det enkelt å endre parametere og filtrere uten å ha særlig stor kjennskap til programmering på forhånd.

3.5 Fil-lesing og filtrering

For å analysere Lerøy Auroras alarndata for 2022, som består av over 300 000 rader med loggførte advarsler og alarmer fra anlegget, er programmeringsspråket Python (2.9) et hensiktsmessig valg. Alarndataen eksporteres som en CSV-fil, som leses inn ved hjelp av «CSV»-biblioteket i Python. Deretter behandles dataen ved å filtrere før dataen til slutt visualiseres ved hjelp av «matplotlib»-biblioteket.

Før dataen kan filtreres og sorteres må feil og mangler håndteres. Ikke alle radene i CSV-filen er satt opp likt og det må derfor programmeres slik at eventuelle feil og mangler blir håndtert.

```
1     def filter_file(filename, auto_label, blacklist, whitelist_any,
2     whitelist_all, date_filter_on, start_date_str, end_date_str,
3     start_time_str, end_time_str, days, inside_time_range,
4     show_columns, hours_between_alarms, case_sensitive, date_column):
5     """
6     Genererer et søylediagram med antall forekomster av hver alarm i
7     CSV-filen.
```

```
4     """
5     with open(filename, "r", encoding="cp1250") as file:
6         reader = csv.reader(file)
7
8         # Liste for elementer som videreføres til resultatet.
9         data = []
10
11        # Første linje i csv-filen brukes for å lage aksetittel.
12        label = ""
13        if auto_label:
14            label = next(reader)[0].split(";")
15
16        # Går gjennom hver rad i CSV-filen
17        for row in reader:
18
19            # Fikser trøbbel med komma i Alarm.Text og Alarm.Value
20            new_row = [""]
21            if len(row) > 1:
22                for r in row:
23                    new_row[0] += f"{r},"
24                row = new_row
25
26            # Setter inn æ, ø og å der dette er feil.
27            row[0] = row[0].replace("+", "å").replace(">", "ø").
replace("t'", "Ø")
28
29            # Hopper over rader som blir filtrert ut
30            if filter_row(row, blacklist, whitelist_any,
whitelist_all, case_sensitive):
31                continue
32            if date_filter_on:
33                if not filter_date(row, start_date_str, end_date_str,
start_time_str, end_time_str, days, inside_time_range,
```

```
date_column):  
34         continue  
35         # Legger til alarmer som skal vises i resultatet  
36         data.append(row)  
37  
38         # Ser etter identiske alarmer innenfor angitt tidsramme og  
fjerner overflødige.  
39         data = filter_duplicates(data, hours_between_alarms,  
date_column)  
40  
41         # Teller antall forekomster av like alarmer  
42         result = {}  
43         for row in data:  
44             filtered_texts = []  
45             for i, text in enumerate(row[0].split(";")):  
46                 if i in show_columns:  
47                     filtered_texts.append(text)  
48             row = ";".join(filtered_texts)  
49             if row in result:  
50                 result[row] += 1  
51             else:  
52                 result[row] = 1  
53         return label, result
```

Kodeoppføring 1: Filter funksjon for fil

Funksjonen «filter_file», vist i kodeoppføring 1, blir kjørt etter at konfigurasjonsinnstillingene er lest. Denne funksjonen bruker funksjoner som «filter_row», «filter_date» og «filter_duplicates». Først blir hver rad filtrert basert på svartelisten og hvitelistene i funksjonen «filter_row». Hvis alarmer ikke er filtrert bort vil den så sendes gjennom funksjonen for å filtrere datoen. Funksjonen «filter_date» påser at datoen for hver alarm er innenfor de datoparameterne satt i konfigurasjonsområdet. All data som ikke er filtrert

bort fra de to funksjonen blir så lagt til i en liste videre behandling.

Noen sensorer alarmerer flere ganger i løpet av en kort tidsperiode. «filter_duplicates» er en funksjon som sammenligner tiden det går mellom alarmer fra samme sensor. Parameteren «hours_between_alarms» bestemmer hvor lang tid det må gå før en lik sensoralarm kan telles på nytt. De resterende alarmene fra samme sensor som er innenfor det samme tidsrommet vil bli filtrert bort.

Til slutt blir hver rad telt opp og lagt til i en ordbok som inneholder en samling av nøkkel-verdi-par. Ordboken blir returnert tilbake til «configuration»-funksjonen og brukt som en parameter i «draw_bar_chart»-funksjonen.

```
1 def filter_row(row, blacklist, whitelist_any, whitelist_all,
2   case_sensitive):
3     row = row.copy()
4     if not case_sensitive:
5         blacklist = [word.lower() for word in blacklist]
6         whitelist_any = [word.lower() for word in whitelist_any]
7         whitelist_all = [word.lower() for word in whitelist_all]
8         row[0] = row[0].lower()
9
10    # Hvis raden inneholder et av ordene i svartelisten vil den bli
11    filtrert bort.
12
13    for word in blacklist:
14        if word in row[0]:
15            return True
16
17    # Hvis raden inneholder et av ordene i hvitelisten vil den bli
18    lagt til resultatet.
19
20    for word in whitelist_any:
21        if word in row[0]:
22            return False
```

```
19     # Hvis raden ikke inneholder et av ordene i hvitelisten vil den
    bli filtrert bort.
20     for word in whitelist_all:
21         if word not in row[0]:
22             return True
23     if len(whitelist_all) > 0:
24         return False
25
26     # Hvis det er minst et element i hvitelisten vil alle rader som
    ennå ikke er luket ut bli det her.
27     if len(whitelist_any) > 0:
28         return True
29     else:
30         return False
```

Kodeoppføring 2: Filter funksjon for rad

Funksjonen «filter_row», vist i kodeoppføring 2, tar inn parameterene «row», «blacklist», «whitelist_any», «whitelist_all» og «case_sensitive». Før radene filtreres bestemmes det om søket skal ta hensyn til om det er små og store bokstaver. Hvis det ikke skal ta hensyn til dette vil hele raden og ordene i svarte- og hvitelisten bli omgjort til små bokstaver. Det sjekkes så om ordene i svartelisten er i alarmraden. Hvis dette er tilfellet, vil raden bli ekskludert ved å returnere «True». Etter at alarmer som ikke skal være med er luket bort går alarmene så gjennom to hvitelister. «whitelist_any» godkjenner hver alarmrad som inneholder minst et av ordene i hvitelisten. «whitelist_all» kjøres til slutt og fjerner alle alarmradene dersom et av ordene i hvitelisten ikke er i alarmraden.

3.6 Visualisering

Biblioteket «matplotlib» brukes for å visualisere dataen som er filtrert. Et liggende søylediagram er mest hensiktsmessig å bruke for å sammenligne mengdene. Funksjonen

«draw_bar_chart» sorterer dataen i stigende rekkefølge og viser de lengste søylene. Pakken «tabulate» brukes for å formatere alarmteksten som beskriver hver søyle. Søylene farges i forhold til det som er bestemt av listene «keywords» og «colors» i konfigurasjonsområdet. Alarmer som ikke inneholder forhåndsbestemte fargeinnstillinger, blir farget grå. Til slutt settes diagramtittel, merkelapper, aksetitler og font-innstillinger.

3.7 Bruke programmet

Øverst i funksjonen «configuration» er det et konfigurasjonsområde. I dette området kan variabler endres raskt og enkelt for å filtrere og visualisere data etter eget ønske. Konfigurasjonsområdet består av tre hoveddeler: Datofilter, søkefilter og visualisering. Disse delene forklares under følgende kodeblokk.

```
1  """
2  Config start
3  Endre konfigurasjon for å endre visualisering
4  """
5
6  # Filnavn. Legg til hele filbanen hvis filen ligger en annen
7  # plass.
8  filename = "Log 22.csv"
9
10 # Datoer
11 # Skal filen filtreres med de satte dato-innstillingene
12 date_filter = False
13 # For hvilken kolonne i filen ligger datoen.
14 date_column = 1
15 # Start dato
16 start_date = "01.01.2022"
17 # Slutt dato
18 end_date = "31.12.2022"
```

```
19 # Velger hvilket tidsrom. Fra 00:00:00 til 00:00:00 er hele døgnet.
20 start_time = "07:30:00"
21 end_time = "11:00:00"
22 # Velger hvilke ukedager
23 days = [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6]
24
25 # Inverterer datofilteret. Hvis det er filtrert for alle hverdager i arbeidstid vil man ved å invertere få alle
26 # hverdager utenfor arbeidstid og hele helga. Standard = True
27 inside_time_range = True
28 # Vis kalender før resultat for å dobbelsjekk at korrekt dato er oppgitt
29 show_calendar = False
30
31 # Merk: Svarteliste kjøres før hviteliste. Plukker filteret opp et svartelistet ord vil raden fjernes uansett hva
32 # som måtte stå i hvitelisten.
33
34 # Velger om filtreringen skal ta hensyn til små og store bokstaver
35 case_sensitive = False
36 # Velg hvilke ord som skal svartelistes
37 blacklist = ["Off", "acknowledged", "warnings", "Warning"]
38 # Velg hvilke ord som skal hvitelistes
39 whitelist_any = []
40
41 # Velger hvilken kombinajson av ord som skal hvitelistes. Setningne må inneholde samtlige ord.
42 whitelist_all = []
43
44 # Antall timer det må gå før samme alarm telles igjen, desimaltall fungerer (1/60 for 1 minutt).
```



```
45 # Ønsker du alle treff, sett hours_between_alarms = 0
46 hours_between_alarms = 0.5
47
48 # Hvilke kolonner skal vises og sorteres i søylediagrammet
49 show_columns = [5]
50
51 # Velge antall søyler som skal vises i søylediagrammet
52 bar_count = 30
53
54 # Nøkkelord som skal farges, nøkkelord / nøkkekombinasjoner i
55 samme liste vil få samme farge.
56 keywords = ["Nivå", ["%SAT", "O2"], "Temp", "pH", ["uv", "UV", "
57 Trykk", "TRYKK"], ["Flow", "FLOW"]]
58 # Tar kolonnenavnene fra første rad i csv-filen og bruker de til
59 y-aksenavn
60 auto_label = True
61 # Hvis auto label er av, sett eget aksenavn
62 custom_label = ""
63
64 # Farger på søylene.
65 colors = ["royalblue", "deepskyblue", "maroon", "forestgreen", "
66 goldenrod", "darkorange"]
67
68 """
69 Config slutt
70 Konfigurasjonsinnstillingene er slutt, det er ikke meningen å
71 endre kode under dette punktet.
72 """
```

Kodeoppføring 3: Konfigurasjon

3.7.1 Datofilter-konfigurasjon

Datofilteret bestemmer for hvilke tider dataen skal medregnes. «Start_date» og «end_date» setter rammen for hvilken dato det skal leses mellom. «start_time», «end_time» og «days» er variablene som bestemmer hvilke klokkeslett for de gitte ukedagene det skal filtreres etter. I «days» er mandag = 0, og søndag = 6. I de tilfeller der det ønskes å se på alarmer på nattestid, kan starttiden settes om kvelden og sluttiden om morgenen.

«inside_time_range» snur logikken for datofilteret. Ved å sette det til False vil en få alle treff utenfor det gitte datofilteret. Variabelen «show_calendar» kjører en funksjon som visualiserer det satte datofilteret, funksjonen tar også hensyn om logikken er snudd.

Den siste variabelen som omhandler tid er «hours_between_alarms»-variabelen. I mange tilfeller varsler alarmer flere ganger i en kort tidsperiode. Denne variabelen bestemmer tiden som må gå før samme alarm telles igjen og anses som et nytt alarmtilfelle. Variabelen oppgis i timer, så hours_between_alarms= 0.5 vil gi en halvtime.

3.7.2 Søkefilter-konfigurasjon

Søkefilteret sammenligner hver rad opp mot tre lister. «Blacklist» er en svarteliste der hvert ord eller tall/bokstav-kombinasjon i lista sjekkes opp mot alarmene. Ved likheter vil hele alarmen stoppes fra å legges til i resultatet.

For «whitelist» og «inclusive_whitelist» er det motsatt. Disse er hvitelister som påser at alarmen inneholder et ønsket ord eller kombinasjon av bokstaver og/eller tall. Forskjellen på «whitelist» og «inclusive_whitelist» er at for «whitelist» holder det at alarmen inneholder et element fra lista. For «inclusive_whitelist» kreves det at alle elementene i lista er i alarmen. «include_whitelist» brukes i søk for å få mer nøyaktige treff, mens «whitelist» brukes for å søke etter flere elementer samtidig.

Programmet kjører slik at den går gjennom svartelisten før hvitelistene. Settes søkeordet

«temperatur» både i svartelisten og hvitelisten vil en dermed ikke få et eneste treff da radene allerede er filtrert bort.

3.7.3 Visualiseringskonfigurasjon

En CSV-fil består ofte av mange kolonner. «Column_start» og «column_stop» bestemmer hvilke kolonner som skal vises i søylediagrammet. Ved å endre disse variablene påvirkes resultatene. Ved å vise alle kolonnene, i dette tilfellet fra 0 (IdNo) til 8 (Status), vil hver alarm telles som én hver for seg ettersom IdNo og dato er unik.

Variabelen bar_count bestemmer hvor mange søyler som vises i søylediagrammet. Alarmene med flest forekomster blir prioritert i visualiseringen.

Listene keywords og colors bestemmer hvilke nøkkelord som tilhører hvilke farger. Dette brukes enten for å farge forskjellige fiskekar til bestemte farger eller farge søyler etter sensormålinger. Ved å legge nøkkelord sammen i nøstede lister vil disse nøkkelordene få samme farge. Det første nøkkelordet vil få den første fargen i listen colors.

3.7.4 Konfigurasjonseksempler

```
1   date_filter = True
2   date_column = 1
3
4   start_date = "01.08.2022"
5   end_date = "31.12.2022"
6
7   start_time = "08:00:00"
8   end_time = "16:00:00"
9
10  days = [0, 1, 2, 3, 4]
11
```

```
12 inside_time_range = True
```

Kodeoppføring 4: Konfigurasjoneksempel

- Data vil bli filtrert basert på dato og tidspunkt, da variabelen «date_filter» er satt til «True».
- Kun datapunkter som faller innenfor tidsrommet fra 1. januar 2022 til 31. desember 2022 og som er registrert mellom klokken 07:30 og 11:00 på mandager, onsdager og fredager (dager med indeks 0, 2 og 4) vil bli inkludert i analysen. Dette er definert ved «start_date», «end_date», «start_time», «end_time» og «days».
- Variabelen «inside_time_range» er satt til «False», som betyr at datapunkter som faller utenfor dette tidsrommet, men innenfor start- og sluttdato, vil bli inkludert i analysen.

```
1 date_filter = True
2 date_column = 1
3
4 start_date = "01.01.2022"
5 end_date = "31.12.2022"
6
7 start_time = "07:30:00"
8 end_time = "11:00:00"
9
10 days = [0, 2, 4]
11
12 inside_time_range = False
```

Kodeoppføring 5: Konfigurasjoneksempel

- Data vil bli filtrert basert på dato og tidspunkt, da variabelen «date_filter» er satt til «True».

- Kun datapunkter som faller innenfor tidsrommet fra 1. januar 2022 til 31. desember 2022 og som er registrert mellom klokken 07:30 og 11:00 på mandager, onsdager og fredager (dager med indeks 0, 2 og 4) vil bli inkludert i analysen. Dette er definert ved «start_date», «end_date», «start_time», «end_time» og «days».
- Variabelen «inside_time_range» er satt til «False», som betyr at datapunkter som faller utenfor dette tidsrommet, men innenfor start- og sluttdato, vil bli inkludert i analysen.

```
1 blacklist = ["Off", "warnings"]
2 whitelist_any = []
3 whitelist_all = ["Startforing", "Nivå", "Low"]
```

Kodeoppføring 6: Konfigurasjoneksempel

- «blacklist» er en liste over ord som ikke skal tillates i en alarm. I dette tilfellet inneholder den ordene «Off» og «warnings».
- «whitelist_any» er en liste der alle setninger som inneholder minst ett ord fra denne listen, vil tillates. Siden listen er tom, vil dette ikke spille noen rolle.
- «whitelist_all» er en liste over ord som alle må være til stede i en setning for at den skal bli hvitelistet. I dette tilfellet inneholder den ordene «Startforing», «Nivå» og «Low», som betyr at en alarm må inneholde alle disse ordene for å bli godkjent.

```
1 blacklist = ["Off", "warnings", "Energi", "EA"]
2 whitelist_any = ["Nivå", "Temp"]
3 whitelist_all = []
```

Kodeoppføring 7: Konfigurasjoneksempel

Det søkes her etter alarmer som ikke er en del av energianlegget og som inneholder minst ett av søkeordene i hvitelisten.

3.8 Pareto-analyse

Selv de mest hyppige alarmene utgjorde kun en liten del av det totale antallet alarmer når hver enkelt alarm ble vurdert separat. Derfor ble alarmene kategorisert basert på hvilken type sensor som utløste dem. Dette kan sees i figur 20. Baktanken med å kategorisere alarmene er å muliggjøre implementeringen av felles løsninger for hver kategori der det er mulig. Dette vil bidra til å effektivisere og forenkle arbeidet med å håndtere og redusere antall alarmer.

3.9 Metode for rotårsaksanalyse

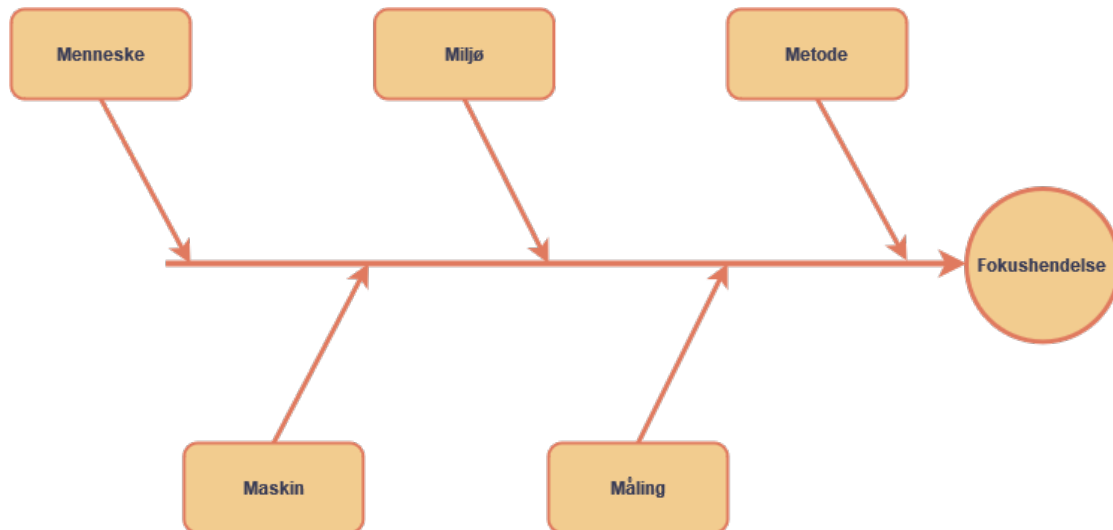
Det skal utføres rotårsaksanalyse på et utvalg av alarmer som utløses på anlegget til Lerøy Aurora. Alarmene utløses når sensorer måler tilstandsparametere utover satte alarmgrenser.

Med hensyn på tilgjengelig data anses bruk av Ishikawa og «hvorfor»-metoden som godt egnet. Dette er fordi informasjonen om fokushendelsene, altså alarmene, har kilde i erfaringene til D&V-personellet på anlegget. Prinsipper ifra «hvorfor»-metoden brukes til å identifisere rotårsaker i intervju med D&V-personellet.

I analysen brukes en mal for Ishikawa diagram. Malen er vist i figur 11. Kategoriene er utvalgt med tanke på relevante områder med faktorer som påvirker sensorene. De utvalgte kategoriene er:

- Mennesker
- Miljø
- Metode
- Maskin
- Måling

Det er ikke alle fokushendelser som nødvendigvis har identifiserte årsaker under alle av de overnevnte kategoriene. I det tilfellet anses det ikke som nødvendig å illustrere dem i Ishikawa diagrammet.



Figur 11: Mal for Ishikawa diagram

Metoden for analyse av utvalgte alarmer ved hjelp av Ishikawa diagram og «hvorfor»-metoden er beskrevet som følger:

1. Identifiser fokushendelsen (alarmen) som skal analyseres.
2. Lag et utvalg av relevante kategorier knyttet til fokushendelsen.
3. Utfør intervju med D&V-personell for å identifiser årsakskjedene under hver kategori. Dette trinnet innebærer:
 - 3.1. Spør hvorfor fokushendelsen skjedde og fokuser på en kategori om gangen.
 - 3.2. Gjenta spørsmålet «hvorfor» basert på forrige svar.
4. Revurder utvalget av kategorier.
5. Illustrer årsakskjeden i Ishikawa diagrammet.

6. Diagrammet viser nå identifiserte årsakskjeder. Analyser diagrammet ved å stille seg følgende:

6.1. Er det noen områder der det mangler informasjon?

6.2. Er det årsaker som opptrer flere ganger?

6.3. Kan årsakene bevises?

6.4. Hvilke årsaker kan forhindres ved å implementere forbedrende tiltak?

4 Ståstedsanalyse

Samtaler med teknisk ledelse gjennom oppgavens periode, befaring hos Lerøy Aurora fra 10.05.2023 til 12.05.2023 og samtaler med øvrig teknisk personell er grunnlag for ståstedsanalysen.

4.1 Oppbygning av anlegget

Lerøy Aurora AS er blant verdens nordligste settefiskanlegg og leverer smoltfisk til oppdrettsanlegg i Nord-Norge. Anlegget består av to deler: et gjennomstrømningsanlegg og et resirkulerende akvakultursystem (RAS). Etter at fisken i settefiskanlegget klekkes, vil fisken føres i Startfôringsavdelingen. Fisken går så gjennom flere avdelinger, inkludert en vaksinasjonsstasjon, før de ender opp i Påvekstavdelingen. Dette er en postsmolt-avdeling der fisken vokser opp mot 500 gram før den leveres til oppdrettsanleggene.

Gjennomstrømningsanlegget er levert av Sterner AS, mens RAS er levert av Billund aquaculture. Anlegget er levert som et nøkkelferdig produkt og er dermed klar til operasjon rett etter at det er levert. Dette har ført til at Lerøy idag har to ulike alarmsystem som går til de to ulike delene av anlegget. Lerøy Aurora AS bruker HxGN EAM (tidligere kjent som Infor EAM) som CMMS for å håndtere driften av anlegget. Allikevel er det ikke Hexagon som sitter på den historiske alarndataen. Alarndataen er det i hovedsak leverandørene av anlegget som besitter.

4.1.1 Sterner AS

Sterner AS spesialisere seg på levering av akvakulturanlegg og har levert gjennomstrømningsanlegget til Lerøy. Sensorer og alarmsystemet bærer idag preg av at Sterner har bygget det. Valg av sensorer er det Sterner som har gjort og de har benyttet seg av sine samarbeidspartnere. Alarmsystemet til Sterner er en eldre programvare enn Billund

sitt. Fordelen med dette systemet er at det enkelt kan eksporteres alarmloggen i et håndterbart format, som for eksempel en xlsx-fil. Lerøy kan eksportere en alarmlogg fra dette systemet fra 2011 og fram til idag om de ønsker det. Dette ble demonstrert under befaring hos Lerøy.

4.1.2 Billund aquaculture

Billund Aquaculture er et dansk firma grunnlagt i 1986. Billund er store på resirkulerende akvakultursystem (RAS) og har levert anlegg over hele verden (Billundaquaculture.com, 2020). I 2005 opprettet Billund en avdeling i Chile. I 2011 endret myndighetene i Norge lovverket og muliggjorde for bruken av RAS i Norge.

Billund er størst i Danmark og Chile. Mye av den tekniske kompetansen befinner seg i Chile og kan skape utfordringer spesielt med tanke på tidssone. Det er 6 timer forskjell mellom Norge og Chile. I situasjoner der det er nødvendig med informasjon fra Billund kan det være utfordringer når det gjelder kommunikasjon og samarbeid, spesielt hvis det er behov for rask respons i forhold til driftssituasjonen og tekniske spørsmål. Laksefjord har fått levert et komplett, skreddersydd system der det har vist seg å dukke opp flere problemer gjennom årene. Tidligere har et sett med aktuatorer rustet i stykker etter kun noen få år. I forbindelse med analyse av alarmloggen ble det oppdaget at Billund ikke har lagt til rette for å hente ut alarmlogg.

4.1.3 Alarmsystem

Lerøy har to interne datasystem som viser alarmer både i sanntid og med historikk. Systemet som tilhører gjennomstrømningsanlegget, lar seg lett eksportere til en CSV-fil. Det viser seg derimot at dataen fra RAS ikke lar seg eksportere fra systemet. I programmet er det en eksporteringsfunksjon, men denne eksporterer kun i xps-format, som er et utdatert fil-format. Ved eksportering til xps-format kom dataen som et skjermbilde, og manglet meta-data i forhold til det Lerøy kunne se i sitt system. Det kunne vært en

mulighet å ta skjermbilde direkte fra alarmsystemet og behandlet dette videre ved hjelp av forskjellige verktøy. Dette er en ekstrem tidstung oppgave og er ikke hensiktsmessig å utføre. Da det å analysere alarmlogg og utbedre de mest frekvente problemene ikke er en prosess som skal utføres en enkelt gang, men jevnlig gjennomføres bør dataen enkelt kunne eksporteres og analyseres gjennom et script eller et hensiktsmessig databehandlingsverktøy.

4.2 Sensorer

4.2.1 Oxyguard

Oxyguard International A/S er et dansk firma som hovedsakelig produserer oksygenmålere til akvakultur. Lerøy får disse levert gjennom Sterner AS, som også er leverandør av gjennomstrømningsanlegget til Lerøy. Sensoren som brukes i Lerøys kar er en «Oxyguard Com Oksygensonde Type 3 m/temp» (Oxyguard, udatert-a). Disse sondene er i tillegg utstyrt med en temperatur sensor, enten en NTK termistor eller et Pt-100 element (2.6.3).

Technical Information

Specifications

Dimensions:	Diameter = 58 mm, length = 59 mm. Cable length = 7 m (standard).
Weight:	0.2 kg without cable, 0,5 kg with 7m cable.
Principle:	Galvanic cell, self polarizing, self temperature-compensating.
Range and Output:	2.5 to 5 millivolts per ppm (mg/l). Output impedance approx. 1 kiloohm.
Flow Requirements, water:	Minimum flow dependent on DO and temperature, typically 1 cm/sec.
Operating Conditions:	0 to 40°C. Submersible to 50 metres.
Standard Accessories:	As standard 10 spare membranes with O-rings, 50 ml electrolyte and a cathode cleaning pad are shipped with each probe.
Response time:	90% of end value within 1 minute.

Figur 12: Teknisk informasjon Oxyguard Sonde (Oxyguard, udatert-a)

Lerøy benytter seg av pH-sonden «Oxyguard pH/redox-sonde», som også er produsert av Oxyguard, og baserer seg på prinsippet forklart i 2.6.6 (Oxyguard, udatert-b).

Specifications

Operating Conditions:	PVC probe: 10 bar at 25°C, 2 bar at 60 °C.
Size:	Max. diameter 50 mm. Height approx. 225 mm (to top of cable gland).
Thread Mount Type:	1" BSP thread.
Threaded Top Type:	With 1" BSP thread on top part of probe.
Light Duty pH electrodes:	pH 0 - 14; T: 0 - 60°C; Pmax 6 bar (at 25°C). For aquaculture, drinking water, rivers etc.
Heavy Duty pH electrodes:	pH 0 - 14; T: 0-130°C; Pmax 6 bar (at 25°C). For waste water, agricultural and industrial use.

Figur 13: Teknisk informasjon pH-sonde (Oxyguard, udatert-b)

4.2.2 MJK

MJK er leverandør av Lerøys nivå-sensorer, og den mest brukte sensoren i karene til Lerøy er «MJK Expert 3400» (MJK, udatert). Sensoren måler et relativt trykk til atmosfærisk trykk og kan dermed gi uttrykk for nivået i karene. Denne sensoren bruker en form for kapasitiv trykkmåling (2.6.4).

SPECIFICATIONS	
Measuring principle	Ceramic capacitive, relative pressure
Measurement accuracy	Better than ± 0.1 % FS @ +10 to 30 °C
Materials	Housing: PPS (Ryton), Diaphragm: Ceramic 99.9% AL2O3, Cell Packing: Viton®
Cable	2 x 0,5 mm ² (pressure) + 5 x 0,15 mm ² (data), shielded, PUR insulation, 1000kg pull strength
Output Signal	2-wire 4 - 20 mA (passive transmitter)

Figur 14: Teknisk informasjon EXPERT 3400 (MJK, udatert)

4.2.3 Allen Bradley

Allen-Bradley er et produktmerke av Rockwell automation, som er et selskap som spesialiserer seg på industriell automasjon (Rockwell, 2002). Allen-Bradley leverte UL-sensorer til Lerøy, som fungerer som beskrevet i 2.6.4. Sensoren «AB 873P-DCACI-D5 SER A» ble levert sammen med anlegget i 2014 og gikk ut av produksjon like etter (Rockwell, udatert).



Figur 15: UL-sensor (Codale.com, 2022)

4.2.4 Alarmgrenser

En oksygenmetning på 80-100% anses som normalt hos Lerøy, faller den under 75% metning vil det utløse en advarsel som blir registrert i alarmsystemet. Hvis det faller under 70% metning, vil alarmen gå. Anlegget har to ulike tilførselssystemer. RAS delen av anlegget har automatisert tilførselssystem. I gjennomstrømnings delen må oksygen tilførsel, justeres manuelt.

Selv om det ikke er noen bestemt nivå som er offentlig regulert i karene, påvirker vannstanden likevel fiskevelferden. Dette er det flere grunner til, for eksempel vil for lite vann føre til trengsel og økt stress, mens for mye vann vil i verste fall føre til oversvømmelse der fisk faller ut over kanten av karene. I tillegg vil nivået i karet påvirke oksygenmetningen i karet.

4.3 Prosedyrer for deaktivering av måleutstyr ved vedlikehold

Lerøy sitt personale på anlegget i Friarfjord mangler en fastsatt prosedyre for deaktivering av sensorer under vedlikehold. Praksisen med å deaktivere sensorene varierer blant de ansatte, og det er ikke en bestemt prosedyre når det gjelder rengjøring av sensorene. Når sensorene ikke deaktiveres, kan det utløses falske alarmer som forstyrrer vaktene og alarmloggen. Årsaken til at sensorene ikke blir deaktivert er frykten for å glemme å

aktivere dem igjen etter vedlikehold. Det er viktig å merke seg at å la sensorene være deaktivert kan medføre at driftsavvik går uoppdaget.

4.4 Utrykning

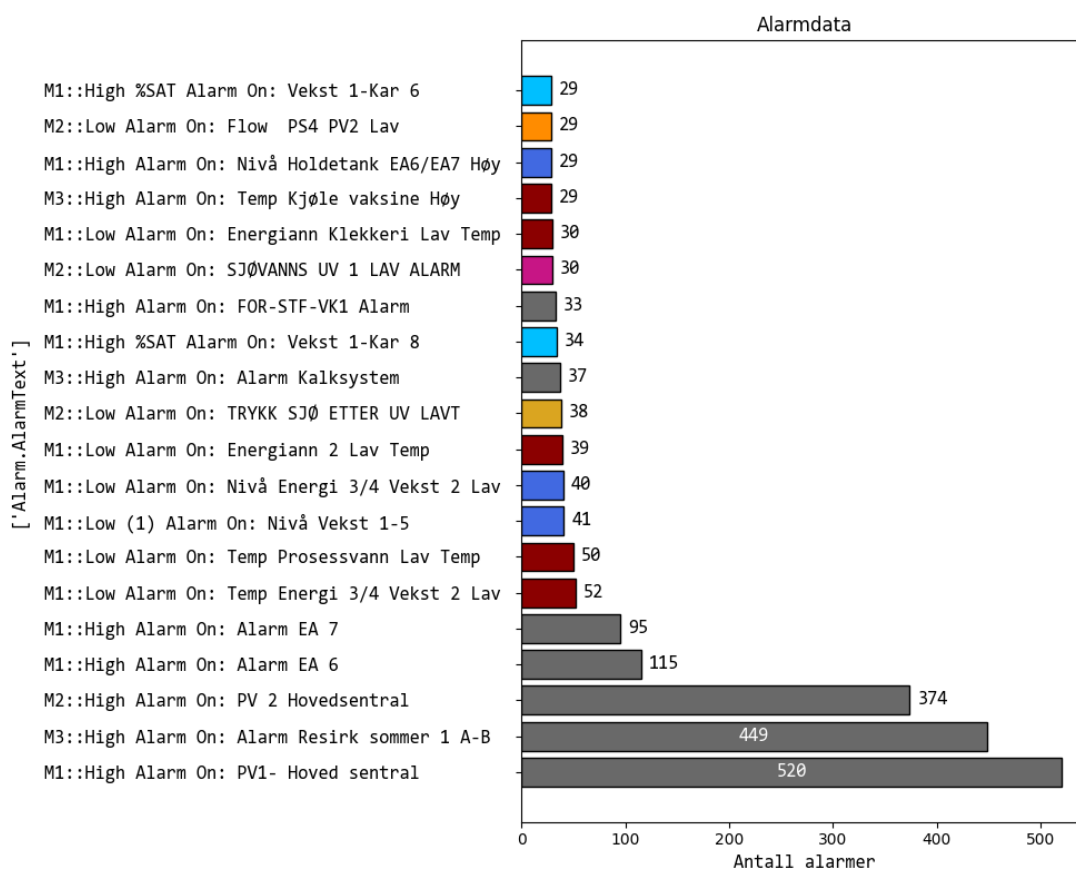
For noen alarmer er det nødvendig at operatører iverksetter vedlikehold for at prosessen returnerer til vanlig driftstilstand. I industrier som produserer levende produkter, vil avvik i driftstilstanden muligens lede til tap i produksjonen ved at produktet dør eller ikke får optimal vekst. Derfor er det svært viktig at driftsavvik blir iverksett så fort som mulig.

På anlegget til Lerøy har de satt en maksimumsgrense på reaksjonstiden på 3 minutter. Grensen ligger godt under tiden det tar før driftsavviket fører til fiskedød. Ved generelle driftsavvik, som f.eks. små avvik i temperatur eller oksygenivå i karene, tar det cirka 20 minutter før det eventuelt fører til fiskedød. Grunnen til at grensen er så streng kommer blant annet av statlige krav på fiskehelse og dyrevelferd, samt Lerøys egne verdier.

Faktorer som påvirker reparasjonstiden er blant annet, beliggenheten til operatør, tilgang til framkomstmiddel. I tillegg er det nødvendig med håndvask og klesskift på sektorer med åpen tilgang til fiskekarene. Anlegget er utformet slik at mye av maskineriet ikke ligger i samme rom som åpningene til fiskekarene.

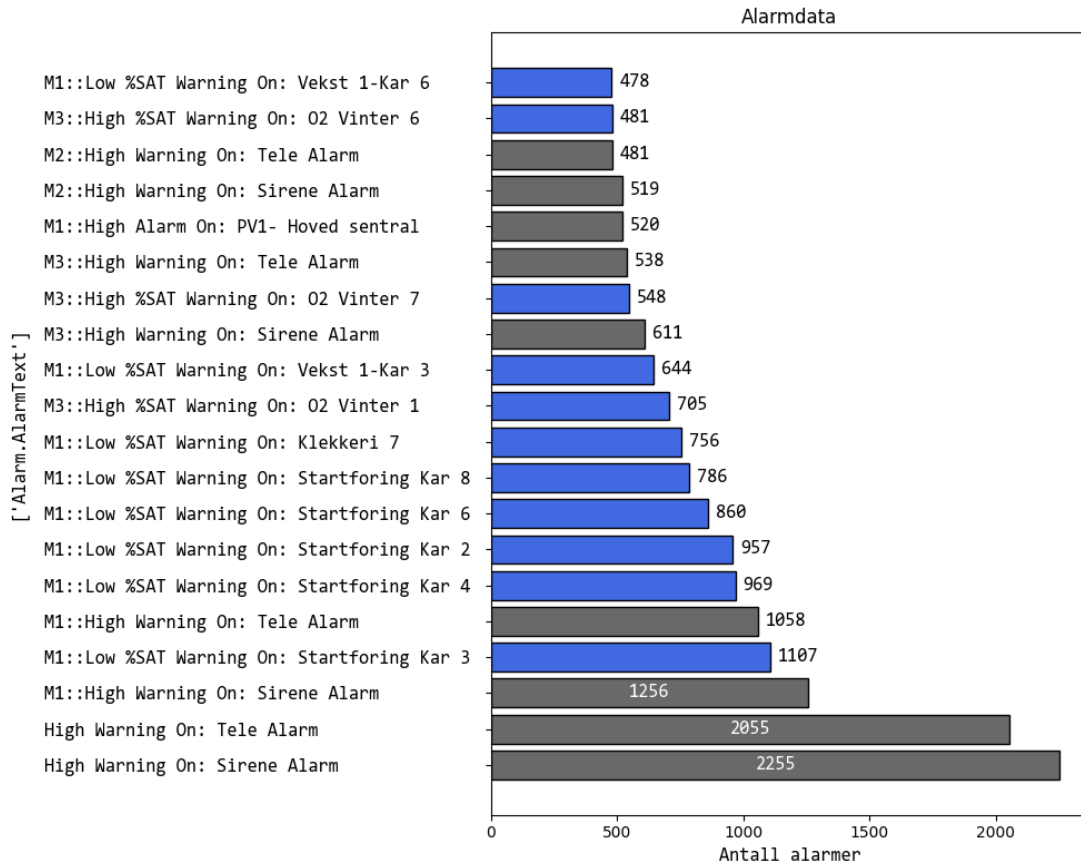
5 Resultater

5.1 Dataanalyse



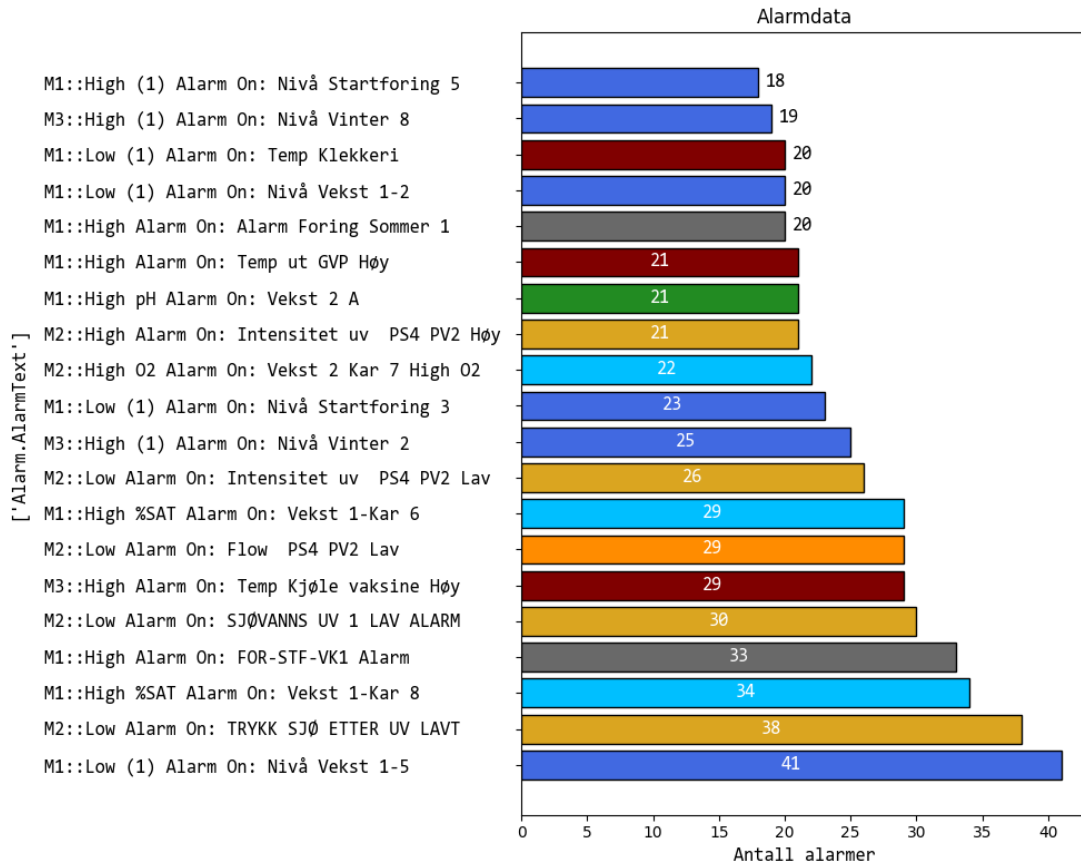
Figur 16: Søylediagram av de mest hyppige alarmene i alarmloggen

Figur 16 viser de mest hyppige alarmene der de tre mest frekvente alarmene fra alarmloggen er hovedalarmer fra avdelingene Påvekst 1, Påvekst 2 og Sommer. Det har imidlertid vært utfordrende å hente ut relevant metadata fra disse alarmene. Tilsvarende har det vært vanskelig å få tilgang til nødvendig informasjon om energianlegget (EA).



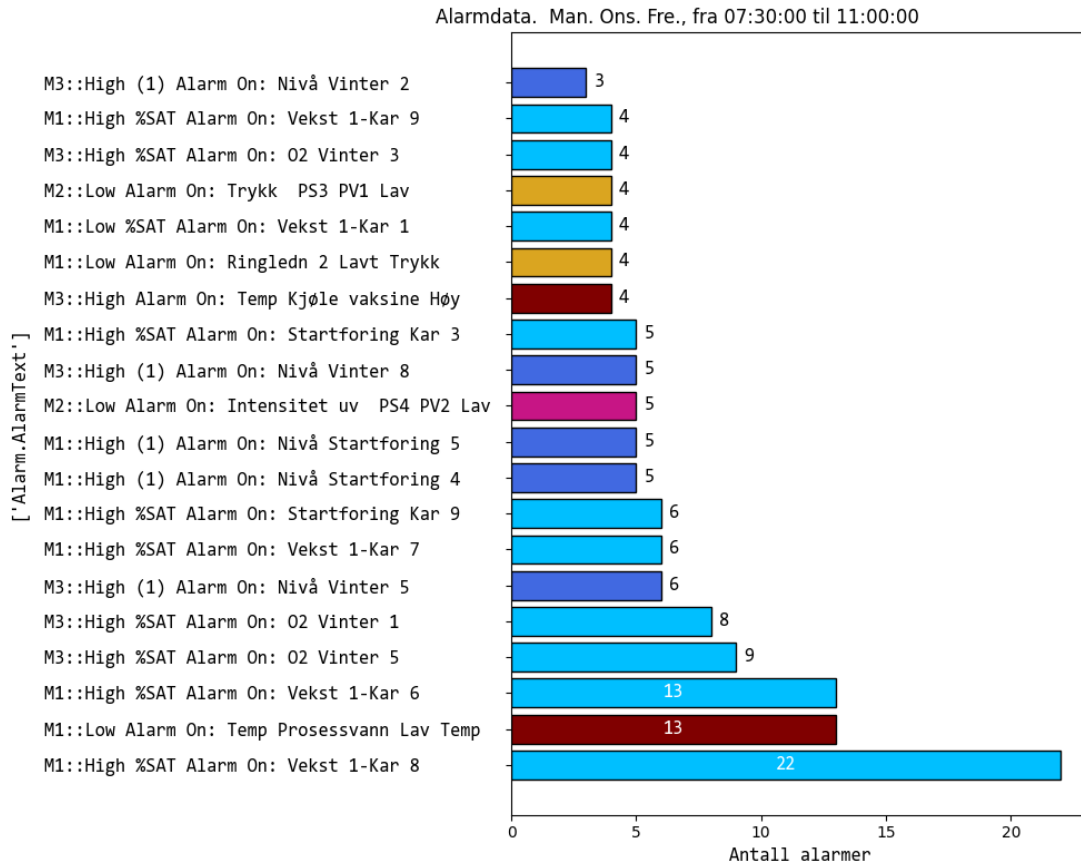
Figur 17: Søylediagram av de mest hyppige advarslene i alarmloggen

Figur 17 viser de mest hyppige advarselene. Det er verdt å merke seg at i mange tilfeller vil bli gitt varsler om problemer før en alarm utløses. I de fleste tilfeller er det kun advarsler og ingen alarm som utløses.



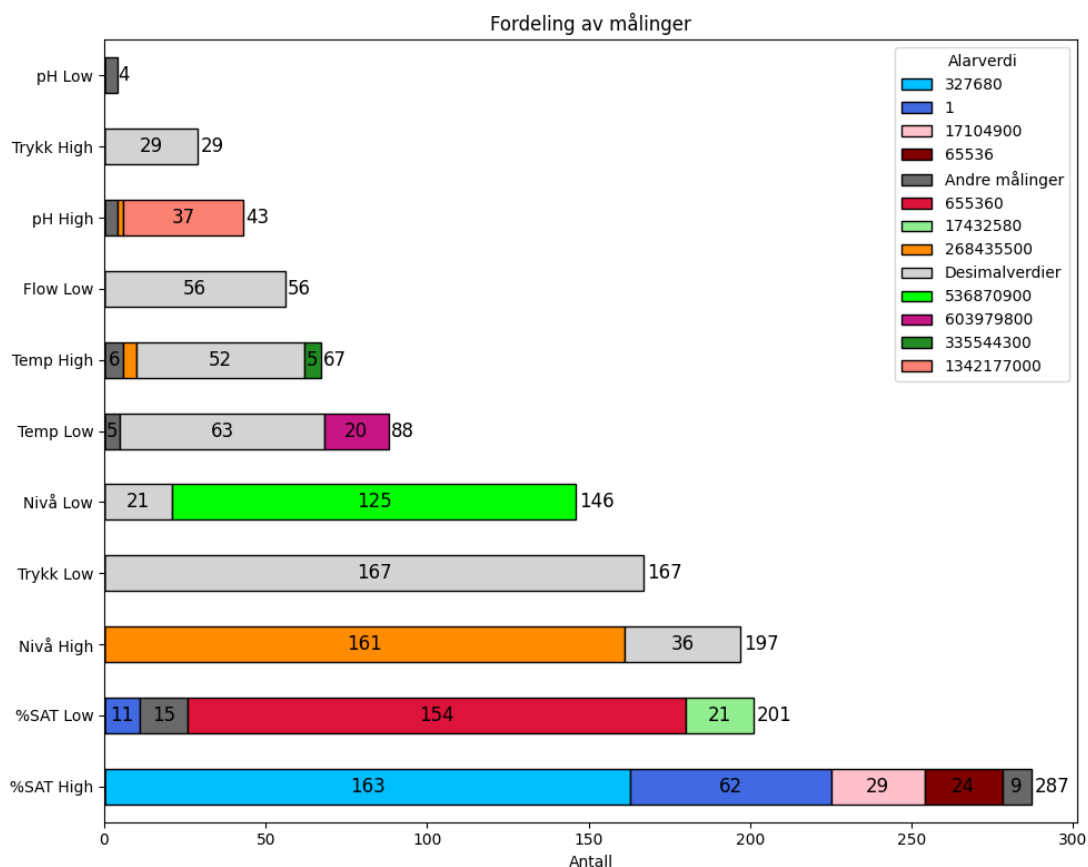
Figur 18: Søylediagram av alarmer i fokus

Figur 18 viser de 20 mest hyppige alarmene for hovedsakelig gjennomstrømningsanlegget. Søylene er fargekodet etter hvilken type måling de representerer. Blå søyler indikerer vannnivå, røde søyler viser temperatur, grønne søyler viser pH-verdi, lyseblå søyler representerer oksygenmetning, gule søyler viser trykknivået, og grå søyler viser de resterende målingene.



Figur 19: Søylediagram av alarmer når røktere er på

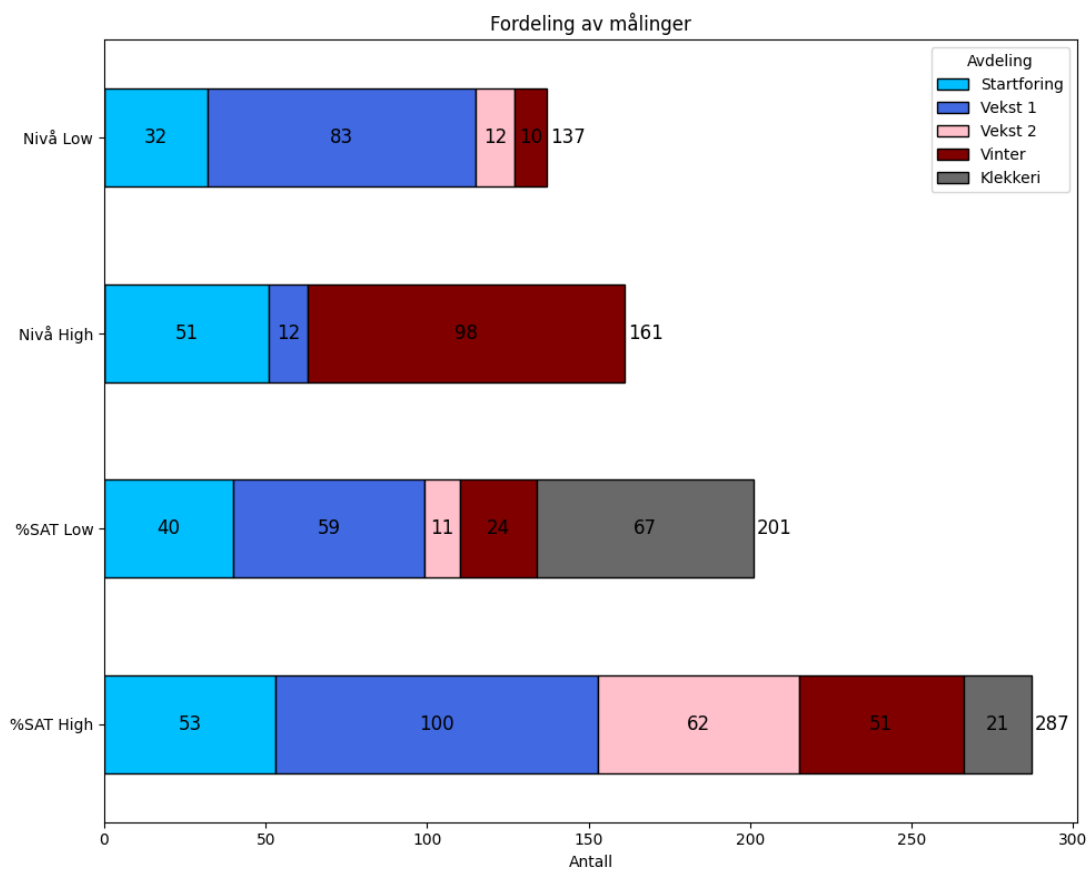
Røkting kan være en av årsakene til at noen av sensorene alarmerer. Røkting er en planlagt aktivitet og sensorer for hvert kar der røkting pågår bør være deaktivert. Figur 19 viser et søylediagram av de 20 mest utløste alarmene i tidsperioden der røktere utfører rutinearbeid i fiskekarene.



Figur 20: Søylediagram av alarmtyper

Det er flere alarmverdier som kan utløse en alarm. Alarmene har en blanding av tallkoder som går igjen og desimalverdier. For desimalverdier er det ikke en kode for alarmverdi som beskriver en hendelse, men en reell måling. Figur 20 viser de mest hyppige alarmtypene. Til høyre for hver søyle vises summen av alarmer for hver type måling. Oksygenmåling og nivåmåling er det som går igjen oftest.

Basert på funn i figur 20 kunne en gå inn å filtrere etter hvilken type alarm/sensor som gikk av for å se hvor de ulike typene ble registrert. I loggen ble følgende typer identifisert: Nivå, O2 saturation, Temperatur, pH, Trykk og Flow.



Figur 21: Alarmer sortert etter avdeling

Figur 21 viser hvilke avdeling alarmene kommer fra. Vinter-avdelingen har ofte høy vannstand i forhold til de andre avdelingene, mens Vekst 1 står for de fleste alarmer med lavt nivå og høy oksygenmetning.

5.2 Årsaksanalyser

5.2.1 Pareto-analyse

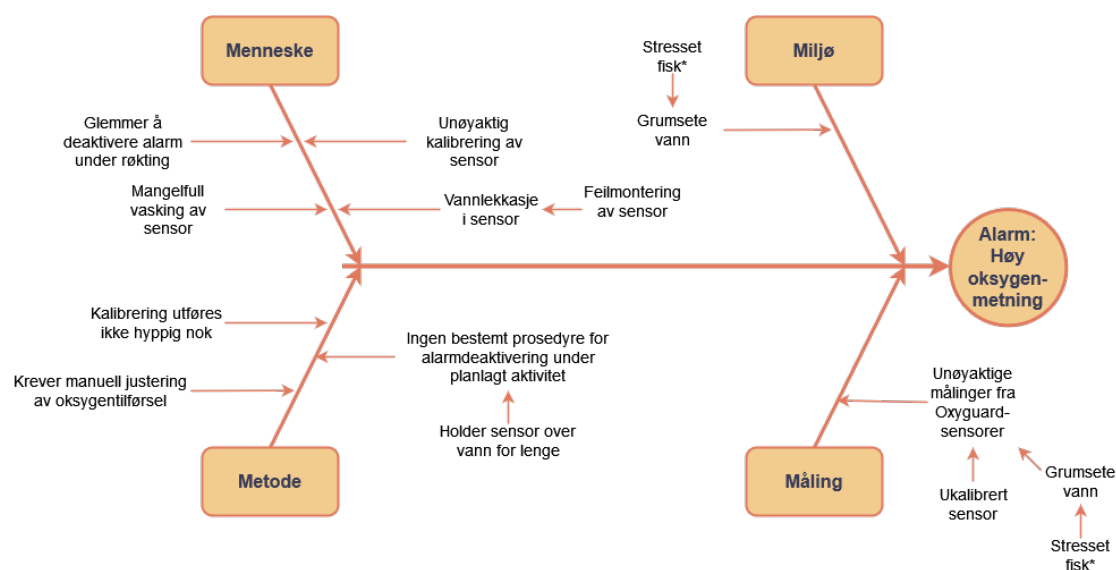
En Pareto-analyse baserer seg på 80/20 regelen der 20% av årsakene står for 80% av feilene. Ved å ta utgangspunkt i dette kan en finne ut hvilke alarmer det skal fokuseres på. Ved å se på enkeltalarmer er det lite som minner om et forhold der et fåtall av årsaker

står for et flertall av feil. Deles alarmene derimot inn i hvilken type sensor som alarmerer finnes det et mer lignende mønster. Oksygen og nivå-sensorene står for 2 av 6 typer sensorer eller 33%. Disse sensorene alarmerte 831 ganger i løpet av 2022 og står for 65% av alle alarmene. I tillegg til dette er disse sensorene plassert i hvert kar og én løsning kan implementeres på flere kar uten å måtte analysere hvert enkelt kar.

5.2.2 Ishikawa diagram for alarmer for oksygenmetning

For analysen av fokushendelsen «Alarm: Høy oksygenmetning» ble de utvalgte kategoriene: Menneske, miljø, metode og måling.

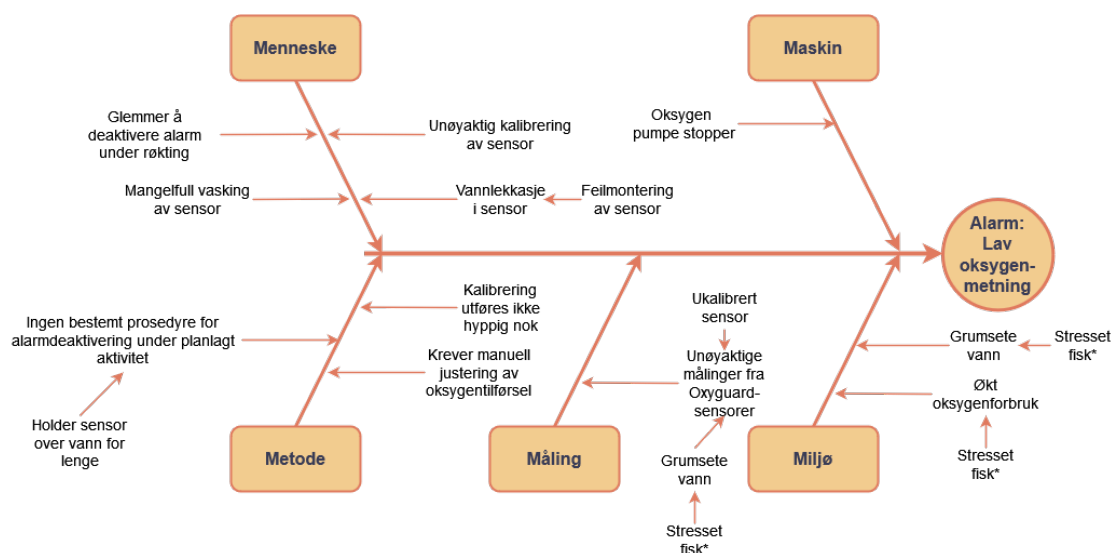
Under intervjuene med personellet hos Lerøy Aurora ble det fortalt at de fleste årsakene til «Alarm: Høy oksygenmetning» og «Alarm: Lav oksygenmetning» kan kategoriseres under menneskelige feil, som vist i figur 22 og 23. Disse årsakene kan begrunnes i manglende kunnskap om prosedyrer for kalibrering av sensor og utilstrekkeligheter.



Figur 22: Ishikawa diagram av fokushendelsen «Alarm: Høy oksygenmetning»

«Alarm: Lav oksygenmetning» har noen felles årsaker med «Alarm: Høy oksygenmetning» (se figur 22 og 23). I tillegg er den tilknyttet kategorien «Maskin» med den underliggende

årsaken «Oksygenpumpe stopper». Årsaken anses som for kompleks til å utforskes videre i prosjektet, men den er for kritisk til å bli utelatt i diagrammet. Rotårsaksanalyse av svikt hos oksygenpumpem bør vurderes å utføres i fremtid.

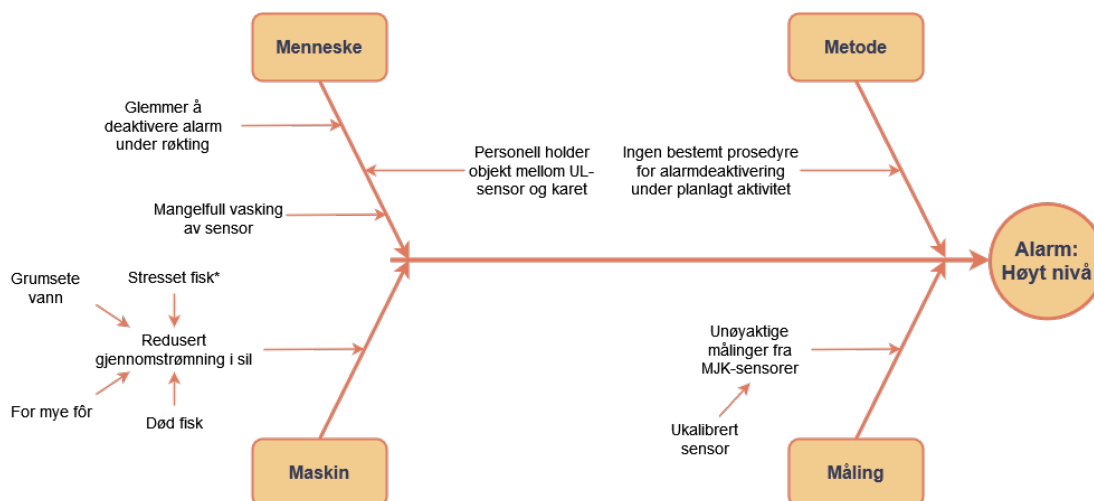


Figur 23: Ishikawa diagram av fokushendelsen «Alarm: Lav oksygenmetning»

Merk at årsaken «Stresset fisk» er merket. Stresset fisk er en kompleks årsak med flere underliggende årsaker. I tillegg er det en årsak hos flere av alarmene som er analysert. Det er derfor konstruert ett årsak-konsekvens-diagram for «Stresset fisk», vist i figur 26.

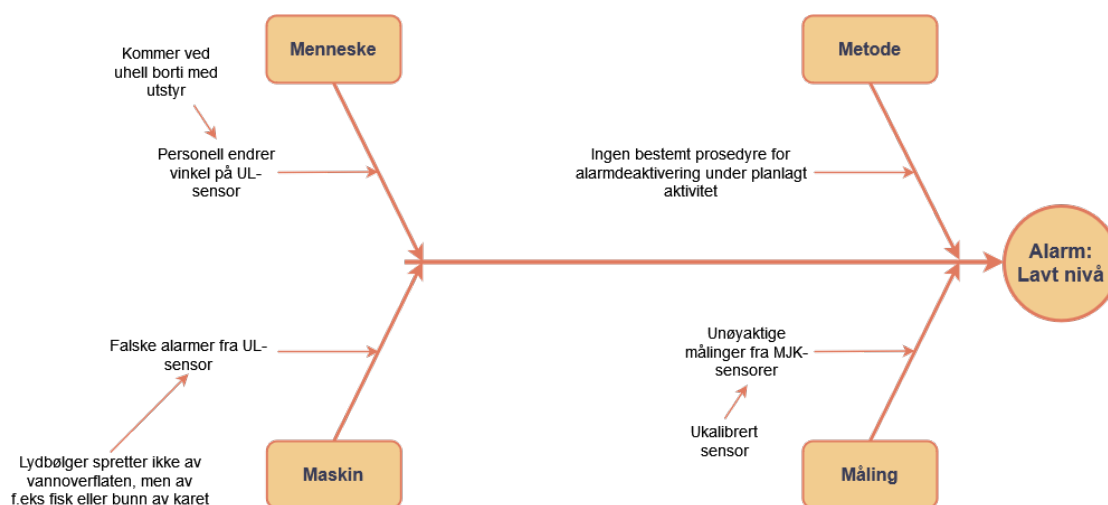
5.2.3 Ishikawa diagram for nivå alarmer

For både «Alarm: Høyt nivå» og «Alarm: Lavt nivå» er kategoriene: Menneske, metode, maskin og måling.



Figur 24: Ishikawa diagram av fokushendelsen «Alarm: Høyt nivå»

Merk at også for «Alarm: Høyt nivå» er stresset fisk en av årsakene.



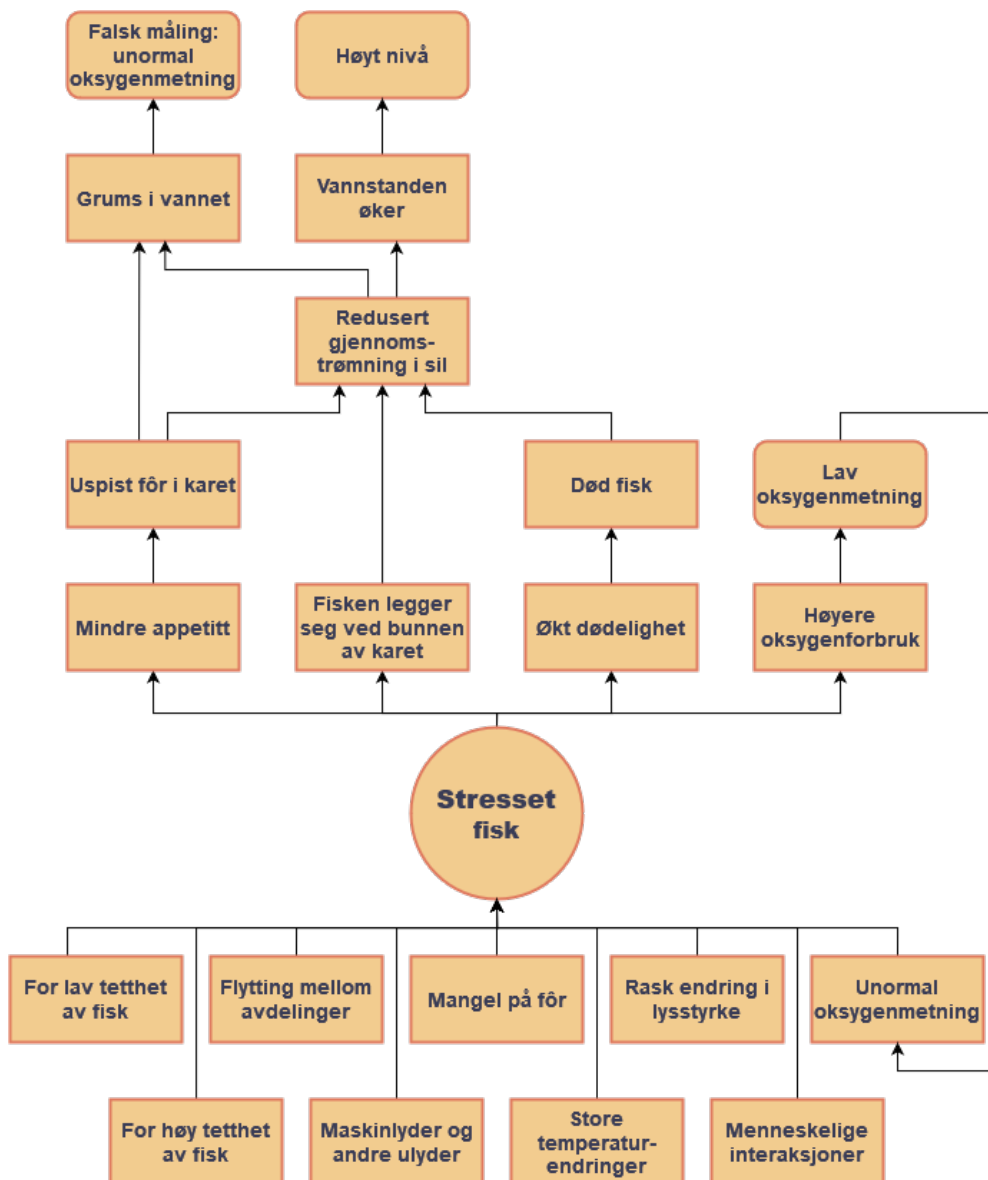
Figur 25: Ishikawa diagram av fokushendelsen «Alarm: Lavt nivå»

5.2.4 Årsak-konsekvens diagram for stress hos fisk

Stresset fisk er en gjentakende årsak i alle analyserte tilfeller med unntak av «Alarm: Lavt nivå». Årsaken har flere underliggende årsaker og fører til mange ulike konsekvenser. På

grunn av at stresset fisk er en gjentakende årsak til flere alarmer og har flere årsaker, ble det utarbeidet et eget diagram for denne årsaken, som vist i figur 26.

Fisken i karene i anlegget til Lerøy Aurora er utsettes for flere faktorer som negativt påvirker stressnivået. Stressfaktorer relatert til fisk i oppdrettsanlegg er presentert i kapittel 2.2.



Figur 26: Årsak-konsekvens diagram for «Stresset fisk»

5.3 Forbedrende tiltak

Tabell 7: Oversikt over rotårsaker og rangering av forbedrende tiltak

Pri.	Årsak	Forbedrende tiltak	Kostnad og realiserbarhet	Konsekvens
1	Røkting påvirker sensor	Implementere en daglig driftsprosedyre som deaktiverer alarmer under aktivitet	Minimal kostnad, krever prosedyreendring og ledelsesfokus	Reduserer antall alarmer som ikke krever handling og reduserer «støy» i alarmloggen
2	Menneskelig feil ved vedlikehold av oksygensensor	Innføre en standardprosedyre for tilskruing av sensor	Minimal kostnad, krever prosedyreendring og ledelsesfokus	Reduserer antall alarmer som ikke krever handling og reduserer «støy» i alarmloggen
3	Falske alarmer fra UL-sensor	Implementere en ny løsning for nivåmåling i de minste karene	Krever ressurser til prosjektering og innkjøpskostnader	Reduserer antall alarmer som ikke krever handling
4	Forstyrrelser i kar	Overvåke vibrasjoner i karvegg og kameraovervåke for å kartlegge fiskestress.	Betydelig investering	Avdekker skjulte årsaker til stress hos fisk

6 Diskusjon

6.1 Ståstedsanalyse

6.1.1 Problemer med datainnsamling

På veien mot et autonomt arbeidsordre-system er det flere nøkkelkomponenter som må være på plass. Blant annet må det eksistere et datagrunnlag. Et datagrunnlag er en samling av data og nødvendig informasjon som gjør det mulig å lage statistiske modeller, se kompliserte sammenhenger eller bruke kunstig intelligens for å predikere resultater og hendelser. Uten tilstrekkelig data er det svært utfordrende å ta i bruk den nyskapende teknologien.

Et godt datagrunnlag skapes over lang tid. Ved å identifisere relevante og nødvendige datakilder skal dette så samles inn. Eksempler på slike datakilder kan være sensordata fra anlegget, vedlikeholdslogger, alarmdata, maskindata og operatørdata. Denne dataen må samles inn og lagres på en egnet måte. Det kan være nødvendig å investere i nytt utstyr eller teknologi for å kunne samle inn dataen pålitelig. Regelmessig er det hensiktsmessig å kvalitetssikre den innsamlede informasjonen. Det tekniske, som sensorer, kan kalibreres og rutiner for ansatte kan oppfølges slik at manuelt inntastet informasjon blir utført korrekt og presist.

Et dårlig datagrunnlag kan føre til flere farer når en skal gjennomføre analyser i industrien. For lite data kan føre til utilstrekkelig analyse. Dette kan føre til at man overser viktige feil eller problemer som kan ha negativ innvirkning på produksjonsprosessen. Med lite vedlikeholdsdata vil det også være vanskelig å utføre prediktivt vedlikehold, som kan bidra til å unngå uventede feil. Ved å ha tilstrekkelig data kan det identifiseres trender og mønstre som kan brukes til å forutsi når det bør utføres vedlikehold. I verste fall kan for lite data føre til at problemer ikke identifiseres før de blir store og kostbare, som

igjen kan resultere i økte vedlikeholdskostnader og høyere kostnader for reparasjon eller erstatning av utstyr.

Lerøy har et system for å samle alarndata, men leverandørene av anlegget har ansvaret for å lagre alarmhistorikken. Den historiske innsikten vil dermed være begrenset. Dette gjør det utfordrende å identifisere mønstre og trender over tid. Problemer vil også være mer utfordrende å forutsi. Ved manglende data er det ikke mulig å sammenligne data fra forskjellige tidsperioder. Dette kan gjøre det vanskeligere å identifisere endringer over tid og gjøre det vanskeligere å vurdere effektiviteten av implementerte tiltak.

Kostnaden av datalagring kan bli stor. Sensordata kan oppta mye lagringsplass, og kostnadene knyttet til lagring og behandling av store mengder data kan være høye. Mangel på data kan ha konsekvenser som er både kostbare og fatale. Det å ikke ta vare på sensordata over lengre tidsperioder begrenser Lerøys evne til å analysere dataen på en grundig måte og kan føre til tap av potensielle forbedringer og innsparinger. Det kan være fornuftig for Lerøy å revurdere sin datalagringspolicy for å sikre at de kan dra nytte av historiske data på en effektiv måte.

6.1.2 Nivåsensor

I gjennomstrømningssanlegget brukes det UL-sensorer (4.2.3) for å måle nivå i de minste karene, mens trykksensorer (4.2.2) brukes i de større karene. Alarmer varierer betydelig mellom forskjellige avdelinger. I Startfôring og Vekst 1 er det flere nivåalarmer enn i Vekst 2- og Vinter-avdelingene. Denne forskjellen i alarmer kan skyldes ulik bruk av sensorer. Vakter på anlegget opplyser at MJK trykksensorer rapporterer sjeldent falske alarmer i forhold til UL-sensorer.

UL-bølger reflekteres ikke bare av vannoverflaten, men også av fisk og annet foran sensoren. Det er verdt å merke seg at UL-sensorene rapporterer lavt nivå i karene utenfor arbeidstid. Siden flere av alarmene ikke er menneskeskapte og det heller ikke er noe som

skal påvirke fisken og forårsake stress, er det stor sannsynlighet for at UL-sensorene tolker målingene feil når den måler for lavt nivå. Vaktene er også enige i at UL-sensoren gir mange falske alarmer, basert på antall alarmer sammenlignet med faktiske behov for handling. Dette har ført til at den tekniske ledelsen har uttrykt at de ønsker å finne en annen løsning på nivåmåling i de minste karene.

I de større karene fires trykksensoren (4.2.2) ned i et rør langs karkanten. Dette er utfordrende i de mindre karene fordi fisken er mye mindre og det medfører risiko for at fisken svømmer opp i røret og setter seg fast. Det bør likevel ses etter en ny løsning for å kunne bruke en annen type nivåsensor i karene med den minste fisken slik at feilmålinger reduseres.

6.1.3 Oksygensensor

Oksygensensoren måler metningen av oksygen i vannet. Sensorene bruker en elektrokjemisk prosess for å finne metningsprosenten av oksygen i vannet. Når oksygen kommer gjennom membranen til oksygensensoren, skapes det en kjemisk reaksjon. For hver reaksjon vil kjemikaliene i cellen reduseres. Det er derfor viktig at sensoren kalibreres regelmessig. I gjennomstrømningsanlegget er samme type oksygensensor benyttet i alle kar (4.2.1).

I kar med større fisk er det mer grums i vannet. Oksygensensoren som er i vannet, vil da dekkes til. Dette kan føre til at avlesningene blir upresise. Sensorene bør derfor vaskes jevnlig. Vakt(er) på anlegget antydte at det finnes tilfeller hvor de har oppdaget at oksygensensor tydelig ikke har blitt rengjort på lang tid.

Etter bytte av membran på oksygensensoren kan det i noen tilfeller lekke vann inn på sensoren. Vakter opplyser om at dette kan skje fra tid til annen, da noen er mer nøyaktig enn andre. For å unngå dette er det viktig å påse at sensorene skrur sammen korrekt ved vedlikehold.

Fordelingen av lav oksygenmetning alarmer mellom de små karene og de store er skjev. Det er betraktelig flere alarmer av denne typen i de små karene, dette er det ulike årsaker til. Lerøy er forsiktige med å ikke tilføre for mye oksygen til den minste fisken, fordi langvarig høy oksygenmetning kan medføre komplikasjoner i utvikling av fiskens respiratoriske system.

6.2 Dataanalyse av alarmdata

6.2.1 Utvikling av kode

Utvikling av koden for å analysere dataen var essensiell og bidro i stor grad til resultatet. Uten koden ville oppgaven nærmest være umulig å gjennomføre og veldig tidkrevende. Det ble tidlig bestemt at Python ville benyttes som programmerings-språk. Det ble opplyst om at dataen ville bli eksportert og sendt som CSV-fil, og vurderingen var at Python egner seg godt til håndtering av slike filer.

Alarmdata har ikke blitt analysert tidligere så både metodikk og resultat er av interesse. Metoden ble derfor å starte fra begynnelsen ved å få Python til å lese filen og visualisere data som var relevant. Det oppsto flere problemer knyttet til struktureringen av dataen og hvordan Python ble bedt om å lese den. Python skiller hver rad i en CSV-fil med et komma og lagrer hver rad som ett element i én liste. I kolonnen «Alarm.Value» kunne det oppstå komma-tegn som gjorde at Python leste det som to separate kolonner. Dette førte til at listen inneholdt rader med ujevn lengde. Dette ble løst ved å be Python se etter lister i filen som inneholdt flere enn ett element og slå de sammen til én. Dette var viktig å finne en løsning på for å videre kunne filtrere dataen videre.

En av de første utfordringene ved lesing av filen var at filen bruker et eldre tegnsett (Windows-1250). Alarmer forsøker å skrive ord som «nivå» og «høy» til alarmloggen som tegnsettet ikke støtter. Windows-1250 erstatter de ukjente bokstaven med tegn som «†» og «t». Python bruker tegnsettet UTF-8 som standard. Dette tegnsettet støtter er bredt

spekter av tegn. Da Python prøvde å lese «†» ga den en feilkode og stoppet programmet fra å lese alarmloggen. Løsningen ble derfor å la python bruke tegnsettet Windows-1250 for så å gå gjennom filen og erstatte de spesielle tegnene med ønskede tegn. Eksempel på dette er at alarmloggen konsekvent skrev «niv†» når den tydelig mente «nivå». Dette kan også løses ved å åpne filen i Excel e.l og bruke «erstatt»-funksjonen.

Etter at kode for lesing av fil var skrevet og det kunne lages en struktur ut av CSV-filen, var det tid for å filtrere etter informasjon som ga verdi. For å kunne gjøre dette, ble det nødvendig å finne parametere for å sammenligne radene i filen, slik at den kunne filtreres. Kontaktperson og andre ansatte i bedriften ble kontaktet underveis for veiledning i uthenting av relevant informasjon i alarmloggen. Filen inneholdt advarsler som aldri utløste noen alarmer. I tillegg ble det kommet fram til at kolonnen ved navn «Alarm.Value» ikke nødvendigvis ga noen reel sensorverdi som var overskredet, men at det er en form for område-kategorisering og kode for alarmgrense som systemet hadde.

I flere tilfeller er måleverdien i nærheten av alarmgrensa og aktiverer alarmer flere ganger i løpet av et kort tidsrom. Når antall alarmer fra en sensor da summeres viser den mye høyere antall alarmer enn det er reelle hendelser. Det ble derfor lagt til en funksjon som passer på å kun telle like alarmer innenfor et gitt tidsvindu som én hendelse.

Resultatet av utviklingen er en kode som egner seg godt til å filtrere en alarmlogg etter egne spesifikasjoner, den inneholder også muligheter til å tilpasses alarmlogger som ikke har samme oppsett som den som ble utdelt i denne oppgaven.

6.2.2 Data fra RAS

Anlegget består av to deler, den ene delen er RAS og det andre er et gjennomstrømningsanlegg. RAS er en nyere del som ikke har blitt implementert i det samme alarmsystemet.

De avdelingen som inngår i gjennomstrømningsdelen er:

- Klekkeri
- Startforing
- Vekst 1
- Vekst 2
- Vinter

Avdelingene i RAS er:

- Sommer 1
- Sommer 2
- Påvekst 1
- Påvekst 2

Gjennomstrømningsavdelingene logger direkte til alarmloggen, mens det er kun hovedalarmene fra RAS-avdelingene som logges til samme logg. I alarmloggen er alarmer fra Sommer og Påvekst, som er del av RAS, kun alarmer fra en hovedsentral. Det er ikke nødvendigvis feil å logge avdelingsspesifikke alarmer i egen logg. Det kan gjøre prosessen for sortering og systematisering av data enklere og raskere. Når det derimot ikke ligger til rette for å eksportere data fra RAS-avdelingene er det dessverre mye data som ikke blir analysert. Og dette gjør at paretoanalyse/årsaksanalyse(r) ikke inneholder det som er nødvendig av data for å få et helhetlig bilde. Det vil derfor være kritisk for Lerøy å få hentet ut data fra RAS.

6.2.3 Data fra Energianlegg

Energianlegget er delt inn i ulike seksjoner som støtter forskjellige avdelinger i anlegget. Noen av alarmene fra energianlegget blir sendt til det nye alarmsystemet, og derfra sendes det kun en generell alarm til det gamle systemet, som er kilden til den filtrerte loggen. Samtidig kommer noen alarmer direkte inn i det gamle systemet med all nødvendig informasjon. Dette skaper betydelige utfordringer med å skaffe et helhetlig bilde av situasjonen. På grunn av denne kompleksiteten er alarmene fra energianlegget blitt utelatt fra analysen, selv om noen av alarmene inneholder viktig informasjon for en grundig rotårsaksanalyse. Lerøy ønsket også om å avvente med å dra inn energianlegget i analyse(r) for å la fokuset ligge på å utvikle en metode for analyse av alarmdata.

Energianlegget på anlegget er de anleggene som sørger for riktig tilførsel av vann, filtrering av vann og energi til vannet (temperatur). For å bruke et kjent uttrykk kan de kalles maskinrommene til anlegget. På disse vil de fleste av anleggets maskiner/utstyr befinne seg. Det inkluderer blant annet; pumper, generatorer, varmevekslere og rørsystem. Skulle det oppstå svikt i disse vil det gi ringvirkninger i resten av systemet. Derfor vil flere reelle alarmer fra det gamle systemet (eksempel: lavt nivå) kun være «toppen av isfjellet», årsakene har opprinnelse fra inne på energianlegget. Det er derfor kritisk, i likhet med RAS, å sikre pålitelig metode for uthenting av data fra energianlegget.

6.2.4 Støy i målinger

Vaktene er de som passer på anlegget og overvåker alarmsystemet. Det er vakter til stede både på dagtid og nattestid. Vaktene mottar en tekstmelding fra alarmsystemet når en alarm går. Om natten vil ikke vekten normalt være på anlegget og forflytte seg ned for å håndtere alarmen. Et anslag fra vakta er at kun 2 av 10 alarmer som krever annen handling enn å manuelt undertrykke alarmen. Det vil da si at 80% av alarmene er «støy» i alarmloggen. Det foreligger derfor et behov for å se på årsakene til dette.

6.3 Rotårsaksanalyse på utvalgte alarmer

6.3.1 Metode for rotårsaksanalyse

Utvikling av metoden for rotårsaksanalyse ble gjort med hensyn til flere faktorer under prosjektet. En viktig faktor var at analysene i hovedsak baserte seg på erfaringene og hukommelsen til D&V-personellet. Dette medfører en risiko for at resultatene av analysene er forenklete og at det i realiteten er mer kompleks. Hvis det oppdages flere årsaker, bør de inkluderes i diagrammene.

Både Ishikawa diagrammene for alarmene og årsak-konsekvens diagrammet for stresset fisk kan redigeres i fremtid dersom det oppdages flere årsaker og/eller konsekvenser. Videre bør rotårsaksanalyse gjentas jevnlig for å kunne utføre forbedrende tiltak på nye rotårsaker og for å bekrefte eller avkrefte effekten av tidligere implementerte tiltak.

I dette prosjektet ble avdelingene med RAS oversett på grunn av komplikasjoner med å hente ut alarmdata. Samme metode for rotårsaksanalyse bør også gjennomføres på disse avdelingene i framtid.

6.3.2 Implementering

Anlegget består av en rekke kar som fisken svømmer i, karene varierer i størrelse og salinitet avhengig av alder/størrelse på fisken. Det er i mange tilfeller både regulering av vannstand og oksygen som er det mest frekvente problemet i hvert kar. Figur 20 visualiserer dataen ved å se på hvilke målinger som er mest problematiske. Mens det er cirka 200 trykkalarmer for 2022 er det cirka 400 alarmer for oksygenmåling og nivåmåling. I det tilfellet at oksygenregulering for det mest problematiske karet har en løsning, kan den samme løsningen implementeres på tilsvarende kar og dermed reduserer et større antall alarmer. Det samme gjelder for nivåregulering.

6.4 Tiltak for å redusere hyppighet av alarmer

6.4.1 Deaktivere alarmer under planlagt aktivitet

Oksygensensorer påvirkes av aktiviteten til røkterne. En del av prosedyren til røkterne når de går gjennom anlegget er å ta opp oksygensensorene og rengjøre de for grums. Dersom sensoren er veldig tilskitnet vil sensoren være oppe av vannet i lang tid, det fører til at sensorene måler en veldig høy verdi. Vakter vil dermed få en alarm. Dersom vekten er klar over at det foregår røkting i anlegget, vil vedkommende i de fleste tilfeller anta at røktingen er årsaken. Falske alarmer er et større problem på natten, da vekten ikke er på anlegget og må fysisk forflytte seg til en terminal for å manuelt undertrykke alarmen. Enkelte røktere er klar over dette og deaktiverer alarmen mens de holder på i karet, men dette gjelder ikke alle. Forslaget er derfor å gjøre deaktivering av oksygenalarmer til en del av arbeidsprosedyren til røktere. Dette forslaget krever minimalt med kapitalinvestering og vil bidra til mindre støy i alarmloggen. Utfordringen med dette forslaget er at det kan skape et annet problem, nemlig at dersom røkterne glemmer å aktivere sensorene igjen kan det i verste fall få fatale konsekvenser for fisken. For å hindre at røkterne glemmer å aktivere sensorene foreslås det å lage en sjekklister av aktivitetene røkterne skal gjennomføre.

Nivåsensorene påvirkes også av aktiviteten til røkterne, spesielt i småkarene (Startfôring og Vekstavdelingene). En av oppgavene til røkterne er å sørge for at vannet i karene ikke er for grumsete. Ser de at dette er et problem gjennomfører de en operasjon som de kaller for «sjokking». Denne operasjonen innebærer å tappe vannet ut av karet relativt fort, og samtidig få tilført nytt filtrert vann fra energianlegget. Denne operasjonen reagerer sensoren på, da den vil måle et for lavt nivå. Forslaget fra forrige avsnitt vil også være gjeldene i disse situasjonene. Dersom røkteren deaktiverer alarmen mens denne operasjonen utføres vil en redusere antall alarmer fra nivåsensoren. «Sjokking» er også opphavet til andre alarmer. Når denne operasjonen utføres kreves det mer av

energianlegget, høyere volumstrøm av råvann inn til anlegget, høyere virkningsgrad i varmevekslere. Energianlegget er bygd slik at de vil stanse dersom de ikke mottar råvannet som kreves. Vaktene opplyste om at dette kan skje under «sjokking». Alarmene som utløses ved et slikt tilfelle vil ikke forsvinne selv om en deaktiverer nivåsensoren i karet. «Sjokking» kan også føre til temperaturendringer i karene når varmevekslerne ikke klarer å varme vannet tilstrekkelig på grunn av den økte volumstrømmen.

6.4.2 Innføre standardprosedyre for tilskruing av sensor

Teknikere på anlegget bytter membran på oksygensensor som en del av vedlikeholdet. For å gjøre dette må de skru opp sonden og skru den sammen igjen etter membranbytte. Ved flere tilfeller har denne operasjonen blitt utført feil og ledet til at vann kommer seg inn i elektrolytten, dette vil naturligvis medføre sensorfeil. Vakt(er) på anlegget antydte at ikke alle var klar over viktigheten av å skru sensoren tilstrekkelig igjen. De dette gjelder, vil heller ikke være klar over konsekvensene av dette. Når det er så stor forskjell i hvordan teknikere utfører denne operasjonen, foreligger det et behov for å fatte tiltak. Det forslås derfor en gjennomgang av prosedyrene ved vedlikehold av oksygensensorer, som involverer alle teknikere. Røktene er også i kontakt med oksygensensorene og kan med fordel også ta del i dette. Her bør det utarbeides en standard for hvordan sensoren skal skrues sammen igjen.

6.4.3 Erstatte UL-sensor

Avdelingene som bruker UL-sensor for nivåmåling i karene er ansvarlig for en høy andel av alarmene utløst av lave nivåmålinger (se figur 21). Ifølge personellet på anlegget, er mange av disse alarmene falske. Som konsekvens kan en reell alarm bli antatt å være falsk og bli oversett. UL-sensorene bør erstattes med lignende løsning som på f.eks. vinter avdelingen. Det går også mange nivåalarmer i andre avdelinger, men vaktene er bestemt på at dette ikke skyldes falske alarmer fra sensorene.

6.4.4 Vibrasjon- og kameramonitorering i kar

Stresset fisk kan skape en kjedereaksjon av hendelser og det kreves da både justering av vannstand og oksygen for å få driften til normale verdier igjen. Hvordan stress hos fisken faktisk oppstår og hyppigheten av det er viktig å undersøke for å få helhetsforståelsen. Vibrasjonssensor kombinert med et kamera på noen kar kan være gode hjelpemidler til se på hvilke årsaker som skaper stress hos fisken. Med kamera kan stress også registreres i sammenheng med aktivitet i nærheten av karene og alarmer utløst av sensorer som overvåker tilstandsparametere i karene. Kartleggingen av årsaker til økt stress hos fisken er viktig for å finne ut hvilke tiltak som kan utføres for å redusere stressreaksjoner og da også driftsavvik forårsaket av stressreaksjoner.

6.5 Videre arbeid

Videre arbeid vil innebære å få innsikt i en systematisert alarmlogg for hele anlegget. Det er viktig at dette ansvarliggjøres slik at noen har oversikt over systemet. Dette vil legge til rette for å gjennomføre fullstendige analyser av anlegget. Energianlegg og RAS vil spesielt fremheve flere typer alarmer og maskiner som kan være kritiske i en rotårsaksanalyse. Mer data vil kunne gi andre resultater. Videre arbeid vil også innebære å gå mer i dybden i rotårsaksanalysen, det vil si å sammenligne de identifiserte årsakene og undersøke hvor mange alarmer som kan tilskrives hver enkelt årsak.

Alarmtekster bør standardiseres for å simplifisere filtrering av alarmdata. Noen alarmtyper bruker forskjellige alarmtekster, f.eks. bruker oksygenmetningsalarmer både «%SAT» og «O2». Mangel på standardisering kan føre til at noen alarmer blir oversett, da metoden for filtrering i koden i stor grad avhenger av innholdet i alarmteksten.

7 Konklusjon

For å finne de hyppigste alarmene på Lerøy Aurora-anlegget ble det utført systematisering og analyse av alarmdata. Resultatene fra ståstedsanalysen viser at alarmsystemet har visse mangler som skaper utfordringer. Forbedringer av alarmsystemet og implementering av presise prosedyrer vil bidra til en mer effektiv ressursbruk og gi et mer pålitelig datagrunnlag for videre arbeid.

Forbedrende tiltak for å redusere alarmhyppighet:

- Implementere en daglig driftsprosedyre som deaktiverer alarmer under planlagte aktiviteter som f.eks. røkting.
- Innføre en standardprosedyre for tilskruing av sensor for å unngå menneskelig feil ved vedlikehold.
- Implementere en ny løsning for nivåmåling i de minste karene for å redusere falske alarmer fra UL-sensorene.
- Overvåke vibrasjoner i karvegg og kameraovervåkning på karene for å kartlegge hvilke aktiviteter som har størst innflytelse på stressnivået til fiskene.

Andre tiltak:

- Standardisere alarmtekster for bedre forståelse og håndtering av alarmer.
- Lage en felles alarmlogg for gjennomstrømning og RAS for å effektivisere alarmhåndtering og analyseprosessen.

Ut ifra funnene, anbefales det at Lerøy Aurora implementerer tiltakene for å forbedre alarmsystemet. Dette vil bidra til å redusere antall feilmålinger, falske alarmer, forbedre systemets pålitelighet og redusere arbeidslasten til vaktene. Lerøy bør etter å ha implementert tiltakene vurdere effekten de har hatt, og sammenligne tilstandene før og etter.

Referanseliste

- ASQ. (2023). *What is Root Cause Analysis (RCA)?* ASQ. Hentet 14. april 2023, fra <https://asq.org/quality-resources/root-cause-analysis>
- Billundaquaculture.com. (2020). *About us*. Billund aquaculture. Hentet 17. april 2023, fra <https://www.billundaquaculture.com/our-company/>
- Bye, P. I. (2009, 1. januar). *Vedlikehold og driftssikkerhet*.
- Codale.com. (2022). *Allen Bradley 873P-DCAC1-D5 Ultrasonic Sensor*. Codale. Hentet 20. april 2023, fra <https://www.codale.com/product/detail/4105377/allen-bradley-rockwell-873p-dcac1-d5>
- Information technology – Universal Coded Character Set (UCS) [ISO/IEC 10646]. (2020).
- Islek, C. (2022a). Forelesning Innføring i målesystemer. *IELET2106:Industriell instrumentering*. Hentet 20. april 2023, fra https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-1773702-dt-content-rid-55002118_1/xid-55002118_1
- Islek, C. (2022b). *Forelesning Nivåmåling*. IELET2106:Industriell instrumentering. Hentet 20. april 2023, fra https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-1773702-dt-content-rid-55002118_1/xid-55002118_1
- Islek, C. (2022c). *Forelesning Temperaturmåling*. IELET2106:Industriell instrumentering. Hentet 20. april 2023, fra https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-1773702-dt-content-rid-55002118_1/xid-55002118_1
- Islek, C. (2022d). *Forelesning Trykkmåling*. IELET2106:Industriell instrumentering. Hentet 20. april 2023, fra https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-1773702-dt-content-rid-55002118_1/xid-55002118_1
- Lovdata. (2023, 28. februar). *Forskrift om drift av akvakulturanlegg (akvakulturdriftsforskriften)*. Lovdata. Hentet 11. mai 2023, fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-06-17-822>

Matplotlib Development Team. (2023). *Matplotlib*. Hentet 15. mai 2023, fra <https://matplotlib.org/>

Merakerås, G. K. (2022, 5. september). *Fisk kan også oppleve smerte, sult og stress, men på en annen måte enn andre dyr*. Forskning.no. Hentet 11. mai 2023, fra <https://forskning.no/dyrevelferd-fisk-fiskehelse/fisk-kan-ogsaa-oppleve-smerte-sult-og-stress-men-pa-en-annen-mate-enn-andre-dyr/2071646>

MJK. (udatert). *EXPERT 3400 HYDROSTATIC LEVEL MEASUREMENT*. MJK. Hentet 18. april 2023, fra <https://mjk.com/mjk-product-line/level-measurement/hydrostatic/expert-3400>

Olsen, O. A. (2015). *Industrielle målemetoder*. Jubok AS.

Oxyguard. (udatert-a). *The Oxyguard Oxygen Probe*. Oxyguard AS. Hentet 18. april 2023, fra <https://www.oxyguard.dk/media/ok4jwjmm/d02-standard-probe-brochure-gb-2020-07.pdf>

Oxyguard. (udatert-b). *OXYGUARD PH/REDOX SONDE*. Oxyguard AS. Hentet 18. april 2023, fra <https://www.oxyguard.dk/media/1mrmtv3/k01-ph-and-redox-probe-brochure-gb-0312.pdf>

Pedersen, V. G. B. (2021a). *Forelesning industri 4.0*. MAST2006:Driftsikkerhet og vedlikehold. Hentet 15. april 2023, fra https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-1435913-dt-content-rid-38703155_1/xid-38703155_1

Pedersen, V. G. B. (2021b). *Forelesning Kontinuerlig forbedring*. MAST2006:Driftsikkerhet og vedlikehold. Hentet 15. april 2023, fra https://ntnu.blackboard.com/webapps/blackboard/content/listContent.jsp?course_id=_32992_1&content_id=_1587928_1

Pedersen, V. G. B. (2021c). *Forelesning Tilstandskontroll*. MAST2012. Hentet 15. april 2023, fra https://ntnu.blackboard.com/webapps/blackboard/execute/content/file?cmd=view&content_id=_1641285_1&course_id=_30617_1&launch_in_new=true

- Pedersen, V. G. B. (2021d). *Forelesning Vedlikeholdsledelse*. MAST2006:Driftsikkerhet og vedlikehold. Hentet 15. april 2023, fra https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-1438334-dt-content-rid-38736925_1/xid-38736925_1
- PSF. (2023a, 14. april). *The Python Standard Library*. Python Software Foundation. Hentet 14. april 2023, fra <https://docs.python.org/3/library/index.html>
- PSF. (2023b). *What is Python? Executive Summary*. Python Software Foundation. Hentet 14. april 2023, fra <https://www.python.org/doc/essays/blurb/>
- Pålitelighet.no. (2021a, 1. januar). *Feil og svikt*. Frostland AS. Hentet 23. februar 2023, fra <https://xn--plitelighet-x8a.no/glossary/feil-og-svikt/>
- Pålitelighet.no. (2021b, 1. januar). *Forebyggende vedlikehold*. Frostland AS. Hentet 23. februar 2023, fra <https://xn--plitelighet-x8a.no/glossary/forebyggende-vedlikehold/>
- Roa, J. M. (2023, 17. april). *What is a SMART transmitter*. Instrumentation tools. Hentet 17. april 2023, fra https://instrumentationtools.com/what-is-a-smart-transmitter/?utm_content=cmp-true
- Rockwell. (2002). *Bulletin 873P Programmable Ultrasonic Proximity Sensor*. Rockwell automation. Hentet 9. april 2023, fra https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/873p-in002_-en-p.pdf
- Rockwell. (udatert). *Ultrasonic Sensor, 30 mm Plastic Barrel, 2 PNP - Analog Current, 150-1500 mm, Micro Quick Disconnect*. Rockwell automation. Hentet 18. april 2023, fra <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/details.873P-DCAC1S-D5.html>
- Rongve, A. S. (2023, 11. april). *Termistorer*. Store norske leksikon. Hentet 19. april 2023, fra <https://snl.no/termistor>
- Rossen, E. (2022, 5. september). *programmering (IT)*. Store norske leksikon. Hentet 14. april 2023, fra https://snl.no/programmering_-_IT

- Rossen, E. (2019, 6. november). *programmeringsspråk*. Store norske leksikon. Hentet 14. april 2023, fra <https://snl.no/programmeringsspr%C3%A5k>
- Rosten, T., Åtland, Å., Kristensen, T., Rosseland, B. O., & Braathen, B. (2004, 9. januar). *Vannkvalitet og dyrevelferd*. Mattilsynet. Hentet 15. april 2023, fra [https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskevelferd/mattilsynet_-_rapport_om_vannkvalitet_og_fiskevelferd_2004.5943/binary/Mattilsynet%20-%20Rapport%20om%20vannkvalitet%20og%20fiskevelferd%20\(2004\)](https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskevelferd/mattilsynet_-_rapport_om_vannkvalitet_og_fiskevelferd_2004.5943/binary/Mattilsynet%20-%20Rapport%20om%20vannkvalitet%20og%20fiskevelferd%20(2004))
- Sintef. (2001 februar). *Prinsipper for utforming av Alarmsystemer*. Sintef. Hentet 5. april 2023, fra https://www.sintef.no/globalassets/project/hfc/documents/ya-710-alarm_system_design_.pdf
- Skaar, J. (2021a, 15. juli). *kapasitans*. Store norske leksikon. Hentet 20. april 2023, fra <https://snl.no/kapasitans>
- Skaar, J. (2021b, 14. mars). *kondensator (elektrisk komponent)*. Store norske leksikon. Hentet 20. april 2023, fra https://snl.no/kondensator_-_elektrisk_komponent#:~:text=Forholdet%20mellom%20ladning%20og%20spenning,lik%20C%3D%5CE%5B5Sd.
- Skaar, J. (2021c, 12. juli). *permittivitet*. Store norske leksikon. Hentet 1. mai 2023, fra <https://snl.no/permittivitet>
- Skaar, J. (2021d, 12. januar). *termoelementer*. Store norske leksikon. Hentet 19. april 2023, fra <https://snl.no/termoelement>
- Standard Norge. (2015). *NEK EN 62740 Root cause analysis (RCA)*. Standard Norge. Hentet 17. april 2023, fra <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=743544>
- Standard Norge. (2017). *NS-EN 13306:2017 Vedlikehold - Vedlikeholdsterminologi*. Standard Norge. Hentet 15. april 2023, fra <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=961747>

- Statped. (2021, 1. mars). *Programmering*. Statlig spesialpedagogisk tjeneste. Hentet 14. april 2023, fra <https://www.statped.no/laringsressurser/teknologitema/programmering-for-barn-med-saerskilte-behov/programmering/hva-er-programmering/>
- Stien, L. H., Bracke, M. B. M., Folkedal, O., Nilsson, J., Oppedal, F., Torgersen, T., Kittilsen, S., Midtlyng, P. J., Vindas, M. A., Øverli, Ø., & Kristiansen, T. S. (2013). *Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0): a semantic model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon: review of the selected welfare indicators and model presentation*. *Reviews in Aquaculture*. Hentet 16. mai 2023, fra <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/j.1753-5131.2012.01083.x>
- UIO. (2019, 9. oktober). *Oksygenelektrode - Clark-elektrode*. Universitetet i Oslo, Institutt for biovitenskap. Hentet 9. april 2023, fra <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/o/oksygenelektrode.html>
- Vøllestad, A. (2022, 10. juni). *smolt*. Store norske leksikon. Hentet 3. februar 2023, fra <https://snl.no/smolt>
- Windows 1250 - Central European character set. (1995).

Vedlegg

Filnavn og struktur:

```
Vedlegg.zip
├── Alarm.py
├── Forprosjekt.pdf
├── Gantttdiagram.xlsx
├── Log 22.csv
├── Stikkordreferat fra intervju 09.05.23.pdf
└── Sylediagrammer_fra_ulike_metoder_for_filtrering_
    av_alarmlogg.pdf
```

