

Morten Nilsen
Tom Helseth

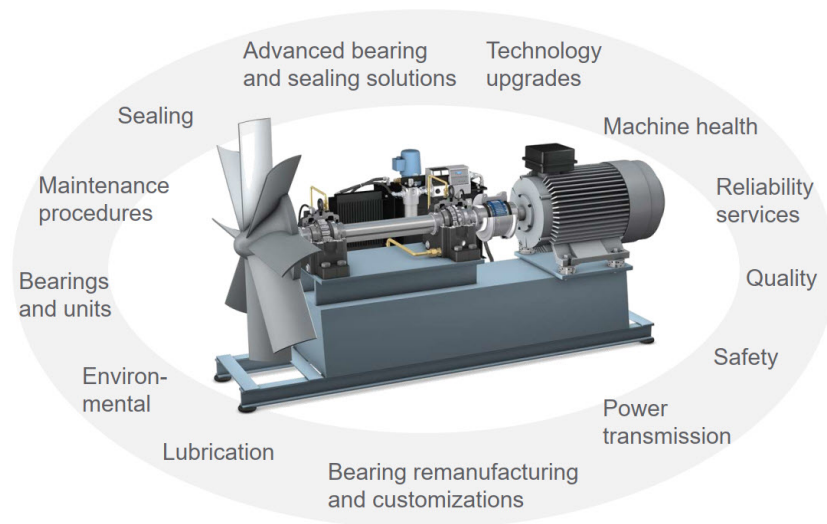
Roterende utstyr

Hvordan øke pålitelighet og styre vedlikehold til planlagte stopp?

Bacheloroppgave i Maskiningeniør

Mai 2020

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggingteknikk



Morten Nilsen
Tom Helseth

Roterende utstyr

Hvordan øke pålitelighet og styre vedlikehold til planlagte stopp?

Bacheloroppgave i Maskiningeniør
Mai 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Oppgavens tittel: Roterende utstyr – Hvordan øke pålitelighet og styre vedlikehold til planlagte stopp?	Dato: 20.05.2020		
	Antall sider: 80		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Navn: Tom Helseth og Morten Nilsen			
Veileder: Rolf Alexander Skar			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Geir Karlsen (Glava) og Terje Kittilsen (SKF)			
<h2>Sammendrag</h2> <p>Stadig økende krav til effektivitet i produksjonsbedrifter øker belastningen på produksjonsutstyr som stiller større krav til pålitelighet og optimalisert vedlikehold. Dette prosjektet har fulgt Glava fabrikk i Askim sitt arbeid med å gå fra korrigerende til forebyggende vedlikehold, med mål om å finne løsninger for å øke pålitelighet og styre vedlikehold til planlagte stopp. En av nøklene til suksess var tilstandskontroll- utstyr og tjenester fra SKF for ni kritiske vifter i produksjonen med utfordringer relatert til høye vibrasjoner forårsaket av glass-støv i avtrekksluften.</p> <p>Denne oppgaven beskriver forebyggende vedlikehold og tilstandskontroll, både generelt og for det spesifikke oppsettet hos Glava Askim. Vedlikeholdsdata, vibrasjonsmålinger, observasjoner og erfaringer fra 2018-2019 er dokumentert og analysert, og i samarbeid med SKF har vi kartlagt mulige forbedringer som kan øke pålitelighet og optimalisere vedlikeholdet.</p> <p>Resultatene viser at Glava har lyktes med overgangen fra korrigerende til forebyggende vedlikehold og fått økt teknisk tilgjengelighet. Kunnskap og kompetanse for involverte parter har økt, og vi håper at oppgaven kan gi verdifull innsikt og bidra til å styrke samarbeidet mellom Glava og SKF.</p>			

Stikkord:

Roterende utstyr
Pålitelighet
Vedlikehold
Tilstandskontroll

Morten Nilsen

Tom Helseth

Abstract

With increasing demand for efficiency in manufacturing plants the strain on production equipment will increase together with the need for maintenance optimization. This project has followed the development at Glava Askim moving from corrective to preventive maintenance, with the objective of finding solutions to increase reliability and direct maintenance to scheduled stops. Focusing on nine critical fans in the production, one of the key enablers was vibration condition monitoring equipment and services from SKF.

This thesis describes preventive maintenance and condition monitoring, both in general, and for the specific setup at Glava Askim. Maintenance data, vibration measurements, observations and experiences from 2018-2019 have been documented and analyzed, and with the help of SKF suggestions for improvements and alternative solutions are presented.

The results show that Glava has successfully moved from corrective to preventive maintenance and gained increased technical availability. Knowledge and competency for involved parties have increased, and we hope that this thesis can give valuable insights for both Glava and SKF.

Forord

Det foregår en rivende utvikling i norsk industri. Vi bruker «buzzord» som Industri 4.0 og digitalisering. Men hva konkret innebærer dette? Og hvilke muligheter finnes?

Dette er en studie fra virkeligheten som beskriver en slik mulighet. Forbedring av vedlikehold er identifisert som en av de fremste verdidriverne i Industri 4.0 gjennom reduksjon av vedlikeholdskostnader og økt utnyttelsesgrad på produksjonsutstyr.

Vi har vært så heldige å få lov til å følge et samarbeidsprosjekt mellom Glava og SKF med implementering og bruk av vibrasjonskontroll. Målet har vært å øke pålitelighet og styre vedlikehold til planlagte stopp. Gjennom nesten ett år har vi dokumentert resultater og erfaringer i denne prosessen. Vi har analysert historiske data fra 2018-2019 og sett fremover og skissert muligheter for forbedringer og alternative forretningsmodeller.

Vi ønsker å rette en stor takk til de som har lagt til rette for og hjulpet oss. Takk for at vi fikk lov til å komme på innsiden, og takk for at dere har delt informasjon og brukt av deres tid. Vi har lært masse i dette prosjektet, og vi håper at vi med denne oppgaven kan bidra til å øke kunnskap og kompetanse, og styrke samarbeidet mellom Glava og SKF.

Innholdsfortegnelse

Abstract	2
Forord.....	3
Innholdsfortegnelse	4
Figurliste.....	7
1 Innledning.....	8
1.1 Bakgrunn.....	8
1.2 Interessenter	8
1.2.1 Glava	8
1.2.2 SKF.....	8
1.3 Problembeskrivelse	9
1.4 Problemstilling og mål.....	9
1.4.1 Effektmål.....	10
1.4.2 Resultatmål.....	10
1.4.3 Prosessmål.....	10
1.5 Prosjekt omfang og avgrensinger.....	11
1.6 Prosjektoppgavens oppbygging	11
1.7 Sentrale begreper og forkortelser.....	12
2 Materiale og metode.....	14
2.1 Datainnsamling	14
2.2 Prosjektorganisering og ressurser	15
2.3 Prosjektgjennomføring.....	16
3 Forebyggende vedlikehold	17
3.1 Vedlikehold generelt.....	17
3.1.1 Forebyggende vedlikehold	17
3.1.2 Korrigerende vedlikehold.....	18
3.1.3 Mål med vedlikehold.....	18
3.2 Prediktivt vedlikehold.....	20
4 Tilstandskontroll.....	22
4.1 Maskin tilstandskontroll.....	22
4.2 Vibrasjonskontroll.....	23

4.2.1	Maskin og komponent signatur	26
4.2.2	Acceleration enveloping og FFT analyse.....	27
5	Glava Askim.....	31
5.1	Produksjonsprosess	31
5.2	Vifter i oppfangersystem.....	32
5.3	Tilstandskontrollsystem hos Glava	34
5.3.1	System	34
5.3.2	Målepunkter og rutine	36
5.4	Vedlikehold hos Glava.....	37
5.4.1	Mål	37
5.4.2	Strategi	38
5.4.3	Organisering av vedlikehold	39
5.5	Mål med tilstandskontroll	40
5.6	Teknisk tilgjengelighet L1 og L3 for 2018.....	41
6	Resultater i perioden.....	42
6.1	Erfaringer fra prosjektet.....	42
6.1.1	Observasjoner fra prosjektgruppen	42
6.1.2	Case 1: Vifte 4, oppfanger 3; Ubalanse og høye vibrasjoner.....	43
6.1.3	Case 2: Vifte 4, oppfanger 3; Sprekker i vifteramme	45
6.1.3	Case 3: Vifte 1, oppfanger 3; Knekt vifteblad	49
6.1.4	Case 4: Smørerutiner på viftene	49
6.1.5	Case 5: Reservedeler	49
6.2	Erfaringer fra Glava	49
6.2.1	Erfaringer fra Glava Vedlikehold.....	49
6.3	Teknisk tilgjengelighet for 2019.....	50
6.4	Arbeid relatert til lager i perioden.....	52
6.5	Avviksrapporter fra SKF i perioden	53
6.5.1	Rapport oktober 2019.....	53
6.5.2	Rapport mai 2019	54
7	Diskusjon og evaluering.....	55
7.1	Diskusjon av resultater i perioden.....	55
7.1.1	Kommentar og kritikk til resultater.....	55
7.1.2	Kost-nytte analyse	56

8	Konklusjon og mulige forbedringer	58
8.1	Konklusjon.....	58
8.2	Mulige forbedringer.....	59
8.2.1	Forbedringer med vifte 4, oppfanger 3.....	59
8.2.2	Online tilstandskontroll	61
8.2.3	Optimalisering av smøreforhold.....	63
8.2.1	Applikasjonsteknisk vurdering av lagerarrangement.....	64
8.2.2	Kompositt belegg på vifter	64
8.2.3	Gjennomgang av reservedelslager	64
8.2.1	Strukturere samarbeidet.....	64
8.2.2	Fortsette å utvikle kunnskap og kompetanse.....	65
8.2.1	FV data fra QuickCollect til vedlikeholdssystem	65
8.2.2	Videre kartlegging.....	65
8.3	Alternative forretningsmodeller.....	66
8.3.1	Partnerskapsavtaler.....	66
8.3.2	SKF REP forretningsmodell.....	66
9	Referanser.....	69
	VEDLEGG 1 – MEDFORFATTERDEKLARASJON.....	i
	VEDLEGG 2 – MØTE OVERSIKT.....	ii
	VEDLEGG 3 – SKF QUICKCOLLECT.....	iii
	VEDLEGG 4 – FORPROSJEKT.....	v

Figurliste

Figur 1: Prosjektorganisering	15
Figur 2: Vedlikehold (NS-EN 13306, 2010).....	17
Figur 3: OEE (Chen, u.d.)	18
Figur 4: WCM (SKF materiale)	19
Figur 5: Link mellom operasjonell- og eierskapsverdi (SKF materiale)	20
Figur 6: Industry 4.0 (McKinsey & Company, 2015).....	21
Figur 7: P-F kurve (Moubray,1997).....	22
Figur 8: SKF Vibration Basics (SKF materiale).....	24
Figur 9: Relasjon for vibrasjoner (SKF materiale).....	25
Figur 10: Vibrasjon definisjon	25
Figur 11: Amplitude måling (SKF materiale).....	26
Figur 12: SKF filter og frekvensområde (SKF materiale)	27
Figur 13: FFT (Collins, 2019).....	28
Figur 14: SKF Engineering Calculator.....	29
Figur 15: @plitude Analyst.....	29
Figur 16: Skjematisk framstilling av glassullproduksjon.....	31
Figur 17: Prinsippskisse produksjonslinje.....	32
Figur 18: Vifte 4 oppfanger 3.....	33
Figur 19: Takplater.....	34
Figur 20: Quick Collect og DataCollect (SKF, 2017).....	34
Figur 21: QuickCollect system (SKF, 2017).....	35
Figur 22: Målepunkter.....	36
Figur 23: @plitude Analyst trend og frekvens	37
Figur 24: Glava vedlikeholdsarbeid fordelt pr. arbeidsgruppe	39
Figur 25: Glava vedlikeholdssystem	40
Figur 26: @plitude Analyst, gE, mm/s og temp.....	44
Figur 27: Serviceluke på vifte 4 oppfanger 3.....	45
Figur 28: SKF Drive-up metode (SKF, 2019).....	45
Figur 29: Tegnet modell i opprinnelig form.....	46
Figur 30: Static test i SolidWorks	46
Figur 31: Vifte 4 med utførte reparasjoner og forsterkninger	47
Figur 32: SKF avviksrapport okt. 2019.....	53
Figur 33: SKF avviksrapport mai 2019.....	54
Figur 34: Maskinføtter på vifte 5, oppfanger 2	60
Figur 35: SKF Online måleutstyr (SKF, 2018).....	61
Figur 36: Automatisk smøresystem (SKF, 2019).....	63
Figur 37: REP samarbeidsnivåer (SKF materiale).....	67

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Med mål om å øke teknisk tilgjengelighet og sikre maksimal produksjonskapasitet har Glava Askim inngått en avtale med SKF Norge om leveranse av tilstandskontroll- utstyr og tjenester. Bakgrunnen for dette prosjektet er et ønske fra Glava og SKF om å beskrive leveransen og systemoppsettet, dokumentere resultater, og kartlegge muligheter til forbedring for å øke teknisk tilgjengelighet. Prosjektet gjøres på oppdrag fra Glava og SKF. Studentene som gjennomfører prosjektet er Tom Helseth og Morten Nilsen. Tom har erfaring med bygging og leveranse av vifter for trykktesting av store bygg. Morten er ansatt i SKF. Prosjektet er faglig relevant i forhold til utdannelsen, og interessant for oppdragsgiverne og studentene.

1.2 Interessenter

1.2.1 Glava

Glava er et norsk selskap etablert i 1935 som produserer og leverer isolasjonsprodukter hovedsakelig til det norske markedet. Selskapet har produksjon i Askim og Stjørdal, og en samlet årlig produksjon på ca. 42000 tonn glassull. Ved anlegget i Askim er det ca. 150 ansatte og en maksimal kapasitet på ca. 120 tonn pr. døgn. I 2017 ble Glava kjøpt av Saint-Gobain, noe som gir Glava tilgang på verdensmarkedet. Dette har ført til høyere etterspørsel og større krav til utnyttelse av produksjonskapasiteten.

1.2.2 SKF

SKF står for Svenska Kullagerfabriken, og er et svensk selskap etablert i 1907 som produserer og leverer komponenter, utstyr, og tjenester til roterende utstyr. Selskapet har produksjon i 24

land og salgskontorer i 130 land. SKF Norge har ca. 30 ansatte fordelt på kontorer i Oslo og Stavanger. I takt med digitaliseringstrenden så har SKF økende fokus på tilstandskontroll-utstyr og tjenester. Nye løsninger og forretningsmodeller utvikles fortløpende, og selskapet har en strategisk målsetning om å øke pålitelighet, tilgjengelighet og ytelse på roterende utstyr hos sine kunder gjennom Rotating Equipment Performance (REP).

1.3 Problembeskrivelse

Glava opplever i 2019 høy etterspørsel etter sine produkter og må maksimalisere produksjonen for å møte etterspørsel. Med høyere produksjon så øker både belastningen og kravet til oppetid for utstyr. Tidligere har de ved fabrikk i Askim hatt ledig produksjonskapasitet slik at nedetid ikke har vært et problem for å møte etterspørsel. Nå risikeres tap av ordrer og inntekter. Glava ønsker derfor å maksimalisere produksjonskapasiteten ved å øke teknisk tilgjengelighet. Dette vil de gjøre ved å redusere uplanlagte stopp og styre vedlikehold til planlagte stopp.

En av de spesielt kritiske delene i produksjonen hos Glava er viftene i oppfangersystemene. Her har man hatt utfordringer med uplanlagte stopp relatert til lagerhavari. For å få informasjon om tilstanden på viftene så har man derfor inngått en avtale med SKF om leveranse av tilstandskontroll- utstyr og tjenester. Ved å måle vibrasjon på viftene så kan man vurdere tilstanden og behovet for vedlikehold. Glava ønsker å bruke denne informasjonen til å styre lagerbytter og annet vedlikeholdsarbeid til planlagte stopp hver 4-9. uke. Man ønsker også å finne løsninger som øker påliteligheten og optimaliserer vedlikeholdet.

1.4 Problemstilling og mål

Med bakgrunn i avdekkede behov og problembeskrivelse så er problemstillingen derfor:

«Hvordan øke pålitelighet og styre vedlikehold til planlagte stopp?»

Oppgaven vil svare på problemstillingen gjennom påfølgende effekt-, resultat- og prosessmål.

Prosjektet vil dokumentere resultater og måle utviklingen i perioden. Videre vil man kartlegge mulige forbedringer som kan øke pålitelighet og optimalisere vedlikehold.

1.4.1 Effektmål

Effektmål til prosjektet er å:

- Redusere uplanlagt mekanisk stopp
- Øke teknisk tilgjengelighet på utvalgt utstyr
- Øke produksjonskapasitet og produktivitet
- Optimalisere vedlikeholdet
- Øke kunnskap og kompetanse

1.4.2 Resultatmål

Resultatmål – det som skal foreligge i prosjektoppgaven og som skal gjøres i prosjektet er å:

- Beskrive forebyggende vedlikehold og tilstandskontrollsystemer generelt
- Beskrive de aktuelle tilstandskontrollsystemene; hvordan de er satt opp og fungerer, og hvordan datainnsamlingen muliggjør tilstandsbasert vedlikehold
- Dokumentere resultater fra målinger, analyser, vurderinger og erfaringer fra perioden
- På bakgrunn av resultatene kartlegge muligheter til forbedret vedlikehold og økt oppetid
- På bakgrunn av resultatene gjøre en evaluering og kost-nytte analyse
- Beskrive videre muligheter til forbedringer og alternative forretningsmodeller

1.4.3 Prosessmål

Prosessmål til prosjektet er å:

- Øke kunnskap og kompetanse om tilstandskontroll hos Glava og prosjektinvolverte

- Gjøre SKF bedre kjent med Glava
- Styrke samarbeidet mellom Glava og SKF

1.5 Prosjekt omfang og avgrensinger

- Prosjektet har hatt et omfang på ca. 1100 timer fordelt på studentene.
- Prosjektet er avgrenset til:
 - Glava fabrikk i Askim og glassullproduksjonen på linje 1 (L1) og linje 3 (L3) hvor SKF tilstandskontrollstyr brukes på 9 stk. kritiske vifter i oppfangersystem 1 og 3.
- Prosjektet vil kartlegge:
 - Teknisk tilgjengelighet og uplanlagte stopp for L1 og L3 i 2018 og 2019.
 - Arbeidsordre historikk for å finne lager- og vibrasjonsrelatert arbeid for de 9 kritiske viftene på L1 og L3 i 2018 og 2019.
 - Vibrasjonsmålinger i 2019 fra 45 målepunkter på de 9 viftene.
- Prosjektet vil dokumentere resultater fra vibrasjonsmåling, avvikrappporter, observasjoner og erfaringer i 2019.

1.6 Prosjektoppgavens oppbygging

Opgaven består av 8 kapitler:

1. Innledning
2. Materiale og metode
3. Forebyggende vedlikehold
4. Tilstandskontroll
5. Glava Askim
6. Resultater fra perioden
7. Diskusjon og evaluering

8. Konklusjon og muligheter til forbedring

Innledningen gir bakgrunn, mål og avgrensinger for oppgaven. Materiale og metode beskriver hvordan data er samlet inn og hvordan prosjektet er planlagt og gjennomført. Kapittel 3 og 4 presenterer teori rundt forebyggende vedlikehold og tilstandskontroll. Kapittel 5 beskriver produksjonsprosessen hos Glava og de aktuelle viftene hvor det gjøres tilstandskontroll. De aktuelle tilstandskontrollsystemene presenteres også nærmere. Leseren får innsikt i vedlikeholdet hos Glava, målstyringsparametere, og målet til Glava for bruk av tilstandskontroll. Kapittel 6. presenterer resultatene fra perioden med observasjoner, erfaringer med case 1-5, kartlegging og analyse av vedlikeholdsdata, og avviksrapporter. Resultatene kommenteres og kritiseres i kapittel 7. Konklusjonen viser først at man har nådd effekt-, resultat- og prosessmål, før man svarer på problemstillingen med forslag til forbedringer og alternative forretningsmodeller. Her presenteres mulige løsninger som kan øke pålitelighet og muligheten til å styre vedlikehold til planlagte stopp, i tillegg til å optimalisere vedlikeholdet.

1.7 Sentrale begreper og forkortelser

Forebyggende vedlikehold	Vedlikehold utført med forhåndsdefinert intervall eller i henhold til forhåndsdefinerte kriterier med den hensikt å redusere sannsynligheten for feil eller svekkelse av funksjon til en enhet.
Havari	Funksjonssvikt på komponenter eller utstyr.
Korrektivt vedlikehold	Vedlikehold utført etter gjenkjennelse av feil og med hensikt å sette enheten tilbake til en tilstand hvor den kan utføre sin påkrevde funksjon.
Nedetid	Tiden et utstyr er ute av stand til å utføre sin tiltenkte oppgave.
Oppetid	Tiden et utstyr er i stand til å utføre sin tiltenkte oppgave.
Planlagt vedlikehold	Vedlikehold som er planlagt og gjennomføres i planlagt stopp.
Prediktivt vedlikehold	Tilstandsbasert vedlikehold utført etter et varsel utledet av gjentatte analyser eller kjente egenskaper og evaluering av de signifikante parametere for forringelse av enheten.
Pålitelighet	Evnen utstyr har for å overleve et gitt tidsrom.
Roterende utstyr	Maskiner med en roterende aksling.

Teknisk tilgjengelighet	Tiden et utstyr eller en produksjonslinje er i teknisk stand til å produsere som planlagt. Se kap. 5.5.
Tilstandsbasert vedlikehold	Preventivt vedlikehold basert på ytelsen og/eller parameter kontroll og påfølgende aksjoner. Ytelses- og parameter kontroll kan være planlagt, etter anmodning eller kontinuerlig.
Tilstandskontroll	En aktivitet, utført enten manuelt eller automatisk, med den hensikt å observere den aktuelle tilstanden til en enhet.
Uplanlagt stopp	Stopp i produksjon i planlagt produksjonstid.
Vibrasjonskontroll	Tilstandskontroll med måling av vibrasjon.

AI	Artificial Intelligence. Se kap. 3.2.
BP	Best practice
FVL	Forebyggende vedlikehold lister.
FVT	Forebyggende vedlikehold tilstandsbasert.
IKT	Informasjons- og kommunikasjonsteknologi.
KVP	Korrigerende vedlikehold planlagt.
KVU	Korrigerende vedlikehold uplanlagt.
MA	Maintenance Assessment. Vedlikeholdsanalyse av SKF
MTBR	Mean Time Between Repair. Tiden det tar mellom reparasjon.
OEE	Overall Equipment Effectiveness. Se kap. 3.1.
QC	QuickCollect. Se kap. 5.3.
QCS	QuickCollect sensor. Se kap. 5.3.
REP	Rotating Equipment Performance. SKF Value Proposal. Se kap. 8.
SLA	Service Level Agreement. Avtale om tjenester med definert servicenivå.
TCO	Total Cost of Ownership. Totale eierskapskostnader med utstyr.
TPM	Total Productive Maintenance. Se kap. 3.1.
WCM	World Class Manufacturing. Se kap. 3.1.

2 Materiale og metode

2.1 Datainnsamling

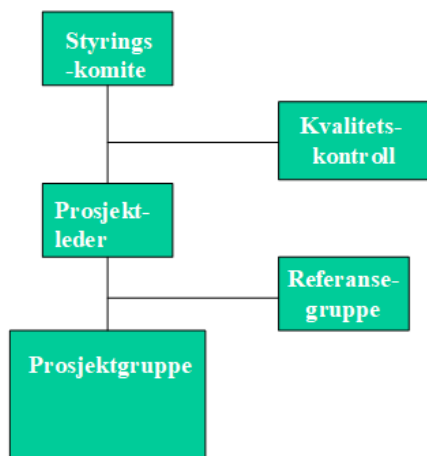
Gjennomføringen er organisert som et prosjekt, og man har jobbet mot effekt-, resultat- og prosessmål. Prosjektet har benyttet seg av sekundær- og primærdata, og kvalitativ og kvantitativ metode for å svare på problemstillingen og nå de satte målene. Til den teoretiske delen av oppgaven (kapittel 3, 4 og delvis 5) så er det benyttet tilgjengelige fagbøker, kurs- og faginfo fra SKF, Norsk standard, samt artikler og tidsskrifter. Man har også deltatt på kurs i tilstandskontroll, lært bruk av aktuelle systemer og fått info og opplæring fra ressurser i SKF.

Til den praktiske delen av oppgaven (kapittel 5, 6, 7 og 8) har vi hatt tett dialog med Glava gjennom fysiske møter, videomøter, e-post og telefon. Vi har i perioden hatt 10 besøk hos Glava Askim og gjennomført flere fabrikkbesøk og befaringer av aktuelt utstyr. Vi har hatt kontakt med både ledelse og mekanisk vedlikeholds-personell og fått innspill og kommentarer underveis i prosjektet, og avslutningsvis i konkluderingen. Vi har mottatt og analysert vedlikeholdsdata fra Glava som inkluderer måling av uplanlagte stopp, teknisk tilgjengelighet for 2018-2019, og arbeidshistorikk for de 9 kritiske viftene. Vi har i denne oppgaven sammenlignet og målt utviklingen fra 2018 til 2019.

I perioden har vi hatt tilgang til SKF @ptitude Analyt som er skyløsningen hvor vibrasjonsdata blir lagret. Her er det målinger fra de 45 målepunktene for 2019 med trend, nivå og spektrum. Vi har hatt tett dialog med ressurser i SKF rundt målingene, tolkning og analyse av disse, og fått tilgang til avvikrapportene. Vi har også deltatt på sambesøk med SKF hos Glava. Kost-nytte analysen er gjort på bakgrunn av tap av produksjonstall og kostnadstall mottatt fra Glava og SKF, samt egne estimater. Mulige forbedringer er kartlagt sammen med SKF, og presenterte løsninger er en kombinasjon av SKF løsninger og industri generelle løsninger. Med alternative forretningsmodeller presenteres SKF sitt Value Proposal; Rotating Equipment Performance.

2.2 Prosjektorganisering og ressurser

Prosjektet ble organisert på følgende måte:



Figur 1: Prosjektorganisering

1. Styringskomiteen bestående av oppdragsgiverne og veileder.
Ansvarlig hos Glava, daværende vedlikeholdssjef Geir Karlsen. Ansvarlig hos SKF Norge, Servicesjef Terje Kittilsen.
2. Kvalitetskontroll har vært veileder.
3. Prosjektleder og gruppe har vært forfatterne av denne oppgaven.
4. Referansegruppen har vært en ressursperson hos Glava og SKF.

Ressurser brukt i prosjektet har vært tid til de involverte, tilganger til systemer, gjennomførte kurs- og opplæring.

2.3 Prosjektgjennomføring

Prosjektet hadde følgende milepælsplan:

- M1 - Start oppgave - 26.02.2019
- M2 – Godkjennelse av forprosjekt – 31.05.2019
- M3 – Sekundærdata innsamling - forebyggende vedlikehold, tilstandskontroll og aktuelle applikasjoner – 30.09.2019
- M4 – Primærdata innsamling – kartlegging av info hos Glava og de aktuelle tilstandskontrollsystemene og tjenestene hos Glava – 30.09.2019 (endret til 31.12.2019)
- M5 – Primærdata innsamling - resultater – 15.03.2020
- M6 – Kartlegge muligheter til forbedret vedlikehold og økt oppetid – 31.03.2020
- M7 - Kost-nytte analyse – 15.04.2020
- M7 – Skissere alternative løsninger og forretningsmodeller – 30.04.2020
- M8 – Konklusjoner og oppsummering – 15.05.2020
- M9 – Innlevering av oppgave – 15.05.2020

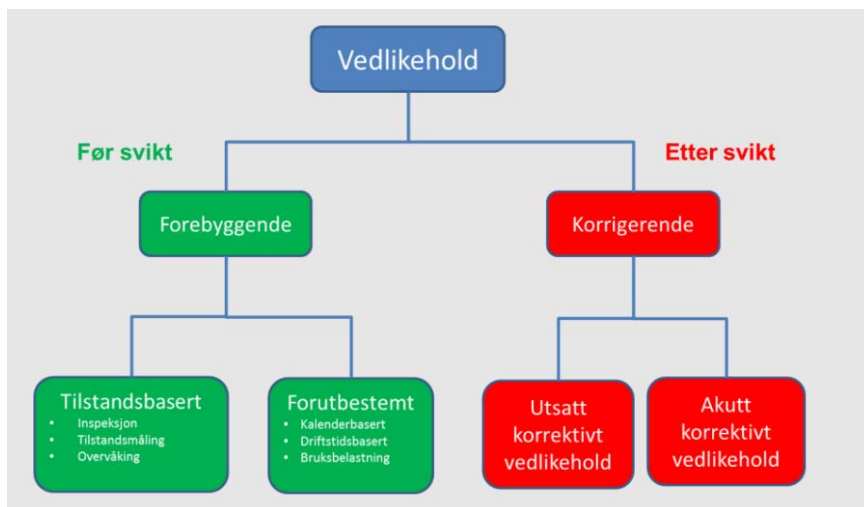
Prosjektet hadde noen forsinkelser mot slutten av prosjektet, men ble i det store og hele gjennomført i henhold til plan og på tid.

3 Forebyggende vedlikehold

3.1 Vedlikehold generelt

Vedlikehold er definert på mange måter. Norsk standard definerer vedlikehold som: «kombinasjon av alle tekniske, administrative og styringsrelaterte tiltak gjennom livssyklusen til en enhet, som har til hensikt å opprettholde den i eller gjenvinne en tilstand der den kan oppfylle krevd funksjon» (NS-EN 13306, 2010).

Videre kategoriseres vedlikehold og deles inn i forebyggende vedlikehold (FV) og korrigerende vedlikehold (KV) iht. figur 2.



Figur 2: Vedlikehold (NS-EN 13306, 2010)

3.1.1 Forebyggende vedlikehold

Forebyggende vedlikehold gjennomføres før svikt. Tilstandsbasert vedlikehold gjøres på bakgrunn av tilstanden til utstyret eller delen. Man gjennomfører vedlikeholdet når tilstanden ikke er god nok i henhold til satte standarder. Forutbestemt vedlikehold er planlagt vedlikehold som gjøres etter tidsintervall, antall driftstimer, brukerbelastning, etc.

3.1.2 Korrigerende vedlikehold

Korrigerende vedlikehold gjennomføres etter svikt. Utsatt korrektivt vedlikehold kan være feil som har oppstått og oppdages på inspeksjon, men som utsettes til senere fordi svikten ikke er akutt, eller at arbeidet kan gjøres mer effektivt senere. Akutt korrektivt vedlikehold derimot er vedlikehold som må gjøres umiddelbart. Det kan være feil som innebærer videre risiko for skader, og/eller feil som reduserer/hindrer funksjonen til utstyret eller delen.

3.1.3 Mål med vedlikehold

Uavhengig av type vedlikehold man gjennomfører så er målet generelt å øke tilgjengelighet, pålitelighet og ytelse til den aktuelle maskinparken. Et mål på dette er OEE (Overall Equipment Effectiveness). OEE er et nøkkeltall for effektiviteten til et produksjonsanlegg. Seiichi Nakajima introduserte OEE tidlig på 1970-tallet i sin bok Introduction to TPM (Total Productive Maintenance). Nøkkeltallet presenteres prosentuet og beregnes på følgende måte:

$$\text{OEE} = \text{Tilgjengelighet (availability)} * \text{Anleggseffektivitet (performance)} * \text{Kvalitet (quality)}$$

Tilgjengelighet x Anleggseffektivitet x Kvalitetsutbytte = OEE

Produksjonstid			
Maskin/utstyrstilgjengelighet		95%	X
Anleggseffektivitet		95%	X
Kvalitetsutbytte	98%	=	OEE 88,4 %

Produksjonstid: En fabrikk har en total tilgjengelig produksjonstid.

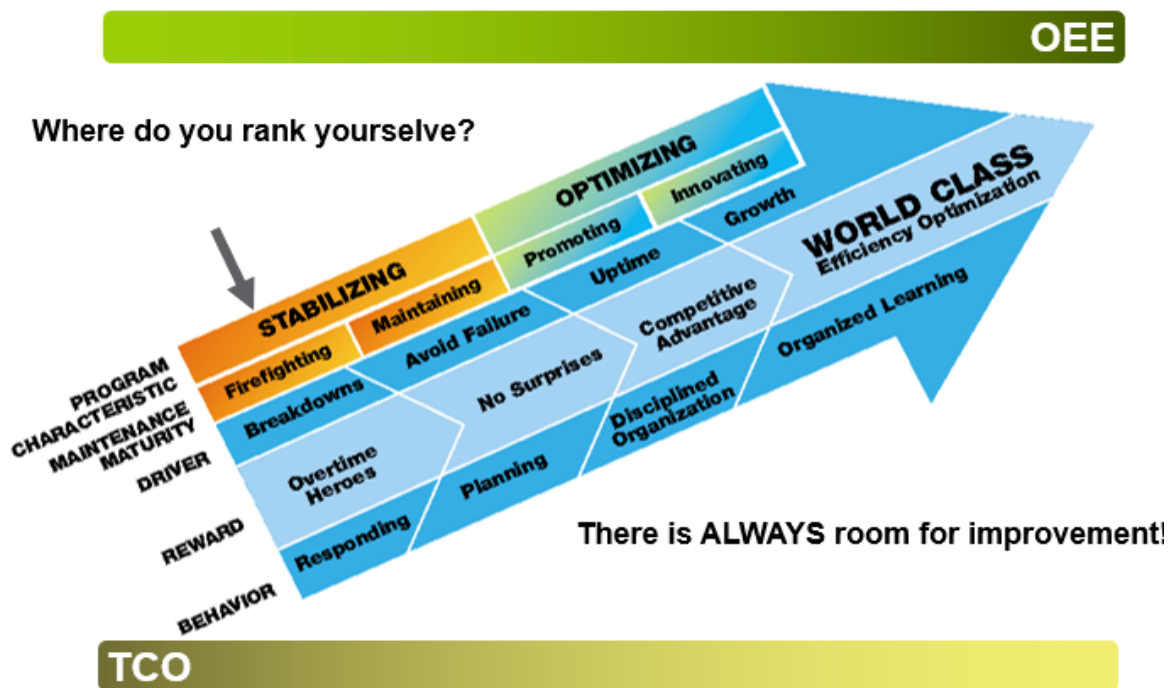
Maskin/utstyrstilgjengelighet: Planlagt vedlikehold tar noe av tiden og man har igjen en resterende maskin/utstyrs tilgjengelighet.

Figur 3: OEE (Chen, u.d.)

Anleggseffektivitet: Det oppstår uforutsette problemer i maskin tilgjengelig tid, og man må gjennomføre uplanlagte stopp for å gjøre vedlikehold.

Kvalitetsutbytte: Kvalitetsutfordringer gjør at produksjonstid/utbytte reduseres noe.

Stadig flere produksjonsbedrifter bruker OEE eller lignende nøkkeltall som målstyringsparameter. Innenfor World Class Maintenance (WCM) så er målet å oppnå 85 % eller høyere OEE. Dette er for mange et langsiktig mål som krever betydelige ressurser og bred organisatorisk forankring



Figur 4: WCM (SKF materiale)

3.2 Prediktivt vedlikehold

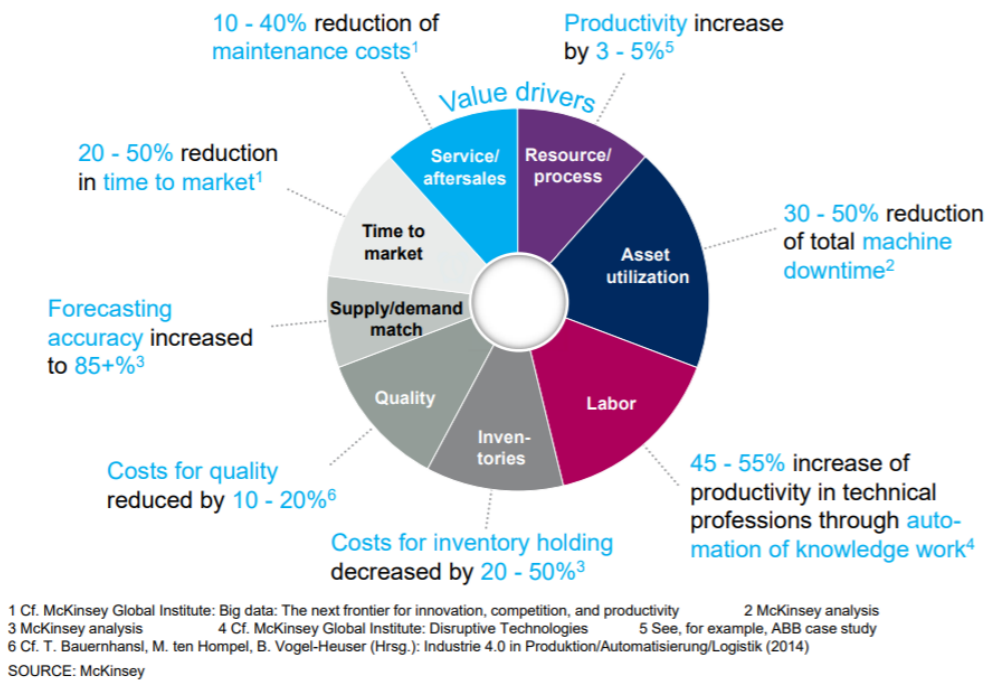
Vedlikehold har de siste årene fått stadig større fokus hos produksjonsselskaper. Fra tidligere å være et nødvendig onde så har moderne vedlikeholds-filosofi bevist sine gevinster. Riktig asset management har redusert kostnader, økt produksjonen og bedret HMS og kvalitet. Figur 5 viser hvordan operasjonell verdi kobles til eierskapsverdi. For eieren så handler det om å minimere kostnader, maksimalisere produksjon og inntekter, og sørge for samsvar med HMS, lover, regler og standarder.



Figur 5: Link mellom operasjonell- og eierskapsverdi (SKF materiale)

Stadig større del av vedlikeholdet går i retning av tilstandsbasert og prediktivt vedlikehold. Definisjonen på prediktivt vedlikehold (pdM) er: *“Tilstandsbasert vedlikehold utført etter et varsel utledet av gjentatte analyser eller kjente egenskaper og evaluering av de signifikante parametere for forringelse av enheten”* (NS-EN 13306, 2010).

Driverne bak denne utviklingen er digitalisering. Maskiner, sensorer og datasystemer kobles sammen og gir tilgang til enorme mengder data som gjennom Internet of Things (IoT), noe som muliggjør bruk av kraftige analyseverktøy, maskinlæring og kunstig intelligens (AI) med mål om å ta beslutninger uten menneskelig involvering (Marr, 2018). Vi er i starten av den 4. industrielle revolusjon, noe som er karakterisert av mye mer tilgjengelig og mobilt internett, av mindre og kraftigere sensorer som har blitt billigere, og av AI og maskinlæring (Schwab, 2017). I McKinsey & Company rapport fra 2015 så identifiseres reduksjon i vedlikeholdskostnader og økt opptid som store verdi drivere i Industri 4.0.



Figur 6: Industry 4.0 (McKinsey & Company, 2015)

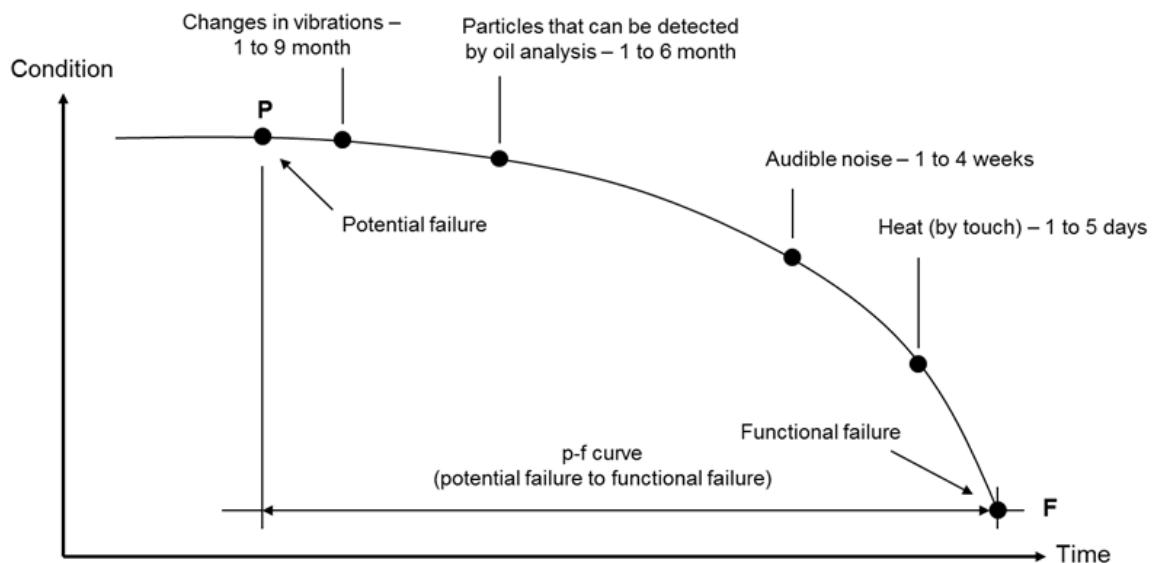
Asset utilization med reduksjon av maskin nedetid, og reduksjon i vedlikeholdskostnader er identifisert som en stor del av den totale verdien. Vedlikehold er derfor ikke lenger et nødvendig onde, men en av de fremste mulighetene til å øke inntekter og redusere kostnader for en produksjonsbedrift.

Vibrasjonskontroll er en av de mest utbredt metodene for fangst av data som tilrettelegger for tilstandsbasert og prediktivt vedlikehold. Sensorene er allerede smarte, men de blir mindre, rimeligere og trådløse med stadig bedre batteritid. De kobles til nettverk som muliggjør kommunikasjon maskinene imellom, og opplasting av data til sky. På software siden foregår det en enorm utvikling av maskinlæringssystemer og AI. SKF kjøpte nylig et AI-selskap, Presenso, som skal akselerere utvikling av maskinlæringssystemer, automatisere analyse og rapportering. Store mengder med data fra maskiner over hele verden kombinert med AI vil kunne gi mange spennende muligheter til forbedring av roterende utstyr fremover.

4 Tilstandskontroll

4.1 Maskin tilstandskontroll

Maskin tilstandskontroll gjøres for å ha kontroll på tilstanden til maskinen og være i stand til å planlegge nødvendige vedlikeholds-aktiviteter. Man utnytter levetiden til komponenter, unngår havari og nedetid på utstyr. Med god tilstandskontroll så utvides forvarsel tiden, man oppdager skader eller skadelige driftsforhold tidligere, og får bedre tid til å planlegge både innkjøp av deler og allokering av personell. Figur 7 viser dette med en P-F kurve (Potential Failure to Functional Failure kurve), hvor vibrasjoner oppdages lenge før hørbar lyd og varme.



Figur 7: P-F kurve (Moubray,1997)

Det finnes flere typer maskin tilstandskontroll:

- Vibrasjonskontroll og analyse
- Smøremiddel analyse
- Akustisk emisjon

- Infrarød termografi
- Ultralyd
- Motor tilstandskontroll (eks. surge testing av viklinger og dynamisk analyse av strøm og spenning)
- Motor spennings signatur analyse (MCSA)

(Anon., 2018)

Ved bruk av en av disse kan man som hovedregel gjennomføre tilstandskontroll på to måter:

1. **Trend monitoring**

Kontinuerlig eller periodisk måling og analyse av data. Man velger en eller flere passende og målbare parametere på forringelse av maskin eller komponent, og følger utviklingen over driftstid. Basert på erfaring og standarder kan man si noe om når forverring overstiger kritisk nivå.

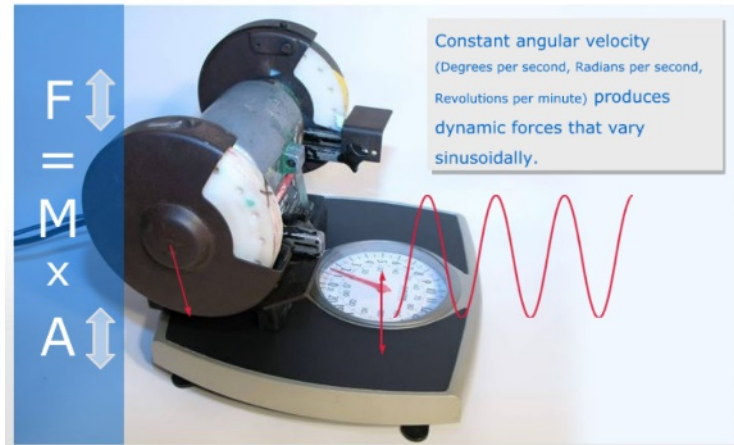
2. **Condition checking / Check to conformance**

Enkeltstående kontrollmåling under drift. På samme måte som under trend måler man en passende målbar parameter på forringelse av maskin eller komponent, men her er det snakk om en enkeltmåling. Nivåene på målingen kan si noe om tilstanden basert på erfaring eller nivå i standard (eks. ISO). Ubåter i marinen gjennomfører denne typen tilstandskontroll. Her må lydnivået være under et absolutt nivå.

I denne oppgaven fokuserer vi på vibrasjonskontroll og analyse.

4.2 **Vibrasjonskontroll**

Vibrasjon er bevegelse i maskin og komponenter som følge av sentrifugalkreftene fra den roterende akslingen. Konstant vinkelhastighet produserer dynamiske krefter som varierer sinusodiallyt. Illustrasjonen under viser hvordan kreftene i en maskin kan måles på en baderomsvekt. Plotter man vekten over tid så vil man få en sinuskurve (figur 8).



Figur 8: SKF Vibration Basics (SKF materiale)

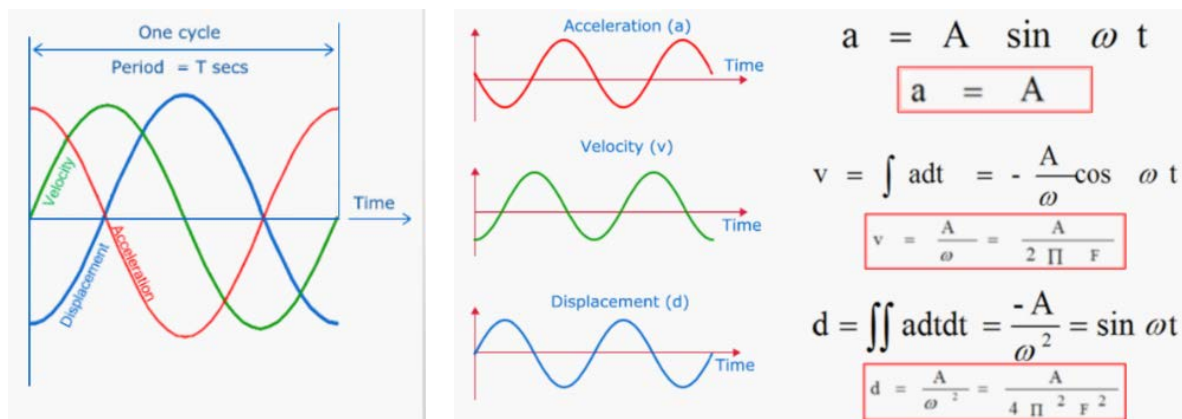
Alle maskiner følger fysiske lover og Newtons 2. lov gjelder: $F = M \times A$

Større masse (M) og økt akselerasjon (A) gir større krefter (F). Disse kreftene skaper vibrasjoner i maskinen. Det kan være løshet på grunn av mekaniske toleranser som alle maskiner og komponenter har, eller løse deler som f.eks. bolter. Alt roterende utstyr vil også ha noe ubalanse pga. noe eksentrisk masse. Denne vil skape ytterligere vibrasjoner i resultant kraftretning. Over tid så vil løshetene øke, og da også vibrasjonene. Med vibrasjonskontroll er målet å kartlegge og følge disse vibrasjonene for å kunne iverksette tiltak når det er nødvendig.

Vibrasjon kan måles med et akselerometer montert utenpå maskinen, eller avstands-prober montert inne i et glidelager. Disse måler hhv. akselerasjon eller forskyvning i en gitt retning. I akselerometeret er det et piezoelektrisk element som genererer et lite spenningsignal (mV/g) når denne beveges. Avstands-proben er basert på magnetisk induksjon (eddy current virvelstrøm) i akselen. Signalet forsterkes og sendes videre til et system som analyserer og presenterer vibrasjonsmålingen i en av formene.

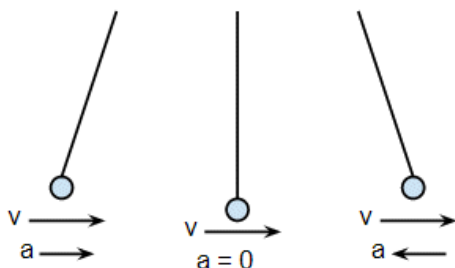
- Akselerasjon (m/s²)
- Hastighet (mm/s)
- Forskyvning (mm)

Når man vet forholdet mellom disse så vil de fleste systemer kunne presentere alle når man vet en av dem. Figur 9 viser forholdet mellom akselerasjon, hastighet og forskyvning.



Figur 9: Relasjon for vibrasjoner (SKF materiale)

En pendel (fig. 10) er en god måte å beskrive forholdet mellom akselerasjon, hastighet og forskyvning. Den akselerer (a) opp når den slippes og er på vei nedover mot høyre, er null i senter, og deakselerer når den er på vei opp mot høyre. Farten (v) øker også nedover mot høyre, og avtar på vei opp mot høyre. Forskyvningen (veien) er avstanden pendelen har pendlet fra venstre til høyre.

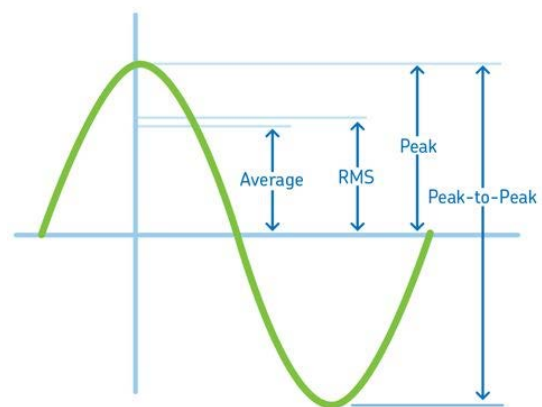


Figur 10: Vibrasjon definisjon

Nivået til akselerasjon, hastighet og forskyvning forstås av størrelsen på amplituden på sinuskurven. Jo større amplitude, jo større vibrasjon. Disse måleparametrenes totale nivå representerer forskjellige typer feil. Og generelt brukes forskyvning/hastighet for måling av lavfrekvent vibrasjon (0-1000Hz) og akselerasjon til høyfrekvent vibrasjon typisk 1000-10000 Hz. Uavhengig av hvilken enhet man måler vibrasjon i så er det ulike måter å måle denne på:

- Peak = senter av amplitude til bølgetopp
- Peak-peak = bølgedal til bølgetopp (brukes for enveloping)
- RMS = Root Mean Square = Gjennomsnitt av alle topper og bunner i 2. potens for å oppheve negative tall.

$$RMS = \sqrt{A^2/2}$$



Figur 11: Amplitude måling (SKF materiale)

RMS fungerer for periodiske vibrasjonssignaler. Ikke enkelt impulser som eks. lagerskader genererer. Avhengig av type maskin/komponent og type vibrasjon man ønsker å måle, så benytter man seg av ulike metoder. I roterende utstyr så måler man rotorvibrasjonsnivå (typisk 0-1000 Hz) med forskyvning i glidelagrede maskiner og hastighet RMS i kule- og rullelagrede maskiner. Høyfrekvent gir og lagervibrasjon måler man med akselerasjon true peak-peak (typisk 0-10 KHz).

4.2.1 Maskin og komponent signatur

I en maskin vil det være bevegelser (vibrasjoner) fra mange forskjellige kilder. Summen av alle disse utgjør en total signatur for hele maskinen. I vibrasjonskontroll ønsker man å dekomponere signalet og analysere hver enkelt del/komponent. Dette kan vi gjøre ved å se på frekvensområdet for den aktuelle delen/komponenten. Frekvens er antall ganger en hendelse skjer pr. tidsenhet. Innen vibrasjon så bruker man følgende frekvensenheter:

- Hz = Hertz – svingninger pr. sekund
- CPM = Cycles Per Minute – 1 CPM betyr at hendelsen gjentar seg 1 gang pr. minutt
- RPM = Revolutions Per Minute – omdreininger pr. minutt.

Generelt kan vi si at økt masse gir lavere egenfrekvens. Bevegelse fra små komponenter, støv, partikler og urenheter i rullelager genererer høye frekvenser. Med moderne vibrasjonskontroll utstyr så kan man isolere det frekvensområdet man ønsker å se på, eks. 10-10000Hz. For Enveloping velges filter eller frekvensområde vist i figur 12. Det kan by på utfordringer fordi enkelte komponenter eller typer feil kan dukke opp i ulike frekvensområder. Det mest brukte filteret er filter 3; 500-10000Hz.

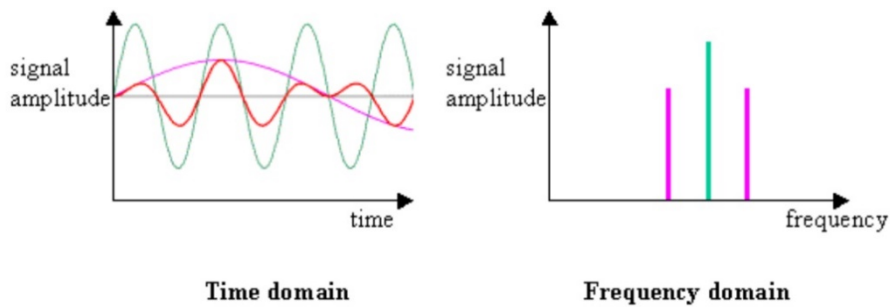
Enveloping Settings Microlog			
Filters	Frequency Band	Speed Range	Analyzing Range
1	5 – 100 Hz	0 – 50 RPM	0 – 10 Hz
2	50 – 1,000 Hz	25 – 500 RPM	0 – 100 Hz
3	500 – 10,000 Hz	250 – 5,000 RPM	0 – 1,000 Hz
4	5,000 – 40,000 Hz	2,500 – ... RPM	0 – 10,000 Hz

Figur 12: SKF filter og frekvensområde (SKF materiale)

4.2.2 Acceleration enveloping og FFT analyse

SKF bruker en teknikk kalt «acceleration enveloping». Her måles akselerasjon i true peak-peak med et akselerometer og oppgis i enheten gE, som er akselerasjon oppgitt i G-krefter (1 G=9,81 m/s²). True peak-peak brukes fordi støtpuls-vibrasjoner fra lagerskaden da blir målbar. Med enveloping filtreres lavfrekvent vibrasjon bort og repetitive utslag (eksitasjonskildefrekvensen) som gjentar seg i et mønster forsterkes. Denne teknikken er spesielt gunstig for å finne lagerskader, fordi skader på de ulike delene av et lager ofte vil gjenta seg i et fast frekvensmønster. Det er dette man ser etter i en analyse, og som analyse programvare identifiserer automatisk.

Vibrasjonsanalyse gjøres med FFT (Fast Fourier Transform) av data. Vibrasjons nivå-tids data gjøres om til nivå-frekvens data kalt et FFT-spektrum (fig. 13). Spektrumet viser frekvens på x-aksen og amplitude (nivå) på y-aksen. Frekvens ($1/T$) kan vises i Hz eller CPM. Nivå vises i måleenhet avhengig av om man måler forskyvning (mm), akselerasjon (m/s^2) eller hastighet (mm/s).



Figur 13: FFT (Collins, 2019)

Alle lager har egenfrekvenser for de ulike delene som lageret består av:

- Innerring (BPFI)
- Rullelementer (BSF)
- Holder (FTF)
- Yttering (BPFO)

Når man vet turtallet på akslingen, og hvilket lager som står på denne, så kan man også finne frekvensene til de ulike delene til lageret. I SKF Engineering calculator (fig. 14) kan man beregne disse:

Bearing Frequencies Calculator

This calculator is used to calculate the different bearing defect frequencies of bearing applications. One can search for an existing SKF bearing or input the different bearing parameters manually. The bearing defect frequencies can be displayed in Hertz, CPM or in orders of the rotational speed.

Bearing Data

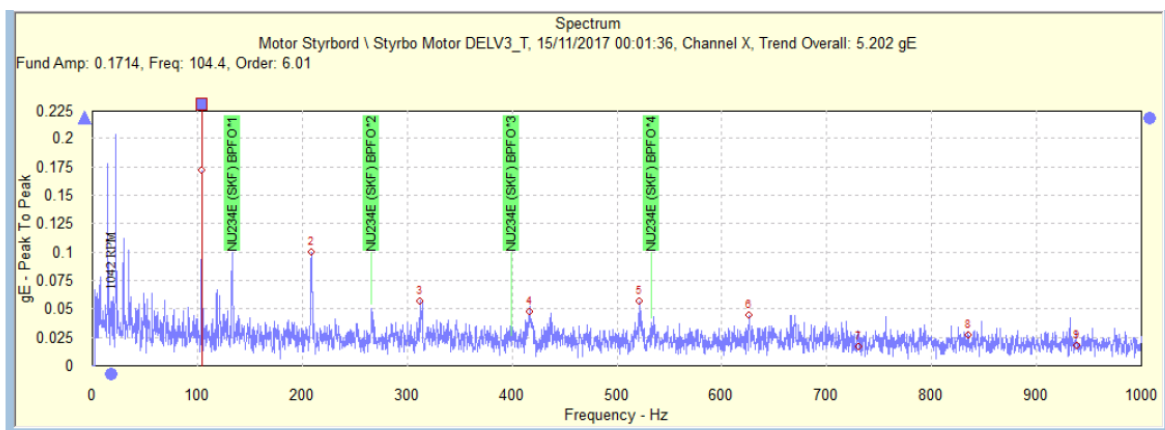
- 1 SKF bearing designation*
- 1 Measurement system Metric Imperial
- 1 Bearing type*
- 1 Pitch diameter* in
- 1 Rolling element diameter* in
- 1 Number of rolling elements (per row)*
- 1 Contact angle* degrees
- 1 Rotational speed* rpm
- 1 Rotating ring* inner outer

Output

- 1 Hertz CPM Orders
- 1 Shaft speed frequency 50.000 Hz
- 1 Inner race defect frequency (BPFI) 521.030 Hz
- 1 Outer race defect frequency (BPFO) 378.970 Hz
- 1 Cage defect frequency (FTF) 21.054 Hz
- 1 Ball spin frequency (BSF) 152.342 Hz
- 1 Rolling element defect frequency 304.684 Hz

Figur 14: SKF Engineering Calculator

Slik kan man se etter frekvenser i de aktuelle frekvensområdene, eller benytte seg av analyseprogram (fig. 15) som automatisk detekterer dem:

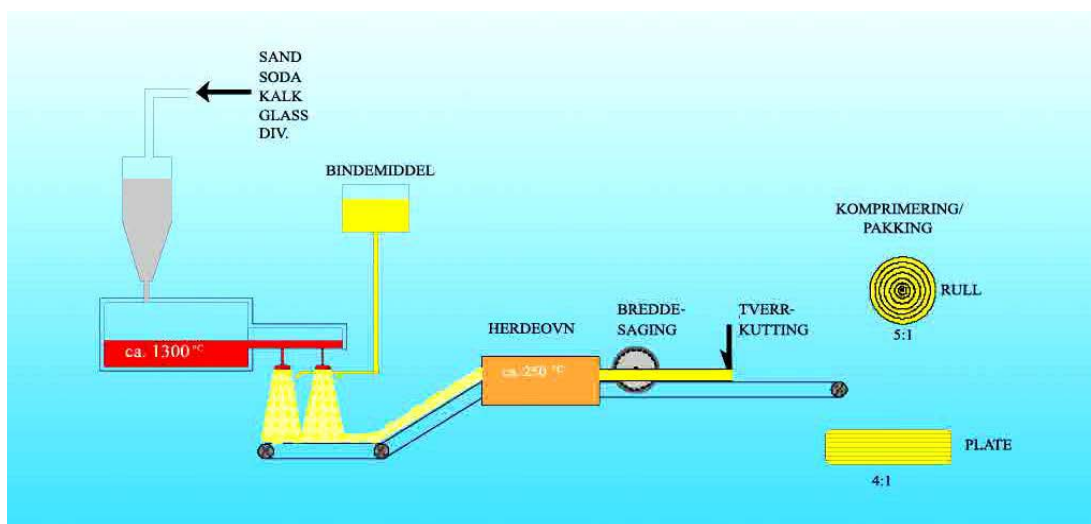


Figur 15: @ptitude Analyst

Utslag på frekvensene til innerring, rulleelementer, holder eller yttering bekrefter lagerskade. Med kunnskaper om maskinen, driftsforholdene, tidligere erfaring og historikk, kan man også si noe om hva som forårsaket lagerskaden, og hva som kan gjøres for å forebygge den.

5 Glava Askim

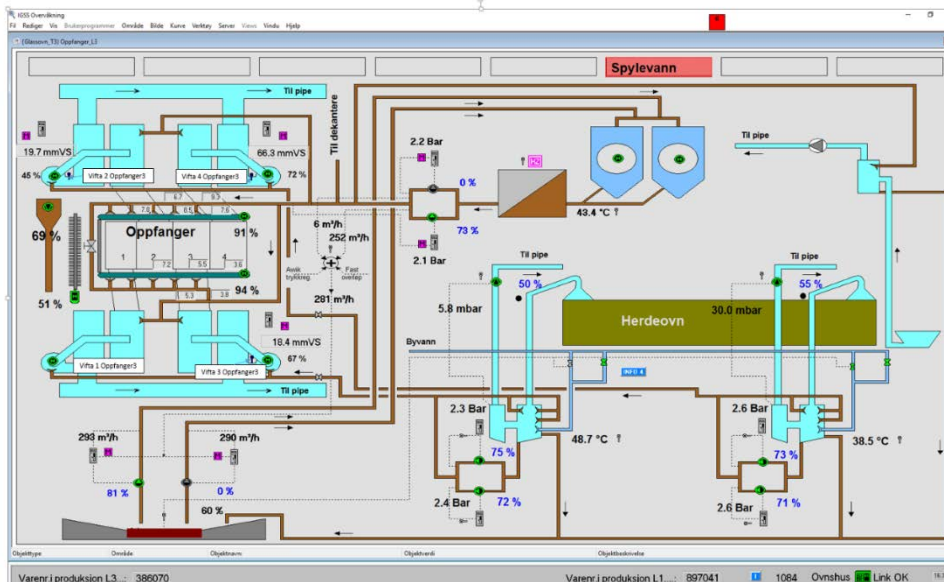
5.1 Produksjonsprosess



Figur 16: Skjematisk framstilling av glassullproduksjon

Egenprodusert eller innkjøpt knust glassmasse tas inn i flere inntak sammen med annet råmateriale. Riktig mengde av hver enkelt ingrediens doseres, og et belte transporterer råmaterialet til smelteovnen som holder 1300 grader. Her legges et teppe med glass over den smeltede massen. Elektroder varmer glasset som er elektrisk ledende når det er flytende. Ved oppstart av ovnen brukes gass som varmekilde. Fra ovnen går flytende glass gjennom en feeder belagt av keramisk stein for å isolere. Ovnene må gå hele tiden for å unngå at massen størkner, og glass legges på så lenge produksjonen er i gang. Ved overskuddsproduksjon fra ovnen går dette til et vannkar. En feeder transporterer flytende glass til spinnere hvor glassull spinnes i høy fart ved hjelp av trykkluft og tilsettes bindemiddel. Glassull spinnes oppå lameller som spyles med vann for kjøling og for å unngå at glassullen setter seg fast. Lamellene har et undertrykk på undersiden slik at vann og overflødig bindemiddel trekkes ned i et oppfangersystem, mens glassullen ligger igjen på lamellene. Det hele er en

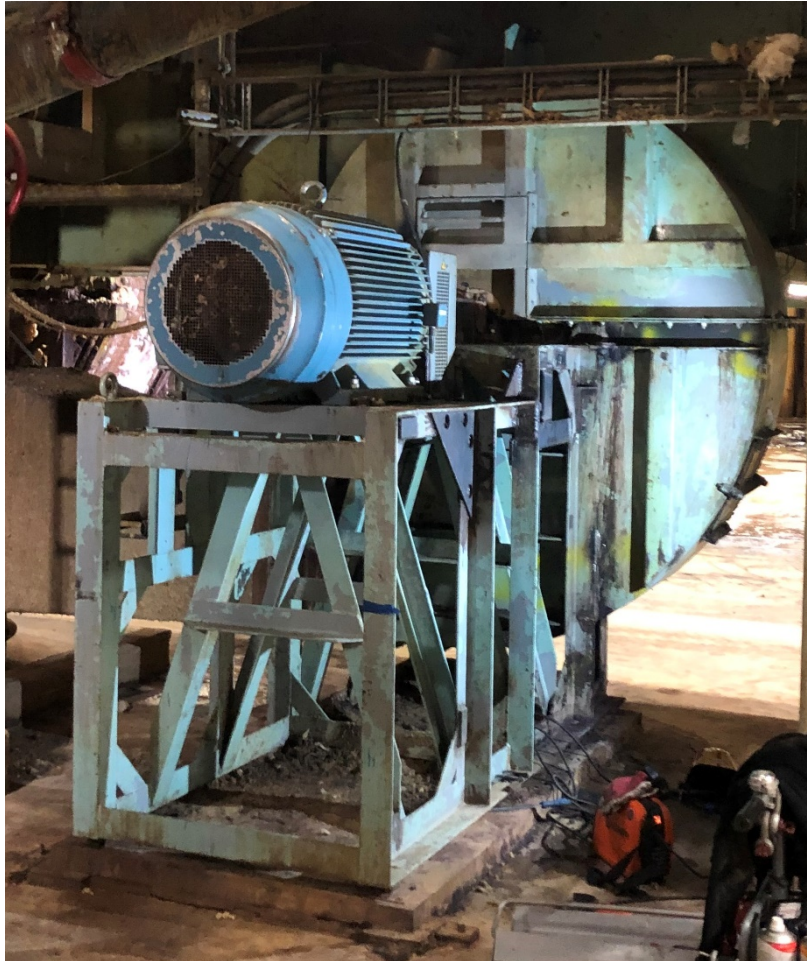
kontinuerlig prosess, og lamellene er utformet som et transportbånd som bringer glassullen vider til en herdeovn der mattene formes og herdes.



Figur 17: Prinsippskisse produksjonslinje

5.2 Vifter i oppfangersystem

Oppfangersystemene med vifter er en kritisk del av produksjonslinjene i fabrikkene. Disse skaper nødvendig undertrykk under lamellene for at glassullen skal legge seg jevnt og gi en homogen struktur på produktet. Det er store radialvifter (fig. 18) med elektrisk motor, de største er på 200 kW.



Figur 18: Vifte 4 oppfanger 3

Avtrekksluften inneholder store mengder glass-støv og rester av herder, noe som medfører at det legger seg som et glasshardt belegg i kanaler, vifteblader og -hus. Dette belegget er hovedårsaken til vibrasjoner i viftene da biter av belegget løsner og skaper ubalanse.

Det er to separate produksjonslinjer ved fabrikken, der den ene består av to eldre linjer som er slått sammen til én. Den eldste har 4 vifter, og den siste (vifte 4) er spesielt kritisk for produksjonen da den må holdes i gang hele tiden. Behovet for undertrykk er avhengig av hvilke produkter som produseres, spesielt en type takplater har behov for stort undertrykk da de har høy densitet. Dette medfører at viftene kjøres på veldig høy hastighet (frekvensomformer gir 60 Hz på maks) noe som medfører høyere belastning på lagre ved ubalanse.

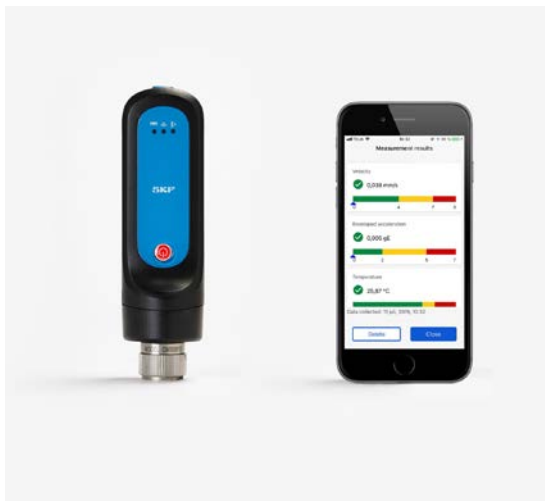


Figur 19: Takplater

5.3 Tilstandskontrollsystem hos Glava

5.3.1 System

Glava har investert i et SKF Data Collect system (fig. 20) som består av:



1. QuickCollect sensor
2. DataCollect app
3. Enlight Center programvare

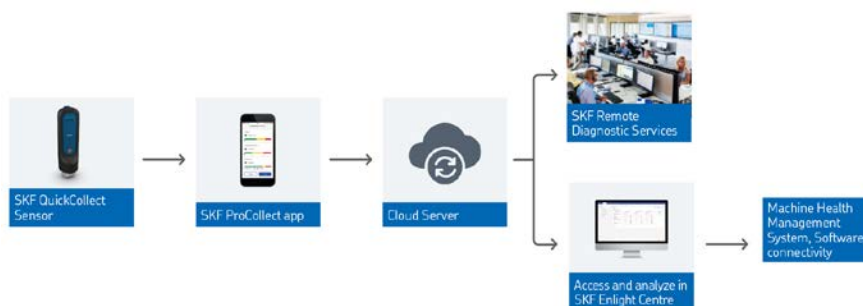
Figur 20: Quick Collect og DataCollect (SKF, 2017)

QuickCollect Sensor (QCS) er en håndholdt vibrasjonssensor som med Bluetooth kommuniserer med app'ene QuickCollect og ProCollect lastet ned på en smarttelefon eller pad. QCS måler temperatur med IR, rotorvibrasjonsnivå (Hastighet-RMS) både totalnivå og FFT-spektrum (ISO-mm/s 10Hz – 1 KHz) og lagervibrasjon både totalnivå og FFT-spektrum 0-2000 Hz (gE-SKF enveloping acceleration band 3, 500Hz-10KHz). Sensoren plasseres på angitt målepunkt på maskinen og man tar en måling i løpet av få sekunder. En rask indikasjon på tilstanden til maskin og lager vises på en skala med grønn, gul eller rød farge, se figur 20.

DataCollect app for smarttelefon eller Pad er en datainnsamlings app for alle typer inspeksjons- og prosessdata. I appen utføres:

1. Automatisk nedlasting av måleruter til appen fra SKF Enlight Center
2. Datainnsamling i måleruter
3. Analyse og trending av vibrasjons- og inspeksjonsdata.
4. Overføring av data ved hjelp av Wifi eller 4G brukes som kommunikasjon til SKF Enlight Center for avansert analyseservice i fra SKF.

Enlight Center er en web-basert software i SKF Cloud som har grunnleggende funksjoner for konfigurering og analyse av vibrasjonsmålinger og inspeksjonsdata. I Enlight Center konfigureres målerutene, oppsett, terskler og alarmer. Etter at man har gjort målinger med QCS laster man data over til Enlight Center som vist i figur 21.



Figur 21: QuickCollect system (SKF, 2017)

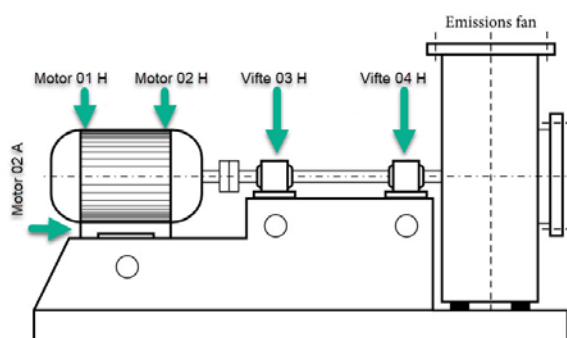
5.3.2 Målepunkter og rutine

Glava tok i bruk SKF tilstandskontroll systemer fra januar 2019. For å overvåke vibrasjonstrenden så er det nødvendig med jevnlig målinger. Dette var en utfordring til å begynne med, med manglende og sporadiske målinger. Resultatene var også vanskelig å sammenligne da målingene ble tatt ved ulike turtall og under forskjellig produksjonsbelastninger. Etter en del utfordringer sommeren 2019 ble rutinene skikkelig etablert fra august 2019. Det er 55 målepunkter, på 9 vifter og 2 kompressorer. Viftene har målepunkter som vist i tabell 1.

Det blir nå gjennomført målinger én gang pr. uke. Sensoren plasseres på angitte målepunkter i figur 22, og kobles til smarttelefon via app. Måling tas, og resultatene lastes opp i skyen.

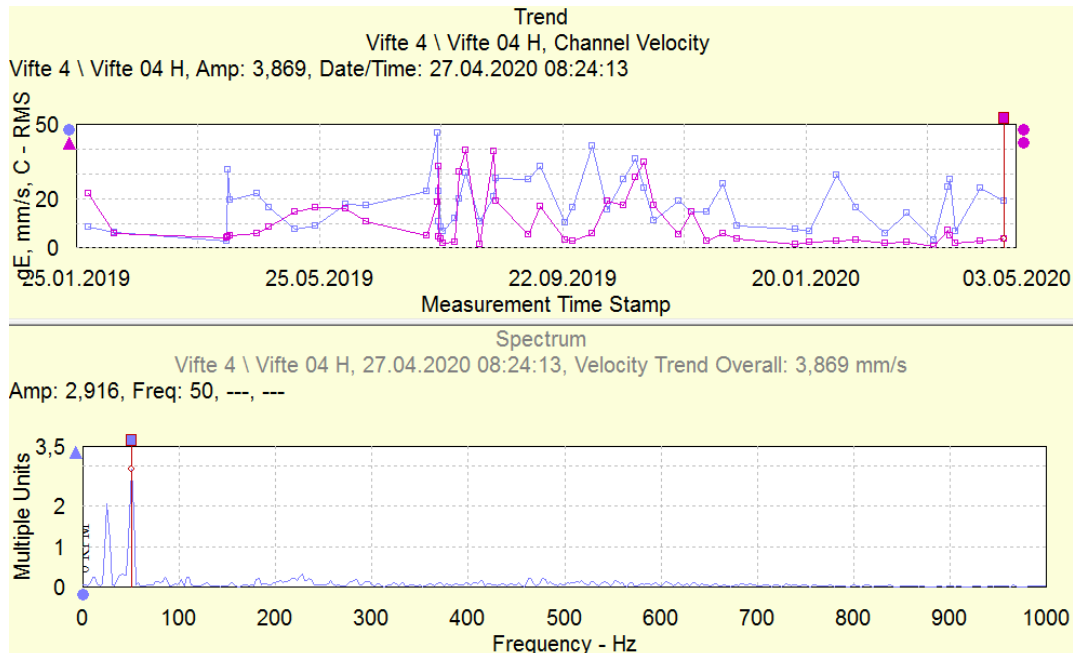
Tabell 1: Målepunkter

Vifte
Motor 01 H
Motor 02 H
Motor 02 A
Vifte 03 H
Vifte 04 H



Figur 22: Målepunkter

I SKF @ptitude Analytst (fig. 23) har man tilgang på alle målinger og kan se trend, nivå og spektrum.



Figur 23: @ptitude Analytst trend og frekvens

SKF har tilgang til dataen og utfører rapport ved avvik, altså når vibrasjonsnivåene når gul eller rød alarm (fig. 20).

5.4 Vedlikehold hos Glava

5.4.1 Mål

Glava har definert følgende mål for vedlikeholdet:

«Vedlikeholdet planlegges for å sikre god kontroll på utstyrets tilstand og et kostnadseffektivt vedlikehold. Ansatte skal ha en effektiv og planlagt arbeidsdag med et minimum av akutte og

uønskede hendelser. Tilgjengelighet for produksjon og produktkvaliteten er høy, samt at varene leveres til rett tid, dette bidrar til en høy kundetilfredshet. Et sterkt samarbeid mellom drift og vedlikehold sikrer kontinuerlig forbedring av våre prosesser»

Videre gjennomfører Glava målinger og styring mot nøkkeltall for:

- Sikkerhet
 - Hendelse- og risikoreduksjon
- Miljø
- Ytelse
 - Feilrate
 - Teknisk pålitelighet for L1, L3, og himlingslinje
- Energi
 - Trykkluft-forbruk ved stopp (instrumentluft)

5.4.2 Strategi

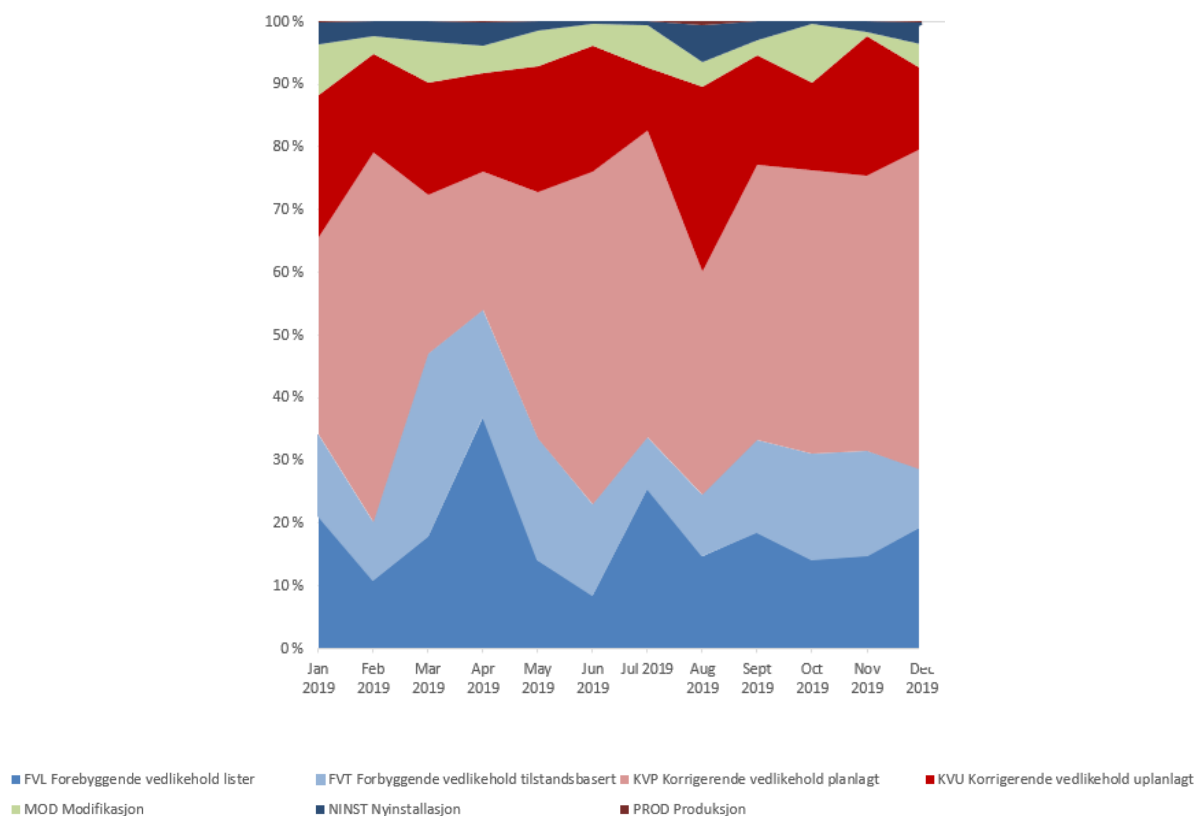
Glava har definert følgende strategi for vedlikeholdet:

«Vedlikeholdet skal organiseres for å sikre at nødvendig spisskompetanse beholdes til kjernevirksomheten. Tilrettelegge for en kultur med ansvarsfølelse ovenfor utstyr og best mulig utnyttelse av kompetanse. Effektive arbeidsprosesser som er enkle og praktiske skal sikres av et godt IT-system. Det vil også være grunnlaget for oppfølgingen av nøkkelindikatorer. Regelmessige gap-analyser på utvalgte områder skal sikre optimal utnyttelse av våre ressurser på en kostnadseffektiv måte».

Det skal være fokus på de grunnleggende arbeidsprosessene. Den viktigste arbeidsprosessen for vedlikehold er: arbeidsordresystemet. For å sikre at våre spesialister i fremtiden bruker tiden sin til "å skru" skal vi satse på planlegging - få en optimal bruk av spisskompetansen i vedlikeholdsavdelingen.

5.4.3 Organisering av vedlikehold

Glava har ca. 20 medarbeidere i vedlikeholdsavdelingen fordelt på elektro/automasjon, mekanisk og bygg. Vedlikeholdssystemet View står sentralt og brukes til arbeidsordre. Her kategoriseres vedlikeholdet i forbyggende vedlikehold lister (FVL) og tilstandsbasert (FVT), og korrigerende vedlikehold planlagt (KVP) og uplanlagt (KVU). I 2019 så ble tiden brukt som vist i figur 24.



Figur 24: Glava vedlikeholdsarbeid fordelt pr. arbeidsgruppe

FVL blir gjort ut ifra rundelister med ulik frekvens, alt fra hver uke til en gang i året. For viftene blir det gjennomført FVL en gang i uken. Her smøres lager og det kontrolleres for vibrasjoner, lekkasjer, sikkerhetsutstyr og maskinsko (fig. 25).

View Maintenance | Vetrova Natlia | Meldinger: 15273 Avbryt

Rundepunkt

1-2148-2.02 - Kontroll, smøring av vifta **VIEW**™

Rundepunkt detaljer +Dokument

- 1 - ASKIM
 - 1-2 - ASKIM - OVNSHUS
 - 1-21 - OPPFANGER 1, LINJE 1.
 - 1-2148 - Avsug og vasketårn for oppfanger L-1
 - 1-2148-2 - Oppfangervifte 2

Antall:	1	Frå:	07.02.2020
Kategori:	Kontroll/etterfyll	Til:	11.02.2020
Faggruppe:	Mekaniker		
Frekvens:	7 dager	Sist utført:	31.01.2020
Objekt:	1-2148-2 Oppfangervifte 2	Lokasjon:	Askim Kjeller fabrikk 71
Krever driftstans:	Nei	Analysepunkt:	Nei

Beskrivelse

Smøre aksel lager x 2 - 4-5-pump.
 Smøre lager på motor x2 - 2-3-pump.
 Sjekk etter ulyder og vibrasjoner
 Se etter lekkasje, skader
 Kontroller sikkerhets utstyr
 Kontroller maskinsko

<< Rediger Kopier

Runde

037 Kontroll / Smøring OH

Dato	Kl	Initialer	Mengde	Merknad
31.01.2020	09:50	VTR		0
16.01.2020	12:20	VTR		0
29.10.2019	10:13	VTR		0
21.10.2019	13:16	VTR		0
05.09.2019	11:50	VTR		0

Figur 25: Glava vedlikeholdssystem

Det lages ellers en detaljert vedlikeholdsplan for 1-3 skift. Her justeres plan og FVT og KVP legges inn. Hver 4-9. uke må anlegget rengjøres på grunn av belegget som kommer fra glassullproduksjonen. Det er ulike typer rengjøring; ved 7, 24 og 72 timer. Da stoppes produksjonen og utstyret spyles med høytrykk med 240 eller inntil 1000 bar. For enkelte deler brukes også lutbad eller belegget meisles av. En gang i året om sommeren har anlegget vedlikeholds-stopp i noen uker.

5.5 Mål med tilstandskontroll

Et viktig mål til vedlikeholdsavdeling er å maksimalisere teknisk tilgjengelighet for deres produksjonslinjer. Teknisk tilgjengelig betyr at en produksjonslinje er i teknisk stand til å produsere. Teknisk tilgjengelighet presenteres som et % nøkkeltall og regnes ut ved:

$$\frac{\text{Planlagt teknisk tilgjengelighet} - \text{uplanlagte stopp}}{\text{Total spinnertid}}$$

Uplanlagte stopp er mekanisk og elektrisk vedlikeholds-stopp eksklusive brukerfeil og prosess-stopp. Total spinnertid er planlagte produserende timer multiplisert med antall spinnere på linjen. Ved hjelp av vibrasjonskontroll er målet å styre alle lagerbytter på de 9 kritiske viftene til planlagte stopp hver 4-9. uke. Påbegynnende lagerskader registres og overvåkes nærmere. Så fort skaden nærmer seg terskelnivå planlegges bytte av lager til nærmeste planlagte stopp.

5.6 Teknisk tilgjengelighet L1 og L3 for 2018

I 2018 så hadde Glava i gjennomsnitt 45,7 timer/mnd uplanlagt mekanisk stopp og en teknisk tilgjengelighet på 97,2 % på L1, og 42,2 timer/mnd uplanlagte stopp og teknisk tilgjengelighet på 96,6 % på L3. Tabell 2 og 3 gir oversikt over stoppene.

Tabell 2

L1	2018			
	Mekanisk stopp	Mekanisk og el. stopp	Total spinnertid	TT 2018
Jan 2018	13,7	37,7	3641,8	98,97
Feb 2018	31,7	42,2	2520,7	98,33
Mar 2018	22,4	51,5	2667,9	98,07
Apr 2018	88,3	130,8	3312,2	96,05
May 2018	43,1	91,4	2921,6	96,87
Jun 2018	45,8	65,8	3115,1	97,89
Jul 2018	34,3	72,1	964,2	92,52
Aug 2018	72,7	103,1	3720,0	97,23
Sept 2018	55,7	77,2	3599,0	97,86
Oct 2018	65,1	97,6	3711,3	97,37
Nov 2018	8,5	26,8	3582,5	99,25
Dec 2018	67,6	132,0	3299,1	96,00
Gjennomsnitt	45,7	77,3	3087,9	97,2

Tabell 3

L3	2018			
	Mekanisk stopp	Mekanisk og el. stopp	Total spinnertid	TT 2018
Jan 0	15,7	95,9	2136,7	95,51
Feb 2018	39,9	61,1	1729,1	96,47
Mar 2018	18,5	34,9	1866,0	98,13
Apr 2018	21,0	36,0	1976,8	98,18
May 2018	72,6	93,7	1732,5	94,59
Jun 2018	33,6	66,9	2160,0	96,90
Jul 2018	59,1	64,9	1647,6	96,06
Aug 2018	8,7	13,3	1844,4	99,28
Sept 2018	75,4	119,2	2160,0	94,48
Oct 2018	20,1	29,3	2221,6	98,68
Nov 2018	103,0	103,0	2160,0	95,23
Dec 2018	38,9	87,6	1959,8	95,53
Gjennomsnitt	42,2	67,2	1966,2	96,6

I 2018 ble det registrert 147 timer korrigerende vedlikehold på viftene relatert til lager og vibrasjoner. Det er vanskelig å vite hvor mye av dette som har resultert i uplanlagte stopp da det ikke kommer tydelig frem i analyserte data. Ut ifra det vi har dokumentert så beregner vi ca. 33 timer på L1. Det er registrert 1 time forebyggende vedlikehold på viftene relatert til lager og vibrasjoner i 2018.

6 Resultater i perioden

6.1 Erfaringer fra prosjektet

6.1.1 Observasjoner fra prosjektgruppen

Perioden februar-juli 2019 ble påvirket av at Glava prøvde ut et nytt mer miljøvennlig bindemiddel. Bindemiddelet er en blanding av fenol, formalin, urea og vann, og har som funksjon å binde glassullen sammen. Samtidig legger det seg på produksjonsutstyr og medfører det som kalles groing. Den akselererte groingen førte til økt ubalanse og vibrasjoner i viftene. Dette gikk spesielt ut over vifte 4 i oppfanger 3, som måtte bytte lager 3 ganger i perioden mars-juli. Case 1 beskriver dette nærmere. Fra juli ble montering med hydraulisk mutter implementert hos Glava. Dette ga etter tilbakemelding fra vedlikeholdsavdelingen umiddelbare resultater. Viften har pr. dags dato ikke skiftet lager siden. Samme metode ble også brukt på vifte ved hoved-ovn med tilsvarende resultat.

Perioden juli-desember hadde ikke de samme utfordringen med groing. Dette ga mindre ubalanse og vibrasjoner, men allikevel høye vibrasjoner på enkelte av viftene. Det oppstod også en hendelse med et knekt vifteblad beskrevet i case 3. Fast rutine med måling hver uke ble etablert fra august. Denne rutinen ble holdt siden. I oktober rapporterte SKF lagerskade på vifte 2 i oppfanger 1. Glava oppdaget også lagerskade på vifte 5 på oppfanger 2 gjennom forurenset olje. Lager på begge viftene ble skiftet ved planlagt stopp i desember. Vedlikeholdsavdelingen opplevde mer kontroll i perioden etter sommeren. Dette viser også tallene på uplanlagte stopp for perioden, se tabell 4 og 5.

Tabell 4

L3	2018				2019			
	Mekanisk stopp	Mekanisk og el. stopp	Total spinnertid	TT 2018	Mekanisk stopp	Mekanisk og el. stopp	Total spinnertid	TT 2019
Gjennomsnitt	49,2	70,5	2069,2	96,6	23,2	35,1	1953,6	98,20
Utvikling					-52,9 %	-50,2 %	-5,6 %	1,6 %

Tabell 5

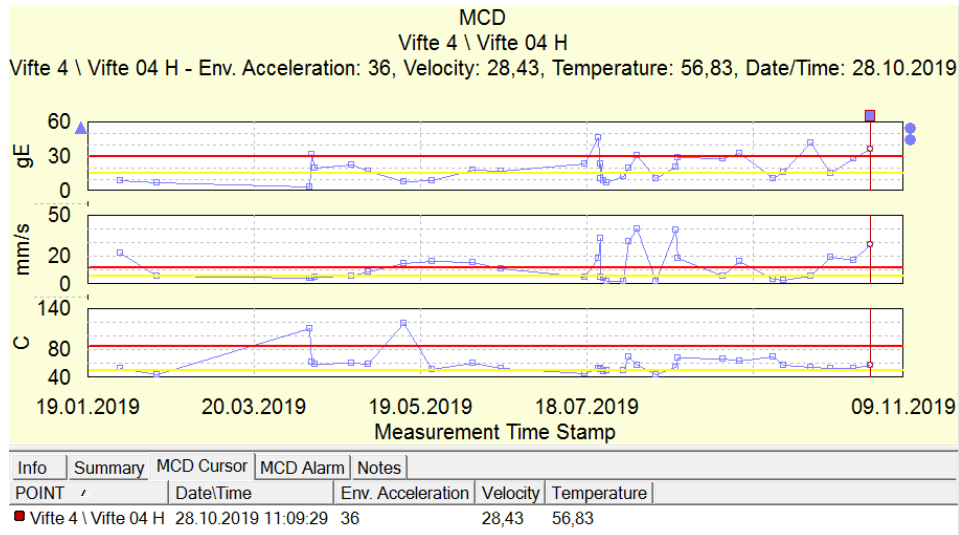
L1	2018				2019			
	Mekanisk stopp	Mekanisk og el. stopp	Total spinnertid	TT 2018	Mekanisk stopp	Mekanisk og el. stopp	Total spinnertid	TT 2019
Gjennomsnitt	53,9	87,3	3582,4	97,5	19,2	34,0	3186,8	98,93
Utvikling					-64,4 %	-61,1 %	-11,0 %	1,4 %

Vi har inntrykk av at det ble jobbet målrettet i hele perioden. Det var fokus på bruk av arbeidsordreregisteret, og å få en mer planlagt hverdag. Ansvarlig for tilstandskontroll på viftene viste eierskap og interesse hele veien. Fra sommeren ble det også mer tid til å jobbe mer fokusert med vibrasjonskontroll. Det ble også gjennomført kurs innen lagerteknikk i november. Mulighet til å jobbe fokusert og utvikle spisskompetanse mener vi kan være en av nøklene til videre suksess.

Vi har inntrykk av at samarbeidet mellom Glava og SKF kan struktureres bedre. Det er mange involverte uten klart definerte roller og ansvar, og sporadisk kontakt og deling av informasjon.

6.1.2 Case 1: Vifte 4, oppfanger 3; Ubalanse og høye vibrasjoner

Viften har gjennom hele perioden hatt høye mm/s vibrasjoner som vist i figur 26. I perioden med problemer med økt groing så var vibrasjonene veldig høye. Fra mars-juli 2019 ble det byttet lager 3 ganger. Dette resulterte i uplanlagt stopp og tapt produksjon.



Figur 26: @plitude Analyst, gE, mm/s og temp.

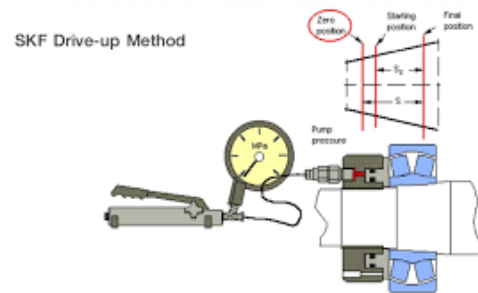
27. juni besøkte servicetekniker fra SKF Glava for å kartlegge. Her ble det avdekket at lagrene på viftene monteres manuelt og måles med bladsøker etter montering. Det er med denne metoden både vanskelig å montere med riktig klaring, og vanskelig å måle klaringen da de sfæriske lagrene beveger seg når man bruker bladsøkeren.

Serviceteknikeren fra SKF anbefalte å gjøre om på lagerarrangementet. Koblingen mellom motor og vifteaksling forårsaket press på carb-lageret og begrenset muligheten for aksielle bevegelser. Man satte derfor sfærisk rullelager mot kobling og carb-lager mot viftehjul. På denne måten stoppet man press fra koblingen og ga mulighet til opptak av aksielle bevegelser i carb-lageret. Det ble også etablert ny metode for montering med hydraulisk mutter og drive-up metode (fig. 28). Man driver da lagrene opp på en hylse ved hjelp av en hydraulisk mutter og beregnet pumpetrykk. Oppdrivingen blir da nøyaktig og klaring riktig. For å bruke hydraulisk mutter ble det laget en serviceluke (fig. 27) på viften slik at akslingen kunne vippest opp og mutter tas på.

Resultatene fra bruk av drive-up metode har vært veldig gode og man har implementert metoden andre steder også.



Figur 27: Serviceluke på vifte 4 oppfanger 3

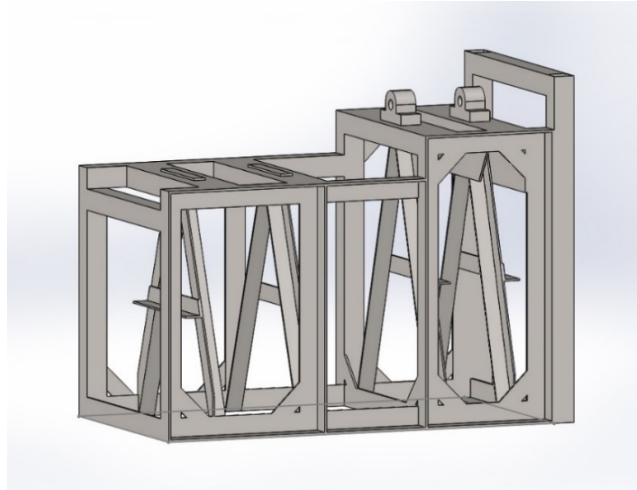


Figur 28: SKF Drive-up metode (SKF, 2019)

6.1.3 Case 2: Vifte 4, oppfanger 3; Sprekker i vifteramme

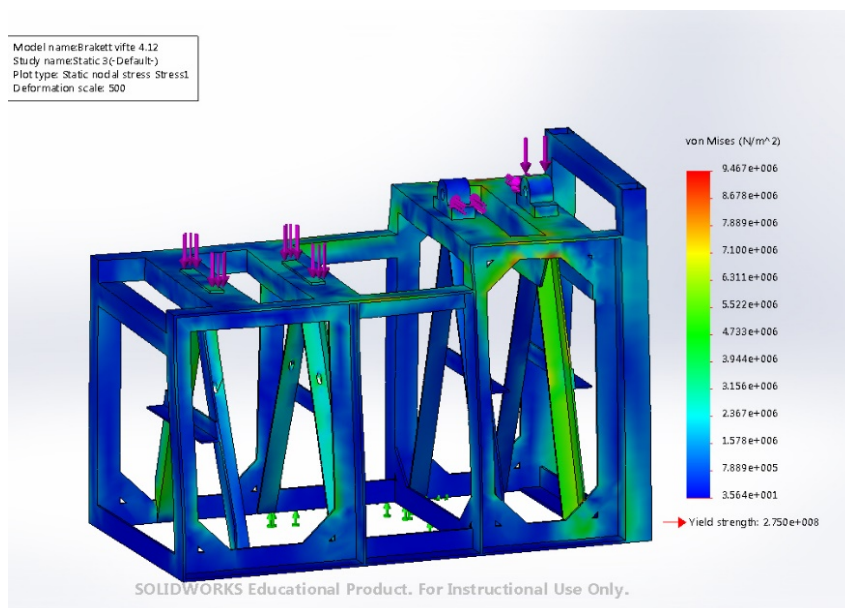
Et av de største problemene i produksjonslinja hos Glava er sprekkdannelser i vifterammen på vifte 4 i oppfanger 3. Dette er den eldste delen i produksjonslinja, og det ble ytret et ønske fra vedlikeholdsavdelingen om vi kunne bidra til å finne aktuelle løsninger på problemet med rammen.

Årsaken til sprekkdannelsene er dynamisk belastning over tid, forårsaket av store vibrasjoner på grunn av belegget på viftebladene. At deler av belegget løsner, skaper enda større ubalanse og større vibrasjoner. Det er vanskelig å beregne påvirkningen av dette teoretisk, da informasjon om masse på belegget og de forskjellige komponentene er vanskelig å fastslå. Rammen har en kompleks konstruksjon, noe som vanskeliggjør beregningene. Vi har designet en modell av rammen i SolidWorks (fig. 29), og kjørt utallige statiske tester på den (fig. 30). Vi har også forsøkt dynamiske tester, men inndataene er for usikre for pålitelige resultater.



Figur 29: Tegnet modell i opprinnelig form

Testene ble utført ved å legge på last (force) på motorfester og lagerbukker, samt varierende horisontalbelastning for å simulere belastningen av ubalanse (fig. 30). Det ble satt inn fast montering mot underlaget, da data om fleksibiliteten på maskinføttene ikke er tilgjengelig. Det ble observert at det var liten avdemping mot underlaget, noe som ble bekreftet fra vedlikeholds-ingeniør, da vibrasjonene fra vifta kunne merkes helt inn i kontoravdelingen ved stor hastighet og ubalanse.



Figur 30: Static test i SolidWorks



Figure 31: Vifte 4 med utførte reparasjoner og forsterkninger

Testene (statisk) viser moderat belastning på rammen, med høyest belastning der det er utført reparasjoner, se figur 30 og 31. Påvirkning av dynamisk belastning over tid er komplisert å beregne, og blir ofte basert på destruktiv testing av konstruksjonen. Da rammen stadig får sprekker og må repareres og forsterkes så kan vi konkludere med at belastningen her er destruktiv og forholdene lignende de som ville vært i en destruktiv test. Konstruksjoner med mange sveiseforbindelser vil ofte svekkes over tid da sprekkdannelser i sveisen og varmpåvirkning vil redusere levetiden. I dynamisk påkjente konstruksjoner telles antallet sykler for å beregne levetid. En utregning på konstruksjonen her i løpet av eksempelvis 8 uker ved full belastning gir veldig høye tall. Det ble opplyst at motoren kjøres på 60 Hz ved maksimal hastighet:

$$1490 \text{ rpm} \times 60/50 \times 60 \text{ minutter} \times 24 \text{ timer} \times 56 \text{ dager} = 1,44 \times 10^8 \text{ sykler.}$$

Dette er et ekstremt høyt tall, som sannsynligvis vil forårsake sprekker på utsatte steder. Konklusjonen er at den totale påkjenningen over tid er for stor.

Oversatt utdrag fra Kompendium “*Fatigue and Fracture Design of Marine Structures*”:

Tretthetsskader oppstår ved syklisk belastning over tid. En lastvariasjon etter en sinusoidal funksjon brukes vanligvis i tretthetstesting, der tester utføres under konstant belastningsområde. Tretthet er påkjenninger hovedsakelig i høysyklusområdet. Høysyklustretthetsområdet (HCF) omfatter levetid fra rundt 10^5 til 10^7 sykluser hvor stresset i hovedsak er elastisk. Tester kan derfor utføres ved konstant stressområde, med høyere frekvens (vanligvis 2 - 30 Hz).

Ved lave stressnivåer kan prøvene ha "uendelig" liv, dvs. lengre enn rimelig testtid. Vanligvis er en maksimal levetid definert et sted i området 10^5 til 10^7 sykluser. En tretthetsgrense kan defineres, der det ikke blir noen tretthetsskade. Konseptet med en tretthetsgrense gjelder bare hvis all lasten på grunn av sykluser er under grensen. Flere studier som bruker høyfrekvent testing (10-50 kHz) har vist at det er en annen tretthetsgrense utover 10^8 sykluser. Testing i dette området har vært begrenset til noen høystyrke stål og aluminiumlegeringer, og disse har en tendens til å svikte på grunn av interne mikroskopiske defekter som er innesluttet i materialet. Tretthet er forårsaket av syklisk belastning, i de fleste tilfeller laster mindre enn flytegrensen til et gitt materiale, og er en syklus etter syklus prosess med skade-akkumulering. Skaden pr. syklus kan være ganske ubetydelig, i de fleste tilfeller ikke påviselig selv ved sensitive måleinstrumenter.

I store sveisede strukturer er det alltid en sannsynlighet for at sprekker og defekter er til stede, enten som sveisefeil, eller som tretthetssprekker eller andre typer skader. Mulig påvirkning på materialstyrke fra defekter må derfor tas i betraktning.

(Ås, 2017)

6.1.3 Case 3: Vifte 1, oppfanger 3; Knekt vifteblad

I august 2019 ble det oppdaget av vedlikeholdsavdelingen at en del av viftebladet hadde knekt av under drift. Årsaken er ikke undersøkt nærmere i prosjektet. Det oppstod ingen skader, og delen ble sveist på viftebladet igjen.

6.1.4 Case 4: Smørerutiner på viftene

To av oppfangerviftene er oljesmurte, syv er fettsmurte. De fettsmurte viftene smøres en gang hver uke med et ca. antall pump. Både viftelager og motorlager smøres, totalt 4 smørepunkter. Det er ikke kartlagt nærmere hvilke vurderinger som ligger bak valg av fett-type, -mengde og intervall. Ifølge arbeidsordre har man prøvd ulike typer fett de siste årene. De oljesmurte viftene har oljefylte lagerhus for viftelagrene. Oljenivå-glass sjekkes hver uke og det etterfylles ved behov. Man har også mulighet til å kontrollere for partikler i oljen ved behov. Oljen skiftes ellers 1 gang i året. Motorene på viftene er også fettsmurte og smøres manuelt med et ca. antall pump en gang i uken.

6.1.5 Case 5: Reservedeler

Det brukes stort sett SKF lager og tilhørende deler som kjøpes inn fra hovedsakelig to lokale forhandlere. Under besøk 27. juni 2019 så ble det observert SKF-deler som ikke passet sammen. Dette kan ha fremprovosert lagerskade. Det er stadig oppdateringer av lager og tilhørende deler med nye betegnelser. Nye løsninger kan komme med nye betegnelser samtidig som de gamle betegnelsene fortsetter i en periode.

6.2 Erfaringer fra Glava

6.2.1 Erfaringer fra Glava Vedlikehold

For vedlikehold generelt så skjedde det flere endringer fra 2018 til 2019. Man satte fokus på at fabrikken skulle gå uten stopp i planlagt produksjonstid. Økt etterspørsel satte press på produksjonskapasiteten, så man måtte unngå uplanlagte stopp og tapt produksjon. Vedlikehold skulle derfor styres til planlagt stopp. I praksis så ble flere arbeidsordre registrert

fortløpende slik at man kunne ta disse som FV eller KVP under planlagte stopp. Med god kunnskap om maskiner, ressurser og tidsomfanget av jobbene kunne man utnytte de planlagte stoppene bedre. Det har blitt betydelig travlere i de planlagte stoppene siden man begynte med dette. Registrering av arbeidsordre har også gitt mulighet til i større grad å kategorisere i arbeidsgruppene; FVL, FVT, KVP og KVV. Slik har man fått oversikt og kunnet utarbeide FVL for rutine vedlikehold som f.eks. smørerutiner.

QuickCollect var et av verktøyene som skulle bidra til å styre lagerbytter til planlagte stopp. Man opplever at det er vanskelig å følge trenden på vibrasjonene på grunn av de variable driftsforholdene. En dag kan det være høye verdier og alarm, mens neste dag er nivåene lave igjen. Driftsforholdene avhenger av hva som produseres. Man har klart å følge trenden på enkelte lager, men generelt har det vært vanskelig å konkludere ut ifra målingene alene. Vedlikeholdsavdelingen har derfor måttet bruke kompetanse og erfaring med maskinene til å vurdere om man skal bytte lager og når. QuickCollect har hjulpet til å sette fokus på hvor det kan være lagerskader. Med mulig skade identifisert så har vedlikeholdsavdelingen fulgt denne nøye videre og gjort fortløpende vurderinger. På denne måten har QuickCollect bidratt til å bekrefte at; her kan det være noe, og sørget for at lagerskaden har vært under videre oppsyn. Dette har ført til at man har klart å styre lagerbytter til planlagte stopp. Bruk av QuickCollect har blitt et nyttig verktøy, og man ser at det har gitt resultater der den brukes. Kombinert med økt kunnskap om lagerteknikk og vibrasjoner så har man i dag bedre kontroll på lager i fabrikken. Tidligere så kunne en lagerskade få gå lenge uten at den ble fanget opp. Oppsummert så opplever de at man har fått bedre kontroll og en mer planlagt hverdag.

6.3 Teknisk tilgjengelighet for 2019

I 2019 hadde Glava i gjennomsnitt 24 timer/mnd uplanlagt mekanisk stopp og en teknisk tilgjengelighet på 98,84 % på L1, og 24,8 timer/mnd uplanlagte stopp og teknisk tilgjengelighet på 98,08 % på L3. Se tabell 6 og 7.

Tabell 6

L1	2019			
	Mekanisk stopp	Mekanisk og el. stopp	Total spinnertid	TT 2019
Jan 2018	57,5	75,7	3644,2	97,92
Feb 2018	9,9	26,8	3360,0	99,20
Mar 2018	17,2	51,3	3280,6	98,44
Apr 2018	17,1	17,1	2898,8	99,41
May 2018	34,3	34,3	3489,0	99,02
Jun 2018	34,4	40,8	3305,3	98,77
Jul 2018	21,7	21,7	1835,8	98,82
Aug 2018	38,7	70,9	3184,2	97,77
Sept 2018	24,2	50,3	3575,3	98,59
Oct 2018	0,0	7,4	3351,2	99,78
Nov 2018	23,3	31,5	3484,6	99,09
Dec 2018	9,9	9,9	2338,8	99,58
Gjennomsnitt	24,0	36,5	3145,6	98,84

Tabell 7

L3	2019			
	Mekanisk stopp	Mekanisk og el. stopp	Total spinnertid	TT 2019
Jan 0	27,9	38,3	2185,1	98,25
Feb 2018	22,5	27,6	2016,0	98,63
Mar 2018	21,8	43,0	2232,0	98,07
Apr 2018	7,0	12,5	1570,8	99,20
May 2018	25,0	25,0	2051,1	98,78
Jun 2018	52,6	60,8	1374,5	95,57
Jul 2018	24,5	45,1	1125,4	95,99
Aug 2018	40,5	45,4	2226,7	97,96
Sept 2018	7,9	36,0	1851,6	98,06
Oct 2018	29,1	52,0	2232,0	97,67
Nov 2018	24,7	27,3	2130,2	98,72
Dec 2018	13,6	14,8	1327,8	98,88
Gjennomsnitt	24,8	35,7	1860,3	98,08

I 2019 har vi kartlagt 38 timer uplanlagt stopp på L1 og L3 relatert til lager og vibrasjoner på viftene. Det er registrert 28 timer korrigerende vedlikehold, og 183 timer forebyggende vedlikehold relatert til lager og vibrasjoner på viftene.

Sammenlignet med 2018 ser vi på L1 en 47,5 % reduksjon i mekaniske stopp og en økning på 1,7 % av teknisk tilgjengelighet. På L3 ser vi en reduksjon på 41,3 % av mekaniske stopp og en økning på 1,5 % av teknisk tilgjengelighet. Se tabell 8 og 9.

Tabell 8

L1	2019			
	Mekanisk stopp	Mekanisk og el. stopp	Total spinnertid	TT 2019
Utvikling	-47,5 %	-52,8 %	1,9 %	1,7 %

Tabell 9

L3	2019			
	Mekanisk stopp	Mekanisk og el. stopp	Total spinnertid	TT 2019
Utvikling	-41,3 %	-46,9 %	-5,4 %	1,5 %

6.4 Arbeid relatert til lager i perioden

Vi har gått gjennom arbeidsordre (AO) for 2018-2019 og funnet arbeid direkte relatert til lager. Dette har vi sortert etter arbeidsgrupper (AG) i vedlagte tabell 10 for å gi et inntrykk av omfanget og hvordan dette planlegges/gjennomføres.

Tabell 10

		2018				2019				
Oppfager	Vifte	FVL	FVT	KVP	KVU	FVL	FVT	KVP	KVU	SUM
1	1	1,00				20,00				21,00
	2				7,00		10,00			17,00
	3			46,00						46,00
2	4									0,00
	5			40,00		86,00		10,00		136,00
3	1			24,00	15,00				3,00	42,00
	2			15,00						15,00
	3									0,00
	4					30,00	37,00		15,00	82,00
SUM		1,00	0,00	125,00	22,00	136,00	47,00	10,00	18,00	359,00

FVL = Forebyggende vedlikehold lister

FVT = Forebyggende vedlikehold tilstandsbasert

KVP = Korrigerende vedlikehold planlagt

KVU = Korrigerende vedlikehold uplanlagt

Totalt er det gjennomført 359 timer arbeid relatert til lager. I arbeidsordre-registeret er dette arbeidet beskrevet som:

- Bytte av lager: 156 timer
- Bytte av lager og vifteblad/hjul: 67 timer
- Bytte av lager, vifteblad og aksel: 54 timer
- Bytte av lager, lagerhus og viftehjul: 44 timer
- Bytte av lagerhus og kobling: 15 timer
- Byttet av olje med partikler fra skadet lager: 12 timer
- Vibrasjoner, nye maskinsko: 7 timer
- Kontroll: 4 timer

Arbeid som rengjøring, smøring, sveising av sprekker og hull, høy temperatur, elektriske feil, og annet diverse er ikke tatt med her. En del av dette arbeidet henger også sammen med lager.

Tallene viser en tydelig utvikling fra korrigerende vedlikehold i 2018 til forebyggende vedlikehold i 2019.

6.5 Avviksrapporter fra SKF i perioden

SKF rapporterer avvik ved høye vibrasjoner. I perioden leverte SKF to avviksrapporter med hhv. rød og gul alarm for til sammen tre vifter. To av viftene er det i etterkant skiftet lager på.

- Oppfanger 1, vifte 2, ble det byttet lager på i desember 2019.
- Oppfanger 3, vifte 4, ble det byttet lager på i juni og juli.

Vi kan ikke se at det er skiftet lager på oppfanger 1, vifte 3 i 2019.

6.5.1 Rapport oktober 2019

Det ble rapportert rød alarm på oppfanger 1, vifte 2:

Maskindiagnose nr.1	
Maskinnavn: Oppfanger 1, Vifte 2	Område: Ovnshus
Målepunkt / målepunkter: Vifte 04 H	Rapportdato: 15.10.2019
Aksjons nivå: Alarm	
Som spekteret under viser får vi treff på ytteringskade på lager 23220CC. Trend viser økende verdier.	
Anbefaling: Smøre lager. Vurdere å bytte lager ved anledning.	

Figur 32: SKF avviksrapport okt. 2019

6.5.2 Rapport mai 2019

Det ble rapportert gul alarm på 2 vifter:

Glava as							
Status Maskin Tilstand Jan 2019 - Mai 2019							
D = Danger, A = Alarm, OK= OK, NM= Not measured							
ID	MASKIN NAVN	D	A	OK	NM	mm/	COMMENTS
	Oppfanger 1, Vifte 2			OK			Se Analyse #1
	Oppfanger 1, Vifte 3		A				Se Analyse #2
	Oppfanger 2, Vifte 5			OK			Se Analyse #3
	Oppfanger 2, Vifte 4			OK			Se Analyse #4
	Oppfanger 3, Vifte 4		A				Se Analyse #5
	2 Bars kompressor nr 1			OK			Se Analyse #6
	2 Bars kompressor nr 3			OK			Se Analyse #7
	6 Bars kompressor nr 3			OK			Se Analyse #8
	Summary Machine Condition	0	2	6	OK		

Figur 33: SKF avviksrappport mai 2019

7 Diskusjon og evaluering

7.1 Diskusjon av resultater i perioden

7.1.1 Kommentar og kritikk til resultater

Nøkkeltallene fra Glava viser at man har klart å gå fra korrigerende vedlikehold i 2018 til forbyggende vedlikehold i 2019. Det er registrert flere timer i 2019 enn 2018. En del av dette er fordi man har registrert flere arbeidsordre. Vi har ikke kartlagt detaljert rundt retningslinjene for bruk av de ulike arbeidsgruppene (FVL, FVT, KVU, KVP), men vi har fått vite at det i perioden har vært endringer i arbeidsmetodikk som kan ha gitt utslag her. Det er også avdekket manglende registrerte arbeidsordre i perioden slik at det vil være feilkilder i resultatene.

Prosjektet har kartlagt rundt vedlikehold på viftene L1 og L3. Dette er kun en del av vedlikeholdsarbeidet hos Glava. Et bredere studie av vedlikeholdet ville gitt prosjektet bedre forståelse av helheten og prioriteringene som har blitt gjort. Lager-relatert arbeid er også kun en del av det mekaniske arbeidet. Det er ikke kartlagt i hvor stor grad lager relatert arbeid har påvirket teknisk tilgjengelighet. Prosjektet har kun begrenset innsikt i hvordan aktuelt vedlikeholdsarbeid faktisk gjennomføres. Dette ville bidratt til økt forståelse.

Perioden før sommeren var påvirket av groing og utfordringer med vibrasjoner, mens man etter sommeren hadde færre utfordringer, kom i gang med målerutine, og fikk bedre kontroll. Etter sommeren skiftet man lager så fort det ble oppdaget en skade. Dette kan resultere i flere lagerbytter og lavere utnyttelse av lagerets levetid.

En av forfatterne i prosjektgruppen er ansatt i SKF og kan ha blitt farget av dette. Vi har på beste måte forsøkt å balansere oppgaven og forholde oss objektive, men det er greit å påpeke det under kritikk til resultater.

7.1.2 Kost-nytte analyse

Kost-nytte analysen er ikke en del av konklusjonen, og derfor er ikke målet å konkludere, men heller å gi leseren et bilde av kost-nytte slik at han/hun er i stand til å gjøre en egen vurdering.

- **Kost:** Investeringskostnaden på Data Collect var kr. 49.000, - ved innkjøp. I tillegg kommer en årlig kostnad på ca. kr. 30.000, - for cloud software og analyse m/rapporter. Glava har brukt tid på opplæring av systemet. Her beregner vi 1 dag med 7,5 timer. Glava bruker også tid på å gjøre målingene. Vi beregner dette til å være i snitt 4 min pr. målepunkt pr. uke. Det er totalt 45 målepunkter på viftene. Med 1 time til analyse hver uke så havner vi da på til sammen 4 timer arbeid pr. uke. Totalt antall timer pr. år beregnes derfor til ca. 210 for å gjennomføre vibrasjonskontroll og analyse.
- **Nytte:** Kostnaden med produksjonstapet på grunn av uplanlagte stopp er etter info fra Glava beregnet til å være 9-10 kr. pr. kg. glassull. Hver spinner produserer ca. 600 kg. glassull pr. time. Det er 5 spinnere på linje 1 og 3 spinnere på linje 3.

Kostnaden ved uplanlagte stopp pr. time på linje 1 (L1):

$$5 \text{ spinnere} * 600 \text{ kg} * 9 \text{ kr.} = 27.000, - \text{ kr.}$$

Kostnaden ved uplanlagte stopp pr. time på linje 3 (L3):

$$3 \text{ spinnere} * 600 \text{ kg} * 9 \text{ kr.} = 16.200, - \text{ kr.}$$

Dokumentert kostnad for uplanlagte stopp relatert til lager i 2018:

$$33 \text{ timer} * 27.000, - \text{ kr.} = 891.000, - \text{ kr.}$$

Dokumentert kostnad for uplanlagte stopp relatert til lager i 2019:

$$38 \text{ timer} * 16.200, - \text{ kr.} = 615.600, - \text{ kr.}$$

Med mål om å eliminere uplanlagte stopp relatert til lager så har vi derfor en potensiell økonomisk nytte på minimum kr. 615.000-891.000,- pr. år. Dette vil slå ut i økt produksjon og omsetning. Man vil også spare kostnader med arbeid og deler. Begge disse er vanskelig å beregne da det avhenger av hvilke skader som påføres utstyret ved lagerhavari. Et enkelt lager som står på viftene i oppfangersystem 3 koster noen tusen kroner, men lagerhus, aksling, viftehjul, olje, kobling og andre deler er langt mer kostbare. Ved bruk av vibrasjonskontroll er målet å skifte lager før andre deler tar skader. Da er nytten sparte kostnader på disse dyre delene, i tillegg til reduserte arbeidskostnader ved å skifte delene.

Utviklingen fra 2018 til 2019 viser mer forebyggende vedlikehold som er en del av Glavas mål og strategi. Økt kontroll og planlagt hverdag er vanskelig å sette en sum på, men kan utover reduserte uplanlagte stopp gi en triveligere arbeidshverdag, bedre miljø, mindre sykefravær, og mer fornøyde ansatte. Man vil også kunne fange opp farlige vibrasjon- nivåer og områder, ubalanser og feil på viftene og bidra til hendelse- og risikoreduksjon, i tillegg til begrenning av skader på materielt utstyr.

8 Konklusjon og mulige forbedringer

8.1 Konklusjon

Prosjektet har svart på problemstillingen: «*Hvordan øke pålitelighet og styre vedlikehold til planlagte stopp?*», ved å jobbe mot satte effekt-, resultat og prosessmål (se kap. 1.4).

Vi kan konkludere med at uplanlagt mekanisk stopp har blitt redusert med henholdsvis 47,5 og 41,5 %, og teknisk tilgjengelighet har økt med henholdsvis 1,5 og 1,7 %. Det er kartlagt at vibrasjonskontroll fra SKF har bidratt, men ikke hvor mye. Produksjonskapasiteten med antall spinnertimer er tilnærmet lik for 2018 og 2019. Med reduksjon i uplanlagte stopp, økt teknisk tilgjengelighet og mer forebyggende vedlikehold så viser nøkkeltallene at man har klart å styre vedlikehold til planlagte stopp og optimalisere vedlikehold. Det bekreftes også av utførende vedlikehold at man har fått bedre kontroll og en mer planlagt hverdag. Det har vært vanskelig å følge trenden og gjøre nærmere analyse av vibrasjonsmålingene på grunn av de variable driftsforholdene. Vibrasjonskontroll har allikevel blitt et nyttig verktøy som har bidratt til å fange opp mulige lagerskader, holde disse under oppsyn, og styre lagerbytter til nærmeste stopp. AO historikk viser også at man i perioden har klart å styre lagerbytter til planlagt stopp. Kompetanse og erfaring fra utførende har vært en avgjørende og viktig del av vurderingene rundt lagerbytte. Man har i perioden økt kompetanse og kunnskap rundt lagerteknikk og fått bedre kontroll på lager i fabrikken. Man trenger mer kurs og opplæring for å øke kompetanse innen vibrasjonsanalyse. Videre i konklusjonen vil vi presentere mulige forbedringer som kan være med på å øke pålitelighet og muligheten for å styre vedlikehold til planlagte stopp, i tillegg til å optimalisere vedlikeholdet ytterligere.

SKF har også blitt bedre kjent med Glava, og vi håper denne rapporten kan bidra til å styrke samarbeidet. Vi har observert behov for et mer strukturert samarbeid for å sikre god kommunikasjon og fremdrift.

Prosjektet har med denne rapporten levert i henhold til resultatmålene.

Forbyggende vedlikehold, tilstandskontroll generelt, og de aktuelle tilstandskontrollsystemene og tjenestene hos Glava er beskrevet. Resultater fra målinger, analyser, vurderinger og erfaringer fra perioden er dokumentert. Man har også gjennomført en kost-nytte analyse.

Videre i konklusjonen vil vi svare på problemstillingen i to deler: 1) Mulige forbedringer, og 2) Alternative forretningsmodeller. Her beskrives mulige forbedringer som kan øke pålitelighet og muligheten til å styre vedlikehold til planlagte stopp, i tillegg til å optimalisere vedlikeholdet. Alternative forretningsmodeller beskriver avtaler og samarbeidsformer der kunde og leverandør jobber mot og får belønning for samme mål. Vedlikehold er ikke statisk, og man vil over tid støte på ulike utfordringer. Godt samarbeid med leverandører som har de riktige incentivene er derfor viktig for å fortsette å løse utfordringer og gjøre forbedringer i fremtiden.

8.2 Mulige forbedringer

Basert på resultatene i perioden så har vi sammen med SKF kartlagt mulige forbedringer som kan bidra med å øke pålitelighet og muligheten til å styre til planlagt stopp, i tillegg til å optimalisere vedlikeholdet. Noen av forslagene er allerede kjent for Glava, mens andre kan være nye. Det er viktig å presisere at dette er mulige forbedringer, og at videre implementering nok krever nærmere kartlegging.

8.2.1 Forbedringer med vifte 4, oppfanger 3

Man har allerede gjennomført en del forbedringer på viften relatert til lager beskrevet i case 1.

Case 2 kartla at belastningene på rammen er for store. Man har da følgende alternativer for å redusere belastninger og forlenge levetid:

- Reduksjon av belastning ved å redusere dannelsen av belegg. Dette ble det opplyst om ved besøk at var forsøkt, med varierende resultat.
- Redusere hastigheten på vifta. Behovet for avtrekk er veldig stort i perioder, spesielt ved produksjon av takplater med større tetthet.

- Konstruksjon av ny ramme etter modell på nyere vifter, med hele plater med færre sveiseskjøter. Ved riktig konstruksjon så vil man kunne redusere skadene betydelig.
- Bedre avdemping av ramme mot underlaget vil redusere belastningen betydelig, se figur 34. Det ble observert ved besøk at enkelte av de nyere viftene på den andre produksjonslinja hadde store vibrasjoner, uten at det forårsaket samme problemer. De hadde betydelig bedre avdemping mot underlaget med store maskinføtter.



Figur 34: Maskinføtter på vifte 5, oppfanger 2

En av årsakene til de store vibrasjonene kan være at rotasjonsfrekvensen fra viften treffer egenfrekvensene til rammen. Da skapes tvungne svingninger kalt resonans. Man kan kartlegge resonans-områdene med vibrasjonsovervåkning under drift i de forskjellige frekvensområdene til viften. Når man har kartlagt disse så kan man: 1) Unngå frekvensområder, eller 2) endre egenfrekvensen til rammen gjennom modifikasjoner.

8.2.2 Online tilstandskontroll

SKF Multilog On-line Systems IMx-8 and IMx-16Plus

- Compact, rack-mount monitoring units
- IMx-8 weight: 450 g (0.99 lb)
- IMx-16Plus weight: 900 g (2.08 lb)
- Dimensions: 104 x 172 x 40 mm (4.1 x 6.8 x 1.6 in)



SKF anbefaler Glava å gå over til online tilstandskontroll. Med online tilstandskontroll kan målinger tas inntil hvert 3. sekund. På denne måten får man tilstanden i sanntid. Man er i stand til å gjøre vibrasjonsanalyse ved varierende turtall, og får langt mer data som kan brukes til å vurdere og forbedre tilstanden til viftene. IMx systemet (fig. 35) til SKF er et online vibrasjonskontrollsystem.

Figur 35: SKF Online måleutstyr (SKF, 2018)

Online tilstandskontroll gir følgende fordeler og muligheter:

- **Øker kontroll og reduserer risiko**

Man tar i dag en måling hver syvende dag. Mellom hver måling vil forholdene endre seg mange ganger, og i verste fall kan det utvikle seg lagerskader som resulterer i havari. Med online gjøres målinger kontinuerlig og vibrasjonsdata kan tas inn til kontrollrom, enten via skyløsningen, eller direkte inn i eksisterende kontrollsystem. En enda enklere løsning er alarm med relé som slår ut på nivå. Oversikt på vibrasjonsnivåene i kontrollrom gir Drift mulighet til å ta bedre og raskere beslutninger. I dag meldes de høye vibrasjonene i fra om fra Vedlikehold, noe som tar lengre tid og øker risikoen for kommunikasjonsfeil. Når Drift får sanntid data på vibrasjoner så kan de styre seg ut av høye vibrasjonsnivåer, eller oppdage skader på utstyr (eks. case 3), ubalanse og andre feil i sanntid. Dette øker kontroll og reduserer risiko for store skader og usikker drift.

- **Øker analysesikkerhet og identifiserer lagerskader**

I dag er det utfordrende å følge trend og analysere målingen på grunn av de variable driftsforholdene. Man tar en måling hver syvende dag, og resultatet er helt avhengig

av hvordan driftsforholdene er denne dagen. Med et begrenset antall målinger tatt ved ulike driftsforhold så har man lite å sammenligne med og det blir vanskelig å gjøre analyse. QuickCollect registrerer heller ikke turtall som er nødvendig for å gjøre analyse. Med IMx så tar man målinger kontinuerlig slik at man får data fra de forskjellige driftsforholdene. På denne måten kan man sammenligne en måling med en annen måling med samme driftsforhold. Analysesikkerheten vil øke etter hvert som man får flere målinger. IMx registrer også turtall som muliggjør automatisk identifisering av lagerfrekvensene. Med variert turtall så er dette en kjempe fordel. Da kan man identifisere hvor i lageret skaden er, og videre kartlegge årsak for å eliminere feil og gjøre varige forbedringer.

- **Muliggjør kartlegging og oversikt over resonansfrekvenser**

Som beskrevet i forrige forbedring så kan man kartlegge resonansfrekvenser med online tilstandskontroll. Med online kan man gjøre det gjennom de variable driftsforholdene hos Glava. Som beskrevet kan man da: 1) Unngå frekvensområder, eller 2) endre egenfrekvenser gjennom modifikasjoner.

- **Muliggjør læring og kontinuerlig forbedring**

Med større datagrunnlag og allerede tilgjengelige maskinlærings-ressurser så er det mulighet til å kartlegge å lære:

- Hvordan lagrene har det, spesielt mht. smørefilm og vibrasjoner. 36 % av lagerhavarier skjer på grunn av for dårlig, for lite eller feil smøring. Lagrene er spesielt utsatte under stopp, ved oppstart og under nedstopping. Endring i smørefilmen utsetter lageret for risiko for metallisk kontakt. Med online måling får man kartlagt dette og mulighet til å optimalisere smøring og kjøring.
- Hvordan groing påvirker viftene. Info kan brukes til å teste løsninger med belegg på viftebladene, nedvaskings-intervaller og -typer (eks. tørris).
- Hvilke nedvaskings- intervaller og prosedyrer som gir best resultat. Vibrasjoner og ubalanse i viftene kan følges tett, og etter rengjøring vil måling bekrefte om denne var vellykket. Etter hvert kan man bruke data til å optimalisere nedvaskings-intervaller og -prosedyrer.

- **Effektiviserer måling og analyse**

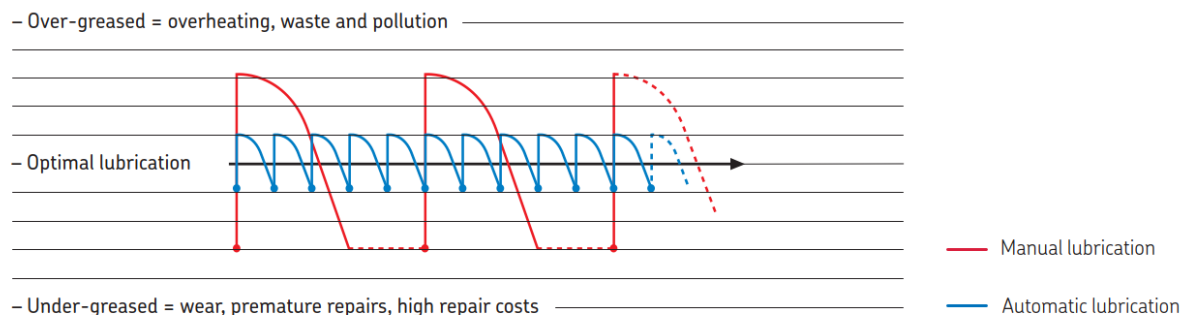
Vi har beregnet ca. 4 timer i uken på måling og analyse med dagens system. Man kan spare $\frac{3}{4}$ av denne tiden med online tilstandskontroll. Man slipper å gjøre målingene og mye av analysen gjøres av systemet.

- **Muliggjør økning i MTBR**

Med systemet i dag oppdages lagerskaden og lager skiftes ved første stopp. Med online tilstandskontroll så kan man følge lagerskadens utvikling og skifte når skaden er stor nok. Man kan utnytte lagerets levetid, øke MTBR, spare miljø, tid, etc.

8.2.3 Optimalisering av smøreforhold

Som case 4 kartla, er noen av viftene oljesmurte, mens de fleste er fettsmurte og smøres manuelt. Det er totalt 36 målepunkter for fettsmøring på de 9 viftene. 36 % av lagerhavarier skjer på grunn av for dårlig, for lite, eller feil smøring. SKF kan gjøre vurderinger av fetttype, mengde og intervall. En måte å optimalisere smøreforhold på er å bruke et automatisk smøresystem som smører oftere med mindre mengde. Dette har sine fordeler skildret i figur 36.



Figur 36: Automatisk smøresystem (SKF, 2019)

Joel Lewitt (2011) beskriver fordelene med automatiske smøresystemer:

- Redusert arbeidsmengde
- Riktigere mengde
- Mindre forurensing i smøring
- Redusert risiko for misset smørerunde

Resultatet er redusert nedetid og svikt, i tillegg til lavere drift- og vedlikeholdskostnader.

8.2.1 Applikasjonsteknisk vurdering av lagerarrangement

Det anbefales fra SKF å gjøre en applikasjonsteknisk vurdering av lagerarrangementene på viftene. Ved å gjøre levetidsberegninger med ulike lagerarrangementer for forskjellige driftsforhold så kan man finne løsninger med lengre levetid og økt pålitelighet. I case 1 ble lagerarrangementet byttet om på. Til nå har dette gitt gode resultater. SKF har tro på at man kan finne flere slike gode løsninger dersom man bruker litt tid på det.

8.2.2 Kompositt belegg på vifter

Det ble diskutert med ingeniør hos Glava om mulige løsninger med alternative belegg på viftebladene for å unngå at glass-støvet fester seg. Teflon har mulig blitt testet tidligere, men belegget var for tynt slik at det ble slitt hull på. SKF har diskutert muligheter rundt belegg med sertifisert service partner som har gode erfaringer med en type kompositt belegg. Belegget har ifølge service partner redusert groingen på de belagte viftene.

8.2.3 Gjennomgang av reservedelslager

Viser til case 5 i resultater. SKF anbefaler en gjennomgang av reservedelslager for å sikre at riktige deler blir brukt sammen, og at betegnelsene er oppdatert. En gjennomgang kan også frigjøre plass og redusere kapitalkostnader med optimalt antall på lager. Kritikalitet og leveringstid tas hensyn til.

8.2.1 Strukturere samarbeidet

Vi opplevde samarbeidet mellom Glava og SKF som bra og positivt, men med noen uklarheter rundt mål med samarbeidet, og noe ustrukturert. Vi mener at man kan ha god effekt av å etablere; 1) klare mål for samarbeidet, 2) involverte ressurser og deres ansvar, og 3) møter for status og oppfølging. De to siste punktene er spesielt viktige for å sikre god kommunikasjon, deling av nødvendig info, og sørge for å holde fokus over tid.

8.2.2 Fortsette å utvikle kunnskap og kompetanse

Etter tilbakemelding i fra Vedlikehold så har man fått bra utbytte av ny kunnskap og kompetanse innen lagerteknikk. Bruk av oppdrivingsmetode har gitt resultater, og det var også nyttig med kule- og rullelagerkurs. Det er spesielt behov for å utvikle kompetanse på vibrasjoner og vibrasjonsanalyse. Med økt forståelse og analyseferdigheter så vil man kunne ta bedre beslutninger. Videre utvikling av demonterings- og monteringsferdigheter kan også være nyttig for mekanisk vedlikehold generelt. SKF har et bredt utvalg av e-lærings og klasseromskurs, eller kurs hos Glava. SKF gjennomfører også Maintenance Assessment (MA) for kartlegging av vedlikeholdspraksiser. Resultatene benchmarkes mot best practice (BP) slik at forbedringsområder identifiseres.

8.2.1 FV data fra QuickCollect til vedlikeholdssystem

Tilstandskontroll data fra FV runde med QuickCollect, eller fra online system, kan deles med vedlikeholdssystemet View gjennom skyløsningen. Integrasjonen må settes opp av SKF. QuickCollect måler vibrasjon og temperatur. Man har også mulighet til å legge inn spørsmål og sjekklister som er en del av FVL. Det kan være registrering av numeriske verdier som nivå av olje, eller tekstfelt med beskrivelser. Man kan ta notater, bilder og lydopptak. Hvilke data som deles med vedlikeholdssystemet tilpasses. Dette gir arbeidsordre registeret mer og bedre informasjon, og man sparer tid på registrering.

8.2.2 Videre kartlegging

For å identifisere andre forbedringsområder så kan SKF gjennomføre ståstedsanalyse eller Client Needs Analysis. Her kartlegges vedlikeholds- kostnad, effektivitet og samsvar. Resultatene benchmarkes mot BP i en SKF database med 1700 gjennomførte analyser fra over hele verden. Sammenligning med BP i relevant industri kan identifisere forbedringsområder.

8.3 Alternative forretningsmodeller

8.3.1 Partnerskapsavtaler

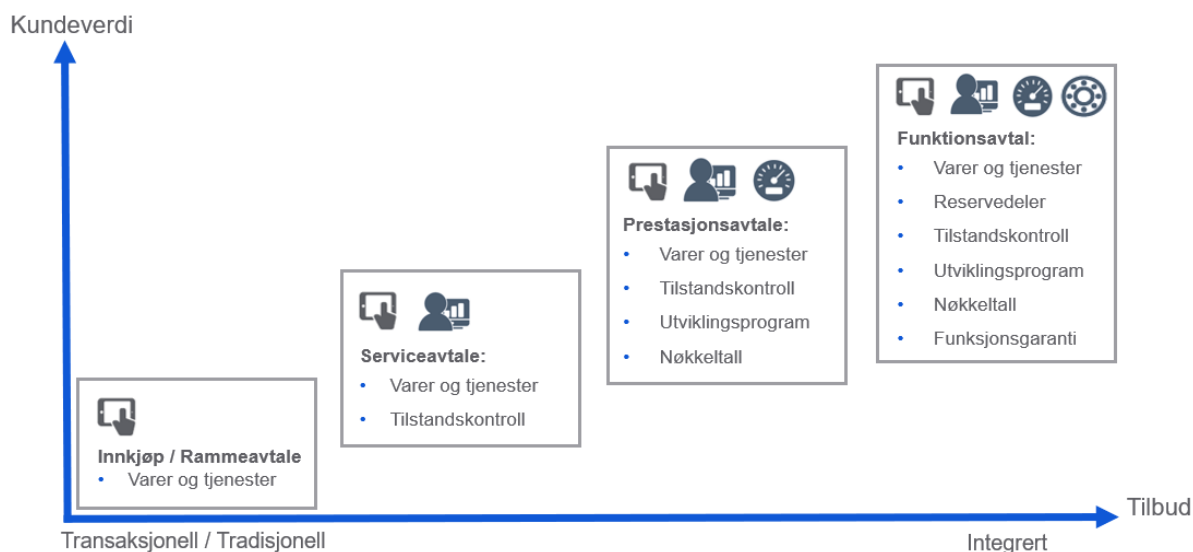
Digitalisering, økt konkurranse og krav om bærekraft har akselerert utviklingen av alternative forretningsmodeller de siste årene. Vi er på vei bort fra det tradisjonelle transaksjonelle kjøpet av varer og tjenester. Forbrukerne har nytt godt av dette lenge med mulighet til å leie, lease, streame og dele til fordel for å investere og eie. Man går fra å kjøpe et produkt til å kjøpe en tjeneste, en funksjon, eller enda videre; et resultat. På bedriftsmarkedet ligger IKT foran med Service Level Agreements (SLA) og utviklingsavtaler. Tradisjonell industri kommer nå også etter med service- og prestasjonsbaserte avtaler. Et nylige eksempel er Aker BP og Framo avtalen som ble inngått mars 2020 (Anon., 2020) hvor det betales for oppetiden på pumpene. Trenden er økt integrasjon og partnerskap hvor leverandør og kunde jobber mot, og får belønning på, samme mål. Leverandørene tar del i den operasjonelle risikoen og kunden reduserer sine eierskapskostnader (TCO).

8.3.2 SKF REP forretningsmodell

Rotating Equipment Performance (REP) er SKF sitt Value Proposal der målet er å gjøre roterende utstyr bedre ved å øke pålitelighet, tilgjengelighet og ytelse gjennom en skreddersøm løsning tilpasset kundens behov og målsetninger.

REP forretningsmodellen er SKF sin versjon av partnerskapsavtalene som beskrevet over. Man ønsker å gå fra tradisjonelle transaksjonelle avtaler til integrerte samarbeid med avtaler som har felles mål og incentiver. SKF har delt dette inn i 4 samarbeidsnivåer, se figur 37.

Samarbeidsnivåer



Figur 37: REP samarbeidsnivåer (SKF materiale)

- **Rammeavtale** er en langsiktig avtale som definerer rammene for samarbeidet med overordnet mål, dedikerte ressurser, vilkår og betingelser.
- **Serviceavtale** er en avtale der SKF leverer avtalte varer, utstyr og tjenester for en fast sum pr. måned/kvartal/år over avtaleperioden. Serviceavtalen kan inkludere finansiering av kapitalintensive anskaffelser, leveranse av tjenester fra SKF og SKF Sertifiserte Service Partner, og/eller dekke et estimert behov av reservedeler for perioden. Avtalen kan gjøres for en hel maskinpark, eller kun for utvalgt utstyr.
- **Prestasjonsbasert avtale** er en avtale der SKF får betalt på bakgrunn av resultater. Belønningsparametere kan typisk være OEE, teknisk tilgjengelighet, eller andre målstyringsparametere til kunden. Avtalen kan være en bonus, eller dekke hele eller deler av en leveranse.
- **Funktionsavtale** er en avtale der SKF tar ansvar for funksjonen til enten utstyr levert av SKF, eller for selve produksjonsutstyret i sin helhet. Kunden betaler en fast sum pr. tidsenhet for funksjonen. En typisk avtale er en fast sum pr. måned for funksjonen til et lager. SKF eier lageret og er interessert i at dette skal leve så lenge som mulig. På denne måten jobber kunden og SKF mot samme mål og har samme incentiver.

Aktuell modell må tilpasses samarbeidet, og det kan gjerne være en hybrid av de ulike samarbeidsnivåene. Det viktigste er å skape avtaler med felles mål som gir incentiver til å bli bedre sammen over tid.

9 Referanser

Anon., 2010. *NS-EN 13306*, s.l.: Standard Norge.

Anon., 2016. *SKF Engineering Calculator*. [Internett]

Available at: <http://webtools3.skf.com/engcalc/Homepage.do>

[Funnet 10 Mai 2020].

Anon., 2018. *Corrosionpedia.com*. [Internett]

Available at: <https://www.corrosionpedia.com/definition/314/condition-monitoring-cm>

[Funnet Februar 2020].

Anon., 2018. *SKF*. [Internett]

Available at: [https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/0901d19680861465-SKF-IMx-8-and-IMx-16Plus-Brochure---17174_1-EN_tcm_12-](https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/0901d19680861465-SKF-IMx-8-and-IMx-16Plus-Brochure---17174_1-EN_tcm_12-294338.pdf?fbclid=IwAR2pmzUYektHWSsED0QoaLNCgTUVIRwT7wfuA35qKd5oPWnZ9DKVKQ4qpA4#cid-294338)

[294338.pdf?fbclid=IwAR2pmzUYektHWSsED0QoaLNCgTUVIRwT7wfuA35qKd5oPWnZ9DKVKQ4qpA4#cid-294338](https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/0901d19680861465-SKF-IMx-8-and-IMx-16Plus-Brochure---17174_1-EN_tcm_12-294338.pdf?fbclid=IwAR2pmzUYektHWSsED0QoaLNCgTUVIRwT7wfuA35qKd5oPWnZ9DKVKQ4qpA4#cid-294338)

[Funnet 16 Mai 2020].

Anon., 2019. *Hindawi*. [Internett]

Available at: <https://www.hindawi.com/journals/amse/2019/4985395/fig5/>

[Funnet februar 2020].

Anon., 2019. *SKF Materiale*, s.l.: SKF.

Anon., 2019. *SKF.com*. [Internett]

Available at: <https://www.skf.com/group/products/condition-monitoring-systems/product-support-training/condition-monitoring-product-downloads/aptitude-analyst-downloads>

[Funnet Februar 2020].

Anon., 2020. *Cognite*. [Internett]

Available at: <https://www.cognite.com/newsroom/aker-bp-and-framo-sign-first-long-term-smart-contract-for-offshore-maintenance>

Anon., 2020. *SKF vibration basics*, s.l.: SKF.

Anon., u.d. *Presentasjon av Glava Askim*. s.l.:Glava.

Anon., u.d. *SKF General Catalogue*. [Internett].

Chen, S., u.d. *SlideServe*. [Internett]

Available at: <https://www.slideserve.com/scott-chen/forelesningsnotat-7-oee-tak>

[Funnet 2020].

Collins, D., 2019. *Motioncontroltips*. [Internett]

Available at: <https://www.motioncontroltips.com/how-are-fast-fourier-transforms-used-in-vibration-analysis/>

[Funnet 10 Mai 2020].

Lewitt, J., 2011. *Complete Guide to Preventive and Predictive Maintenance*. 2 red. New York: Industrial Press Inc..

Marr, B., 2018. *What is Industry 4.0? Here's A Super Easy Explanation For Anyone*, s.l.: Forbes.

McKinsey & Company, 2015. *Industry 4.0; How to navigate digitization of the manufacturing sector*, s.l.: s.n.

Moubray, J., 1997. *Raliability-centered maintenance*. 2 red. s.l.:s.n.

Rennie, J., 2014. *Physics StackExchange*. [Internett]

Available at: <https://physics.stackexchange.com/questions/126471/can-an-object-reverse-its-direction-of-acceleration-even-though-it-continues-to>

[Funnet 10 Mai 2020].

Schwab, K., 2017. *The Fourth Industrial Revolution*. 1 red. New York: Crown Business.

Ås, S. K. o. B. S., 2017. *Fatigue and Fracture Design of Marine Structures*, Trondheim: s.n.

VEDLEGG 1 – MEDFORFATTERDEKLARASJON

Medforfatterdeklarasjon

Tittel: Roterende utstyr pålitelighet – Hvordan styre til planlagt vedlikehold?

Forfattere:

Student 1: Morten Nilsen

Student 2: Tom Helseth

Bidrag:

Delaktiviteter/deloppgave	Student 1	Student 2
Forprosjekt	3	2
Sekundærdata innsamling	3	3
Primærdata innsamling	3	2
Kartlegging av muligheter for forbedret vedlikehold	3	2
Kost-nytte analyse	4	0
Skissere alternative løsninger og forretningsmodeller	4	0
Konklusjoner og oppsummering	3	2

Tabellen fylles ut med delaktiviteter, og størrelsen på bidraget fra den enkelte student angis med et tall mellom 0 og 4 etter følgende betydning:

0: Ingenting

1: Lite

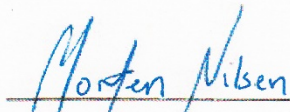
2: En del

3: Mye

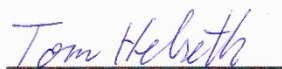
4: Alt

De undertegnede studenter bekrefter herved at de har utført delaktivitetene beskrevet ovenfor på gjeldende oppgave.

Signatur studenter:



Morten Nilsen



Tom Helseth

VEDLEGG 2 – MØTE OVERSIKT

Møter med Glava

Dato	Bedrift	Innhold
14.05.2020	Glava	Tilbakemelding, erfaringer, oppsummering og konklusjon.
12.02.2020	Glava	Presenasjon av prosjekt så langt. Ny vedlikeholdssjef. Oppdatering på resultater. Siste status mot Q1-Q2 i 2019. Plan fremover.
22.01.2020	Glava	Oppdatering på lagerskift i perioden juli-jan 2020. Utvikling siden sist. Kommunikasjon ved høye vibrasjoner. Bindemiddel og rengjøring.
01.11.2019	Glava	Kartlegging av forretningsmodell.
25.10.2019	Glava	Møte med vedlikeholdsavd. Bindemiddel. Erfaringer med QC, montering med hydraulisk mutter. Vedlikehold og smørerutiner, herdeovnsvifter, reservedeler.
03.09.2019	Glava	Kartlegging rundt mål for Vedlikehold - styre til planlagt vedlikehold. Nytt bindemiddel. Vedlikeholdsrutiner. Rengjøring. KPIer. Aviksrapport og AO. REP.
03.07.2019	Glava	Fabrikkbesøk og omvisning i produksjon. Info om nedvasking og vedlikeholdsrutiner.
27.06.2019	Glava/SKF	Sambesøk med SKF serviceingeniør. Kartlegging av vifte 4, oppfanger 3. utfordringer og løsning.
02.05.2019	Glava	Kartlegging og definering av prosjekt. Info om KPIer, AG, og vedlikehold.
26.02.2019	Glava	Første møte om Bacheloroppgaven. Info om Glava, vedlikehold, plan, utfordringer, tilstandskontroll.

Utover fysiske møter så har det vært telefonsamtaler og kontakt på mail.

Møter med SKF

Da en av forfatterne er ansatt i SKF så har det vært løpende kontakt med ressurspersoner hos SKF, både i og utenfor Norge. Applikasjons- og serviceingeniører, vibrasjonsanalyse eksperter, ressurser med dyp kompetanse på prosessvifter, REP organisasjon, m.m.

VEDLEGG 3 – SKF QUICKCOLLECT

The SKF QuickCollect sensor is an easy to use bluetooth enabled handheld sensor that connects to apps on your tablet, smart phone or smart watch. Combining vibration and temperature sensing, overall data can be viewed on the spot in real time or pushed to the cloud for future analysis.

This SKF QuickCollect sensor is ideal for service, reliability, operations, or maintenance personnel as part of a walk around data collection program.

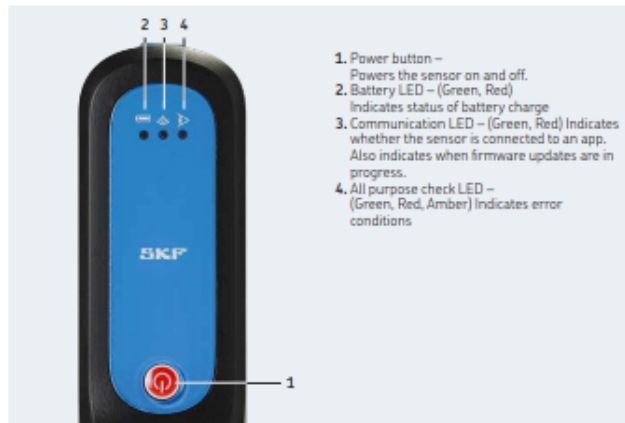
Features

- Velocity, acceleration enveloping, and temperature measurements
- Bluetooth communication with tablets, smart phones, smart watches
- Easy to use sensor and apps
- Easy to understand indications of machine condition
- Rugged industrial design – Drop test 1,8 m (6 ft.), water and dust resistant (IP67)
- Suitable for use in hazardous environments (ATEX Zone 1, Class 1, Div 1)
- Rechargeable lithium battery (8 hours normal usage)
- Option to connect, store and share data on the Cloud
- Option to connect directly to SKF Remote Diagnostic Services

Benefits

- Gets you started quickly
- Can be used with minimum training and experience
- Identify developing rotating machinery issues before they become problems
- Connect directly to expert advice when you need it
- Expand functionality via apps to grow and compliment your existing maintenance program

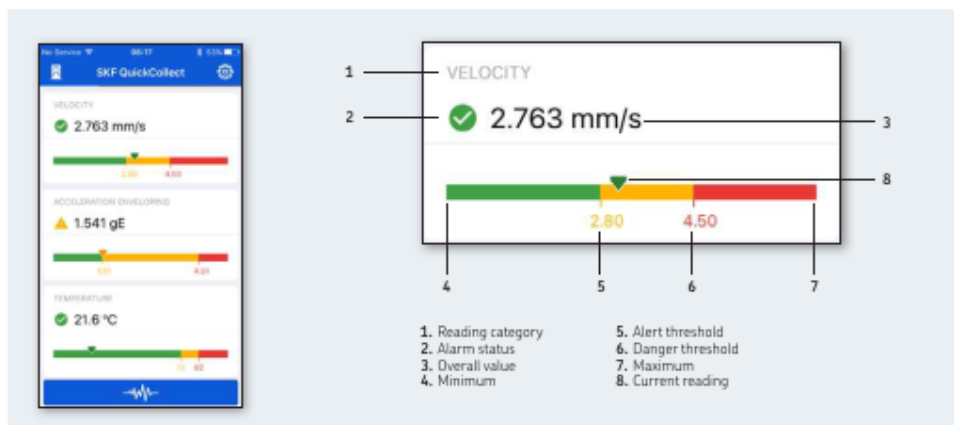
Controls and indicators



Measurement displays

Measurements taken by the sensor are shown on your mobile device, which displays velocity, acceleration, and temperature as shown below:

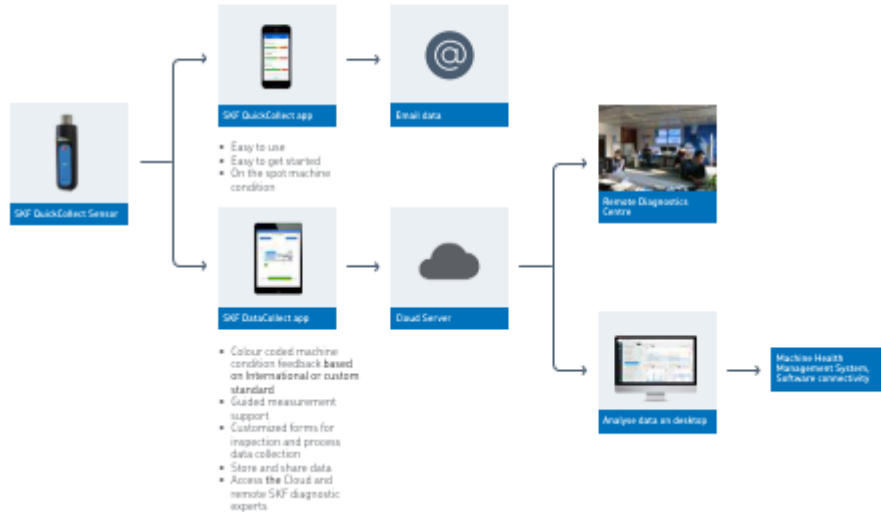
Each reading displays a current overall measurement, including alarm status, minimum and maximum values, and alert and danger thresholds.



SKF Enlight QuickCollect System

The SKF QuickCollect sensor can be used with the SKF QuickCollect app, or with SKF DataCollect app which provides additional functionality, including the ability to store

and share data via the SKF cloud, and to directly access SKF Remote Diagnostic Services.



Sensor specifications

Environmental, regulatory and physical

Operating temperature range	-20 to +60 °C (-5 to +140 °F)
Storage temperature range	-20 to +45 °C (-5 to +115 °F) for less than one month -20 to +35 °C (-5 to +95 °F) for less than six months The above temperature/time limits are to avoid excessive self-discharge of the battery. 0 to 40 °C (32 to 105 °F)
Charging temperature, range (sensor/charger)	95% non-condensing
Humidity	Up to 2 000 m (6 560 ft)
Altitude	1.8 m (6 ft) in accordance with MIL-STD-810G
Drop test	IP65 (Dust and water ingress protection testing standard.)
Sensor IP rating	Europe (CE), USA (FCC), Canada (IC)
Radio approvals	CE-approved
CE Mark	45 x 45 x 135 mm (1.8 x 1.8 x 5.3 in.)
Dimensions	200 g (7 oz)
Mass	

Power

Sensor power source	Rechargeable lithium battery, 3.7V DC, 0.14 Ah
Battery lifetime	A full working day under normal usage reducing to half a working day when an external sensor is being used.
Charger	Input 100 to 240 V AC, 0.4 A, 47 to 63 Hz

Measurement and analysis functions

Internal sensor frequency range	+5%: 5 Hz to 3 000 Hz +10%: 3 Hz to 5 000 Hz +3 dB: 1.4 Hz to 10 000 Hz The response is attenuating (3 dB down) at both frequencies
Overall velocity	10 Hz to 1 kHz up to 55 mm/s RMS
Bearing condition	SKF patented Enveloped acceleration gE Bands 2 and 3, up to 20 gE True Peak-to-Peak
Temperature	Built in infrared (IR) sensor Capable of measuring outside the QuickCollect operating temperature range and up to 100 °C for short periods.
Vibration Time Waveforms	Acceleration (g), Enveloped acceleration (gE) Sample rates: 256 Hz to 25.6 kHz Sample lengths: 256 to 8 192 samples
Spectrum/FFT	Acceleration (g), Velocity (mm/s), Enveloped acceleration (gE) Maximum frequency: 100 Hz to 10 kHz Resolution: 100 to 3 200 lines

Note that the full measurement and analysis capability shown above is only available for systems using the ProCollect app and Enlight Centre.
Vibration measurements apply equally to either the internal or an external sensor.

External sensor support

External sensor types	2-wire, constant current, 100 mV/g accelerometers Supports ICP accelerometers. Provides 3 mA minimum.
Connection cable	SKF CMAC 8010 (IEPE). See also: External sensor setup.

VEDLEGG 4 – FORPROSJEKT

1. Bakgrunn for prosjektet

Med mål om å øke oppetiden og sikre maksimal produksjonskapasitet så har Glava avd. Askim inngått en avtale med SKF Norge om leveranse av tilstandskontroll- systemer og tjenester. Bakgrunnen for dette prosjektet er et ønske fra Glava og SKF om å beskrive systemoppsettet, dokumentere resultater, og kartlegge muligheter for forbedret vedlikehold og økt oppetid. Prosjektet gjøres på oppdrag fra Glava og SKF. Studentene som gjennomfører prosjektet er Tom Helseth og Morten Nilsen. Tom har erfaring fra å bygge å levere vifter for trykktesting av bygg. Morten er ansatt i SKF, men har ikke jobbet innen fagfeltet tilstandskontroll. Prosjektet er faglig relevant i forhold til utdannelsen, og interessant for oppdragsgiverne og studentene.

1.1 Beskrivelse av problemer og behov

Glava AS opplever for tiden høy etterspørsel etter sine produkter. Tidligere har man ved anlegget i Askim hatt ledig produksjonskapasitet, så nedetid på maskineri har ikke vært et problem for å møte etterspørsel. Nå risikeres tap av ordrer og inntekter som følge av nedetid. Glava ønsker derfor å maksimalisere produksjonskapasiteten ved å øke oppetiden til produksjonsutstyret. Dette vil man blant annet gjøre ved å styre vedlikehold til planlagte rengjøringsstopper. Her kommer SKF tilstandskontrollsystemer inn. Ved å måle vibrasjonene i lagringene på roterende utstyr så kan man vurdere tilstanden og restlevetiden på disse. Dette gir Glava muligheten til å planlegge hvilke lager som må skiftes og når. Hos Glava så ønsker man at bytte av lager styres til de planlagte rengjøringsstoppene hver 9. uke. Tilstandskontroll kan også gi Glava informasjon om årsaken til lagerhavari, som igjen kan føre til utbedringer og kostnadsbesparelser.

1.2 Interessenter og system

1.2.1 Glava

Glava er et norsk selskap etablert i 1935 som produserer og leverer isolasjonsprodukter hovedsakelig til det norske markedet. Selskapet har produksjon i Askim og Stjørdal og en samlet årlig produksjon på ca. 42000 tonn glassull. Ved anlegget i Askim er det ca. 150 ansatte og en maks kapasitet på ca. 120 tonn pr. døgn. I 2017 ble Glava kjøpt av Saint-Gobain, noe som gir Glava tilgang på verdensmarkedet. Dette har ført til høyere etterspørsel og større krav til produksjonskapasitetutnyttelse.

1.2.2 SKF

SKF er et svensk selskap etablert i 1907 som produserer og leverer lager og transmisjonsprodukter over hele verden. Selskapet har produksjon i 24 land og salgskontorer i 130 land. SKF Norge har 29 ansatte fordelt på kontorene i Oslo og Stavanger. I takt med digitaliseringstrenden så har SKF et økende fokus på tilstandskontrollsystemer og tjenester. Nye løsninger og forretningsmodeller presenteres og utvikles forløpende og selskapet har en strategisk målsetning om å øke oppetiden hos sine kunder gjennom Rotating Equipment Performance (REP).

1.2.3 SKF Datacollect

Tilstandskontrollsystemet som benyttes er SKF Datacollect. Systemet består av en håndholdt vibrasjonsmåler som man med Bluetooth kobler til smarttelefon eller pad som har appen Datacollect. Vibrasjonsmåleren må plasseres på angitt målepunkt i nærheten av lager man ønsker å måle. Målingen tar kun noen sekunder. En rask indikasjon på tilstanden til lageret vises på en skala med grønn, gul eller rød. Dataen fra målingene kan lastes opp i skyen hvor SKF kan gjøre videre analyse ved behov.



Vedlikeholdsavdelingen gjør i dag vibrasjonsmålingene og er brukerne av systemet. SKF gjør analysen av vibrasjonsmålingene.

2. Prosjekt mål

2.1 Effektmål

Effektmål til prosjektet er å:

- Øke teknisk tilgjengelighet på maskineri
- Øke produksjonskapasitet og produktivitet
- Optimalisere vedlikeholdet
- Øke kunnskap og kompetanse

2.2 Resultatmål

Resultatmål – det som skal foreligge i rapporten og som skal gjøres i prosjektet er å:

- Beskrive forebyggende vedlikehold og tilstandskontrollsystemer generert
- Beskrive de aktuelle tilstandskontroll- systemene og tjenestene; hvordan de er satt opp og fungerer, og hvordan datainnsamlingen muliggjør tilstandsbasert vedlikehold
- Dokumentere resultater fra målinger, analyser, vurderinger og erfaringer fra perioden
- På bakgrunn av resultatene kartlegge muligheter for forbedret vedlikehold og økt oppetid
- På bakgrunn av resultatene gjøre en evaluering og kost-nytte analyse
- Skissere alternative løsninger og forretningsmodeller

Rapporten skal foreligge innen mai 2020. Foreløpige ressurser til rådighet er bruk av tid.

2.2 Prosessmål

Prosessmål til prosjektet er å:

- Øke kunnskap og kompetanse om tilstandskontroll hos Glava og prosjektinvolverte
- Gjøre SKF bedre kjent med Glava
- Styrke samarbeidet mellom Glava og SKF

2.3 Prosjektets omfang

- Prosjektet har et omfang på ca. 500 timer.
- Prosjektet gjennomføres for fabrikk til Glava i Askim.
- Prosjektet vil dokumentere resultater i perioden mars 2019 til mars 2020. På bakgrunn av resultatene vil det kartlegges muligheter for forbedret vedlikehold og økt oppetid, samt alternative løsninger og gjøres en evaluering og kost-nytte analyse.

2.4 Prosjektets milepæler og hovedaktiviteter

M1 – Start oppgave - 26.02.2019

M2 – Godkjenning av forprosjekt – 31.05.2019

M3 – Sekundærdata innsamling - forebyggende vedlikehold, tilstandskontroll, aktuelle applikasjoner – 30.09.2019

M4 – Primærdata innsamling – kartlegging av info hos Glava og de aktuelle tilstandskontrollsystemene og tjenestene hos Glava – 30.09.2019

M5 – Primærdata innsamling - resultater – 15.03.2020

M6 – Kartlegge muligheter for forbedret vedlikehold og økt oppetid – 31.03.2020

M7 - Kost-nytte analyse – 15.04.2020

M7 – Kartlegge alternative løsninger og forretningsmodeller – 30.04.2020

M8 – Konklusjoner og oppsummering – 15.05.2020

M9 – Innlevering av oppgave – 15.05.2020

3. Kritiske suksessfaktorer

3.1 Suksessfaktorer

- Tilgang til aktuelle ressurspersoner hos Glava og SKF
- Tilgang til og innsikt i aktuelle systemer hos Glava og SKF
- Tilgang på nødvendig informasjon
- Mulighet til nødvendige fabrikkbesøk hos Glava
- Mulighet til dialog og intervju med brukerne
- Tilstrekkelig antall målinger i perioden
- Kvalitet på målingene i perioden

4. Kvantifisering av målene

4.1 Kvantifiserbar og ikke-quantifiserbar nytte

Effektmålene er ikke fullt ut operasjonalisert med hvor mye det skal økes og effektiviseres, men med kvantifisering av målene så er det mulig å avgjøre om man har økt og effektivisert og hvor mye. Den økonomiske nytten vil gjennomføres i kost-nytte analysen i hovedprosjektet. Nedenfor er en oversikt over hvilke effekt mål som kan kvantifiseres og hvordan.

4.1.1 Kvantifiserbar nytte

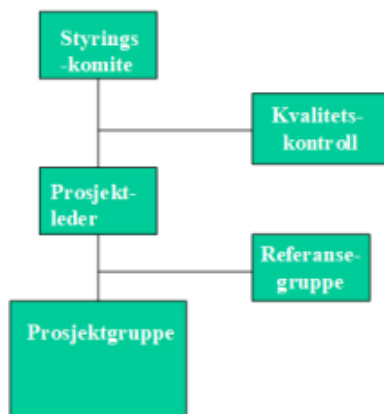
- Øke teknisk tilgjengelighet på maskineri
KPIen; teknisk tilgjengelighet, måles og kan sammenlignes for ulike perioder.

- Effektivisere vedlikeholdet
Tid brukt på type vedlikehold måles i vedlikeholdsavdelingen. Det er ønskelig å bruke mer tid på forebyggende vedlikehold. Ved å sammenligne bruk av tid i perioden med tidligere perioder så vil man kunne gjøre en vurdering på om vedlikeholdet har blitt effektivisert.

4.1.2 Ikke-kvantifiserbar nytte

- Øke kunnskap og kompetansen om maskinparken.
Kunnskap og kompetanse til vedlikeholdsavdelingen vurderes av de ansatte og ansvarlige i vurderingen. Det er således vanskelig å kvantifisere denne nytten.

5. Prosjektorganisering og gjennomføring



1. Styringskomiteen består av oppdragsgiverne og veileder.
Ansvarlig hos Glava er Vedlikeholdssjef Geir Karlsen.
Ansvarlig hos SKF Norge er Servicesjef Terje Kittelsen.
2. Kvalitetskontroll er veilederen.
3. Prosjektleder og gruppe er studentene som gjennomfører prosjektet.
4. Referansegruppen består av en ressursperson hos Glava og SKF.

Opgaven vil benytte seg av sekundærdata for å beskrive forebyggende vedlikehold og tilstandskontroll generelt. Informasjonen hentes fra fagbøker, tidsskrifter og avhandlinger rundt temaet. Informasjon om de aktuelle tilstandskontrollsystemene og tjenestene hos Glava; hvordan disse er satt opp og fungerer, vil kartlegges i dialog med kontaktpersoner hos Glava og SKF, fabrikkbesøk hos Glava og opplæring på systemene hos SKF. I tillegg vil brukerne av systemet intervjues. Resultatene fra bruk av Datacollecten vil innhentes med tillatelse fra Glava og SKF for den valgte perioden. Tolkning av data vil gjøres i samarbeid med SKF. På grunnlag av resultatene for perioden så kartlegges muligheter for forbedret vedlikehold og økt oppetid. Aktuelle ressurser hos Glava og SKF benyttes her. Kost-nytte analysen gjennomføres på før/etter bruk av SKF Datacollect, og evt. også på mulige fremtidige scenarioer. Alternative løsninger og forretningsmodeller kartlegges hos SKF med tilgang på aktuelle ressurspersoner og tilgang til erfaringsdata fra lignende caser.

