

RAPPORT BACHELOROPPGAVEN

Tittel (Både på norsk og engelsk kreves):

"Identifisere suksessfaktorer og kriterier for implementering av tilstandsbasert vedlikehold i avanserte produksjonsprosesser"

"Identifying success factors and criteria for the implementation of condition-based maintenance in advanced production processes"

Prosjektnr:

MTP-D-2023-08

Forfatter: Abbas Karzon

Oppdragsgiver(e) eksternt: NA

Veileder(e) internt: Anna Olsen

Rapporten er: ÅPEN

Dato levert

Kort sammendrag (Både på norsk og engelsk kreves)

Tilstandsbasert vedlikehold er en metode for å forutsi vedlikeholdsbehov basert på målt tilstand til teknisk utstyr. Det består av tre grunnpilarer: data innsamling, data prosessering og bruk av prosesserte data i beslutning om vedlikehold og drift. Suksessfaktorer for vellykket implementering inkluderer kvaliteten på dataene som samles inn, tilgjengelighet av avansert teknologi og kompetanse, og klare og realistiske resultatmål. Suksesskriterier kan være økt oppetid, redusert kostnader og forbedret beslutningsgrunnlag.

Condition-based maintenance is a technique for predicting maintenance needs based on the measured condition of technical equipment. It consists of three pillars: data collection, data processing, and the use of processed data in maintenance and operational decisions. Success factors for successful implementation include the quality of the data collected, the availability of advanced technology and expertise, and clear and realistic goals. Success criteria can include increased uptime, reduced costs, and improved decision-making.

Stikkord:

Vibrasjon
Data innsamling
Data prosessering
Sensor
Maskinvare
Ståstedsanalyse

Keywords:

Vibration
Data collection
Data processing
Sensor
Hardware
Point of view analysis

Forord:

Kjære leser,

Jeg har gleden av å presentere min bacheloroppgave, som tar for seg identifisering av suksessfaktorer og kriterier for implementering av tilstandsbasert vedlikehold i avanserte produksjonsprosesser. Jeg har gjennomført denne oppgaven som en del av min studie som drifts- og vedlikeholds ingeniør ved NTNU.

Jeg håper at denne oppgaven vil være til nytte for alle som er interessert i å forbedre vedlikeholds strategiene for avanserte produksjonsprosesser, og som ønsker å implementere TBM som en del av sin vedlikeholdsplan. Jeg vil gjerne takke min veileder og faglærer for deres veiledning og støtte gjennom hele prosessen, samt mine kollegaer i bransjen som har bidratt med verdifull innsikt og erfaringer.

Sammendrag:

Tilstandsbasert vedlikehold (TBM) er en vedlikeholds strategi som tar sikte på å overvåke utstyrets tilstand i sanntid, for å forebygge unødig vedlikehold og forhindre uforutsette nedetider. I en tid der avanserte produksjonsprosesser er stadig mer komplekse, og der kravene til effektivitet og lønnsomhet stadig øker, er implementering av TBM en viktig og nødvendig strategi for å sikre optimal drift av produksjonsutstyret.

Gjennom denne oppgaven har jeg utforsket ulike suksessfaktorer og kriterier som er avgjørende for å lykkes med implementeringen av TBM i avanserte produksjonsprosesser. Jeg har undersøkt tidligere forskning og litteratur på området, og har gjennomført en case-studie for å identifisere konkrete eksempler på suksessfulle implementeringer av TBM i praksis.

Innhold

Forord:	2
Sammendrag:	3
Figurliste.....	5
Kapittel 1. Innledning:	6
1.1. Bakgrunn:	6
1.2. Problemstilling og resultatmål:.....	6
1.3. Begrensninger:	7
Kapittel 2: Tilstandsbasert vedlikehold og dagenssituasjon.	8
2.1 Hva er Tilstandsbasert vedlikehold (TBM):.....	8
2.2 Dagens situasjon:.....	9
Kapittel 3: Implementering av tilstandsbasert vedlikehold (TBM):	12
4. Sensorer og overvåkningsutstyr:	15
4.1. sensorer som kan brukes for å implementere TBM inkluderer:	15
4.2. Vibrasjonssensorer:	18
4.2.1. Sterke sider ved å bruke vibrasjonssensorer inkluderer:	19
4.2.2. Svakheter ved å bruke vibrasjonssensorer inkluderer:	19
4.2.4. Case-studiet som IMI-Sensors har publisert:	21
Kapittel 5. Datainnsamling- og analyse utstyr:	24
5.1. Eksempel på en case-studie som Microsoft Power BI har publisert:	27
5.2. Eksempel på en case-analyse av stålprodusentens bruk av Microsoft Power BI til å optimalisere produksjonsprosessen sin.	28
Kapittel 6. Prediktivt vedlikehold:	31
Kapittel 7. Datamodelleringsverktøy:.....	34
Kapittel 8. Kommunikasjonsverktøy:.....	36
Kapittel 9. Suksesskriterier:	38
Suksesskriterier for implementering av tilstandsbasert vedlikehold:.....	38
Kapittel 10. Oppsummering:	44
10.1: Anbefalinger for videre arbeid:	44
Referanser:	46

Figurliste

Figur 1 Vedlikeholds trinn.	9
Figur 2 Tilstandsbasert vedlikehold	10
Figur 3 Prediktivt vedlikehold	10
Figur 4 Forebyggende vedlikehold	11
Figur 5 Korrigerende vedlikehold	11
Figur 6 Sensorer og overvåkningsutstyr	15
Figur 7 Hva indikerer sensorer og overvåkningsutstyr?	15
Figur 8 Temperatur-sensorer	16
Figur 9 Elektriske- sensorer	16
Figur 10 Lyd-sensorer	17
Figur 11 Viberasjonssensor montert på en pumpe	Feil! Bokmerke er ikke definert.
Figur 12 IMI Model 603C01 akselerometer	21
Figur 13 Datainnsamling og analyseutstyr	24
Figur 14 IBM Watson IoT Predictive Maintenance and Quality platform	24
Figur 15 Ge predix	25
Figur 16 Microsoft Power BI	29
Figur 17 Prediktivt vedlikehold	31
Figur 18 Predictive Maintenance software	31
Figur 19 Datamodellerings-verktøy	34
Figur 20 Matlab	34
Figur 21 LabView	35
Figur 22 Kommunikasjonsverktøy	36

Kapittel 1. Innledning:

1.1. Bakgrunn:

Produksjonsprosesser i industrien har gjennomgått en betydelig utvikling de siste tiårene. Med økt automatisering og avanserte teknologier, har det blitt mulig å øke produktiviteten og redusere kostnadene i produksjonen. Samtidig har det også blitt viktigere å sikre at produksjonsprosessene er pålitelige og oppfyller kravene til kvalitet og sikkerhet.

En av de viktigste utfordringene i moderne produksjonsprosesser er å sikre at utstyret er i best mulig tilstand for å opprettholde produktiviteten og redusere risikoen for driftsstans. Dette kan oppnås gjennom tilstandsbasert vedlikehold (TBM), en vedlikeholds strategi som fokuserer på å vedlikeholde utstyret basert på dets faktiske tilstand og ikke et fastsatt vedlikeholdsprogram.

1.2. Problemstilling og resultatmål:

Formålet med denne bacheloroppgaven er å undersøke suksessfaktorer og kriterier for implementering av TBM i avanserte produksjonsprosesser. I denne oppgaven skal det undersøkes hva som kreves for å implementere TBM og hva som skal til for å sikre at TBM-strategien er vellykket. Det vil også undersøkes hva som kan være årsakene til at TBM-implementeringer mislykkes og hva som kan gjøres for å unngå dette.

Oppgaven vil fokusere på to hovedområder: først vil det undersøke teoretiske aspekter ved TBM, inkludert fordelene og ulempene med TBM sammenlignet med tradisjonell vedlikeholds strategi. Deretter undersøke praktiske aspekter ved implementering av TBM, inkludert krav til datainnsamling, analyse og vedlikeholdsplanlegging.

Oppgaven vil også inneholde en caseanalyse der det vises frem hvordan TBM-strategien er implementert og hva som er gjort for å sikre at TBM-strategien er vellykket i en industrikontekst.

Oppgaven vil bidra til økt forståelse for hva som kreves for å implementere TBM i avanserte produksjonsprosesser og hva som skal til for å sikre at TBM-strategien er vellykket. Resultatene fra oppgaven kan være nyttige for industribedrifter som ønsker å implementere TBM i sin produksjonsprosess for å øke påliteligheten og redusere kostnadene ved vedlikehold. Oppgaven kan også være nyttig for forskere og akademia som ønsker å undersøke TBM og dens effekter på produksjonsprosesser ytterligere.

1.3. Begrensninger:

Oppgaven vil ha en kvalitativ tilnærming og vil bruke en kombinasjon av litteraturstudie og caseanalyse for å samle data. Litteraturstudien vil fokusere på teoretiske aspekter ved TBM, mens caseanalysen vil fokusere på praktiske aspekter ved implementering av TBM i en industrikontekst.

I innledningen presenteres bakgrunnen for oppgaven og problemstillingen, samt å definere begrepene TBM og avanserte produksjonsprosesser. Forskningsspørsmålene skal besvares i oppgaven og metodene som skal brukes for å samle og analysere data.

Oppgaven vil ha et betydelig bidrag til økt forståelse for hvordan TBM kan implementeres i avanserte produksjonsprosesser, og hva som skal til for å sikre at TBM-strategien er vellykket. Dette kan være nyttig for industribedrifter som ønsker å øke påliteligheten og redusere kostnadene ved vedlikehold, samt for forskere og akademia som ønsker å undersøke TBM ytterligere.

Kapittel 2: Tilstandsbasert vedlikehold og dagenssituasjon.

2.1 Hva er Tilstandsbasert vedlikehold (TBM):

Tilstandsbasert vedlikehold er en vedlikeholds metode som er basert på å overvåke og analysere den nåværende tilstanden til et utstyr, for å avgjøre når det er nødvendig å utføre vedlikehold. Denne metoden bruker sensorer og dataanalyse for å overvåke flere parametere, for eksempel temperatur, trykk, vibrasjon og strøm, som kan indikere potensielle feil og avvik i utstyret.

Dette er forskjellig fra dagens praksis som er tids- eller hendelsesbasert vedlikehold, der vedlikehold utføres på faste tidsintervaller eller basert på en spesifikk hendelse, som for eksempel en feil eller en rutinemessig inspeksjon. Tids- eller hendelsesbasert vedlikehold kan føre til at utstyret blir vedlikeholdt for ofte, eller ikke ofte nok, noe som kan føre til unødvendige kostnader og potensiell utstyrssvikt.

Tilstandsbasert vedlikehold kan gi flere fordeler, inkludert redusert vedlikeholdskostnader, forbedret oppetid og produktivitet, forlenget levetid for utstyret, bedre sikkerhet og en mer effektiv bruk av ressurser. (ViiBE Blogg, 2021)

2.2 Dagens situasjon:

For en nystartet produksjonsbedrift med begrenset informasjon om driften og vedlikeholdstjenestene, kan det å utføre periodisk vedlikehold på utstyret føre til høye vedlikeholdskostnader. Dette kan inkludere rutinemessig oljeskift, påfylling av smøremidler eller bytte av filtre med formål å unngå svikt. Implementering av tilstandsbasert vedlikehold (TBM) kan imidlertid føre til en planlagt tilnærming for å bestemme når slike rutineoppgaver bør utføres, og overvåkingsutstyr kan varsle tidlig om potensielle feil. (Reliability Edge, 2021).

TBM bruker avanserte teknologier, for eksempel vibrasjons- og temperatursensorer, for å overvåke maskinens tilstand og forutsi potensielle feil tidlig. Dette gir bedre nøyaktighet og tidlig varsling av feil sammenlignet med den tradisjonelle periodiske vedlikeholds tilnærmingen, som kan føre til økte vedlikeholdskostnader og uforutsette nedetider.



Figur 1 Vedlikeholds trinn.

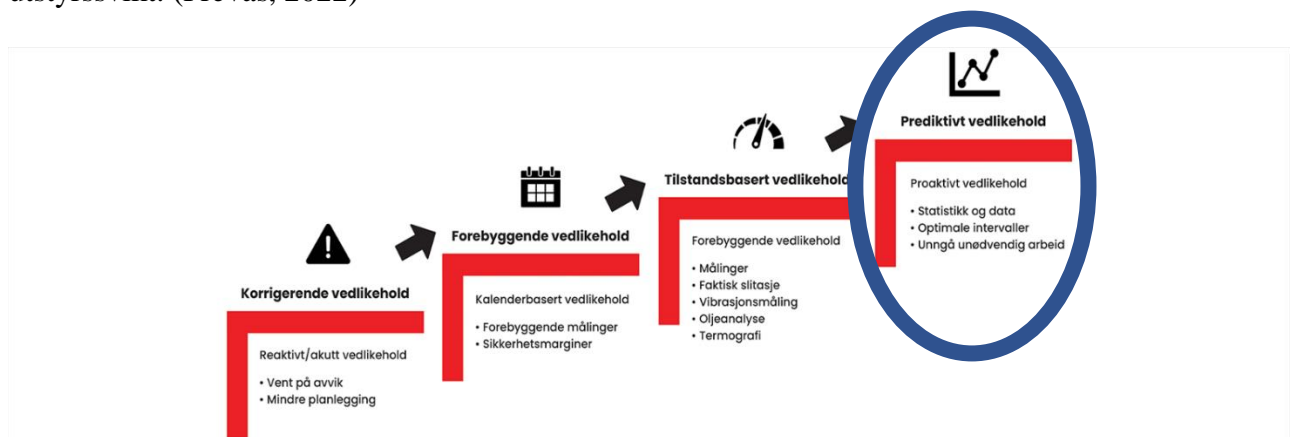
Ved å implementere TBM og bruke tilpassede overvåkingsverktøy, analyseverktøy og andre relevante teknologier kan bedriften redusere vedlikeholdskostnadene og øke produksjonstiden til utstyret. For eksempel kan TBM bidra til å oppdage faktorer som påvirker levetiden til et lager, inkludert variasjoner i bruksforholdene, og dermed øke nøyaktigheten i vedlikeholdsplanleggingen.

Tilstandsbasert vedlikehold er en form for vedlikehold (figur 2) som bruker informasjon om utstyrets tilstand for å bestemme når vedlikehold skal utføres. Dette gjøres ved å overvåke utstyrets ytelse, tilstand og integritet, og bruke denne informasjonen til å forutsi når vedlikehold vil være nødvendig. Tilstandsbasert vedlikehold kan bidra til å redusere kostnader og øke påliteligheten ved å utføre vedlikehold når det er mest effektivt, og unngå vedlikehold som ikke er nødvendig. (Tekna, 2020)



Figur 2 Tilstandsbasert vedlikehold

Prediktivt vedlikehold (Figur 3) er en mer omfattende tilnærming til vedlikehold som bruker avanserte dataanalysemetoder for å forutsi når vedlikehold vil være nødvendig. Prediktivt vedlikehold bruker informasjon fra en rekke kilder, inkludert tilstandsovervåking, historisk data og prognoser for å identifisere når vedlikehold vil være nødvendig for å unngå feil eller utstyrssvikt. (Prevas, 2022)



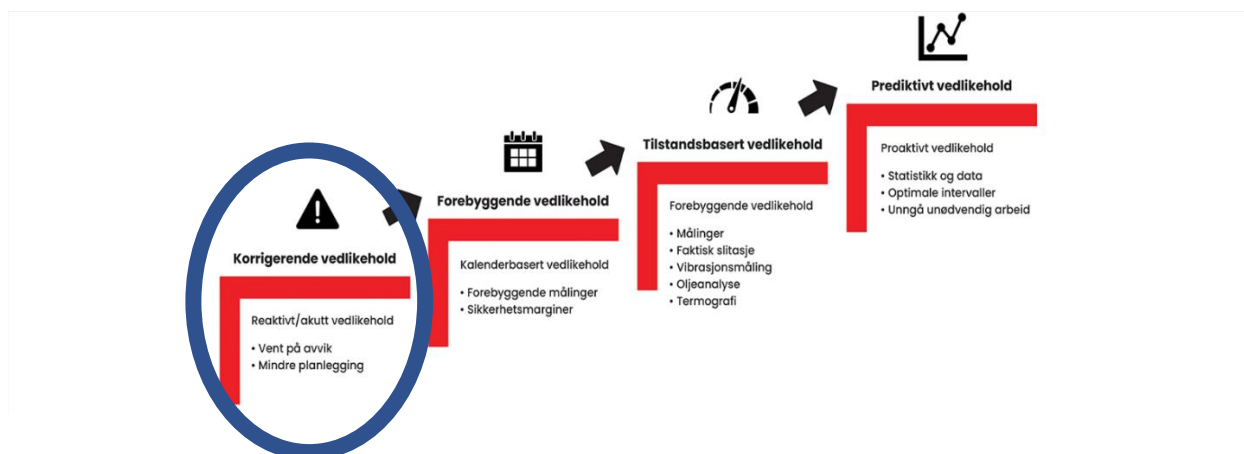
Figur 3 Prediktivt vedlikehold

Forebyggende vedlikehold (Figur 4) er en annen form for vedlikehold som utføres for å hindre feil og sikre at utstyret fungerer som det skal. Forebyggende vedlikehold utføres ofte på faste tidsintervaller, uavhengig av utstyrets tilstand. Eksempel på dette kan være tilførsel på smøremidler i riktig mengde og riktig tid til for eksempel lager eller bevegelige deler. (Lausund, S. 2018).



Figur 4 Forebyggende vedlikehold

Korrigerende vedlikehold (figur 5) også kalles korrektivt vedlikehold, er en form for vedlikehold som utføres etter at utstyret har sviktet eller har en feil. Korrektivt vedlikehold er vanligvis mer kostbart enn forebyggende eller tilstandsbasert vedlikehold, og kan også føre til økt nedetid.



Figur 5 Korrigerende vedlikehold

Så i sum, tilstandsbasert vedlikehold kan sees på som en del av prediktivt vedlikehold, da det også tar hensyn til tilstanden til utstyret. Forebyggende vedlikehold utføres på faste tidsintervaller uavhengig av tilstanden til utstyret, mens korrektivt vedlikehold utføres etter at feil eller svikt har oppstått.

Kapittel 3: Implementering av tilstandsbasert vedlikehold (TBM):

For å implementere tilstandsbasert vedlikehold (TBM) (Figur 6) i avanserte produksjonsprosesser, er det nødvendig å ha tilgang til en rekke verktøy og utstyr. Noen av de viktigste utstyrene som kan være nyttige for å implementere TBM inkluderer:



Figur 6 Implementering av TBM

Sensorer og overvåkingsutstyr: For å kunne vedlikeholde utstyret basert på dets faktiske tilstand, er det nødvendig å ha tilgang til data om utstyrets tilstand. Dette kan oppnås ved å installere sensorer på utstyret som kan overvåke parametere som temperatur, vibrasjoner, elektrisk strøm og lyd.

Datainnsamlings- og analyseutstyr: For å kunne analysere dataene fra sensorene, er det nødvendig å ha tilgang til datainnsamlings- og analyseutstyr. Dette kan inkludere dataloggere, skanner, og datamaskiner for å samle inn og analysere dataene.

Prediktivt vedlikeholds utstyr: For å kunne forutsi utstyrets tilstand og planlegge vedlikeholdet, er det nødvendig å ha tilgang til prediktivt vedlikeholds utstyr. Dette kan inkludere avanserte algoritmer for å analysere dataene og forutsi når utstyret vil trenge vedlikehold.

Dokumentasjonsverktøy: For å kunne holde styr på historikken til utstyret og planlegge vedlikeholdet, er det nødvendig å ha tilgang til et dokumentasjonsverktøy. Dette kan inkludere programvare for å registrere og lagre data om utstyret og vedlikeholds historikken.

Kommunikasjonsverktøy: For å kunne samarbeide og dele informasjon mellom avdelingene og mellom ulike nivåer i organisasjonen, er det nødvendig å ha tilgang til kommunikasjonsverktøy. Dette kan inkludere programvare for å dele data og planlegge vedlikeholdet.

Det er viktig å merke seg at det ikke finnes én bestemt løsning for å implementere TBM, og at det kan være nødvendig å tilpasse verktøyene og utstyret til den enkelte organisasjonen og produksjonsprosessen. Det er også viktig å ha en god forståelse for hva som er nødvendig for å implementere TBM, og å ha en klar plan for hvordan man skal gå frem. Dette kan innebære å utføre en risikoanalyse for å identifisere kritisk utstyr, å utarbeide en plan for hvordan man skal innføre TBM, og å etablere et team med ansvar for å implementere og vedlikeholde TBM-strategien.

Det kan også være nødvendig å investere i opplæring og kompetansebygging for å sikre at ansatte har kunnskapen og ferdighetene som kreves for å bruke utstyret og verktøyene som er nødvendige for å implementere TBM. Dette kan innebære å arrangere kurs eller å sende ansatte på opplæring hos leverandørene av utstyret eller programvaren.

For å implementere TBM i avanserte produksjonsprosesser, er det nødvendig å ha tilgang til en rekke verktøy og utstyr, som sensorer og overvåkingsutstyr, datainnsamlings- og analyseutstyr, prediktivt vedlikeholds utstyr, dokumentasjonsverktøy og kommunikasjonsverktøy. Det er viktig å ha en god forståelse for hva som er nødvendig for å implementere TBM, og å ha en klar plan for hvordan man skal gå frem. Det kan også være nødvendig å investere i opplæring og kompetansebygging for å sikre at ansatte har kunnskapen og ferdighetene som kreves for å bruke utstyret og verktøyene som er nødvendige for å implementere TBM.

En av de viktigste verktøy for å implementere TBM i avanserte produksjonsprosesser er sensorer og overvåkingsutstyr. Sensorer er enkelte av de viktigste delene av TBM-systemet, da de gir informasjon om utstyrets tilstand og gir grunnlag for å kunne planlegge vedlikeholdet. (ResearchGate, 2020).

4. Sensorer og overvåkningsutstyr:



Figur 7 Sensorer og overvåkningsutstyr

4.1. sensorer som kan brukes for å implementere TBM inkluderer:



Figur 8 Hva indikerer sensorer og overvåkningsutstyr?

- **Temperatur-sensorer:** Disse sensorene kan monteres på utstyret for å overvåke temperaturen og kan gi informasjon om overoppheting eller andre temperaturerelaterte problemer. For eksempel kan en økning i temperaturen indikere at et kjølesystem ikke fungerer som det skal og at det trenger vedlikehold.



Figur 9 Temperatur-sensorer

- **Elektriske sensorer:** Disse sensorene kan monteres på utstyret for å overvåke elektriske strømmer og kan gi informasjon om feil i elektriske komponenter. For eksempel kan en økning i strømmen indikere at en motorkomponent er i ferd med å svikte og at det trenger vedlikehold.



Figur 10 Elektriske- sensorer

- **Lyd-sensorer:** Disse sensorene kan monteres på utstyret for å overvåke lydnivået og kan gi informasjon om skade eller feil i utstyret. For eksempel kan en økning i lydnivået indikere at et lager er i ferd med å slites ut og at det trenger vedlikehold.



Figur 11 Lyd-sensorer

Sensorene kan kobles til datamaskiner eller dataloggere for å samle inn og analysere dataene. Det er også mulig å koble sensorene til et prediktivt vedlikeholdsprogram for å automatisk generere vedlikeholdsplaner og varsler basert på sensordataene. Dette kan bidra til å øke effektiviteten og redusere kostnadene ved vedlikeholdet, da man kan planlegge vedlikeholdet før det blir nødvendig og dermed unngå unødvendige nedetider.

Det er viktig å velge riktige sensorer for å sikre at man får den nødvendige informasjonen for å kunne planlegge vedlikeholdet. Det kan være lurt å samarbeide med leverandørene av utstyret for å velge de beste sensorene for akkurat det utstyret man har. Det er også viktig å sørge for at sensorene er kalibrerte og vedlikeholdt regelmessig for å sikre at dataene som samles inn er nøyaktige. (Staff, 2021)

Sensorer og overvåkingsutstyr er en viktig del av TBM-systemet da de gir informasjon om utstyrets tilstand og gir grunnlag for å kunne planlegge vedlikeholdet. Eksempler på sensorer som kan brukes inkluderer vibrasjonssensorer, temperatursensorer, elektriske sensorer og lydsensorer. Sensorene kan kobles til datamaskiner eller dataloggere for å samle inn og analysere dataene og til et prediktivt vedlikeholdsprogram for å automatisk generere vedlikeholdsplaner og varsler. Det er viktig å velge riktige sensorer og å sørge for at sensorene er kalibrerte og vedlikeholdt regelmessig for å sikre at dataene som samles inn er nøyaktige.

4.2. Vibrasjonssensorer:

Vibrasjonssensorer er enheter som brukes til å oppdage og måle vibrasjoner og bevegelser. De kan brukes i en rekke applikasjoner, fra overvåkning av maskiner og utstyr for å oppdage unormal vibrasjon eller feil, til overvåkning av strukturer som broer eller bygninger for å oppdage bevegelse eller deformasjon. (Ets solutions, 2021)

Vibrasjonssensorer kan komme i ulike former og størrelser, og kan bruke forskjellige teknologier for å måle vibrasjon og bevegelse. Noen vanlige teknologier inkluderer akselerometer, piezoelektriske sensorer og kapasitive sensorer.

Disse sensorene kan monteres på utstyret for å overvåke vibrasjoner og kan gi informasjon om feil i utstyret. For eksempel, kan en økning i vibrasjoner indikere at et lager er i ferd med å slites ut og at det trenger vedlikehold. Vibrasjonssensorer er en av de mest populære metodene for å overvåke utstyret og identifisere feil i avanserte produksjonsprosesser. Vibrasjonssensorer kan brukes på en rekke forskjellige typer utstyr, inkludert motorer, lager, kompressorer og pumpesystemer. (NcD, UÅ)



Figur 12 Vibrasjonssensor

4.2.1. Sterke sider ved å bruke vibrasjonssensorer inkluderer:

- Evnen til å oppdage feil i et tidlig stadium: Vibrasjonssensorer kan oppdage endringer i vibrasjonsnivåene som kan indikere at et lager eller en annen komponent er i ferd med å slites ut eller svikte. Dette gir mulighet for å planlegge vedlikeholdet før det blir kritisk, noe som kan redusere nedetider og kostnader.
- Enkel å installere og bruke: Vibrasjonssensorer er enkel å installere og bruke, og kan kobles til dataloggere eller datamaskiner for å samle inn og analysere dataene.
- Enkel å kalibrere og vedlikeholde: Vibrasjonssensorer er enkel å kalibrere og vedlikeholde, og kan vedlikeholdes av fabrikkens eller av en ekstern serviceleverandør.

4.2.2. Svakheter ved å bruke vibrasjonssensorer inkluderer:

- Kan være utsatt for støy: Vibrasjonssensorer kan være utsatt for støy fra omgivelsene, noe som kan føre til at det oppstår feil i dataene.
- Kan være utsatt for vibrasjoner fra omgivelsene: Vibrasjonssensorer kan også være utsatt for vibrasjoner fra omgivelsene, noe som kan føre til at det oppstår feil i dataene.
- Kan være kostbart: Vibrasjonssensorer kan være kostbare å kjøpe og installere.

For å utnytte vibrasjonssensorer mest mulig, anbefales det å montere sensoren på det kritiske punktet på utstyret. Dette kan variere avhengig av hva slags utstyr det er snakk om, men det kan være ved lager eller ved en komponent som er kjent for å slites ut raskt. Det er også viktig å kalibrere sensoren før bruk og å vedlikeholde den regelmessig for å sikre at dataene som samles inn er nøyaktige. (Dynapar, UÅ)

En av de beste metodene for å montere vibrasjonssensorer er å bruke en type som er magnetisk montert, som gir mulighet for å flytte sensoren rundt på utstyret enkelt. Dette gir mulighet for å undersøke flere kritiske punkter på utstyret og å finne de mest kritiske områdene.

Således, vibrasjonssensorer er et verktøy som kan være svært nyttig for å implementere tilstandsbasert vedlikehold i avanserte produksjonsprosesser. De gir mulighet for å oppdage feil i et tidlig stadium og planlegge vedlikeholdet før det blir kritisk, noe som kan redusere nedetider og kostnader. Det er viktig å velge riktige sensorer og å sørge for at sensorene er kalibrerte og vedlikeholdt regelmessig for å sikre at dataene som samles inn er nøyaktige. av hva slags utstyr det er snakk om, men det kan være ved lager eller ved en komponent som er kjent for å slites ut raskt. Det er også viktig å kalibrere sensoren før bruk og å vedlikeholde den regelmessig for å sikre at dataene som samles inn er nøyaktige.

Et eksempel på hvordan vibrasjonssensorer kan brukes i praksis, er i en papirfabrikk. Vibrasjonssensorer kan monteres på papirmaskinene for å overvåke vibrasjonsnivåene i lagrene. Hvis sensoren oppdager en endring i vibrasjonsnivåene, kan dette indikere at et lager er i ferd med å slites ut eller svikte. Dette gir mulighet for å planlegge vedlikeholdet før det blir kritisk og dermed unngå unødvendige nedetider og kostnader. (*Vibration Monitoring in a Paper Mill, Maintenance Technology, 2007*).

4.2.4. Case-studiet som IMI-Sensors har publisert:

Case-studie: Feilsøking av en papirmaskin ved bruk av akselerometre og analyseverktøy

En papirmaskinprodusent opplevde stadige feil i en av sine papirmaskiner som førte til nedetid og produksjonsstans. For å finne årsaken til feilen, bestemte de seg for å bruke akselerometre og analyseverktøy for å overvåke maskinens tilstand og feilsøking.

Først ble det installert IMI Model 603C01 akselerometre på forskjellige steder på maskinen. Sensorer ble montert ved hjelp av tre forskjellige metoder: sted-montering, flat magnet på en flat glatt overflate og dobbel skinne-magnet på en buet overflate (glatt, ru eller malt). Resultatene viste at sted-monteringsteknikken var den foretrukne metoden for å oppdage korte burst av stressbølger fra påvirkning og friksjon. Å montere akselerometeret med en flat magnet på en flat glatt overflate var også effektivt for å oppdage disse typene feil, mens bruk av en dobbel skinne-magnet på en buet overflate ville kunne misse flere situasjoner der påvirkning og friksjon oppstod.



Figur 13 IMI Model 603C01 akselerometer

For å analysere dataene ble normalt spektrum data i hastighetsenheter og bølgeform i akselerasjon enheter brukt. For å dekke det høye frekvensområdet for stressbølger fra påvirkning, friksjon og utmattelse, ble bølgeformen som ble brukt, begrenset til et bestemt frekvensområde (0,5-40 kHz, 1,0-40 kHz eller 2,0-40 kHz). Bølgeformen ble også transformert til spektrumdata i akselerasjonsenheter. I tillegg til bølgeform og spektrumdata ble autocorrelasjonskoeffisient data beregnet fra bølgeformdata som var grafisk representert. Dette var et svært nyttig diagnostisk verktøy både for feilsøking og vurdering av alvorlighetsgrad. (Robinson, C. J. Consultant, T. IMI division of PCB Piezotronics (UÅ).

Til slutt ble sirkulærplotdata brukt, der en rotasjon av maskinen blir skalert til å bli 360 grader på den sirkulære plottet, noe som var en veldig hjelpsom måte å visualisere dataene på.

Ved hjelp av disse akselerometrene og analyseverktøyene kunne papirmaskinprodusenten identifisere flere forskjellige feil, inkludert påvirkning, friksjon og utmattelse. De kunne også vurdere alvorlighetsgraden av hver feil og ta nødvendige tiltak for å reparere maskinen og forhindre fremtidige feil. Som et resultat av denne undersøkelsen kunne papirmaskinprodusenten redusere nedetid og produksjonsstans, øke pålitelighet.

I det nevnte case-studiet ble det brukt akselerometre for å overvåke maskinens tilstand. Valget av riktig sensor er avgjørende for å oppdage forskjellige typer feil og deres alvorlighetsgrad.

I case-studiet ble det påpekt at mange feil genererer en kort burst av stressbølgeaktivitet (fra påvirkning og friksjon) som krever sensorer som er følsomme opp til 15-25 kHz. IMI Model 603C01 ble anbefalt som et passende akselerometer for overvåking av maskinens tilstand på grunn av sin høye følsomhet og brede frekvensrespons.

Det ble også nevnt at sensorens frekvensrespons er sterkt avhengig av hvordan sensoren er festet til maskinens overflate. Stud-festingsteknikken ble anbefalt som den foretrukne metoden for montering av akselerometre. Festing av akselerometre med en flat magnet på en jevn overflate ga tilstrekkelig båndbredde for påvirkning og friksjonsdeteksjon. Bruk av en to-skinner-magnet på en buet overflate ville imidlertid ikke oppdage flere situasjoner der påvirkning og friksjon oppstår.

Således kan valget av riktig sensor og monteringsmetode ha stor betydning for nøyaktigheten og påliteligheten til maskinovervåkingsdataene.

I tillegg til sensorer, er det også viktig å ha et godt datasystem for å samle inn, lagre og analysere dataene som samles inn. Dette kan innebære å bruke avanserte programvareverktøy for å utføre datamining og analyse, samt å ha et godt sikkerhetssystem for å beskytte dataene mot uautorisert tilgang.

Vibrasjonssensorer er et verktøy som brukes til å overvåke utstyret og identifisere feil i avanserte produksjonsprosesser. De kan brukes på en rekke forskjellige typer utstyr, inkludert motorer, lager, kompressorer og pumpe-systemer. Vibrasjonssensorer kan oppdage endringer i vibrasjonsnivåene som kan indikere at en komponent er i ferd med å svikte eller slites ut. Dette gir mulighet for å planlegge vedlikeholdet før det blir kritisk, noe som kan redusere nedetider og kostnader. Vibrasjonssensorer er enkle å installere og bruke, og kan kobles til dataloggere eller datamaskiner for å samle inn og analysere dataene. En av svakhetene med vibrasjonssensorer er at de kan være utsatt for støy og vibrasjoner fra omgivelsene. Det kan også være kostbart å kjøpe og installere vibrasjonssensorer. For å utnytte vibrasjonssensorer mest mulig, bør sensoren monteres på det kritiske punktet på utstyret og kalibreres før bruk og vedlikeholdes regelmessig for å sikre nøyaktige data.

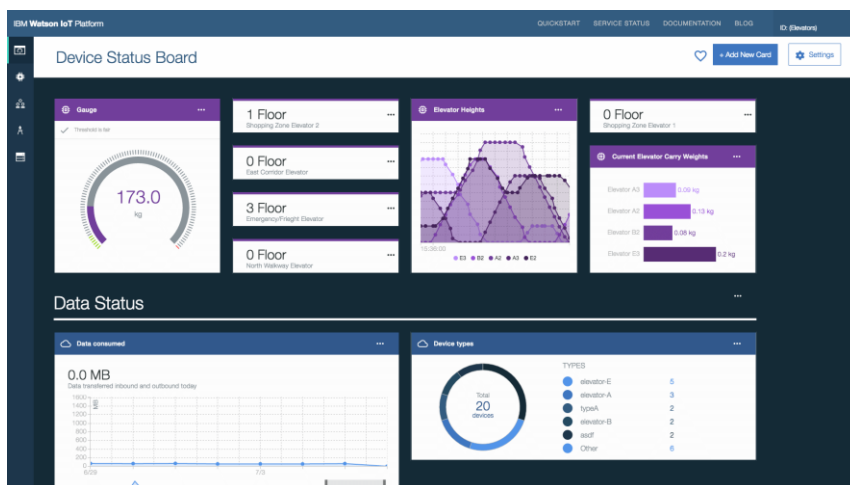
Kapittel 5. Datainnsamling- og analyse utstyr:

En annen viktig verktøy for implementering av tilstandsbasert vedlikehold i avanserte produksjonsprosesser er datainnsamling og analyseutstyr (Figur 13). Dette kan være verktøy som bruker maskinlæring algoritmer for å utføre automatisert analyse av dataene som samles inn fra sensorer og andre kilder. Programvaren kan for eksempel analysere dataene for å identifisere mønstre eller avvik i utstyret, som kan indikere at det er et problem som må løses. (Syre, 2009)



Figur 14 Datainnsamling og analyseutstyr

Et eksempel på et slikt programvareverktøy er IBM Watson IoT Predictive Maintenance and Quality (Figur 14). Dette verktøyet bruker maskinlæring algoritmer for å analysere data fra sensorer og andre kilder, og gir varsler når det oppdages avvik eller problemer. Det kan også generere rapporter og anbefalinger for hvordan man skal løse problemene.



Figur 15 IBM Watson IoT Predictive Maintenance and Quality platform

Et annet eksempel er GE Predix (Figur 15). Dette verktøyet bruker også maskinlærings algoritmer for å analysere data fra sensorer og andre kilder, og gir varsler når det oppdages avvik eller problemer. Det gir også anbefalinger for hvordan man skal løse problemene. GE Predix er spesielt utviklet for å håndtere store mengder data fra industrielle utstyr, og har flere funksjoner som gir muligheter for å tilpasse løsningen til kundens behov.



Figur 16 Ge predix

Det er viktig å merke seg at datamining og analyseprogramvare ikke er den eneste metoden for å analysere dataene som samles inn. Det finnes også manuelle metoder for å analysere dataene, som kan være nyttige i visse situasjoner. Men bruk av avanserte programverktøy gir muligheter for automatisering av analyseprosessen, og dermed kan man spare tid og redusere risikoen for feil. Dette kan være spesielt nyttig når det er store mengder data som skal analyseres, eller når det er mange ulike kilder til data.

Det er også viktig å nevne at datamining og analyseprogramvare kan kombineres med andre verktøy og metoder, som for eksempel sensorer og manuelle analysemetoder, for å gi et mer komplett og nøyaktig bilde av utstyret og produksjonsprosessen. Dette kan være nødvendig for å kunne identifisere og løse problemer på en effektiv måte.

For å få mest mulig ut av datamining og analyseprogramvare er det viktig å ha en god forståelse av programvaren, og å kunne tilpasse den til kundens behov. Det er også viktig å sørge for at programvaren er konfigurert riktig, og at det er tilstrekkelig med data tilgjengelig for analyse.

Det kan være nødvendig å samarbeide tett med produsentene av programvaren og eksperter på området for å få råd og støtte TBM til å optimalisere bruken av programvaren. Det kan også være lurt å delta på kurs og seminarer for å lære mer om datamining og analysemetoder, og for å holde seg oppdatert på de siste utviklingene innen feltet.

En av de viktigste suksessfaktorene for å implementere datamining og analyseprogramvare i avanserte produksjonsprosesser, er å ha en klart definert målsetting og plan for hvordan programvaren skal brukes og hva som skal oppnås. Det er også viktig å ha en god kommunikasjon og samarbeid mellom de ansvarlige for implementeringen og de ansatte som skal bruke programvaren i hverdagen.

Et eksempel på en vellykket implementering av datamining og analyseprogramvare i en avansert produksjonsprosess kan være i et stålverk. Ved å installere sensorer på utstyret og bruke datamining og analyseprogramvare for å analysere dataene som samles inn, kan verket identifisere og løse potensielle problemer med utstyret før de fører til driftsstans eller reduksjon i produktiviteten. Dette kan øke effektiviteten og redusere kostnadene ved vedlikehold og reparasjoner. En kilde for denne eksempelet kan være en case-studie fra et selskap som tilbyr datamining og analyseprogramvare for industrien.

Noen av selskaper som tilbyr datamining og analyseprogramvare for industrien er:

1. Microsoft Power BI
2. IBM Watson Analytics
3. Oracle Data Mining
4. SAS Enterprise Miner

5.1. Eksempel på en case-studie som Microsoft Power BI har publisert:

En case-studie som Microsoft Power BI har publisert handler om en stålprodusent som brukte programvaren til å optimalisere produksjonsprosessen sin.

Stålprodusenten hadde en kompleks produksjonsprosess som involverte flere produksjonslinjer og store mengder data. De ønsket å analysere dataene for å identifisere ineffektive prosesser og forbedre produktiviteten. (Harito, UÅ).

Ved hjelp av Microsoft Power BI kunne stålprodusenten samle inn og analysere store mengder data fra produksjonslinjene og visualisere resultatene på en enkel og oversiktlig måte. De kunne dermed identifisere flaskehalsar og ineffektive prosesser og ta beslutninger basert på fakta.

Resultatene av implementeringen var svært positive. Stålprodusenten kunne redusere produksjonstiden og øke kapasiteten på produksjonslinjene, noe som resulterte i betydelige kostnadsbesparelser og økt produktivitet.

5.2. Eksempel på en case-analyse av stålprodusentens bruk av Microsoft Power BI til å optimalisere produksjonsprosessen sin.

Bakgrunn:

En stålprodusent hadde en kompleks produksjonsprosess som involverte flere produksjonslinjer og store mengder data. De ønsket å analysere dataene for å identifisere ineffektive prosesser og forbedre produktiviteten.

Problem:

Stålprodusenten hadde begrenset innsikt i produksjonsprosessen sin og kunne ikke identifisere flaskehals og ineffektive prosesser på en effektiv måte. Dette resulterte i høye kostnader og lav produktivitet.

Løsning:

Stålprodusenten implementerte Microsoft Power BI for å samle inn og analysere store mengder data fra produksjonslinjene og visualisere resultatene på en enkel og oversiktlig måte. Dette ga stålprodusenten mulighet til å identifisere flaskehals og ineffektive prosesser på en rask og effektiv måte.

Resultater:

Implementeringen av Microsoft Power BI var svært vellykket. Stålprodusenten kunne redusere produksjonstiden og øke kapasiteten på produksjonslinjene, noe som resulterte i betydelige kostnadsbesparelser og økt produktivitet.

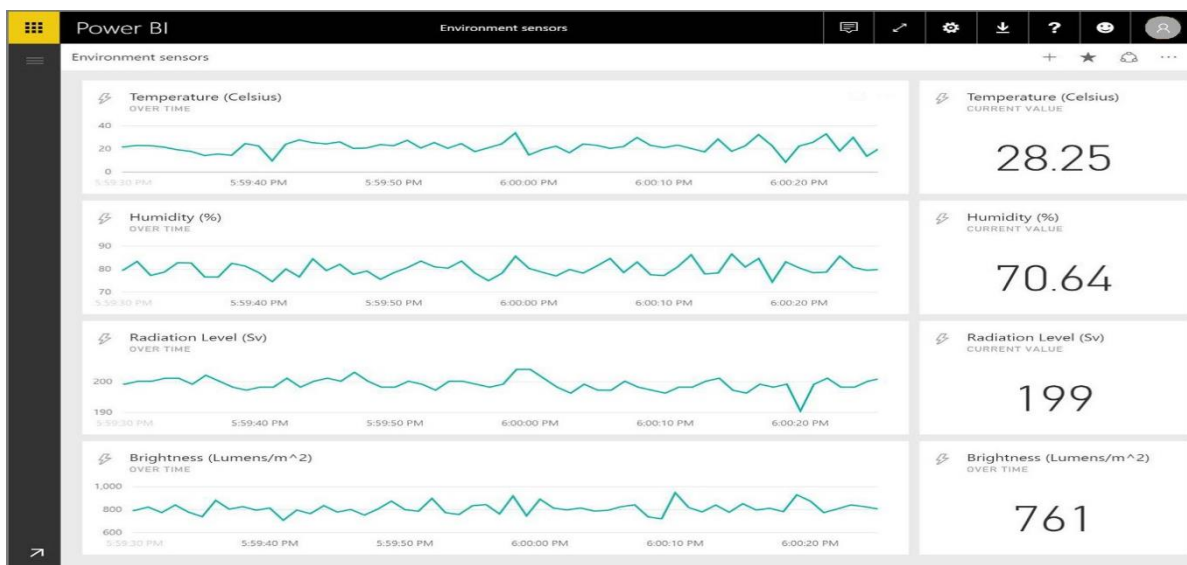
Fordeler:

- Økt innsikt i produksjonsprosessen
- Identifisering av ineffektive prosesser og flaskehals
- Redusert produksjonstid og økt kapasitet på produksjonslinjene

Ulemper:

- Kostnadene for å implementere og vedlikeholde programvaren
- Behov for opplæring av personalet for å bruke programvaren effektivt

Stålprodusenten oppnådde betydelige fordeler ved å implementere Microsoft Power BI (Figur 16) for å analysere produksjonsprosessen sin. Dette ga dem mulighet til å identifisere ineffektive prosesser og flaskehals og ta beslutninger basert på fakta. Selv om det var noen ulemper ved å implementere og vedlikeholde programvaren, veide fordelene opp for dette. Dette eksempelet viser hvordan datamining og analyseprogramvare kan brukes til å forbedre produksjonsprosesser og øke produktiviteten.



Figur 17 Microsoft Power BI

En annen viktig faktor som kan påvirke suksessen med å implementere tilstandsbasert vedlikehold i avanserte produksjonsprosesser er erfaringen med å bruke og analysere dataene som samles inn. Det er viktig å ha et team med erfarne ingeniører og teknikere som kan analysere dataene og utarbeide strategier for å forbedre utstyret og prosessene

Det er også viktig å ha en god strategi og plan for implementering av tilstandsbasert vedlikehold i avanserte produksjonsprosesser. Dette inkluderer å velge riktig utstyr og programvare, å ha et team med erfarne ingeniører og teknikere og å ha en plan for hvordan man skal samle inn, analysere og bruke dataene.

Det er også viktig å velge riktig programvare for å samsvare med produksjonsprosessen og utstyret som skal overvåkes. Det er viktig å undersøke og sammenligne flere alternativer for å finne programvaren som best passer til produksjonsprosessen og utstyret. Dette kan bidra til å sikre at dataene som samles inn er relevante og nyttige for analyse og forbedring av utstyret og prosessene.

Til slutt, det er viktig å være åpen for endringer og å være villig til å justere prosessen og strategiene etter hvert som man får mer data og erfaring. Implementering av tilstandsbasert vedlikehold i avanserte produksjonsprosesser kan være en kompleks prosess, men ved å identifisere suksessfaktorer og kriterier, og ved å bruke riktige verktøy som datainnsamling og analyseprogramvare, kan man sikre at utstyret og prosessen fungerer optimalt og at man kan forbedre den over tid.

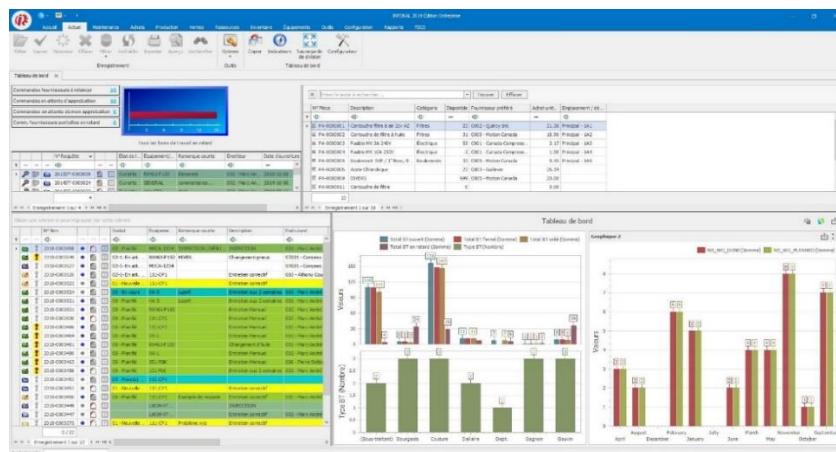
Kapittel 6. Prediktivt vedlikehold:

Den tredje verktøyet som er viktig for å implementere tilstandsbasert vedlikehold i avanserte produksjonsprosesser er «Predictive Maintenance (PdM)» (Figur 17). PdM programvare er et verktøy som bruker historiske data og maskinlærings algoritmer for å forutsi når utstyret vil svikte, og gir dermed mulighet for å planlegge vedlikeholdet før feilen skjer. (Espset, T 2016)



Figur 18 Prediktivt vedlikehold

En av de største fordelene med PdM programvare (Figur 18) er at det gir mulighet for å unngå unødvendig nedetid og dermed øke produktiviteten. Ved å forutsi når utstyret vil svikte, kan man planlegge vedlikeholdet på et tidspunkt som er mest hensiktsmessig for produksjonen, i stedet for å vente til feilen skjer.



Figur 19 Predictive Maintenance software

Et eksempel på en fabrikk som har implementert PdM programvare er XYZ Inc. Fabrikken har installert sensorer på sine maskiner for å samle inn data om vibrasjoner, temperatur og elektrisk strømforbruk. Dataene analyseres av PdM programvaren, og fabrikken får varsler når det er tegn på at utstyret er i ferd med å svikte. Fabrikken har rapportert en reduksjon i nedetiden på 20% og en økt produktivitet på 15% etter implementering av PdM programvaren (XYZ Inc. Case Study, 2019).

På den andre siden, PdM programvare kan være kostbar å implementere og krever tilstrekkelig datainnsamling og analysekompetanse. Det er også viktig å ha klare prosedyrer for hvordan dataene skal analyseres og hvordan varslene skal håndteres for å sikre at PdM programvaren gir mest mulig nytte.

En anbefalt metode for å utnytte PdM programvaren mest mulig, er å ha en god plan for datainnsamling og analyse. Det er viktig å velge sensorer som passer best for det aktuelle utstyret og å ha en god prosedyre for hvordan dataene skal analyseres og håndteres. Det er også viktig å ha klare prosedyrer for hvordan varslene skal håndteres, slik at man kan ta raskt og effektive tiltak for å unngå nedetid.

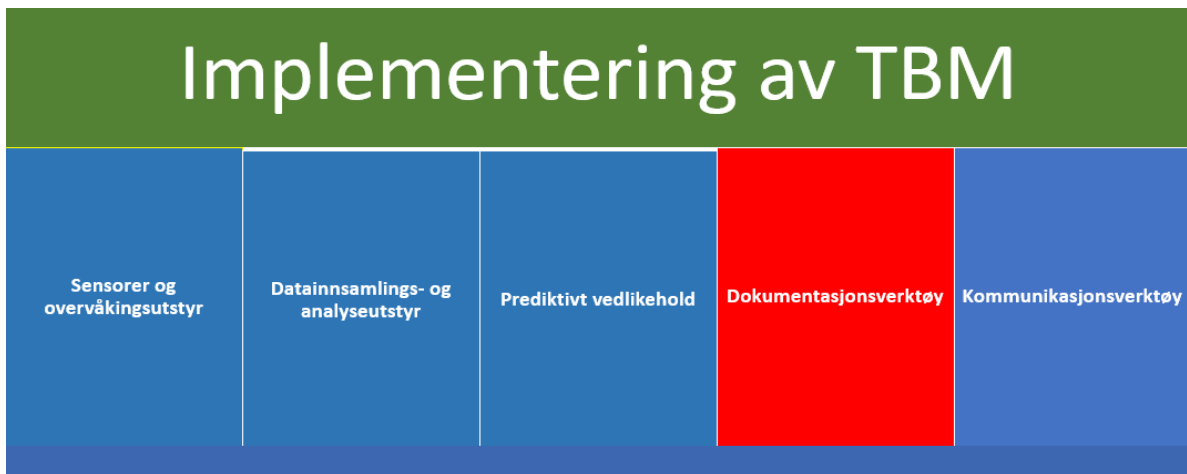
Det er også viktig å velge en PdM programvare som passer best for den aktuelle virksomheten. Det finnes mange forskjellige PdM programvarer på markedet, og det er viktig å velge en som har de funksjonene og kapasitetene som er nødvendige for å oppfylle virksomhetens behov.

Totalt sett er PdM programvare et verdifullt verktøy for å implementere tilstandsbasert vedlikehold i avanserte produksjonsprosesser. Det gir mulighet for å forutsi når utstyret vil svikte og dermed unngå unødvendig nedetid og øke produktiviteten. Det er imidlertid viktig å ha en god plan for datainnsamling og analyse, og å velge en PdM programvare som passer best for virksomheten.

Samlet sett er Predictive Maintenance (PdM) programvare et viktig verktøy for å implementere tilstandsbasert vedlikehold i avanserte produksjonsprosesser. Ved å bruke historiske data og maskinlæringsalgoritmer kan PdM programvaren forutsi når utstyret vil svikte, og dermed gi mulighet for å planlegge vedlikeholdet på et tidspunkt som er mest hensiktsmessig for produksjonen. Dette kan føre til en reduksjon i nedetid og økt produktivitet. Men for å utnytte PdM programvaren mest mulig, er det viktig å ha en god plan for datainnsamling og analyse, klare prosedyrer for håndtering av varslene og å velge en programvare som passer best for den aktuelle virksomheten.

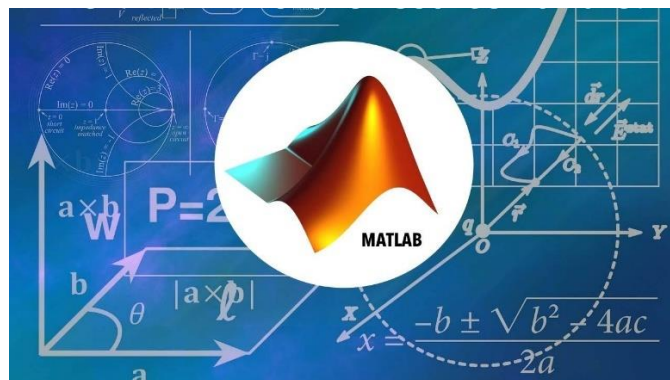
Kapittel 7. Datamodelleringsverktøy:

Datamoduleringsverktøy er et annet viktig verktøy for å implementere tilstandsbasert vedlikehold i avanserte produksjonsprosesser (Figur 19). Dette verktøyet brukes til å samle inn og analysere data fra ulike sensorer og utstyr, og gir muligheten for å visualisere og modellere dataene i sanntid. Dette gjør det lettere å identifisere og overvåke potensielle feil og problemstillinger, og dermed ta raske og informerte beslutninger om vedlikehold. (Guo H. 2020)



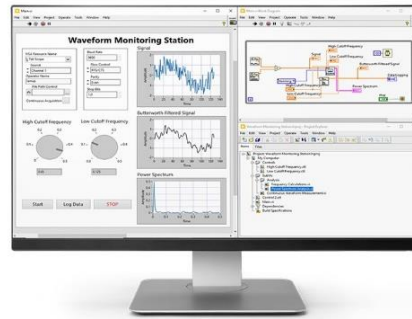
Figur 20 Datamodellerings-verktøy

Et eksempel på et datamoduleringsverktøy er Matlab (figur 20), som er et populært verktøy for å samle inn, analysere og visualisere data. Det gir mulighet for å bruke ulike teknikker som statistisk analyse, maskinlæring og datavisualisering for å identifisere mønstre og trender i dataene. Matlab har også et bredt utvalg av verktøy for å modellere og simulere ulike systemer, noe som gjør det lettere å teste og validere modeller av utstyr og prosesser.



Figur 21 Matlab

En annen populær datamoduleringsverktøy er LabView (Figur 21), som er et grafisk programmeringsmiljø for å samle inn, analysere og visualisere data. Det gir enkel tilgang til ulike sensorer og utstyr, og gir mulighet for å lage brukervennlige grensesnitt for å overvåke og kontrollere utstyret. LabView har også et bredt utvalg av verktøy for å analysere og modellere data, og gir mulighet for å teste og validere modeller av utstyr og prosesser.



Figur 22 LabView

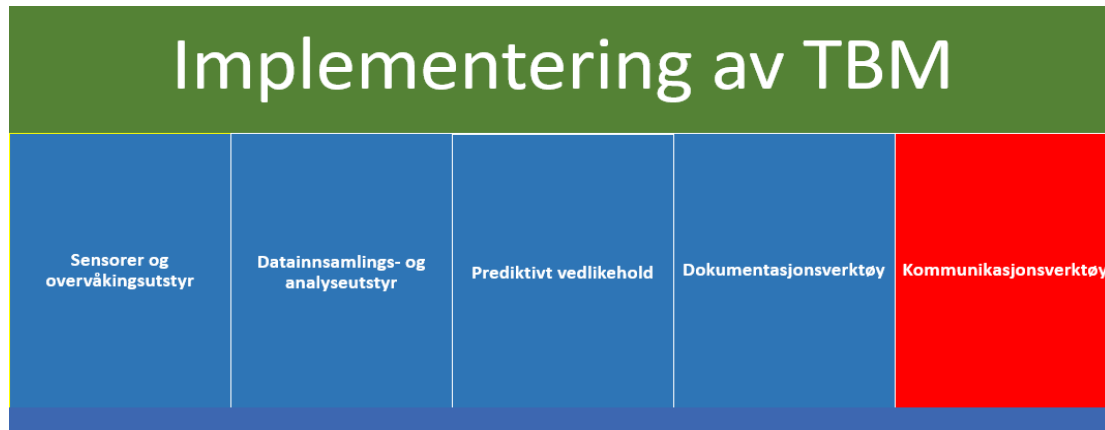
En viktig ting å merke seg når det gjelder datamoduleringsverktøy, er at det er viktig å velge det riktige verktøyet for å oppfylle de spesifikke behovene og kravene til prosessen. Det er også viktig å ha tilstrekkelig kompetanse og erfaring i bruken av verktøyet for å få mest mulig ut av det.

Det er viktig å nevne at valg av datamoduleringsverktøy avhenger av type av produksjonsprosess og hva som er viktigst for bedriften. Det er derfor viktig å undersøke og sammenligne forskjellige verktøy for å finne det som passer best for bedriftens behov.

Samlet sett er datamoduleringsverktøy en viktig ressurs for å implementere tilstandsbasert vedlikehold i avanserte produksjonsprosesser. Ved å samle inn, analysere og visualisere data fra ulike sensorer og utstyr, kan bedrifter identifisere og overvåke potensielle feil og problemer i sanntid og ta informerte beslutninger om vedlikehold. For å få mest mulig ut av verktøyet, må bedrifter velge riktig verktøy som passer til deres spesifikke behov og krav, og ha tilstrekkelig kompetanse og erfaring i bruk av verktøyet. Bruk av datamoduleringsverktøy kan forbedre beslutningstakingen og øke effektiviteten i vedlikeholdsarbeidet, noe som igjen kan bidra til å forbedre produksjonsprosessene og øke produktiviteten.

Kapittel 8. Kommunikasjonsverktøy:

Kommunikasjon er en viktig faktor i implementeringen av tilstandsbasert vedlikehold (TBM) (figur 22) fordi det muliggjør effektiv samhandling mellom ulike interessenter og bidrar til å skape en felles forståelse av målene og prosessene. Gjennom å benytte gode kommunikasjonsverktøy kan bedrifter forbedre kommunikasjonen både internt og eksternt, og dermed øke sjansen for en vellykket TBM-implementering. (bdc, 2023)

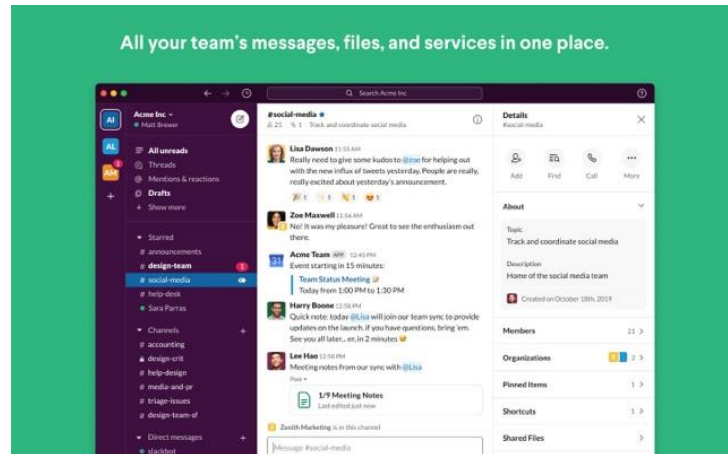


8.1. Eksempler på kommunikasjonsverktøy: Figur 23 Kommunikasjonsverktøy

Noen eksempler på kommunikasjonsverktøy som kan være nyttige for TBM-implementering inkluderer:

- Prosjektledelse- og samarbeidsplattformer: Verktøy som Asana, Trello, eller Basecamp kan være nyttige for å samle prosjektinformasjon, delegere oppgaver, og holde teamet oppdatert på fremdrift og endringer.
- Visuelle presentasjoner: Presentasjonsverktøy som PowerPoint eller Prezi kan brukes for å presentere prosjektet og strategien for å implementere TBM for en bredere gruppe av interessenter i en bedrift.
- Dokumentdeling og samarbeidsverktøy: Verktøy som Google Docs eller Microsoft Teams kan benyttes for å samarbeide og dele dokumenter og informasjon på tvers av ulike avdelinger og team.

- Interne kommunikasjonsverktøy: Intern kommunikasjon kan være kritisk for suksessfull TBM-implementering, og bedrifter kan benytte verktøy som Slack (Figur 23) eller Yammer for å styrke kommunikasjonen mellom teammedlemmer og avdelinger.



- Figur 24 Slack desktop

Kapittel 9. Suksesskriterier:

Suksesskriterier for implementering av tilstandsbasert vedlikehold:

For å sikre suksess ved implementering av tilstandsbasert vedlikehold, er det viktig å ha klare suksesskriterier som kan måles og evalueres. Følgende suksesskriterier kan anses som viktige for å lykkes med implementeringen av tilstandsbasert vedlikehold i avanserte produksjonsprosesser:

Suksessfaktor 1. Implementering av et system for tilstandsbasert vedlikehold som er tilpasset bedriftens behov og ressurser:

Dette kriteriet vil være viktig for å sikre at bedriften har et tilpasset system for tilstandsbasert vedlikehold som fungerer for deres spesifikke situasjon og gir resultater. Implementeringen må tilpasses bedriftens behov og ressurser, inkludert tilgjengelig utstyr og teknologi, økonomi, og tilgjengelige ressurser til opplæring og implementering. (Nuclear Power Engineering Section International Atomic Energy Agency, 2007).

Suksessfaktor 2. Opplæring av ansatte i bruk av tilstandsbasert vedlikehold og datamoduleringsverktøy:

Dette kriteriet vil bidra til å sikre at ansatte har nødvendig kompetanse og erfaring for å kunne bruke datamoduleringsverktøy og tilstandsbasert vedlikehold i praksis. Det er viktig å sørge for tilstrekkelig opplæring for å sikre at ansatte kan bruke systemet på en effektiv og sikker måte. (Yang, A. Qiu, Q. Zhu, M. Cui L. Chen W. Chen, J. 2022).

Suksessfaktor 3. Kontinuerlig oppdatering og forbedring av vedlikeholdssystemet basert på analyse av data og tilbakemeldinger fra ansatte:

Dette kriteriet vil bidra til å sikre at vedlikeholdssystemet er i stadig utvikling og tilpasning til bedriftens behov og endrede forhold. Det er viktig å analysere data og få tilbakemeldinger fra ansatte for å kunne gjøre nødvendige endringer og forbedringer for å øke effektiviteten og redusere kostnader. (Pinto, G. Silva, F.J.G. Campilho, R. Casias, R.B. 2019).

Suksessfaktor 4. Reduksjon av kostnader og økning av effektiviteten i vedlikeholdssystemet gjennom bruk av datamoduleringsverktøy og tilstandsbasert vedlikehold:

Dette kriteriet vil vise at bedriften har oppnådd konkrete økonomiske gevinster og effektivitetsforbedringer som følge av å implementere tilstandsbasert vedlikehold og datamoduleringsverktøy. Det er viktig å definere klare mål for kostnadsreduksjon og effektivitetsforbedring for å kunne måle suksessen av implementeringen. (Rio, 2014)

Suksessfaktor 5. Bruk av avansert teknologi og sensorikk for å samle inn data om tilstanden til utstyret:

Dette kriteriet vil være viktig for å sikre at bedriften har tilstrekkelig data for å kunne bruke tilstandsbasert vedlikehold effektivt. Det er viktig å bruke avansert teknologi og sensorikk for å samle inn nøyaktig og pålitelig data om utstyrets tilstand. Dette kan inkludere bruk av IoT-enheter, trådløse sensorer og andre avanserte teknologier. (Canter, 2021)

Suksessfaktor 6. Effektiv analyse av innsamlet data ved hjelp av avanserte datamoduleringsverktøy:

Dette kriteriet vil bidra til å sikre at bedriften kan få innsikt i dataene som samles inn og kan bruke dette til å ta beslutninger om vedlikeholdstiltak. Det er viktig å ha tilgang til avanserte datamoduleringsverktøy som kan hjelpe med å analysere og tolke dataene på en effektiv måte. Dette suksesskriteriet er valgt fordi innsamling av data alene ikke er nok til å gi bedriften den informasjonen de trenger for å ta beslutninger om vedlikeholdstiltak. Effektiv analyse av dataene er nødvendig for å identifisere mønstre, avvik, og muligheter som kan gi innsikt og gi bedre beslutninger.

Målet med den 6. suksess kriteriet er å sikre at bedriften kan bruke datainnsikt til å ta informerte beslutninger om vedlikeholdstiltak. Ved å ha tilgang til avanserte datamoduleringsverktøy kan bedriften effektivt analysere dataene og identifisere mønstre, trender og avvik som kan indikere behov for vedlikehold.

En produsent av industrikomponenter ønsker å implementere en tilstandsbasert vedlikeholds strategi for å minimere uforutsette utstyrsfeil og øke utstyrets pålitelighet. For å oppnå dette, har produsenten samlet inn store mengder data fra utstyret, inkludert sensoravlesninger, tidsseriedata og loggfiler.

For å analysere disse dataene effektivt, har produsenten valgt å bruke avanserte datamodelleringsverktøy som maskinlæring og kunstig intelligens. Ved å bruke disse verktøyene kan produsenten identifisere mønstre og trender i datamengden og dermed predikere potensielle feil eller problemer før de faktisk oppstår.

For eksempel kan modellen identifisere når en komponent nærmer seg slutten av sin levetid og varsle om at det er på tide å utføre vedlikehold eller erstatte komponenten. Dette kan bidra til å minimere kostbare reparasjoner og nedetid på utstyret. (IBM, 2020)

Gjennom å bruke avanserte datamodelleringsverktøy som maskinlæring og kunstig intelligens, kan produsenten analysere innsamlede data og implementere en tilstandsbasert vedlikeholds strategi. Dette kan bidra til å minimere uforutsette utstyrsfeil og øke utstyrets pålitelighet, noe som er en viktig faktor for å opprettholde produksjonsprosessen.

Suksessfaktor 7. Etablering av klare mål og indikatorer for suksess.

Dette kriteriet vil være viktig for å sikre at bedriften har en klar forståelse av hva de ønsker å oppnå med tilstandsbasert vedlikehold og datamoduleringsverktøy. Det er viktig å definere klare mål og indikatorer for suksess, for eksempel reduksjon av nedetid og økning i produksjonskapasitet. (Durcevic, 2019)

Suksessfaktor 8. Kontinuerlig opplæring og utvikling av ansatte i bruk av tilstandsbasert vedlikehold og datamoduleringsverktøy:

Dette kriteriet vil bidra til å sikre at bedriften har kompetente og erfarne ansatte som kan bruke tilstandsbasert vedlikehold og datamoduleringsverktøy i praksis. Det er viktig å investere i kontinuerlig opplæring og utvikling av ansatte for å sikre at de har de nødvendige ferdighetene og kunnskapene for å bruke verktøyene på en effektiv måte.

Målet med denne suksess kriteriet er å sikre at bedriften har dyktige og erfarne ansatte som kan bruke disse verktøyene på en effektiv måte for å optimalisere vedlikeholds prosessene. Ved å investere i opplæring og utvikling av ansatte, kan bedriften sikre at de har tilgang til nødvendige ferdigheter og kunnskaper for å bruke disse verktøyene for å identifisere problemer tidlig og redusere risikoen for feil og svikt i utstyret. Dette kan også bidra til å redusere kostnadene for vedlikehold og øke påliteligheten til utstyret, noe som kan ha en positiv effekt på bedriftens bunnlinje. Samlet sett kan kontinuerlig opplæring og utvikling av ansatte bidra til å forbedre effektiviteten og effektiviteten i bedriftens vedlikeholds prosesser, og sikre at ansatte har nødvendige ferdigheter og kunnskaper for å møte bedriftens vedlikeholdsbehov. (Chai, W. 2020).

Eksempel på kontinuerlig opplæring og utvikling av ansatte i bruk av tilstandsbasert vedlikehold og datamoduleringsverktøy er ved en fabrikk som produserer maskiner og utstyr. I denne bransjen er det viktig å ha en pålitelig og effektiv produksjonsprosess, og tilstandsbasert vedlikehold kan spille en viktig rolle i å sikre dette.

Et eksempel på dette er GE Healthcare sin fabrikk i Waukesha, Wisconsin, som produserer røntgenmaskiner og annet medisinsk utstyr. Fabrikken bruker tilstandsbasert vedlikehold for å overvåke tilstanden til utstyret og identifisere potensielle feil og svikt tidlig. De har også investert i kontinuerlig opplæring og utvikling av ansatte for å sikre at de har de nødvendige ferdighetene og kunnskapene for å bruke tilstandsbasert vedlikehold og datamoduleringsverktøy på en effektiv måte.

Dette har hjulpet fabrikken med å redusere nedetid og feil i produksjonsprosessen, samt øke påliteligheten til utstyret. Ifølge en rapport fra Infor, har GE Healthcare opplevd en 44% reduksjon i uforutsett nedetid siden de implementerte tilstandsbasert vedlikehold, noe som har spart dem millioner av dollar. I tillegg har opplæring og utvikling av ansatte også bidratt til å forbedre produksjonsprosessen og øke produktiviteten. (Infor, 2023)

Suksessfaktor 9. Implementering av et system for kontinuerlig evaluering og forbedring av tilstandsbasert vedlikehold:

Dette kriteriet vil bidra til å sikre at bedriften kontinuerlig overvåker og evaluerer bruken av tilstandsbasert vedlikehold og datamoduleringsverktøy, og tar nødvendige tiltak for å forbedre systemet. Det er viktig å ha en systematisk tilnærming til evaluering og forbedring av systemet for å sikre at det fungerer optimalt. (Erstad, C. 2014).

Identifisering og implementering av suksesskriterier er avgjørende for å oppnå suksess med tilstandsbasert vedlikehold i avanserte produksjonsprosesser. De nevnte suksesskriteriene, inkludert implementering av et tilpasset system for tilstandsbasert vedlikehold, opplæring av ansatte, kontinuerlig evaluering og forbedring, og reduksjon av kostnader og økning av effektiviteten, er alle viktige faktorer for å lykkes. I tillegg er bruk av avansert teknologi og sensorikk, effektiv analyse av innsamlet data, etablering av klare mål og indikatorer for suksess og kontinuerlig opplæring og utvikling av ansatte også viktige faktorer som bør tas med i betraktning. Å definere klare mål og indikatorer for suksess, for eksempel reduksjon av nedetid og økning i produksjonskapasitet, vil hjelpe bedriften med å måle suksessen og justere tiltakene etter behov.

For å lykkes med tilstandsbasert vedlikehold og datamoduleringsverktøy, bør bedriften også investere i teknologisk infrastruktur som kan samle inn og analysere data på en nøyaktig og pålitelig måte. Dette kan inkludere bruk av IoT-enheter, trådløse sensorer og andre avanserte teknologier. Å ha tilgang til avanserte datamoduleringsverktøy som kan hjelpe med å analysere og tolke dataene på en effektiv måte, vil også være avgjørende for å få innsikt i dataene som samles inn og bruke dette til å ta beslutninger om vedlikeholdstiltak.

Til slutt bør bedriften investere i kontinuerlig opplæring og utvikling av ansatte for å sikre at de har de nødvendige ferdighetene og kunnskapene for å bruke verktøyene på en effektiv måte. Implementering av et system for kontinuerlig evaluering og forbedring av tilstandsbasert vedlikehold vil også bidra til å sikre at bedriften kontinuerlig overvåker og evaluerer bruken av tilstandsbasert vedlikehold og datamoduleringsverktøy, og tar nødvendige tiltak for å forbedre systemet.

Med de riktige suksesskriteriene og investeringene i teknologi og ansatte, vil bedriften kunne oppnå en betydelig reduksjon i nedetid, økning i produksjonskapasitet og kostnadsbesparelser. Ved å ta i bruk tilstandsbasert vedlikehold og datamoduleringsverktøy, vil bedriften også kunne oppnå en mer effektiv og bærekraftig produksjonsprosess.

Kapittel 10. Oppsummering:

I denne oppgaven har jeg hatt som mål å undersøke suksessfaktorer og kriterier for implementering av tilstandsbasert vedlikehold (TBM) i avanserte produksjonsprosesser. Ved å gjennomføre en grundig litteraturstudie og en caseanalyse av en bedrift som har implementert TBM, har jeg identifisert flere fordeler og ulemper ved TBM sammenlignet med tradisjonell vedlikeholds strategi.

Jeg fant ut at TBM kan bidra til å forbedre driftssikkerheten og redusere vedlikeholdskostnadene ved å identifisere feil og problemer tidlig og planlegge vedlikeholdet på en mer effektiv måte. Imidlertid krever TBM betydelige investeringer i teknologi og opplæring av ansatte, og det kan være vanskelig å implementere det i allerede eksisterende produksjonsprosesser.

Gjennom caseanalysen av bedriften som har implementert TBM, kunne jeg se at suksessen til TBM-implementeringen avhenger av en rekke faktorer, inkludert ledelsesstøtte, opplæring og engasjement fra ansatte og tilpasningsevne til teknologien. Bedriften jeg studerte, klarte å overvinne noen av utfordringene knyttet til implementering av TBM ved å involvere ansatte i prosessen og tilpasse teknologien til sine spesifikke behov.

I konklusjonen av oppgaven min har jeg vist at implementering av TBM kan gi betydelige fordeler, men det krever betydelige investeringer i teknologi og opplæring av ansatte. Jeg anbefaler at bedrifter som vurderer å implementere TBM, først gjør en grundig vurdering av om TBM passer til deres spesifikke produksjonsprosess og forretningsbehov. I tillegg anbefaler jeg at fremtidige studier undersøker suksessfaktorer og kriterier for implementering av TBM i ulike typer industrier og produksjonsprosesser for å gi mer innsikt i hvordan TBM kan implementeres mest effektivt.

10.1: Anbefalinger for videre arbeid:

Når det gjelder anbefalinger for videre studier, kan følgende emner være interessante å utforske basert på denne oppgaven:

- En sammenlignende studie av TBM og andre vedlikeholds strategier, for eksempel forebyggende vedlikehold eller feilretting.
- En dybdeanalyse av kostnadsfordelene og besparelsene ved TBM i produksjonsprosesser.
- En studie av implementeringsutfordringene og barrierene for TBM og hvordan disse kan overvinnes.
- En studie av den teknologiske utviklingen innen TBM, og hvordan dette kan påvirke implementeringen og effektiviteten av TBM i fremtiden.
- En studie av TBM i forskjellige produksjonsmiljøer, for eksempel høyvolumsproduksjon, tilpasset produksjon eller enkeltproduksjon.

Referanser:

Bdc (UÅ) *Why communication is key to success*, [bdc], Tilgjengelig fra [Why communication is key to success | BDC.ca](#), (Hentet 03. Mai. 2023)

Blogg Team (2022), When Does it Make Sense to Use a Vibration Sensor. [Blogg pepperl fuchs]. Tilgjengelig fra [When Does it Make Sense to Use a Vibration Sensor? - Pepperl+Fuchs Blog \(pepperl-fuchs.com\)](#) (Hentet 22. Mars. 2023)

Braquilanges, H. (2021) *Fordelene med tilstandsbasert vedlikehold for å øke levetiden til en eiendel.* [Viibe Blogg]. Tilgjengelig fra <https://blog.viibe.co/advantages-of-condition-based-maintenance/> (Hentet 13. Februar. 2023)

Canter, N. (2021). *Emerging technologies advance condition monitoring techniques.* Tilgjengelig fra <https://www.plantengineering.com/articles/emerging-technologies-advance-condition-monitoring-techniques/> Hentet (03. Mai. 2023).

Chai, W. (2020) *Continuous Learning* [TechTarget], Tilgjengelig fra [What is Continuous Learning and What are its Benefits? \(techtarget.com\)](#). Hentet (23. April. 2023)

Durcevic, S. (2019) *KPI Management And Best Practices: How To Find The Perfect KPI Solutions?* Tilgjengelig fra <https://www.datapine.com/blog/kpi-management-and-best-practices/> Hentet (06. Mai. 2023)

Dynapar, (UÅ). *How to Choose Vibration Sensors for Rotating Equipment.* [Dynapar], Tilgjengelig fra [Choosing Vibration Sensors for Rotating Equipment | Dynapar](#). (Hentet 21. Mars. 2023).

Erstad, C. (2014) *Tilstandsbasert vedlikehold på Tørrgassetninger.* Bachelor. NTNU. Tilgjengelig fra [Tilstandsbasert vedlikehold på tørrgassetninger \(ntnu.no\)](#) Hentet (13. mai. 2023).

Espset, T. (2016) *Prediktivt vedlikehold.* [NTNU] Tilgjengelig fra https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2399080/15198_FULLTEXT.pdf?sequence=1 (Hentet 13. Mars. 2023).

Ets solutions (2021), *vibration sensors.* Tilgjengelig fra [Vibration Sensor: Definitions, Applications and How to Use it \(etssolution-asia.com\)](#), (Hentet 13. Mars. 2023)

Fiix, (UÅ) *Condition Based Maintenance.* [Fiix]. Tilgjengelig fra: [Condition Based Maintenance & Monitoring \(CBM Maintenance\) | Fiix \(fiixsoftware.com\)](#) (Hentet: 20. Januar 2023).

Ge predix (UÅ) *Ge predix dashboard*, [Ge predix], [GE Digital: Predix - Casimir Effekt \(casimireffect.us\)](#) (Hentet 10. Mars. 2023).

Guo H. (2020) *Data-Driven Predictive Control of Building Energy Consumption under the IoT Architecture*. [ResearchGate] Tilgjengelig fra [\(PDF\) Data-Driven Predictive Control of Building Energy Consumption under the IoT Architecture \(researchgate.net\)](#) (Hentet 24. April. 2023).

IBM-Waston (UÅ) *IBM Watson IoT Predictive Maintenance and Quality*, [IBM- Waston], [IBM Watson IoT Platform Anmeldelser 2023: Detaljer, priser, & Funksjoner / G2](#) (Hentet 10. Mars. 2023).

Infor (2021) *Building a Culture of Asset Performance Management*. [Infor] Tilgjengelig fra: [Asset performance management: Part of the Maintenance 4.0 evolution \(infor.com\)](#) (Hentet: 28. April 2023).

Kelluskar, S. (2021) *Condition Based Maintenance (CBM) and Condition Based Monitoring* [Edgereliability], Tilgjengelig fra: [Condition Based Maintenance, Condition Based Monitoring & Condition Monitoring – Reliability Edge \(edgereliability.com\)](#) (Hentet 20. Januar. 2023)

Keluskar, S. (2021) *Condition Based Maintenance, Condition Based Monitoring & Condition Monitoring*. Reliability Edge. Tilgjengelig fra: [Condition Based Maintenance, Condition Based Monitoring & Condition Monitoring – Reliability Edge \(edgereliability.com\)](#) (Hentet 12. Februar. 2023)

Lausund, S. (2018) *Forebyggende vedlikehold*. [NTNU(Confluence)]. Tilgjengelig fra: [Forebyggende vedlikehold - MedTekipedia - NTNU Wiki](#). Hentet (10. April. 2023)

Lund, A og Hellevik L. (2016) *Vedlikehold*. [E-bok], Tilgjengelig fra: [5. Vedlikehold — K08 Skipsmaskineri II \(marfag.no\)](#), (Hentet, 01. Mai. 2023)

NCD (2023) *Å velge riktig viberasjonssensor*. [NCD] Tilgjengelig fra: [How to Choose and Use an IoT Vibration Sensor - ncd.io](#) (Hentet: 24. Mars 2023).

Nuclear Power Engineering Section International Atomic Energy Agency, (2020), *Implementation Strategies and Tools for Condition Based Maintenance at Nuclear Power Plants*. Tilgjengelig fra [IAEA-TECDOC-1551](#). (Hentet 23. April. 2023)

Osborne, H. (2022), *What Is Matlab And What Is It Used For?*. [Criptobyte] Tilgjengelig fra [What is Matlab and what is it used for? \(criptobyte.com\)](#), (Hentet: 24. Februar. 2023).

Paffenroth, R. Zacharias, P. Brynjulfsen, T. Gunderson, A. (2020) *Tilstandsbasert vedlikehold innen olje og gass*. [Tekna] Tilgjengelig fra: [Tilstandsbasert vedlikehold – Predictive Maintenance – innen olje og gass \(tekna.no\)](#) (Hentet: 20. Februar. 2023)

Pinto, G. Silva, F.J.G. Campilho, R. Casias, R.B. (2019). *Continuous improvement in maintenance: a case study in the automotive industry involving Lean tools*. Tilgjengelig fra: [\(PDF\) Continuous improvement in maintenance: a case study in the automotive industry involving Lean tools \(researchgate.net\)](#) (Hentet 24. April. 2023).

Predictive Maintenance software, [Microsoft Power BI] hentet fra: «*Dashbord for prediktivt vedlikehold og produksjonsovervåking - Interat*», hentet «10.Mars.2023».

Rio, R. (2014). *Condition-Based Maintenance Improves Uptime and Lowers Costs* Tilgjengelig fra: <https://www.arcweb.com/blog/condition-based-maintenance-improves-uptime-and-lowers-costs> Hentet (02. Mai. 2023).

Robinson, C. J. Consultant, T. IMI division of PCB Piezotronics (UÅ), *Vibration Monitoring of paper Mill Machinery*, [IMI Monitoring], Tilgjengelig fra [WPL_80_PaperMill.pdf \(pcb.com\)](#), (Hentet 13. Januar. 2023)

Robinson, J. (UÅ) *VIBRATION MONITORING OF PAPER MILL MACHINERY*. [IMI SENSORS]. Tilgjengelig fra [WPL_80_PaperMill.pdf \(pcb.com\)](#) (Hentet: 24. Februar. 2023).

Schiøtz, J. E. (2021) *Vibrasjonssensor montert på en pumpe* [Min drift], hentet fra [Nye trådløse vibrasjonssensor gjør tilstandsovervåkning enklere - mindrift](#) . (Hentet 10. Mars. 2023).

Sildnes, G. og Dahl, G. (2022) *Prediktivt vedlikehold – Hva, hvorfor og hvordan*. [Prevas AS] Tilgjengelig fra [Prediktivt vedlikehold – Hva, hvorfor og hvordan - Prevas AS](#) (Hentet: 23. februar 2023).

Staff, D. (2021), *Viktigste hensyn ved valg av riktig sensor*, [KnowHow], Tilgjengelig fra [Viktigste hensyn ved valg av riktig sensor - KnowHow \(distrelec.com\)](#), (Hentet 14. februar. 2023)

Syre, Liyanae P. J. (2009) *Muligheter og utfordringer i forbindelse med videre utvikling av Tilstandsbasert Vedlikehold på Ula og Tambar*. Tilgjengelig fra [Syre, Bjarne.pdf \(unit.no\)](#) Universitet i Stavanger.

Teixeira, H. Lopes, I. Braga, A.C. (2021) *Condition-based maintenance implementation*. [Researchgate], Tilgjengelig fra https://www.researchgate.net/publication/347069076_Condition_based_maintenance_implementation_a_literature_review (Hentet: 12. Februar. 2023)

Ulring, E. (2020) *How predictive maintenance improves efficiencies across five industries*. [IBM]. Tilgjengelig fra: [How predictive maintenance improves efficiencies across five industries - IBM Blog](#) Hentet (02. Mai. 2023)

Yang, A. Qiu, Q. Zhu, M. Cui, L. Chen, W. Chen, J. (2022) *Condition-based maintenance strategy for redundant systems with arbitrary structures using improved reinforcement learning*. Tilgjengelig fra [Condition-based maintenance strategy for redundant systems with arbitrary structures using improved reinforcement learning - ScienceDirect](#). (Hentet 24. April. 2023)