

Sikander Mahe
Emil Meling

Forslag til RCA-metodikk tilpasset vindparker

Bacheloroppgave i Maskiningeniør
Veileder: Viggo Gabriel Borg Pedersen
Mai 2020

Sikander Mahe
Emil Meling

Forslag til RCA-metodikk tilpasset vindparker

Bacheloroppgave i Maskiningeniør
Veileder: Viggo Gabriel Borg Pedersen
Mai 2020

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



Kunnskap for en bedre verden

RAPPORT BACHELOROPPGAVE

Tittel

Forslag til RCA-metodikk tilpasset vindparker

Title

Proposal for an RCA-Method Adapted to Windparks

Prosjektnr

MTP-D-2020-02

Forfattere

Sikander Mahe

Emil Meling

Oppdragsgiver eksternt

Trønderenergi

Veileder internt

Viggo Gabriel Borg Pedersen

Rapporten er ÅPEN

Dato levert: **16.05.2020**

Kort sammendrag

Gruppa skal komme med et forslag til RCA analyseverktøy for

Trønderenergi sine vindmøller, der det tas utgangspunkt i vindmølleparken på

Bessakerfjellet. Informasjonsinnhenting med litteraturstudie og en befaring vil

utføres av gruppa. Dette vil gi et grunnlag til å foreslå en passende RCA metodikk.

Short summary

The group's task is to make a proposal for an RCA analysis tool for Trønderenergi's windmills, based on the windmill park on Bessaker. Information gathering with a literature study as well as a site inspection will be carried out by the group. This will provide a foundation in order to propose an appropriate RCA methodology.

Stikkord:

RCA-metode

Vindmølle

Feilanalyse

Keywords:

RCA-method

Windmill

Failure analysis

Forord

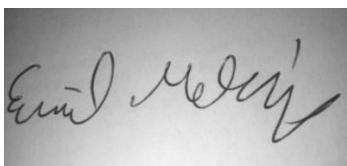
Denne bacheloroppgaven har blitt skrevet ved institutt for maskinteknikk og produksjon i våren 2020. Dette er den siste oppgaven i det 3-årige studiet som maskiningeniør med fordypning i drift og vedlikehold. Gruppen består av 2 medlemmer, Sikander Mahe og Emil Meling som begge er på siste år av sin 3-årige maskiningeniør bachelor. Målet for denne oppgaven er å foreslå en rotårsaksanalyse-metodikk (RCA) for Trønderenergi kraft AS. Denne vil Trønderenergi kunne bruke som en del av deres vedlikeholdsprogram på deres vindmølleparker. Formålet med å bruke RCA vil være å forbedre og optimalisere vedlikeholdet på vindmølleparkene.

Gruppen kontaktet flere bedrifter og fikk respons fra Trønderenergi. Vi hadde satt opp en liste over tema innenfor drift og vedlikehold som vi var interessert i å skrive om. Av disse temaene ville Trønderenergi gjerne ha en oppgave om rotårsaksanalyse. Vi syntes at dette virket som et spennende tema og ble enige om at oppgaven skulle handle om rotårsaksanalyse på vindmøller.

Vi har ingen tidligere erfaring med vindmøller utenom skolefag. Gruppemedlemmene sine tidligere erfaringer med rotårsaksanalyse er også begrenset til skolefag. Vi har begge skrevet en liknende oppgave om konsekvensklassifisering gjennom et tidligere prosjektarbeid. Gruppen har dermed tidligere erfaring med oppgaveskriving om drift og vedlikehold.

Vi vil gjerne takke vår veileder Viggo Gabriel Borg Pedersen som har fulgt oppgaven tett, gitt gode råd og vært lett tilgjengelig gjennom hele semesteret. Vi vil også rette en stor takk til Lina Nordaune og Jan Olav Reistad for befaringen til Bessakerfjellet og for å la oss gjennomføre en spennende oppgave på Trønderenergi sine vindmølleparker.

Vi underskriver at vi godkjenner hverandres arbeid gjennom denne oppgaven.



Sikander Mahe

Oppgavebeskrivelse

Oppgaven til gruppa er å foreslå en RCA-metodikk for som kan brukes i drift og vedlikehold for Trønderenergi sine vindmølleparker, der vi tar utgangspunkt i anlegget på Bessakerfjellet. Dette vil gruppa oppnå gjennom å identifisere suksesskriterier og suksessfaktorer for vellykket implementering av RCA i Trønderenergi.

Sammendrag

Dette er en oppgave skrevet med formål om å foreslå en RCA-metodikk for til bruk på Trønderenergi sine vindparker. Trønderenergi vil innføre RCA i sitt vedlikeholdssystem for å gjøre vedlikeholdet på deres vindmøller mer effektivt og økonomisk. Oppgaven vil oppnå dette formålet gjennom 4 resultatmål:

1. Ståstedsanalyse av vindmøllepark på Bessakerfjellet
2. Litteraturstudium
3. Identifisere suksesskriterier og suksessfaktorer for innføring av RCA i Trønderenergi
4. Foreslå RCA-metode Trønderenergi kan ta i bruk

Forslaget skal kunne anvendes til alle vindmølleparkene til Trønderenergi. På grunn av dette blir det gjort en ståstedsanalyse for å få en oversikt over nå-situasjonen på vindparkene. Det blir også gjort et litteraturstudie for å lære mer og få en oversikt over relevante RCA verktøy. Det siste som gjøres før forslaget utarbeides er å identifisere de faktorene og kriteriene som kreves for å utvikle en suksessfull RCA-metode.

Grappa utførte ståstedsanalysen og fant at det ikke var formell bruk av RCA på Trønderenergi sine vindmølleparker. Gjennom litteraturstudiet fikk grappa en oversikt over relevante RCA-verktøy ved bruk av en standard for RCA, samt andre kilder. Til slutt ble det trukket fram relevante suksesskriterier og -faktorer. De viktigste faktorene med tanke på valg av RCA-metode var enkelheten på verktøyene og ekspertisen som kreves for å bruke dem. Med denne informasjonen på plass undersøkte grappa fordelene og ulempene til de forskjellige verktøyene. Til slutt satte grappa verktøyene opp mot hverandre for å se hvilke som egnet seg best til oppgavens formål, og begynte å utarbeide en metode.

Grappa kom til slutt fram til en RCA-metode som tar utgangspunkt i verktøyene why method, feiltreanalyse og why because analyse. Metoden går ut på at man, ved en oppdaget feil, anvender en why analyse for å få mer informasjon om problemet. Deretter gjøres det en vurdering på om den oppdagede feilen er enkel eller

kompleks. Gitt en enkel feil gjør man en feiltreanalyse, eller hvis feilen er kompleks utføres en why because analyse som vil gå dypere inn på problemet.

Abstract

This is a paper written with the purpose of proposing an RCA-method to use on the windparks owned by Trønderenergi. Trønderenergi wants to introduce RCA in order to make their maintenance on windmills more efficient and economic. The paper wants to achieve this purpose through 4 goals:

1. Inspection of the windmill park on Bessakerfjellet
2. Literature study
3. Identify success criteria and factors for introducing RCA to Trønderenergi
4. Suggest an RCA-method for Trønderenergi to use

The proposal should be usable for all of the windmill parks owned by Trønderenergi. Because of this an inspection will be carried out in order to get an overview of the current situation of the wind parks. A literature study will also be conducted in order to learn more and get an overview of relevant RCA tools. The last thing that'll be done before the proposal is prepared is to identify the factors and criteria necessary in order to develop a successful RCA-method.

The group carried out an inspection of the windmill park and found that there was no formal usage of RCA on the windmill parks owned by Trønderenergi. Through literature study the group got an overview of relevant RCA tools by using a standard for RCA, as well as other sources. After this the group highlighted the relevant success criteria and factors. The most important factors with regards to choosing an RCA method were the simplicity of the tools and the expertise needed to use them. With this information in place, the group investigated the pros and cons of the different tools. Finally, the group placed the tools against each other in order find which ones were most suitable for the goal of the assignment and started to work on a method.

Eventually, the group decided on an RCA-method based on the tools why method, failure tree analysis and why because analysis. The method works by using a why analysis when a fault is discovered in order to get more information about the problem. Afterwards an evaluation must be made as to whether the problem is simple or complex. Given a simple problem you perform a failure tree analysis, or if

the problem is complex a why because analysis will be performed in order to go deeper into the problem.

Innholdsfortegnelse

Innhold

Forord.....	I
Oppgavebeskrivelse.....	II
Sammendrag.....	III
Abstract.....	V
Innholdsfortegnelse.....	1
1. Definisjoner og forkortelser.....	5
1.1 Forkortelser.....	5
1.2 Definisjoner.....	6
1.2.1 Definisjon på komplekse og enkle feilsituasjoner.....	7
2. Innledning.....	8
2.1 Hensikt med oppgaven.....	8
2.2 Problemstilling.....	9
2.3 Resultatmål.....	9
2.4 Avgrensning.....	10
2.5 Om Trønderenergi.....	10
2.6 Hvordan gruppa har bidratt til innovasjon.....	11
3. Metode.....	12
Hensikten med dette kapittelet er å gi en oversikt over hvilke metoder for informasjonsinnsamling som er brukt i de ulike delkapitlene.....	
3.1 Kildebruk av gruppa i oppgaven.....	12
3.1.1 Standarder.....	12
3.2 Metode for litteraturstudium.....	13
3.3 Metode for teori.....	13
3.4 Metode for ståstedsanalyse.....	14
3.5 Metode for suksessfaktorer og suksesskriterier.....	14
3.6 Metode for utarbeiding av RCA-metode.....	14
4. Litteraturstudium.....	15
4.1 Oversikt over RCA.....	15
4.1.1 Hva er RCA?.....	15
4.2 Modeller for RCA.....	17
4.2.1 Barriereanalyse.....	18

4.2.2 Reason's model (swiss cheese model)	18
4.2.3 System models.....	18
4.2.4 System theoretic accident model and processes (STAMP).....	18
4.3 RCA-verktøy	19
4.3.1 Events and causal factors charting (ECF)	19
4.3.2 Multilinear events sequencing (MES) og sequentially timed event plotting (STEP)	21
4.3.3 The why method.....	22
4.3.4 Causes tree method / Causal tree (CTM).....	24
4.3.5 Why-because analyse	26
4.3.6 Feil- og suksessstre analyse	28
4.3.7 Fiskebein/Ishikawa diagram	30
4.3.8 Safety through organizational learning (SOL)	32
4.3.9 Management oversight and risk tree (MORT)	33
4.3.10 Accimaps.....	34
4.3.11 Tripod Beta.....	36
4.3.12 Causal analysis using STAMP - CAST.....	38
4.4 Oppsummering	40
5. Teori.....	41
5.1 Vedlikeholdsstyring og vedlikeholdsstyringsløyfa	41
5.1.1 Supervisory control and data acquisition (SCADA) system.....	42
5.1.2 RCM - Reliability centered maintenance	43
5.2 Vedlikehold - definisjoner.....	43
5.2.1 Korrektivt vedlikehold	44
5.2.2 Forebyggende vedlikehold	44
5.3 Levetid - definisjon.....	45
5.4 6 vanlige feilmønstre.....	45
5.4.1 Tilstandskontroll	47
5.5 Vedlikehold av vindmøller	47
5.6 Teori om Root Cause Analysis (RCA)	47
6. Ståstedsanalyse av vindmølleparken på Bessakerfjellet.....	49
6.1 Målet med ståstedsanalysen	49
6.2 Utførelse av befarings	49
6.3 Funn fra befarings, dokumentgjennomgang og møter	50
6.4 Styrker og svakheter av befaringsen	52

7. Suksessfaktorer og suksesskriterier	53
7.1 Hva er suksessfaktorer og suksesskriterier	53
7.2 Suksessfaktorene	54
7.3 Suksesskriteriene	56
7.4 Key Performance Indicators (KPI)	57
7.5 Oppsummering	57
8. Forslag til RCA-metode	58
8.1 Innledning	58
8.1.1 Enkle og komplekse feil.....	58
8.1.2 Relevante suksessfaktorer	59
8.2 Gjennomgang av RCA verktøy	59
8.2.1 Events and causal factors charting - ECF	59
8.2.2 Multilinear events sequencing (MES) og sequentially timed event plotting (STEP)	60
8.2.3 The why method.....	60
8.2.4 Causes tree method - CTM	61
8.2.5 Why Because Analysis (WBA)	62
8.2.6 Fault tree and success tree method	62
8.2.7 Fishbone or Ishikawa diagram	63
8.2.8 Safety through organization learning (SOL)	63
8.2.9 Management oversight and risk tree (MORT)	64
8.2.10 Accimaps.....	64
8.2.11 Tripod beta	65
8.2.12 Causal analysis using STAMP - CAST.....	65
8.3 Sammendrag av RCA-verktøyene	66
8.4 Hvilke RCA-verktøy kan utelukkes fra RCA forslaget?	69
8.5 Drøfting av de gjenværende verktøyene.....	70
8.5.1 FTA - Tripod Beta - Fishbone.....	70
8.5.2 MES/STEP - ECF.....	71
8.5.3 WBA - Why method.....	71
8.6 Endelige verktøy	72
9. Resultat	74
9.1 Endelig forslag til RCA-metode.....	75
9.2 Eksempel på utføring av gruppas utviklede RCA-metode	78
9.3 Forslag til implementering av RCA-metoden	82

10. Konklusjon.....	83
10.1 Resultatmål 1: Ståstedsanalyse av vindmøllepark på Bessakerfjellet	83
10.2 Resultatmål 2: Litteraturstudium	83
10.3 Resultatmål 3: Identifisere suksesskriterier og suksessfaktorer for innføring av RCA i Trønderenergi.....	84
10.4 Resultatmål 4: Foreslå RCA-metode Trønderenergi kan ta i bruk	85
10.5 Videre arbeid	85
11. Referanser	86
12. Figurliste.....	89
13. Tabelliste.....	90
14. Vedlegg	91
14.1 Intervju.....	91

1. Definisjoner og forkortelser

1.1 Forkortelser

CAST – Causal analysis using STAMP

CTM – Causes tree method

D&V – Drift og vedlikehold

EAM – Electronic asset management

ECF – Events and causal factors charting

F.eks – For eksempel

FTA – Fault tree analysis (Feiltreanalyse)

FV – Forebyggende Vedlikehold

IFS – International Featured Standards

KV – Korrikerende Vedlikehold

MES – Multilinear events sequencing

MORT – Management oversight and risk tree

RCA – Root cause analysis (Rotårsaksanalyse)

SAP – System applications and products

SCADA – Supervisory control and data acquisition

SOL – Safety through organizational learning

STEP – Sequentially timed event plotting

WBA – Why because analysis

1.2 Definisjoner

Feil - Tilstand hos en enhet som karakteriseres av manglende evne til å oppfylle krevd funksjon, bortsett fra utilgjengelighet på grunn av forebyggende vedlikehold eller andre planlagte tiltak, eller grunn av mangel på eksterne ressurser

Ekspertise - Et sett med ferdigheter og kunnskap om en person, et system eller en teknologi

Feilmode - En av de mulige feiltilstandene til en enhet. Feiltilstanden fører til at en krevd funksjon ikke tilfredsstilles

Kritikalitet - Numerisk indeks for alvorlighetsgraden av en svikt eller en feil sett i sammenheng med sannsynligheten for at den inntreffer eller hvor hyppig den forekommer

Metode - systematisk arbeidsmåte, teknikk

Standard - Standard dokument til felles og gjentatt bruk, fremkommet ved konsensus og vedtatt av et anerkjent organ som gir regler, retningslinjer eller kjennetegn for aktiviteter eller resultatene av dem for å oppnå optimal orden i en gitt sammenheng

Svikt - Tap av en enhets mulighet til å oppfylle krevd funksjon

Teknikk - arbeidsmetode, fremgangsmåte når en skal fremstille noe el. bruke maskiner

Vedlikehold - Kombinasjon av alle tekniske, administrative og ledelsesrelaterte tiltak gjennom en enhets livssyklus som har til hensikt å opprettholde den i eller gjenopprette den til en tilstand der den kan oppfylle den krevde funksjonen

Vedlikeholdsstyringssystem - Databasert system som brukes til å samle og rasjonalisere informasjon og data knyttet til vedlikehold

Verktøy - Verktøy er redskap man bruker til å reparere, montere, demontere, lage, eller vedlikeholde noe med

1.2.1 Definisjon på komplekse og enkle feilsituasjoner

Vi definerer disse ved å ta utgangspunkt i en rotårsaksanalyse-situasjon:

Enkle feilsituasjoner - Feilsituasjoner som kan analyseres relativt fort uten å kreve høy ekspertise

Komplekse feilsituasjoner- Feilsituasjoner som vil kreve en dypere analyse med bruk av ekspertise

2. Innledning

Vedlikehold er en stor del av produksjonsindustrien, og mye penger og ressurser går med på å optimalisere vedlikehold. Bruken av vedlikeholdsstyringsløyfa og kontinuerlig forbedring er en viktig del av det moderne vedlikeholdet.

Forbedringsprosessen består av å analysere vedlikeholdet for så å gjøre forbedrende tiltak, via for eksempel RCA. RCA er en essensiell del av den analyserende prosessen og derfor er gruppa engasjert i å skrive en oppgave om dette.

Gruppa sendte e-post og spurte flere bedrifter om vi kunne skrive bachelor for dem. Trønderenergi responderte, og ønsket en metode å utføre RCA på vindmøllene deres. Gruppa tilbød seg derfor å skrive en bachelor hvor det skulle lages et forslag for RCA-metodikk tilpasset vindmølleparkene til Trønderenergi.

Opggaven starter med et definisjonskapittel, etterfulgt av et litteraturstudium som tar for seg ulike RCA-verktøy og modeller. Deretter kommer et teorikapittel som tar for seg temaer som blir viktig i løpet av oppgaven og en ståstedsanalyse som forklarer hvordan nå-sitasjonen er på vindmølleparken på Bessakerfjellet. Gruppa har med et kapittel om suksessfaktorer og suksesskriterier for implementering av RCA-metode for Trønderenergi og avslutter oppgaven med det endelige forslaget til RCA-metode.

2.1 Hensikt med oppgaven

Hensikten med oppgaven er å foreslå for Trønderenergi en metode for å finne rotårsaker til feil på vindmøller. Gruppa skal ta utgangspunkt i vindmølleparken på Bessakerfjellet, og metoden skal gjøre det enklere for Trønderenergi å analysere rotårsaker og lagre resultatene. Gruppa ønsker i tillegg å få mer kunnskap om hvordan RCA brukes i arbeidslivet og hvordan vedlikehold på en vindmøllepark fungerer.

2.2 Problemstilling

Problemstillingen til oppgaven er å utvikle en RCA-metodikk tilpasset for vindmølleparkene til Trønderenergi. Grappa har en rekke resultatmål som skal hjelpe til å svare på problemstillingen.

2.3 Resultatmål

Sammen med intern veileder fra NTNU og vedlikeholdspersonell fra Trønderenergi, er dette definert som våre resultatmål:

Resultatmål	Hva skal inngå i dette?
1. Ståstedsanalyse av vindmøllepark på Bessakerfjellet	Intervju med ansatte Befaring Dokumentgjennomgang Se på Vedlikeholdssystemet og i hvilken grad RCA utføres i Trønderenergi sin drift og vedlikehold nå. Bruke Bessakerfjellet som eksempel for å utvikle en RCA-metodikk for hele Trønderenergi
2. Litteraturstudium	Identifisere og beskrive ulike RCA-metoder Identifisere fordeler og ulemper ved de ulike RCA-metodene
3. Identifisere suksesskriterier og suksessfaktorer for innføring av RCA i Trønderenergi	Foreslå suksesskriterier og suksessfaktorer for å identifisere den beste RCA-metoden for Trønderenergi
4. Foreslå RCA- metode Trønderenergi kan ta i bruk	Drøfte ulike RCA-metoder som kan være aktuelle for Trønderenergi.

	Konkludere med den beste RCA-metoden ut ifra suksesskriteriene/faktorene Bruke etablerte RCA-verktøy til å lage en RCA-metodikk tilpasset for Trønderenergi
--	--

Tabell 1 Resultatmål

2.4 Avgrensning

Grappa avgrensner oppgaven ved at det skal legges frem et forslag, ikke en etablert metode. Grappa skal heller ikke implementere metoden i vedlikeholdssystemet, men skal gjøre sitt ytterste for at Trønderenergi på enklest måte kan ta metoden i bruk.

Arbeidet til grappa har blitt begrenset grunnet situasjonen angående Covid-19 viruset. Grappa sin faglitteratur har vært begrenset av nettbaserte kilder, og tilgangen til litteratur på NTNU sitt bibliotek har vært minimal. Situasjonen har også gjort at møter med veileder og arbeid i grappa har blitt utfordrende, men arbeidet har likevel klart å opprettholde en tilnærmet normal standard. Heldigvis ble det utført en befaring like før helsetiltakene ble iverksatt.

2.5 Om Trønderenergi

Trønderenergi er et selskap som forvalter fornybar energi i form av vindkraft og vannkraft. Trønderenergi er organisert som et konsern med Trønderenergi AS som morselskap med en rekke datterselskaper. Grappa skriver i hovedsak for datterselskapet Trønderenergi Kraft AS, men velger å si at oppgaven blir skrevet for hele Trønderenergi. Kjernevirksomheten til Trønderenergi er å produsere energi fra vann og vind for å bidra til et lønnsomt, effektivt og velfungerende fornybarsamfunn. Trønderenergi eies av 18 kommuner i Trøndelag, KLP (Kommunal Landspensjonskasse gjensidig forsikringsselskap) og Nordmøre Energiverk AS. (Trønderenergi, u.d.)

2.6 Hvordan gruppa har bidratt til innovasjon

VI har laget et forslag til hvordan Trønderenergi kan finne rotårsaker til enkle og komplekse feil. Måten gruppa har gjort dette på er å lage en metode som inneholder tre forskjellige RCA-verktøy som bygger på hverandre og som i tillegg kan anvendes i feltet. Dette gjør at metoden enkelt kan anvendes på for eksempel et nettbrett, eller at den kan utføres sammen med andre for å øke ekspertisen. Gruppa har hatt som mål gjennom hele oppgaven at metoden skal være oversiktlig, lett å anvende, og enkel å implementere.

3. Metode

Hensikten med dette kapittelet er å gi en oversikt over hvilke metoder for informasjonsinnsamling som er brukt i de ulike delkapitlene.

Gjennom oppgaven har gruppa brukt flere metoder for å samle inn data. Dette kapitlet skal ta for seg hvilke metoder gruppa har brukt og hvorfor vi har brukt de ulike metodene. Når det er snakk om metode, finnes det to hovedkategorier; Kvalitativ og kvantitativ.

Kvalitativ metode bygger på tekst, tolkning og menneskelig erfaring, mens kvantitativ metode bruker tall, statistikk og mengderesultater. Gruppa har vært tvunget til å bruke mer kvalitativ datainnsamlingsmetode gjennom oppgaven grunnet begrenset tilgang på fagstoff. Datainnsamlingen har i hovedsak blitt samlet gjennom intervju, e-post, observasjon, nettartikler og standarder.

Gruppa har gjennom hvert resultatmål brukt ulike metoder for å finne informasjon.

3.1 Kildebruk av gruppa i oppgaven

Informasjonsinnsamlingen ble utført på ulike kilder for å validere funnene våre. Vi tok utgangspunkt i standarder og nettartikler når vi fant kilder for å opprettholde integritet på oppgaven. Grunnen til at vi valgte å bruke en standard som utgangspunkt er fordi den er anerkjent og brukes i industrien. Dermed vet vi at infoen fra standarden har praktisk nytte. Vi støttet hovedkilden vår opp ved å finne sekundærkilder som bekreftet informasjonen vi fant. Disse sekundærkildene består av faglitteratur og artikler som har blitt sitert flere ganger og som er skrevet av fagpersoner. I tillegg hadde gruppa noen fagbøker tilgjengelig samt i en kort periode tilgang til bibliotek.

3.1.1 Standarder

Standard.no skriver at en standard (standard.no, 2020):

- utarbeides etter initiativ fra interessegrupper
- gir retningslinjer for hvilke krav som skal settes til varer og tjenester

- regulerer for hvordan prøving, sertifisering og akkreditering skal gjennomføres
- er et forslag til valg av løsning
- bidrar til utvikling av formålstjenlige og sikre varer, produksjonsprosesser og tjenester
- er ofte frivillig å bruke
- gir mer detaljerte beskrivelser til EU-direktiver, nasjonale lover og forskrifter

Og ifølge Store Norske Leksikon er en standard definert som: “En teknisk standard er en etablert norm eller krav til hvordan et produkt bør utarbeides og produseres, eller hvordan en tjeneste eller arbeidsprosess bør utføres.” (Hofstad, 2020)

Dette er standardene vi bruker i denne oppgaven:

- “NEK EN 62740 Norwegian electrotechnical standard (2015) Root Cause Analysis (RCA)” er en standard som omhandler RCA og de ulike modellene og verktøyene som brukes når man skal gjøre en RCA.

- NS-EN 13306:2017 Vedlikehold - Vedlikeholdsterminologi. Denne europeiske standarden spesifiserer generelle vilkår og definisjoner for tekniske, administrative og ledelsesmessige vedlikeholdsområder.

3.2 Metode for litteraturstudium

Litteraturstudiet er i hovedsak basert på standarden NEK EN 62740. Grappa brukte kvalitativ metode via standarden for å samle data, men brukte også sekundærkilder for å sikre validiteten til informasjonen som ble funnet. Sekundærkildene ble utført ved søk på nettet, i hovedsak via Google Scholar men også via andre sider med fagartikler. Google Scholar er en kilde som gir tilgang på fagstoff som er skrevet av fagpersoner. Henvendelse med veileder ble også brukt gjennom kapitlet for å sikre validiteten til innholdet.

3.3 Metode for teori

Under teorikapitlet brukte grappa tidligere erfaring med vedlikeholdsstyringssløyfa og forelesninger fra tidligere fag som grunnlag for kapitlet. Grappa har også brukt

standardene og fagartikler samt Per I. Bye sin bok om Vedlikehold og driftssikkerhet som kilder til innholdet i kapitlet.

3.4 Metode for ståstedsanalyse

Under ståstedsanalysen tok gruppa i bruk en befaring til Bessakerfjellet for å få mer informasjon og dypere forståelse for hvordan vedlikehold fungerer på vindmølleparker. Under befaringen gjennomførte gruppa intervjuer med de ansatte hvor det ble spurt spørsmål som skulle gi en oversikt over nå-sitasjonen på vindparken. Dette ga gruppa en pekepinn på hvordan Trønderenergi trengte hjelp med tanke på RCA-metodikk, som senere hjalp oss i utviklingen av RCA-metoden. Gruppa hadde tett kontakt med en kontaktperson fra Trønderenergi som hjalp til med å validere informasjonen som var innsamlet.

3.5 Metode for suksessfaktorer og suksesskriterier

For utarbeiding av suksess-kapitlet tok gruppa i bruk boken “Praktisk prosjektledelse”, samt gruppemedlemmenes kunnskaper om hvordan en RCA kan bli til en suksess for en bedrift, som informasjonsgrunnlag. I tillegg til dette rådførte gruppa seg med Trønderenergi sin kontaktperson for å bekrefte at de var enige i gruppas beslutning.

3.6 Metode for utarbeiding av RCA-metode

All informasjon samlet i tidligere kapitler ble brukt i utarbeidingen av RCA-metoden. Tett oppfølging med veileder samt gruppemedlemmenes egne erfaringer ble brukt når RCA-metoden ble utviklet.

4. Litteraturstudium

Resultatmålene for litteraturstudiet er:

- **Identifisere og beskrive ulike RCA-metoder**
- **Identifisere fordeler og ulemper ved de ulike RCA-metodene**

I dette kapitlet skal vi gå gjennom ulike RCA-verktøy og modeller som skal hjelpe oss i å utvikle en RCA-metode for Trønderenergi. Vi tar utgangspunkt i resultatmålene når vi skriver litteraturstudiet.

4.1 Oversikt over RCA

Formålet med denne oversikten er å få fram hvilke formål forskjellige RCA-verktøy kan oppnå. Å ha disse i bakhodet vil hjelpe med å velge riktige RCA verktøy til metoden som skal utvikles.

Definisjon av RCA: “Root cause analysis is a structured investigation that aims to identify the true cause of a problem and the actions necessary to eliminate it.”
(Andersen & Fagerhaug, 2006)

4.1.1 Hva er RCA?

“RCA is a collective term used to describe a wide range of approaches, tools and techniques used to uncover causes of problems. Some of the approaches are geared more toward identifying the true root causes than others; some are more general problem-solving-techniques while others simply offer support for the core activity of root cause analysis. Some tools are characterized by a structured approach, while others are more creative (and haphazard) in nature.” (Andersen & Fagerhaug, 2006)

Poenget med RCA er ikke å lære å bruke hvert eneste av disse verktøyene/teknikkene, men heller å bli kjent med RCA verktøykassen slik at man kan anvende de passende teknikkene for å løse et spesifikt problem.

Rotårsaksanalyse anvender en rekke verktøy og teknikker til forskjellige formål. Et RCA verktøy kan settes i flere grupper som beskriver hva verktøyet vil oppnå. Her er en generell oversikt som viser noen de forskjellige gruppene:

Gruppe for RCA-verktøy	Beskrivelse	Eksempel på verktøy
Problemforståelse	Metoder som hjelper med å komme til bunns av problemet. Denne fasen fokuserer på å forstå problemet og er det første steget før man starter på analysen.	Flytdiagram <i>-Diagram som brukes for å illustrere prosesser</i>
Problemårsaks-brainstorming	Verktøy som kan brukes på forskjellige stadier av analysen. Brainstorming kan bidra til å generere nyttige ideer om mulige årsaker	-Brainstorming/writing <i>En metode som kan brukes gjennom hele RCA-prosessen for å generere ideer</i>
Problemårsaks-data innsamling	Verktøy og teknikker som brukes for å samle inn data relatert til et problem	-Sjekkliste <i>Samler data gjennom skjemaer som utfylles gjennom samlingsperioden</i>
Problemårsaks-dataanalyse	Verktøy som analyserer data som er samlet om et problem.	-Paretodiagram <i>Et visuelt verktøy som brukes for å illustrere årsakene med størst effekt</i>
Rotårsaks-identifikasjon	Forskjellige tilnærminger for å analysere rotårsakene til et problem	-5 why <i>En tilnærming brukt for å komme dypere inn i årsaksforhold</i>

		-Feiltreanalyse <i>Et verktøy brukt for å se videre og forutse hvilke problemer som kan oppstå.</i>
Rotårsaks-eliminering	Finner løsninger som vil fjerne rotårsaken	-Six thinking hats <i>En teknikk brukt for å tvinge folk til å endre perspektivet deres og tenke i henhold til forskjellige roller</i>
Implementering av løsning	Teknikker og tiltak som kan bidra med å implementere en løsning	-Tre-diagram <i>Brukt for å planlegge et prosjekt, f.eks en forbedringsimplementasjon</i>

Tabell 2 RCA-verktøy grupperinger (Andersen & Fagerhaug, 2006)

(Andersen & Fagerhaug, 2006)

Grappa vil ta utgangspunkt i standarden for å velge hvilke verktøy vi vil gå dypere inn på for å utarbeide en passende RCA metodikk for Trønderenergi sine vindmølleparker.

4.2 Modeller for RCA

Under dette kapitlet tar vi utgangspunkt i standarden NEK EN 62740, Root Cause Analysis. (NEK, 2015)

Det finnes mange ulike måter å utføre en RCA på. Derfor er det viktig å få en oversikt over ulike verktøy og modeller for å finne den mest skreddersydde analysen av problemet. Hver analyse trenger også å bli visualisert på en oversiktlig måte, slik at den er forståelig. Derfor trenger man først å ha kunnskap om forskjellige modeller som hjelper til med å fremstille resultatene man får når man bruker et RCA-verktøy. Det finnes mange ulike modeller, men flesteparten av dem kan bli oppsummert under disse fire:

1. Barriereanalyse
2. Reason's model (swiss cheese model)
3. Systemmodeller
4. System theoretic accident model and processes (STAMP)

De fire modellene har alle sine styrker og svakheter som gjør at de blir egnet til forskjellige analyser. Hovedoppgaven til modellene er å gi den best mulige visuelle representasjonen av resultatene.

4.2.1 Barriereanalyse

En barriereanalyse visualiserer en prosess hvor feilhendelsen oppstår først når alle barrierene som skal forhindre feilen blir destruert eller forbigått. Eksempler på dette vil bli i teknikkene Feiltreanalyse og Tripod Beta. Barriereanalysen får tydelig frem hvilke faktorer som må slå feil for at feilhendelsen skal oppstå, og dermed er det lett å se hvilke problem som skal fikses.

4.2.2 Reason's model (swiss cheese model)

En Reason's model sin hovedoppgave er å visualisere svakhetene i en prosess. Den ser på prosessen som osteskiver med hull i hvor hullene i osten representerer svakhetene i hvert ledd i prosessen. Hvis det er flere hull i barrierene (ostene) kan feilhendelser oppstå hyppigere.

4.2.3 System models

Systemmodeller tar for seg flere faktorer for feil i visualiseringen sin for å gi et dypere bilde på hva som kan være rotårsaken i et problem. Den tar for seg blant annet menneskelige, maskinelle og systemfeil i en modell. Dette er en mer kompleks modell, ofte med tegnede bokser med piler mellom, som tar for seg helheten rundt en feilhendelse. Teknikker som bruker systemmodeller, er blant annet MORT og Why because.

4.2.4 System theoretic accident model and processes (STAMP)

STAMP minner om systemmodeller, men tar mer for seg rotårsaken forårsaket av samspillet mellom menneske, maskin og miljø. Målet er å vise hvordan de ulike faktorene i et system kan påvirke hverandre og hvordan det igjen påvirker miljøet rundt hendelsen. CAST er et verktøy som bruker denne modellen.

4.3 RCA-verktøy

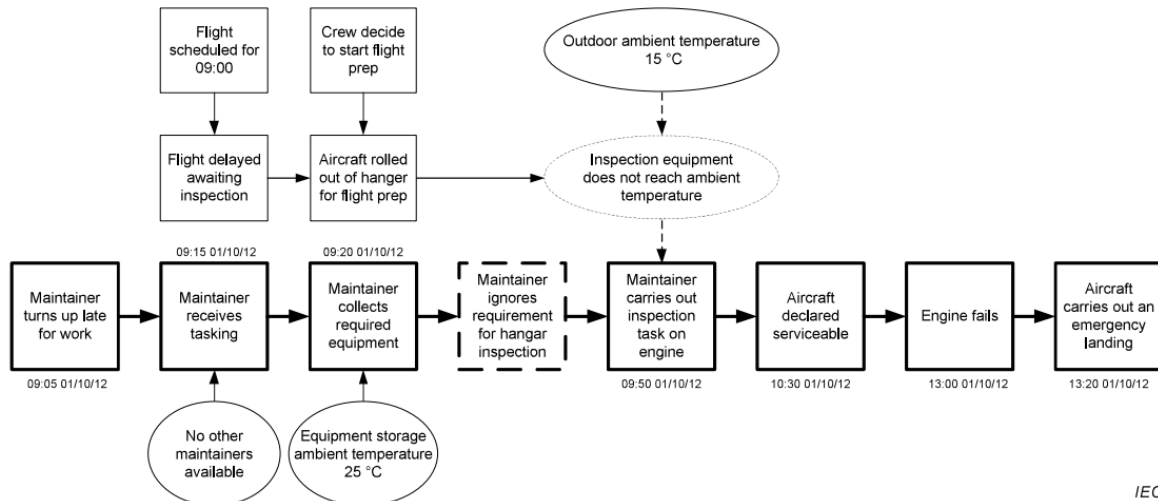
Det finnes 12 ulike verktøy fra standarden som kan brukes når man skal finne rotårsaker:

1. Events and causal factors (ECF) charting
2. Multilinear events sequencing (MES) og sequentially timed events poster (STEP)
3. The why method
4. Causes tree method (CTM)
5. Why-because analyse (WBA)
6. Fault tree and success tree method
7. Fishbone or Ishikawa diagram
8. Safety through organization learning (SOL)
9. Management oversight and risk tree
10. Accimaps
11. Tripod Beta
12. Causal analysis for system theoretic accident model and process (STAMP) (CAST)

Alle verktøyene har ulike bruksområder og fordeler og ulemper som gjør dem forskjellig tilpasset. Grappa skal gå gjennom de forskjellige metodene og deretter gjøre rede for fordelene og ulempene med de forskjellige verktøyene.

4.3.1 Events and causal factors charting (ECF)

En ECF er et RCA-verktøy som tar for seg hendelser i en kronologisk rekkefølge, fra venstre til høyre og/eller opp til ned. Hendelsene blir beskrevet i bokser og ovaler som er koblet sammen av piler. Under er en ECF av et fly som må nødlande.



IEC

Figur 1 ECF (NEK, 2015)

I en ECF er det firkanter som illustrerer hovedhendelsene. Rammene rundt hendelsene kan være tykke eller stiplede. For å sette en hel ramme rundt må hendelsen være bevist, mens hvis det er stiplet ramme er det en spekulativ hendelse. Hovedhendelser vil ha tykke linjer. Rundt hovedhendelsene kan man sette inn ovale figurer som er premisser for at neste hovedhendelse inntreffer. De ovale figurene forklarer ofte hva som var årsaken til at det ble gjort feil i prosessen.

Fordeler

- Hjelper til med å bekrefte rekkefølgen på hendelser i en situasjon
- Lager en struktur for å finne, organisere og bekrefte bevis
- Identifiserer hull i hendelsesforløpet
- Gir en god oversikt over feilårsakene ved å gi en god visuell representasjon av rekkefølgen på hendelsene

Ulemper

- Er god til å identifisere feilfaktorer, men bestemmer ikke nødvendigvis rotårsakene
- Kan være for avansert for enkle problemer

(Buys & J.L, 1995)

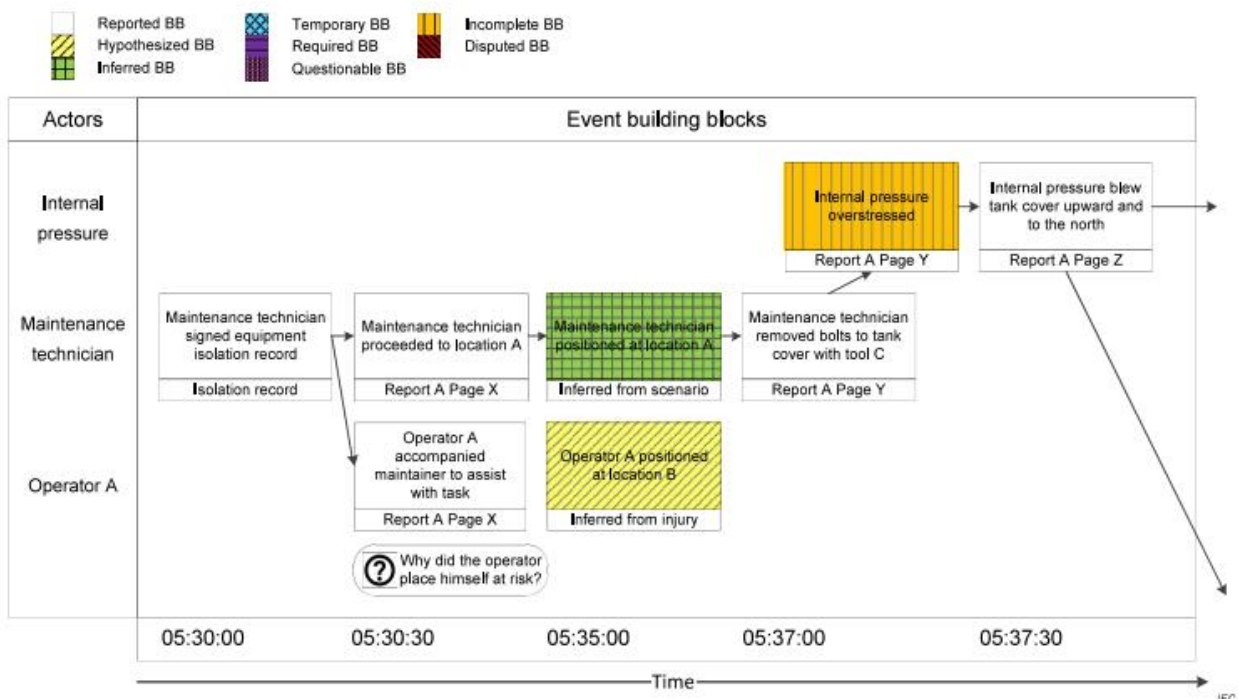
(Rice, 2009)

4.3.2 Multilinear events sequencing (MES) og sequentially timed event plotting (STEP)

MES/STEP virker relativt likt som en ECF, men gir mer detaljert informasjon på hendelsesforløpet. Ifølge Dmitri Zotov går en MES mer inn på hendelsesforløpet under en ulykke, heller enn å gå dypere for å finne rotårsaken (Zotov, 2011). I en MES/STEP lager man en “time-actor” matrise hvor man plasserer hendelsene ut ifra når de skjedde og hvilket subjekt som utførte dem. Først samles det inn data om de forskjellige hendelsene og subjektene i prosessen, som kan gjøres via et “building block” (BB) skjema. I et BB-skjema finner man hvilke faktorer som kan fungere som “byggeklosser” for feilhendelsen. Feilhendelsen er bygget opp av flere ulike faktorer som til slutt resulterer i svikt i prosessen.

Når man gjør en MES/STEP bør man følge fire steg:

1. Samle informasjon om BBs og identifisere manglet informasjon
2. Sette BBs inn i tidslinjen i time-actor matrisen
3. Identifisere og lage hypoteser for å fylle hull i hendelsesforløpet
4. Avslutte utfyllingsprosessen når time-actor matrisen er fullført



Figur 2 MES/STEP (NEK, 2015)

I figuren ser vi at subjektene (actors) er plassert til venstre, og alle hendelsene som tilhører et subjekt er plassert på samme linje langs tidslinjen. BB-ene er plassert i midten av diagrammet med den største delen av firkanten dedikert til forklaring av hendelsen, mens en liten del nederst dedikert til hvor informasjonen ble funnet. Bakgrunnsfargen/mønsteret på BB-ene indikerer sikkerheten til informasjonen og øverst i figuren er betydningen på bakgrunnene gitt. Nederst er en tidslinje som gir en god oversikt over når hendelsene inntraff.

Fordeler

Har mange av de samme fordelene som ECF:

- Hjelper til med å bekrefte rekkefølgen på hendelser i en situasjon
- Lager en struktur for å finne, organisere og bekrefte bevis
- Identifiserer hull i hendelsesforløpet
- Gir en god oversikt over feilårsakene ved å gi en god visuell representasjon av rekkefølgen på hendelsene

I tillegg:

- Gir en mer detaljert oversikt over hvilket tidspunkt hendelsene inntraff
- Har en fast "oppskrift" som kan følges for å lettere finne hendelsene

Ulemper

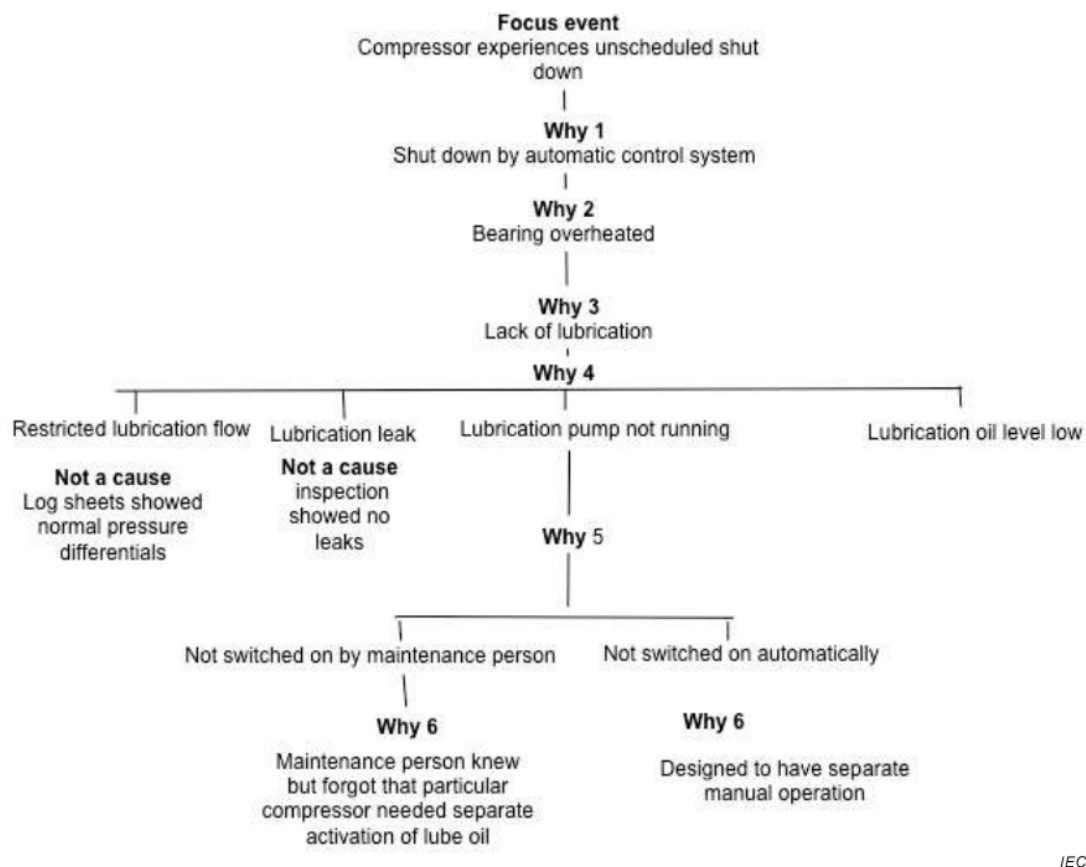
Har også de samme ulempene som ECF:

- Er god til å identifisere feilfaktorer, men bestemmer ikke nødvendigvis rotårsakene
- Kan være for avansert for enkle problemer

4.3.3 The why method

Også kjent som 5 why er en spørsmålsprosess som har som formål å sikre at rotårsakene, ikke de overfladiske symptomene, blir fikset (Nicholas, 2018). Prosessen starter med at man identifiserer og skriver ned fokushendelsen som starten på why diagrammet. Deretter spør man hvorfor fokushendelsen skjedde,

hvor man bare ser på de umiddelbare årsakene. Videre spør man det samme spørsmålet igjen i henhold til den forrige hendelsen slik at man finner den umiddelbare årsaken til den. Man spør “why” like mange ganger som er nødvendig for å finne rotårsaken. Det er ofte nok å spørre 5 ganger for å finne rotårsaken og dette er grunnen til at prosessen ofte refereres til som “5 why method”.



IEC

Figur 3 Why Method (NEK, 2015)

Gjennom denne prosessen får man et “why tree”

Fordeler

- Enkel å anvende for de som er involverte i problemet
- Lett å forstå av andre
- En rask prosess for å oppnå resultater for enkle problemer

- Krever ikke ekstensiv kunnskap eller trening fra personen som spør spørsmålene

Ulemper

- Er mest passende for enkle situasjoner
- Er avhengig av kunnskapen og ekspertisen til personene som svarer på spørsmålene
- Kan hende at man ikke finner rotårsaken hvis kunnskapsbasen til de som er involvert ikke er bred nok
- Usikkerhet om når de riktige rotårsakene har blitt identifisert
- Hvis menneskelige aksjoner inkluderes kan det hende at resultatene ikke alltid kan gjentas

4.3.4 Causes tree method / Causal tree (CTM)

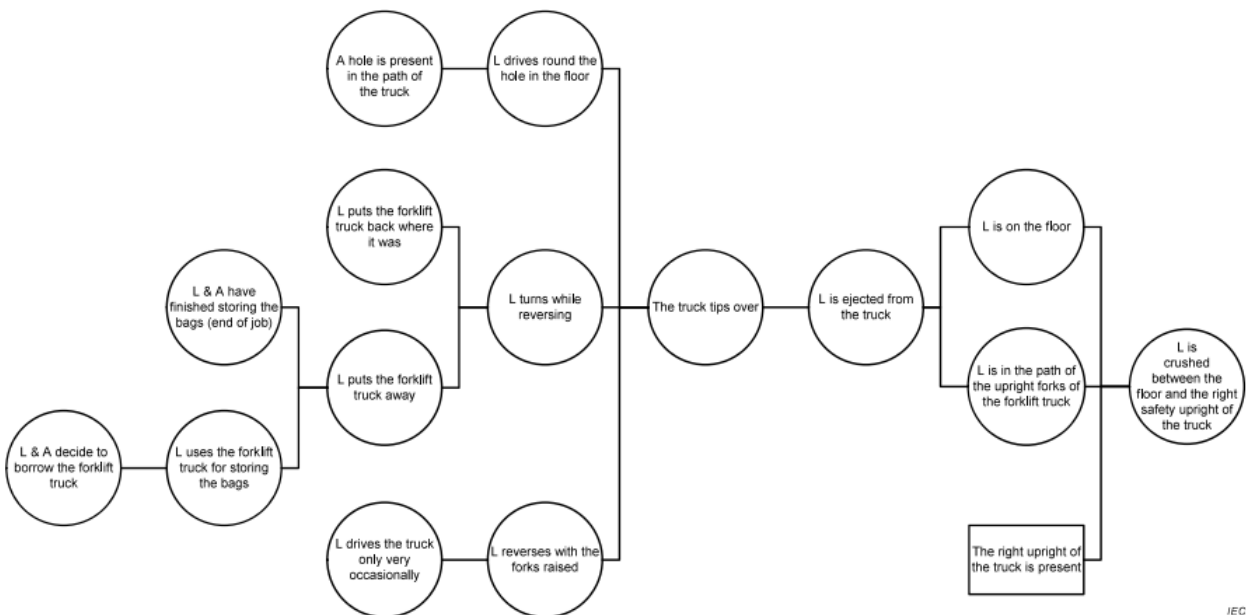
CTM er et systematisk verktøy for å analysere og grafisk illustrere hendelser og vilkår som har ført til en fokushendelse. Denne metoden undersøker alle systemkomponentene som har sammenheng med fokushendelsen og kan anvendes til å beskrive både feil og suksesser.

CTM er konseptuelt lik why metoden, men kan bygge et mer komplekst tre som eksplisitt vurderer tekniske, organisatoriske, menneskelige og miljømessige faktorer. Hver identifisert faktor blir testet for å sjekke om det er en umiddelbar og nødvendig årsak til den forrige faktoren. CTM blir dermed en mer nøye prosess enn why metoden og passer derfor bedre til komplekse situasjoner.

En CTM prosess har følgende steg:

1.
 - a. Identifiser fokushendelsen og skriv den ned som starten av treet
 - b. Samle og lagre all relevant data inkludert mennesker, deres aktiviteter og handlinger, materialer og utstyr samt andre relevante faktorer. Kan f.eks sette opp objektene slik at man har I - individual, T - task, M - material og WE - work environment

- c. Lag en liste over årsaksfaktorene til fokushendelsen, der disse er støttet av bevis.
- d. Jobb bakover mot rotårsakene ved å spørre en rekke spørsmål:
1. Hvilken faktor X har direkte forårsaket faktor Y
 2. Var X i seg selv nødvendig for å forårsake Y?
 3. Hvis ikke, hva er andre faktorer (X1, X2...) som var like nødvendige for å forårsake Y?
- e. Vis disse umiddelbare nødvendige årsaksfaktorene i en boks sammenkoblet av en pil til fokushendelsen
- f. Fortsett denne prosessen med hver årsaksfaktor frem til man finner ut at man ikke får noe mer ut av å fortsette
- g. Sjekk validiteten til treet (figuren) ved å finne videre bevis som bestemmer om hvorvidt det som er satt opp er sant.



Figur 4 CTM (NEK, 2015)

Slik vil en CTM se ut

Fordeler

- Gir en metode for en strukturert utforsking av komplekse hendelser
- Formatet er lett å lese og forstå

- Kan brukes til å oppfordre gruppesamarbeid
- Identifiserer områder for å samle data når etterforskningen går videre
- Kan brukes for å analysere suksess- eller feilhendelser
- Kan brukes for både tekniske og ikke-tekniske hendelser

Ulemper

- Mange menneskelige og organisatoriske faktorer kan bidra til fokushendelsen og det kan være vanskelig å etablere akkurat hvilket tilfelle som var den nødvendige årsaksfaktoren
- Det er ingen guide på hvordan man identifiserer årsaksfaktorer og det er derfor nødvendig med ekspertise innenfor menneskelige feil og organisatoriske systemer når disse er involvert. I disse tilfellene kan det være vanskelig å skaffe bevis.
- Det kan være vanskelig å anvende når en hendelse oppstår som et resultat av en endring av kvalitet i flere områder, slik at det er flere nødvendige årsaksfaktorer

(de Vasconcelos, et al., 2013)

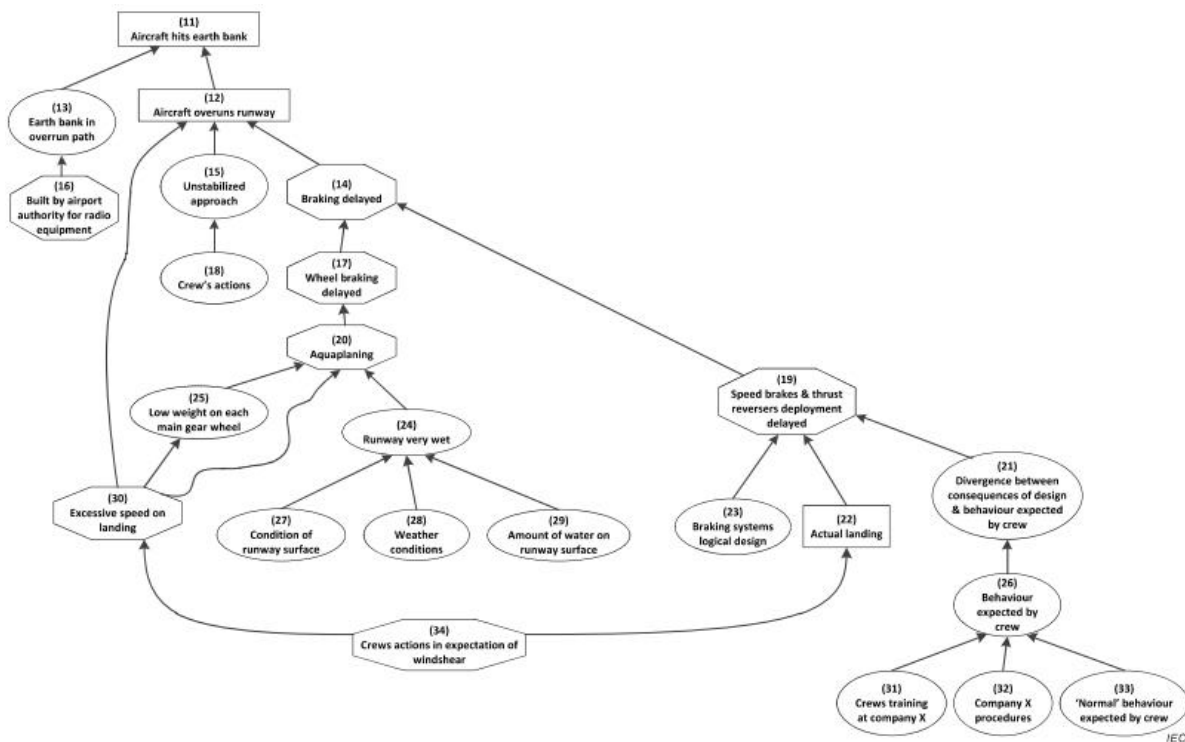
4.3.5 Why-because analyse

En why-because analyse (WBA) er en analyse hvor rotårsakene i en problemhendelse blir identifisert. En starter med problemhendelsen og spør hvorfor det skjedde, og får svar: "jo, fordi ...". I en WBA blir det sett på for det meste ulykker, ofte relatert med transportsystemer (Ladkin, 2012). En WBA blir illustrert i en why-because graf (WBG) som tar for seg problemhendelsen og bryter den ned til ulike rotårsaker. Under er WBA blir det utnyttet en "counterfactual test" (CT) og en "causal completeness test" (CCT) som er med for å sjekke at analysen er tilstrekkelig eller ikke. Målet med en WBA er lage en oversikt over hendelsene i forløpet av problemhendelsen.

Dette er hvordan du går frem i en WBA:

1. Bestem hvilke fakta som er relevant delt inn i hendelser, tilstander og situasjoner.

2. Velg fokushendelsen.
3. Bestem hvilke årsaker som er direkte knyttet til fokushendelsen og sjekk med CT. Sett dem deretter inn i en startet WBG.
4. Fyll ut videre de nødvendige årsakene til de foregående årsakene, helt til du når rotårsakene. Utfør så en CCT for å sjekke at du har alle årsakene.
5. Utfyll hvis nødvendig og avslutt når du er ferdig.



Figur 5 WBA (NEK, 2015)

I en WBG (Why-Because-Graf) har hver hendelse en firkantet ramme, mens situasjonene og betingelsene har ovale rammer. Figurene som har åttekantet ramme er blandinger av hendelse og betingelse. En årsak kan ha flere grunner, og derfor er det flere rammer med flere piler rettet mot seg. Når man skal gå gjennom grafen og vurdere hva som var rotårsaken må man ta hensyn til at bare én av flere grunner må inntreffe for at hovedhendelsen skal skje. Hvis man ser på problemhendelsen “Aircraft hits earth bank” så trenger bare én av de foregående hendelsene å ha inntruffet.

Fordeler

- Kan utføres av mennesker med minimal opplæring
- Resultatene er lett forståelig for alle
- Kan utføres på mange ulike problemhendelser med ulikt omfang
- Logikken bak analysen kan lett forstås og sjekkes
- Kan bli brukt sammen med andre metoder for å utdype analysen

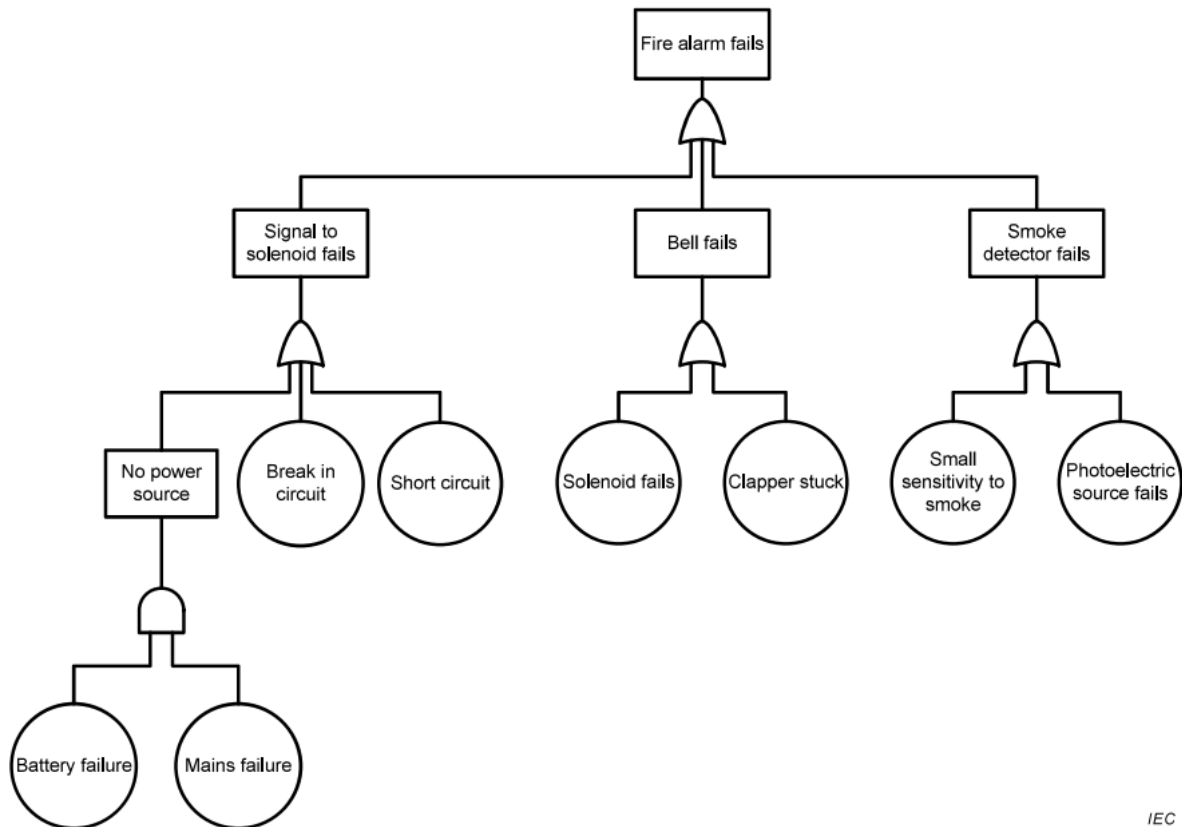
Ulemper

- Metoden gir ikke noe veiledning på innsamling av fakta, slik som MES/STEP gjør, og gjør at det dermed kan være vanskelig i noen situasjoner å komme i gang med analysen

4.3.6 Feil- og suksessstre analyse

Et feil/suksessstre illustrerer de umiddelbare hendelsene som forårsaket en fokushendelse. En feiltreanalyse er beskrevet ifølge NEK-EN 61025 som “ Fault tree analysis is a deductive (top-down) method of analysis aimed at pinpointing the causes or combinations of causes that can lead to the defined top event” (standard.no, 2007). Feiltreanalyse brukes vanligvis som en metode for å identifisere og analysere potensielle feilmoder, særlig for utstyr.

Feil/suksessstre bruker porter for å beskrive sammenhengen mellom hendelser det man har en “enten/eller” port samt en “og” port. For en enten/eller port kan enhver av underhendelsene oppstå for at overhendelsen skal skje. For en “og” port må alle underhendelsene oppstå.



IEC

Figur 6 FTA (NEK, 2015)

Fordeler

- Gir en metode for å dele opp analysen til store komplekse hendelser
- Støttet av mange kommersielle software pakker som bidrar til utviklingen av feiltrestrukturen
- Kan brukes til å oppfordre gruppesamarbeid
- Er lett å lese og forstå
- Identifiserer områder for datainnsamling

Ulemper

- Du trenger kunnskap og erfaring for å gjennomføre en nøyaktig feiltreanalyse
- Har ingen veiledende modell og lages forskjellig ut i fra hvilken situasjon det er
- Representerer ikke situasjoner hvor ting i prosessen endrer seg, og er begrenset til de fysiske komponentene som allerede finnes.

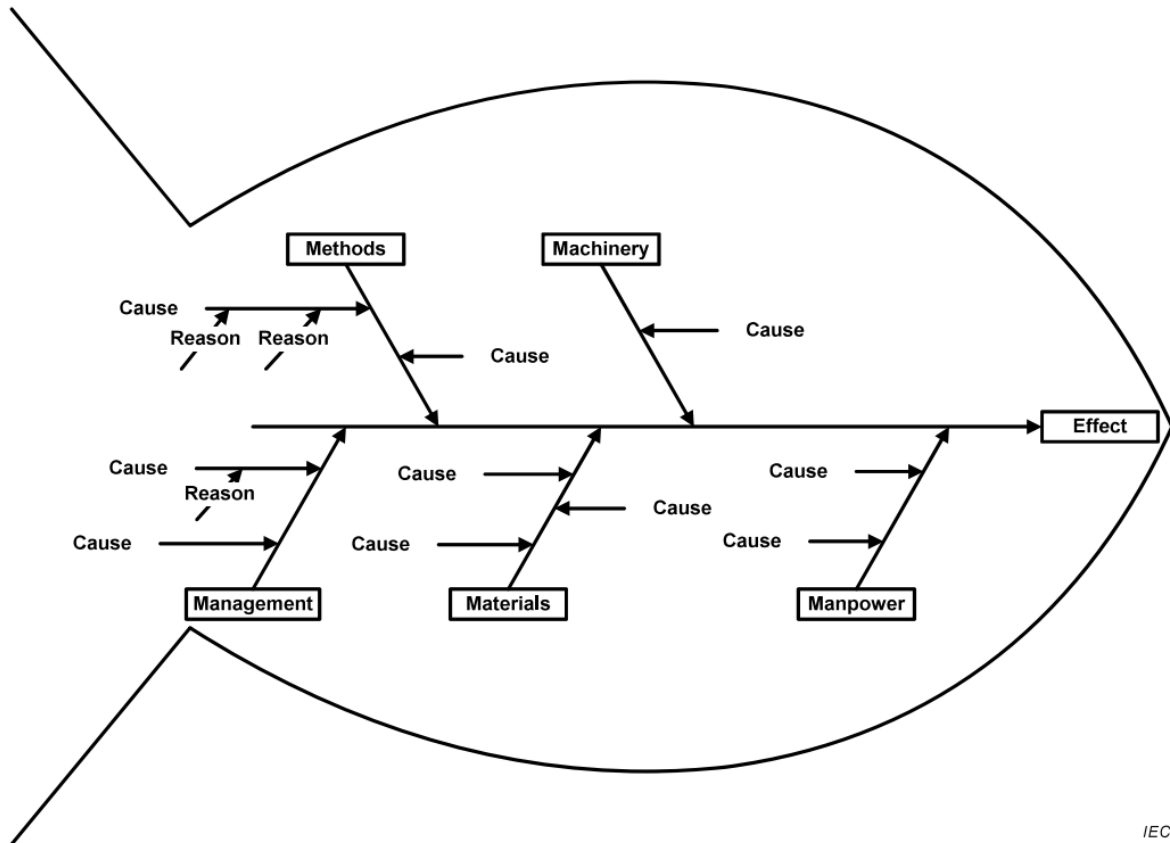
(NORSK ELEKTROTEKNISK KOMITE, 2017) (Feiltre analyse standard)

4.3.7 Fiskebein/Ishikawa diagram

Fiskebeinsdiagram er et verktøy for å identifisere, analysere og presentere mulige årsaker til en fokushendelse. Modellen er bygget opp av en hovedgren med fokushendelsen/problemet og flere årsaksgrener. Kategorier som ofte brukes som årsaksgrener er menneske, maskin, materiale og miljø. Verktøyet legger også til rette for at et team kan sette seg ned å brainstorme ideer som kan fylles inn i modellen.

Metodikk:

- a. Identifiser fokushendelsen
- b. Etabler hovedkategoriene og del disse opp i grener
- c. For hver kategori identifiser mulige hendelser som ledet til fokushendelsen. Hendelsene kan utdypes med underhendelser ved å legge til flere grener til eksisterende grener
- d. Analyser diagrammet for å sjekke om det er detaljert nok, identifisere hendelser som gjentar seg og anslå hva som kan måles for å kvantifisere effekten av endringer gjennomført. I tillegg må man framheve årsakene som kan gjøres noe med



IEC

Figur 7 Fishbone (NEK, 2015)

Fordeler

- Oppmuntret til gruppearbeid via brainstorming
- Finner hendelser under et sett kategorier. Vil dermed identifisere en rekke hendelser knyttet til menneskelige og organisatoriske faktorer
- Formatet er lett å lese
- Kan brukes til både enkle og komplekse undersøkelser

Ulemper

- Har ingen underliggende teori eller modell for årsakene, så identifiserte årsaker er basert på bedømmelsen til teamet som utfører analysen
- Kan bli komplekst

(asq.org, 2020)

4.3.8 Safety through organizational learning (SOL)

Safety through organizational learning (SOL) er et system som ser på svakhetene i det tekniske systemet hvor feilen oppstod. Hovedoppgaven til SOL er å lage en modell som identifiserer svakhetene slik at de kan bli forbedret. Babette Fahlbruch og Markus Schöbel sier at “SOL aims at facilitating organizational learning from events by supporting the process of analyzing events, ensuring its standardized conduct and mobilizing expert knowledge and creativity in the analysis.” (Fahlbruch & Markus Schobel, 2011).

Slik går man fram i en SOL:

1. Beskrive situasjonen ved hjelp av en time-actor matrise som vi så på i MES/STEP analysen. Se figur #
2. Identifisere feilårsaker for hver handling i time-actor matrisen og fordele dem i direkte og indirekte feilårsaker. Direkte feilårsaker er årsaker som direkte fører til feilen, mens indirekte er årsaker som skjer før de direkte årsakene.
3. Klassifisere feilårsakene inn i forskjellige klasser: Teknologi, Individuelle, Arbeidsgruppe, Organisering og Organiseringsmiljø. Disse settes så opp i en tabell med direkte og indirekte årsaker som overskrifter.

Fordeler

- Tabellen er oversiktlig nok til at brukere som ikke er spesialister kan forstå seg på det og gjøre en analyse av feilene
- Fordi denne metoden fokuserer mer på å finne feilårsaker, blir det lettere å finne måter å forbedre prosessen på.

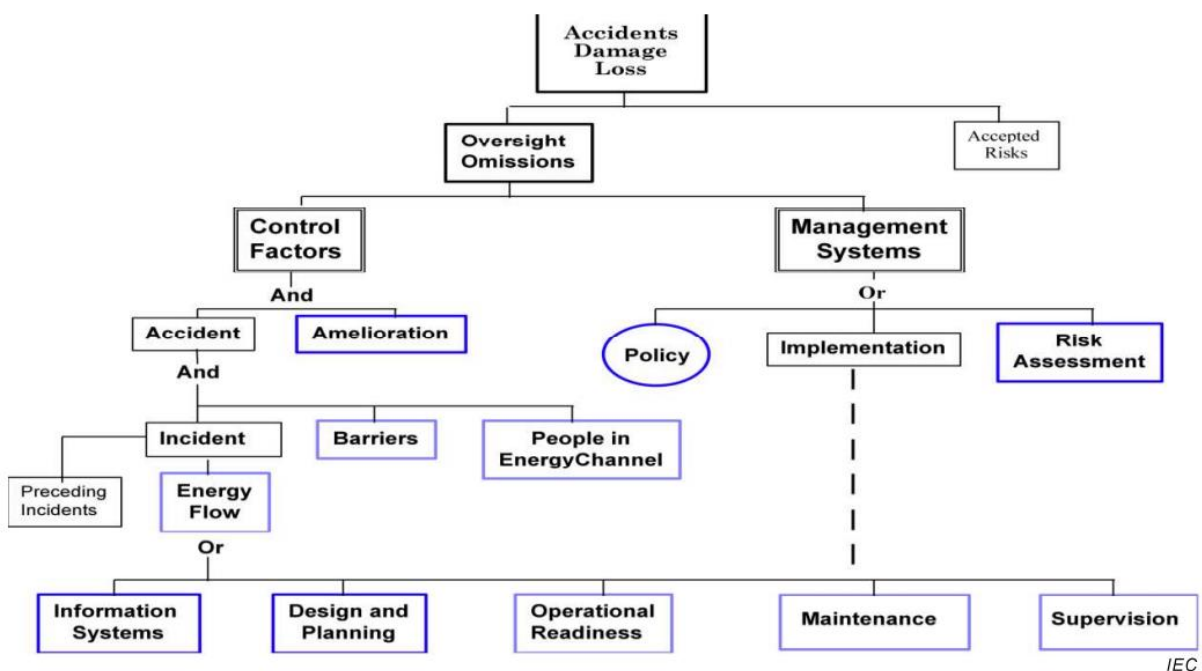
Ulemper

- Det er ikke definert hva en feilårsak er, og kan komme med unødvendige årsaker i tabellen
- Dybden i analysen er begrenset av hvor mye i detalj de som lager analysen ønsker å gå, heller enn at det finnes en fast prosedyre av hvordan man skal gå fram i en SOL-analyse

- SOL blir definert av bransjen, og analysen er begrenset av hvor mye bransjen selv kan om feilårsakene til systemene sine

4.3.9 Management oversight and risk tree (MORT)

MORT er en metode som anvender forhåndsutfylte trær (f.eks feiltre og ECF) basert på organisasjonens ledelses/styrings-system. Man bruker en ferdig skrevet MORT-manual som inneholder rundt 1500 spørsmål som skal svares på. Dette gir en detaljert sjekkliste for å vurdere hvilke deler av organisasjonen og hvilke kontrollsystemer som var feilaktige under fokushendelsen. Et MORT kan også brukes for å forhindre fremtidige feil.



Figur 8 MORT (NEK, 2015)

Et eksempel på et MORT-diagram som lager en oversikt over feilhendelsene.

Man tar utgangspunkt i fokushendelsen og jobber seg ned treet ved å spørre og svare på forhåndssette spørsmålene i MORT manualen.

MORT antar at feilen skjer som et resultat av forsømmelser fra ledelses/styrings-systemet eller spesifikke kontrollfaktorer som skulle ha forhindre feilen fra å skje.

Fordeler

- MORT veileder slik at man kan finne de delene av systemet som ikke fungerte som de skulle under fokushendelsen
- Mindre spesialistkunnskap er nødvendig enn andre teknikker fordi detaljert veiledning blir gitt for mulige hendelser
- Identifiserer svakheter som kan være ansvarlige for flere feilscenario

Ulemper

- Undersøker svakheter som hadde en generell rolle i fokushendelsen i stedet for å finne de direkte årsakene
- En stor mengde spørsmål blir stilt (ca 1500), så metoden tar lang tid og passer derfor best til seriøse hendelser
- Hvis en veldig stor mengde svakheter blir funnet vil det være vanskelig å implementere forandringer
- Metoden er slitsom å bruke på starten av analysen

(The Noordwijk Risk Initiative Foundation , 2009)

(Knox & Eicher, 1992)

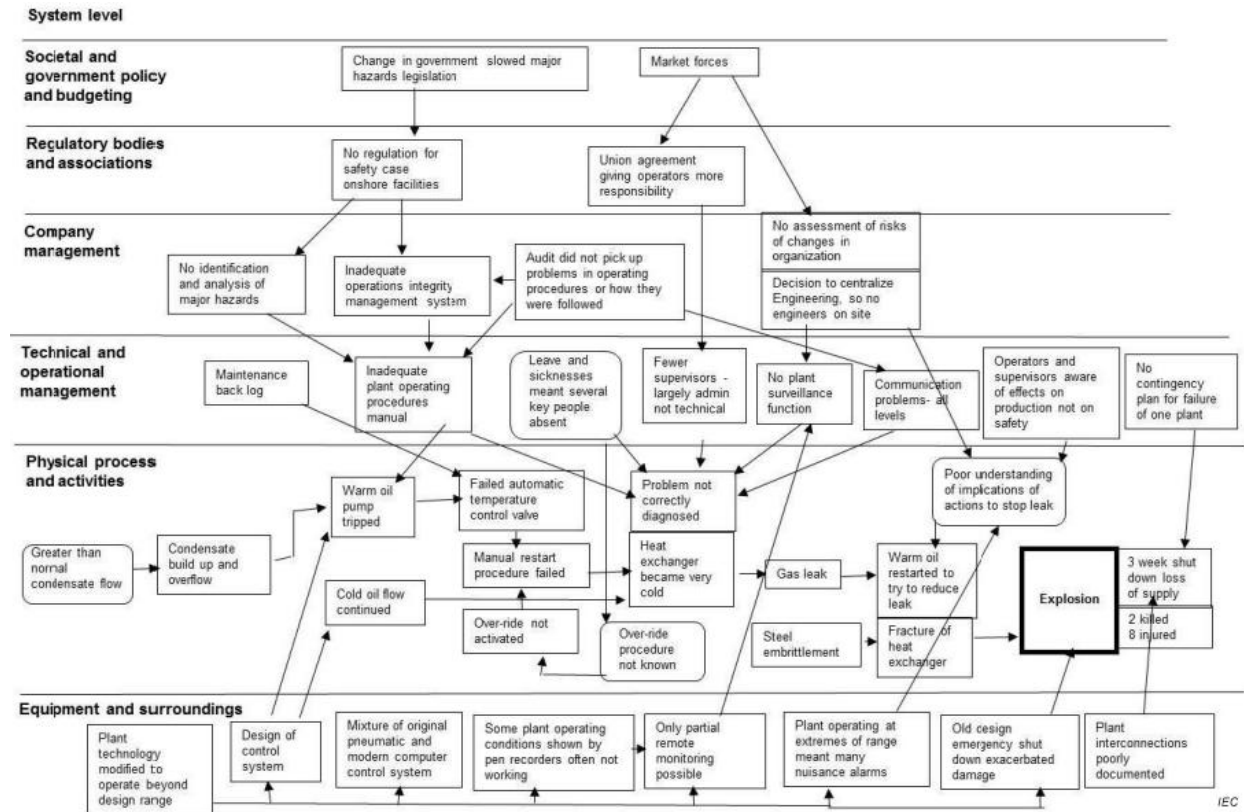
4.3.10 Accimaps

“The AcciMap approach” utviklet av Jens Rasmussen er en metodikk for å analysere en rekke hendelser som har ført til en fokushendelse. En grafisk representasjon brukt for å strukturere analysen av en fokushendelse og for å identifisere interaksjonene i det sosio-tekniske systemet der hendelsen oppstod. Det er en metode designet for å avsløre feil i systemet, valgene og handlingene som er involvert i fokushendelsen.

Prosess

- a. Definerer en modell av systemet med forskjellige organisatoriske nivå
- b. Fylle nivåene med bokser som inneholder valgene og handlingene som er relevante til fokushendelsen
- c. Tegn piler som viser sammenhengene

Kan eventuelt legge til en WBA for å finne ut hvilke av de identifiserte problemene var nødvendige hendelser for fokushendelsen. (Branford, et al., 2009)



Figur 9 Accimaps (NEK, 2015)

Fordeler

- Gitt at det ikke er noen taksonomi eller veiledning, så har Accimaps potensiale til å bli meget komprehensiv i det å identifisere årsakshendelser gjennom alle nivåer i systemet
- Gir en oversikt over store mengder informasjon i et diagram
- Koblingene mellom nivåene hjelper med å se at feilene anses i konteksten av det som har påvirket dem.
- Menneskelige feil har like stort fokus som utstyr og organisatoriske faktorer
- Personlige faktorer som påvirket valgene er ikke inkludert

Ulemper

- Mangelen på veiledning betyr at de identifiserte faktorene er basert på teamet sin bedømmelse
- Organisasjonsmodellen kommer separat fra analysen og det er ingen kriterier som forsikrer om at denne er god nok
- Kan få forskjellige Accimaps-modeller fra samme hendelse
- Uten noen veiledning er det vanskelig å slå sammen flere analyser for å finne like faktorer
- Mangel på veiledning kan gjøre det vanskelig for nye brukere å komme ordentlig inn i systemet
- Noen av faktorene i boksene er såpass generelle at det kan være vanskelig å trekke ut spesifikke tiltak
- Har en svak analytisk tilnærming til fysiske- og utstyrsfeil
- Representerer ikke resultatene av en årsaksanalyse på egenhånd

4.3.11 Tripod Beta

Tripod Beta er en hendelsesunderforskende og analyserende metode som kombinerer idèer fra Reason's modell og barriereanalyse. Den beskriver hendelser som "objekter", hvor objektene kan være mennesker, utstyr osv. som kan bli endret av "agents of change", som er alt som kan endre objektene. Den viser også barrierene, og om de er effektive eller ikke.

Tripod Beta er en metode med faste regler som fungerer bra for å lage en modell av feilhendelsen og hvilke hendelser som leder opp til den. Dette hjelper til å lage en god oversikt over de underliggende årsakene. Tripod beta er derimot veldig omfattende og som cgerisk.com sier "It is mostly used for high risk, complex incidents, since it is a very extensive and detailed method. Training is highly recommended when using the tripod method." (cgerisk.com, 2017).

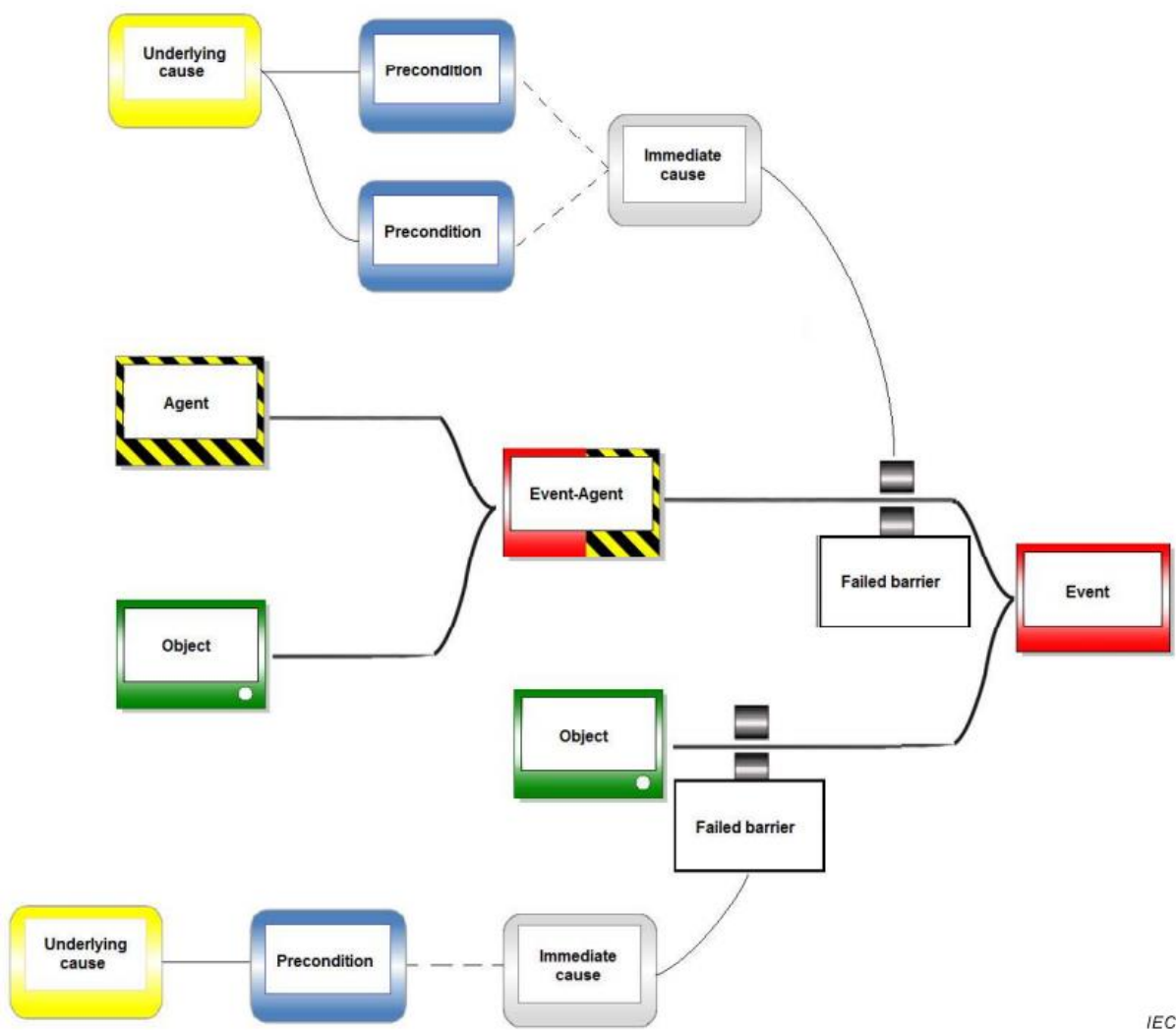
Hvordan gå frem i en Tripod Beta:

Identifisere:

1. "agentene" som forårsaket feilhendelsen og hva som ble ødelagt.
2. kontrollene og barrierene som enten var ødelagte eller manglet som kunne forhindre at feilen skjedde.

3. umiddelbare årsaker som i all hovedsak består av menneskelige feil og feil som ble forårsaket på grunn av noe et menneske har gjort.
4. forhåndsregler som ikke er tilstrekkelig nok til å hindre feilen.
5. underliggende årsaker i organiseringen.

Deretter settes de ulike underårsakene sammen i en modell liknende feiltreanalyse (FTA) som illustrerer hvilke barrierer og objekter som sviktet for at feilårsaken oppsto:



Figur 10 Tripod Beta (NEK, 2015)

Figur av en Tripod Beta

Fordeler

- Gir et kart over hovedhendelsene og feilårsakene til dem
- Kan hjelpe med å skyve etterforskningen i riktig retning og definere omfanget av prosessen.
- Definerer barrierene i et system
- Leder de som skal finne feilårsakene til å vurdere grunnene bak feilårsaken og at de tar i betraktning menneskelige feil
- Det finnes oppskrifter på hvordan man skal gjennomføre en Tripod Beta på programvare

Ulemper

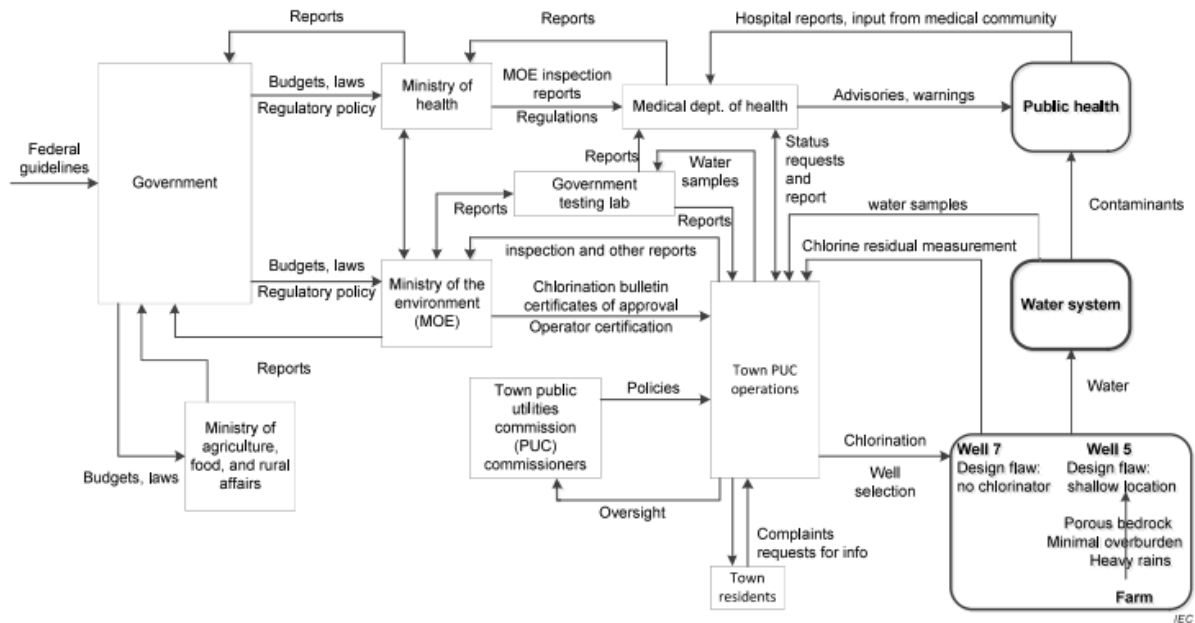
- Kan være omfattende analyse som tar mye ressurser
- Kan bli for simpel for enkelte prosesser
- God kunnskap om systemet er nødvendig

4.3.12 Causal analysis using STAMP - CAST

CAST er et verktøy som ser på den hele sosio-tekniske prosessen involvert i en fokushendelse. CAST er basert på STAMP som brukes til å veilede årsaksanalysen.

CAST dokumenterer den dynamiske prosessen som leder til fokushendelsen og dette inkluderer den sosio-tekniske kontrollstrukturen. Analysen resulterer i flere perspektiv av fokushendelsen avhengig av nivået hendelsen ble sett fra. John Stoop og Ludwig Benner jr. sier "CAST uses information about accidental occurrences in its analyses application, including information, disseminated through investigation reports." (Stoop & Benner Jr, 2015) noe som betyr at en CAST bruker informasjonen fra rapporter for å finne feilårsaken.

Eksempel på en rapport som kan brukes av CAST:



Figur 11 CAST (NEK, 2015)

Metode:

- Identifiser systemene involvert i fokushendelsen
- Identifiser systembegrensninger assosiert med fokushendelsen
 - Dokumenter kontrollstrukturen som er satt.
 - Anslå hendelser som ledet til fokushendelsen
- Analyser fokushendelsen på det fysiske nivået. Identifiser bidraget til hver for de følgende: fysiske og operative kontrollene, fysiske feil, forstyrrelser og kommunikasjons- og koordinasjonsfeil
- Beveg deg opp nivåene av kontrollstrukturen og bestem hvordan og hvorfor hvert overliggende steg bidro til manglende kontroll på det nåværende steget
- Undersøk den helhetlige koordinasjonen og kommunikasjonen som bidro til fokushendelsen

Fordeler

- Ser tilbake i tid for å bestemme hvordan systemet utviklet seg til en høyrisiko tilstand

- Identifiserer de sosiale og ledelsesfaktorene og ikke bare de menneskelige og tekniske systemfeilene
- Påtvinger ikke en spesifikk sosial teori på analysen. Enhver sosial modell kan brukes

Ulemper

- Det er ikke mulig å presentere analysen grafisk fordi inkluderingen av indirekte forhold mellom hendelser betyr at sirkler og piler ikke er nok til å beskrive alle hendelsene.
- Kan kreve flere ressurser for å kunne forstå fokushendelsen bedre enn andre metoder med et mer begrenset fokus.

4.4 Oppsummering

Gruppen har sett på ulike verktøy som kan være til nytte når man skal gjennomføre en RCA-analyse og vi har forklart fordelene og ulempene med dem. Dette skal vi bruke til å utarbeide en RCA-metode senere i oppgaven. Det finnes mange forskjellige verktøy til utarbeiding av RCA og for å utarbeide en god RCA-metode må det bestemmes hvilke verktøy som passer best sammen og for hvilket formål. Vi trenger derfor å avgjøre suksessfaktorer og suksesskriterier for Trønderenergi, samt få en oversikt over hvordan feil håndteres på vindparkene deres før vi kan bestemme oss for hvilke verktøy som egner seg best.

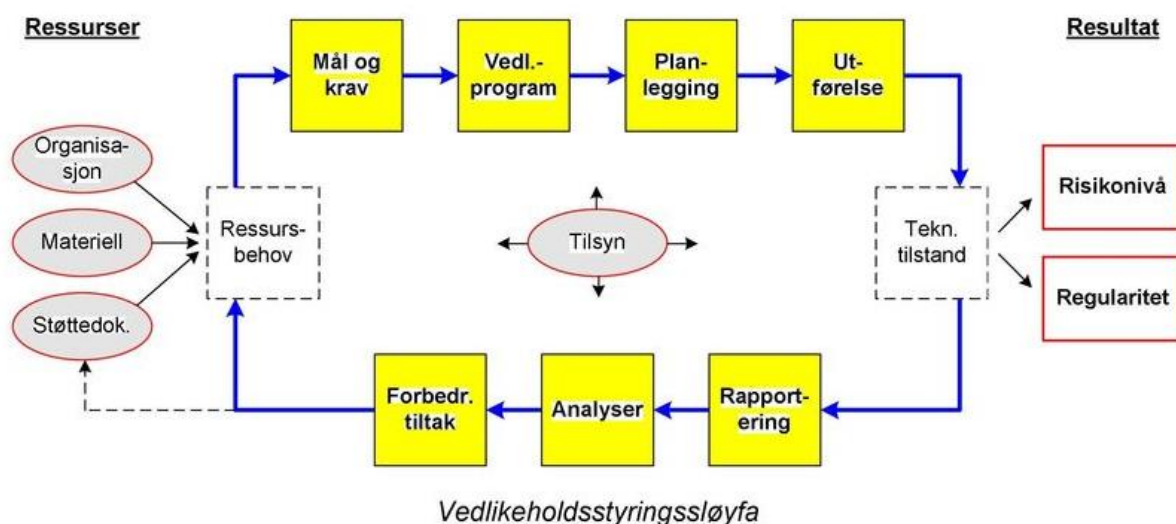
5. Teori

I dette kapitlet skal vi skrive om utvalgt teori som gruppa mener er viktig for oppgaven. Vi skal se på RCA sin plass i vedlikeholdsstyringsløyfa og hvorfor det er viktig med RCA i vedlikehold. Dette ser vi på fordi RCA er en del av den kontinuerlige forbedringsprosessen i vedlikeholdsstyringsløyfa og fordi RCA kan utgjøre forbedring i et vedlikeholdssystem.

I tillegg skal vi beskrive vedlikehold generelt og nevne relevante vedlikeholdskonsepter for å gi kontekst om vedlikehold generelt. SCADA og vedlikehold av vindmøller er også med fordi det er viktig med tanke på at oppgaven handler om vindmøller som anvender et SCADA system.

5.1 Vedlikeholdsstyring og vedlikeholdsstyringsløyfa

Hvis man vil drive effektivt vedlikehold er det kritisk å kunne styre det. For å styre vedlikeholdet i en bedrift kan det anvendes elektroniske systemer som f.eks IFS, EAM og SAP. En viktig modell for vedlikeholdsstyring er Vedlikeholdsstyringsløyfa:



Figur 12 Vedlikeholdsstyringsløyfa (Leto, 2007)

Vedlikeholdssløyfa viser elementene som må være på plass for å få et effektivt vedlikeholdssystem med kontinuerlig forbedring.

Ressursbehov - Ressursene som er tilgjengelige må være tilstrekkelige for å kunne fylle alle elementene i sløyfa.

Mål og krav - Setter opp mål og krav som definerer hvorvidt vedlikeholdet er en suksess og hva som kreves for å oppnå dette.

Vedlikeholdsprogram - Her legges grunnlaget for opprettholdelse av pålitelighet

Planlegging - Planlegge hvordan utførelsen av vedlikeholdet skal gjennomføres mtp mål og krav

Utførelse - Rett kompetanse og god planlegging er faktorer for om utførelsen blir suksess eller ikke.

Teknisk tilstand - Resultatet av vedlikeholdet som er utført.

Rapportering - Etter utførelsen av vedlikeholdet rapporteres det avvik

Analyse - Analyserer avvikene

Forbedringstiltak - Se på resultatene i analysen og forbedre tiltakene til neste runde i sløyfen

Tilsyn - Ved godt tilsyn av hvert ledd så forsikrer man at kvaliteten på hver prosess beholdes

Målet med en vedlikeholdsstyringsløyfe er å starte en prosess som kontinuerlig forbedrer vedlikeholdet. Dette gjøres ved at det stadig analyseres hvordan prosessen foregikk, og at man stadig søker forbedringsalternativer. F.eks så kan RCA anvendes som en del av forbedringstiltakene og vil hjelpe til med en kontinuerlig forbedringsprosess.

Et vedlikeholdsstyringsystem bør ha en oversikt over bedriften sitt utstyr og dets historikk. I tillegg vil det behandle arbeidsordre, vedlikeholdsprosedyrer og rapporter. Ved å følge vedlikeholdsstyringsløyfa vil man sikre kontinuerlig forbedring av vedlikeholdssystemet

(Bye, 2009)

5.1.1 Supervisory control and data acquisition (SCADA) system

Supervisory control and data acquisition (SCADA) er et kontrollsystem som lar en bedrift blant annet: kontrollere industrielle prosesser, overvåke og samle data, bruke

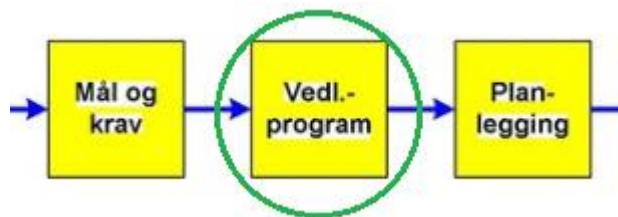
sensorer og samle inn datalogger. Dette gjøres gjennom flere undersystemer som bruker PLC moduler - Programmable Logic Controller, som er industrielle digitale datamaskiner.

(Inductiveautomation, 2018)

(A Daneels, 1999)

5.1.2 RCM - Reliability centered maintenance

RCM er en systematisk prosess med hensikt å utnytte den iboende påliteligheten i en enhet gjennom utvikling av et vedlikeholdsprogram "(Bye, 2009)". RCM er en del av vedlikeholdsprogrammet i vedlikeholdsstyringsløyfa og kan være svært omfattende for bedriften i form av tid og personell. I dagens industri er RCM meget viktig fordi det kan føre til store besparelser hvis det brukes riktig.



Figur 13 Del av vedlikeholdsstyringsløyfa (Leto, 2007)

I en RCM prosess anvendes ofte en FMECA - Failure mode, effects and criticality analysis. Dette brukes for å identifisere mulige feilmoder og årsakene til disse. I tillegg vil en FMECA finne kritikaliteten til feilmoden og dens effekt på systemet.

Senere i vedlikeholdsstyringsløyfa vil man se på teknisk tilstand. Hvis det da har oppstått feil som FMECA ikke har tatt for seg kan det da være gunstig å gjennomføre en RCA for å lære mer om disse feilene.

5.2 Vedlikehold - definisjoner

I NS-EN 13306:2017 defineres vedlikehold som:

“Kombinasjon av alle tekniske, administrative og styringsrelaterte tiltak gjennom livssyklusen til en enhet, som har til hensikt å bevare den i eller tilbakeføre den til en tilstand der den kan oppfylle nødvendige funksjonskrav.”

Vedlikehold er en type arbeid som er viktig for å opprettholde kvaliteten på ulike produkter, bygninger og komponenter. Det finnes to hovedgrupper for vedlikehold: Forebyggende vedlikehold (FV) og Korrektivt vedlikehold (KV). Begge disse er essensielle for at vedlikeholdet skal være optimalt.

5.2.1 Korrektivt vedlikehold

Korrektivt vedlikehold er umiddelbart vedlikehold som utføres hvis det skjer en uventet feil. Dette er den vanligste typen vedlikehold fordi det ofte er den enkleste måten for teknikere å gjøre vedlikehold på. Hvis en produksjon har en uventet stans på ubestemt tid kan det koste bedriften mye penger i form av produksjon og slitasje. Derfor kan det være gunstig å ha planlagt vedlikehold som har som mål å redusere mengden korrektivt vedlikehold.

5.2.2 Forebyggende vedlikehold

Forebyggende vedlikehold er praktiseringen av å passe på utstyr slik at det ikke vil bli ødelagt og slik at det vil fungere slik det er ment å fungere (Nicholas, 2018). Det finnes to måter å drive forebyggende vedlikehold på: Tidsintervaller og Prediktivt vedlikehold.

Når man driver forebyggende vedlikehold med tidsintervaller har man på forhånd bestemt når man skal gjøre vedlikeholdet (f.eks bytter man lager etter x antall timer). Da er det vanlig at bedriften tar en dag hvor de stopper produksjonen for å drive vedlikehold på komponenter og utstyr. F.eks på Bessaker kjører de forebyggende vedlikehold to ganger i året, en gang på vinteren og en gang om sommeren.

Prediktivt vedlikehold er en type vedlikehold som prøver å forutse når feilen skal til å inntreffe, slik at den begynnende feilen kan fikses før komponenten når sitt kritiske punkt og blir ødelagt. Forebyggende vedlikehold er en forutsetning for at prediktivt vedlikehold skal være mulig. Et forebyggende vedlikeholdssystem som bruker tilstandsovervåkning, vil være nødvendig for å innføre prediktivt vedlikehold. Tilstandsovervåkning anvendes for å analysere store mengder data for å forutse feilen. Dette kan oppnås ved hjelp av maskinlæring og kunstig intelligens.

5.3 Levetid - definisjon

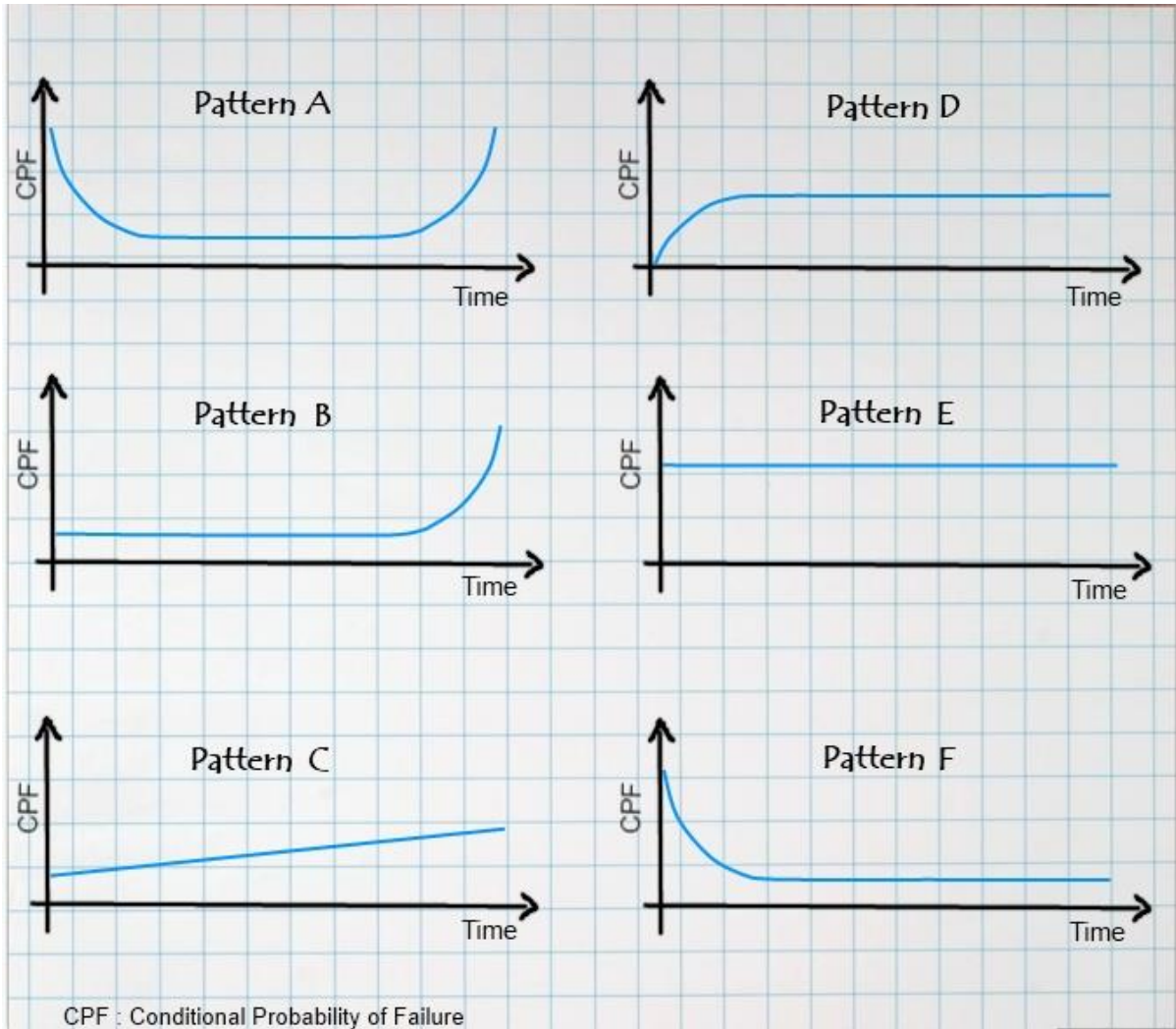
Levetid og statistikk evaluering er en ting - avhengig av datapunkter og relevant data. Det er vist 6 feilmønstre er noe annet. Brukes ofte som argument for tilstandsbasert vedlikehold.

Ser på levetid som tida fra driftssetting til svikt for en komponent eller maskin, MTTF - Mean time to failure. For å få et realistisk bilde over levetida til en maskin eller komponent kreves det at man har tilgang til nok god data. Det kreves altså at man har nok datapunkter og at denne dataen er nøyaktig.

5.4 6 vanlige feilmønstre

For å kunne drive effektivt vedlikehold vil det være nyttig å ha en ide over når en maskin sannsynligvis kan feile. Mange velger å ta utgangspunkt i 6 feilmønstre som er funnet gjennom studier gjort for flyindustrien og forsvaret (USA).

6 feilmønstre:



Figur 14.6 feilmønstre (Insaurralde, 2015)

CPF - Sviktrate

A - Badekarkurve: Maskineri som følger denne kurven vil ha høy feilrate på starten og slutten av driftstiden med en konstant feilsannsynlighet i midten. Dette blir en kombinasjon av B og F.

B - Slitasje: Her er feilsannsynligheten konstant fram til slutten. Dette kan komme av en karakteristikk av komponenten/maskineriet eller fordi leverandøren har klart å eliminere tidlige feil.

C - Utmatting: Ved denne situasjonen vil enheten konstant får en høyere feilsannsynlighet gjennom driftstiden.

D - Innkjøring: Her vil man starte med en veldig lav feilsannsynlighet som vil gå opp og holde seg konstant etter en periode.

E - Tilfeldig: Her vil maskineriet ha en konstant feilrate gjennom hele driftsperioden.

F - Barnesykdom: I denne situasjonen vil maskineriet har en høy feilsannsynlighet i starten som vil gå ned til en konstant lavere feilrate. (Bye, 2009).
(<https://assetinsights.net/>, 2013)

5.4.1 Tilstandskontroll

Alle feilmønstrene utenom C består i stor del av en vannrett strek. Dette tilsier at man har konstant tilfeldig feil. Gitt at feilene oppstår tilfeldig er en løsning på dette å overvåke tilstanden til maskineriet. Ved å gjøre dette kan man oppdage når en feil er i ferd med å oppstå. Det finnes flere metoder for å måle tilstanden til maskiner som kan anvendes, f.eks oljeanalyse eller vibrasjonsmåling.

5.5 Vedlikehold av vindmøller

For at en vindmølle skal kunne driftes med høy tilgjengelighet vil det være viktig med vedlikehold. Forebyggende vedlikehold av vindmøller kan f.eks være periodiske inspeksjoner av utstyret, kalibrering av sensorer og rengjøring. Leverandøren vil som regel ha anbefalinger knyttet til forebyggende vedlikehold av deres møller.

Ved en feil/svikt vil det kreve korrektivt vedlikehold for å løse problemet. Hvis reparasjoner ikke er mulig, må delen byttes ut. Hvis denne delen befinner seg på toppen av mølla vil det være nødvendig med kran eller vinsj for å flytte delene opp og ned. Når en del på toppen skal repareres vil dette også ta tid ved at teknikeren må komme seg opp og hvis samme feil gjentar seg periodisk vil det kreve flere turer. Mange vindparker har et SCADA system som blant annet overvåker møllene og varsler om eventuelle feil.

(Walford, 2006)

5.6 Teori om Root Cause Analysis (RCA)

En rotårsak er definert som en faktor som skylder et avvik og som bør bli, gjennom konstant forbedring, eliminert (what is root cause analysis, (asq.org, 2020)). En rotårsaksanalyse er definert som en fellesbetegnelse som beskriver en rekke fremgangsmåter, teknikker og verktøy som blir brukt til å løse problemer. Rotårsaken

er den mest grunnleggende årsaken til en feil og er dermed den forårsakende årsaken til feilen. En RCA foreslår en fremgangsmåte til hvordan problemet kan håndteres og modellerer resultatene i en endelig modell. Det kan vi se i litteraturstudiet vårt hvor vi har forklart oppbygningen til alle RCA-verktøyene i standarden "NEK EN 62740 Root cause analysis (RCA)" (NEK, 2015). Det er viktig å merke seg forskjellen på RCA-metoden fordi noen metoder fokuserer mer på å finne selve rotårsaken (f.eks feiltre og MORT) mens andre kan fokusere på problemløsningsmetoder (f.eks ECF og CTM) eller assistering til å finne rotårsakene (What is root cause analysis, (asq.org, 2020))

Selv om man har et godt vedlikeholdsprogram så kan det fortsatt oppstå et behov for uplanlagt korrektivt vedlikehold. Hvis man tar utgangspunkt i vedlikeholdsstyringsløyfa vil dette være et avvik og dette avviket må da rapporteres og analyseres. En god måte analysere avviket på vil da være en RCA. For en bedrift er det viktig at rotårsaken blir funnet slik at man kan identifisere hva som er ansvarlig for at det ble feil i utgangspunktet. Ved å finne den underliggende feilen kan man vurdere om feilen var årsaken av noe som dårlig produksjon, designfeil eller feil bruk av produktet (Walford, 2006).

6. Ståstedsanalyse av vindmølleparken på Bessakerfjellet

Hensikten med analysen er å få en oversikt over nå-situasjonen på verket, slik at gruppa kan bruke den til å utarbeide en RCA-metode. Dette vil gi en innsikt i hvordan driften og vedlikeholdet er på Bessakerfjellet i dag og informasjonen vil brukes til å tilpasse RCA-metodikken som skal utvikles.

6.1 Målet med ståstedsanalysen

Resultatmålene for ståstedsanalysen er:

-Se på Vedlikeholdssystemet og i hvilken grad RCA utføres i Trønderenergi sin drift og vedlikehold nå.

-Bruke Bessakerfjellet som eksempel for å utvikle en RCA-metodikk for hele Trønderenergi

For å nå disse målene har vi gjennomført en befaring med intervju og sett over en rekke dokumenter fra Trønderenergi. Gjennom dokumentgjennomgangen vil gruppa prøve å få en oversikt over Trønderenergi sitt vedlikeholdssystem. Ved å utføre intervju ønsker gruppa å få en oversikt over graden av RCA som blir brukt på vindparken. Gjennom befaringsen vil gruppa også finne ut om Bessakerfjellet vindpark kan brukes som et utgangspunkt for alle vindmølleparkene til Trønderenergi.

6.2 Utførelse av befaring

På forhånd gikk gruppa gjennom arbeidsordrelister og alarmlogger for Bessaker som vi fikk av Trønderenergi. I tillegg ble det forberedt et intervju der det ble satt opp 6 spørsmål om RCA, vedlikehold, komponentene og vedlikeholdsstyringa.

Den 06.03.20 kjørte gruppa opp til vindmølleparken på Bessakerfjellet. Ved ankomst ble det gjennomført et intervju med 4 ansatte som bestod av mekanikere, teknikere og vedlikeholdsingeniører. Gjennom dette intervjuet ble det gitt en del info. Vi fikk

også tilgang til et dokument med rapport fra utført korrektivt vedlikehold med feilkoder, problem og løsning. Gjennom intervjuet fant vi ut at noen av de vanligste feilkodene er 25:101 og 25:201 som tilsier at det er en feil med yaw systemet (vinklingsystemet til vindmøllebladene). Denne feilen kan også føre til feil med den elektriske styringsenheten. I tillegg fant vi ut at all rotårsaksvurdering er erfaringsbasert. Det er altså ingen organisert rotårsaksmodell som følges ved utførelse av korrektivt vedlikehold av feil.

Gruppen fant ut at vindmøllene på Bessakerfjellet er litt eldre og er derfor mer utsatt for slitasjefeil. I tillegg består vindparken av Enercon turbiner som gjør det mer utsatt for elektriske feil.

Gruppen fikk også vite at elektriske feil med styringsenheten var vanskelige å finne rotårsaken til på grunn av mangel på tilgang til ekspertise.

Til slutt fikk gruppen se innsiden av en vindmølle og fikk en oversikt over alle komponentene samt hvordan vedlikehold utføres i mølla.

6.3 Funn fra befaring, dokumentgjennomgang og møter

Dette er våre viktigste funn fra befaringen, møter med Trønderenergi og gjennomgang av dokumenter. Disse dokumentene er alarmlogger, arbeidsordrelister og oversikt over stopp/feil.

Mål	Funn	Informasjonskilder
Se på vedlikeholdssystemet til vindmølleparken på Bessakerfjellet	<ol style="list-style-type: none"> 1. Forebyggende vedlikehold utføres etter leverandørens anbefalinger med noen endringer basert på erfaring. Korrektivt vedlikehold baserer seg derimot hovedsakelig på erfaring. 2. Vanskelig for nye å komme inn i vedlikeholdssystemet ved KV, fordi det er erfaringsbasert og IFS (International Featured Standards) systemet blir beskrevet som uoversiktlig 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Møter/e-post, intervjuer og e-poster 2. Intervjuer 3. Intervjuer

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Ingen god måte for nyansatte å vite hvordan de skal fikse en feil de ikke har erfaring med fra før uten hjelp av mer erfarne kollegaer 4. SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition system brukes for å styre og overvåke vindparken. De nyere vindparkene kan ha mer oppdatert programvare på sine møller som kan gi mer nøyaktig info 	<p>4. Møte/e-post</p>
<p>Hvilken grad RCA utføres i Trønderenergi sin drift og vedlikehold på Bessakerfjellet</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ikke formelt bruk av RCA per dags dato 2. Hvis RCA utføres, er det basert på teknikerens tidligere erfaring med feilen 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Møte/e-post, dokumenter og intervjuer 2. Intervjuer, møter
<p>Bruke Bessakerfjellet som eksempel for å utvikle en RCA-metodikk for hele Trønderenergi</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bessakerparken er mer utsatt for elektriske feil fordi det består av Enercon vindturbiner. I tillegg er det en eldre vindpark og er dermed mer utsatt for slitasje. Enercon turbinene har for det meste elektronikk og vil derfor få flere elektriske feil i stedet for mekaniske. 2. De nyere vindparkene har Vestas turbiner. Disse har flere mekaniske deler og vil derfor være utsatt for både mekaniske og elektriske feil. 3. Ved dokumentgjennomgang av alarmlogger fra Trønderenergi sine vindparker i Valsneset og Ytre Vikna har gruppa funnet at det er noen felles feil mellom disse og Bessaker. F. eks så har både Valsneset og Bessaker hatt mye feil med elektriske brytere. Alle disse vindparkene består av Enercon turbiner. I tillegg så har anleggene også hatt feil som kommer av problemer med Yaw systemet. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Møter/e-post og intervjuer 2. Intervjuer og møte/mail 3. Dokument

Tabell 3 Funn fra Ståstedsanalysen

6.4 Styrker og svakheter av befaringen

Gruppen ser at en svakhet i oppgaven er at det er få personer som kan bekrefte funnene våre. Gjennom befaringen har gruppen bare fått informasjon fra ansatte fra Bessakerfjellet. Dette gjør at informasjonsgrunnlaget om vedlikeholdet på Bessakerfjellet blir solid, men fordi vi har snakket med få personer kan det bli vanskelig å bekrefte validiteten til en del av informasjonen vi har fått. En annen svakhet er at det kan bli vanskelig å vurdere hele Trønderenergi basert på Bessakerfjellet, fordi noen av de andre vindparkene har forskjellige oppsett.

Det har blitt brukt kvalitativ metodikk under gjennomførelsen av befarings- og kvantitativ metodikk gjennom dokumentgjennomgang. Ved å bruke både kvantitativ og kvalitativ metodikk, istedenfor å sette søkelys på bare én av dem, vil informasjonsgrunnlaget bli sterkere. I tillegg har dokumentene gruppen har sett på kommet rett fra Trønderenergi, dermed vet vi at informasjonen stemmer.

7. Suksessfaktorer og suksesskriterier

I dette kapitlet skal gruppa gjøre rede for de ulike suksessfaktorene og suksesskriteriene i prosjektet. Målet med kapitlet er å gi bedriften en god oversikt over hva som vil gjøre en RCA-metode er gunstig, slik at gruppa også få et godt grunnlag for å utvikle RCA-metoden. Gruppa tar utgangspunkt i resultatmål 3;

- ***Foreslå suksesskriterier og suksessfaktorer for å identifisere den beste RCA-metoden for Trønderenergi***

hvor vi skal foreslå suksesskriterier og suksessfaktorer for å identifisere den beste RCA-metoden for Trønderenergi.

For å gjøre dette på den beste måten skal gruppa finne suksessfaktorer og suksesskriterier ut ifra relevant litteratur og kommunikasjon med bedriften. Vi tar da utgangspunkt i hva som vil gi Trønderenergi best utbytte, og prøver å gi dem best mulig begrunnelse for å ta i bruk RCA-metoden vi skal utvikle.

7.1 Hva er suksessfaktorer og suksesskriterier

Praktisk prosjektstyring (Rolstadås, 2011) definerer suksesskriterier og suksessfaktorer slik:

“Suksesskriterier er parametre, indikatorer eller verdier som vi måler eller registrerer for å avgjøre om prosjektet er suksessfullt eller ikke.”

Kriteriene er altså noe som måles etter prosjektet er gjennomført.

“Suksessfaktorer er forhold som må ligge til rette for at prosjektet skal bli en suksess.”

Suksesskriteriene blir oppnådd gjennom suksessfaktorene.

Ved å identifisere de relevante faktorene og kriteriene vil det komme klarere fram hvilken RCA-metode som passer best. Gruppa kan da se på hver metode for å se om de har alle faktorene og hvor godt hver av de vil oppfylle kriteriene. På denne måten vil gruppa få et bedre grunnlag for å velge en god RCA metode.

7.2 Suksessfaktorene

1. God datainnsamling og feilrapportering fra D&V-personell og SCADA

For at en RCA-metodikk skal være suksessfull er det kritisk med god datainnsamling. For det første trenger man info om hendelsesforløpet som ledet opp til feilen fordi mange av modellene bruker de tidligere hendelsene for å resonnerer seg fram til feilen, f.eks. ECF og FTA. For det andre trengs det info om historikken til komponenten for å se om den relevante feilen kan sammenliknes med tidligere feil.

Det er også viktig med god data om selve feilen gjennom feilrapportering. Gjennom en nøyaktig feilrapport vil man spare tid og det vil være lettere å komme i gang med en RCA. En god forståelse av problemet vil også gjøre det lettere å utføre en RCA. Det vil dermed være vesentlig å ha så mye info om fokushendelsen som mulig. (NEK, 2015)

Forutsetningen for dette er at D&V-personell utfyller detaljerte feilrapporter. I tillegg må man kunne samle relevant data gjennom SCADA systemet.

2. Målinger ved hjelp av tilstandskontroll og lett tilgang til D&V-data

Gode tilstandskontroll verktøy vil være avgjørende for at det skal være god tilgang på data, og i noen tilfeller vil man kunne avdekke rotårsaken ved å kun utføre tilstandskontroll. Med nøyaktige målinger over maskineriet vil man få mye nyttig informasjon ved en eventuelle feil. I tillegg kan man lære mye av målingene som ble tatt i perioden som ledet opp til feilen. Det må også være god tilgang til D&V-data slik at man lett kan ta i bruk informasjonen til å forbedre vedlikeholdsprosessen.

Et godt eksempel på en RCA-metode der tilstandsovervåkning i sanntid vil være kritisk er MES/STEP. Der har man hendelser satt opp kronologisk i en tidsmatrise. Dermed vil informasjon om hendelsesforløpet før, under og etter feilen være viktig. (NEK, 2015)

God datainnsamling er viktig for en RCA og tilstandskontroll bidrar med å skaffe denne dataen.

3. Enkelhet på RCA-metoden som skal utarbeides

Det er viktig at RCA-metoden er lett å bruke for arbeiderne. Hvis metoden blir for vanskelig vil det bli lite effektivt for de ansatte å implementere en RCA inn i systemet sitt og dermed er enkelheten på RCA-metoden viktig for at prosjektet skal bli suksessfullt.

John Nicholas (Nicholas, 2018, p. 71) skriver "In virtually any work situation, an action to reduce waste will result in a simplification of what ever existed before." Her forklarer han at for å redusere sløss, vil en simplifisering av hva enn som eksisterte før, inntreffe. Grappa vil derfor simplifisere RCA-metoden for å minske sløss av arbeidsressurser for Trønderenergi.

4. Ekspertise og opplæring i bruk av RCA-metoden

At teknikerne som jobber med et problem har stor nok ekspertise til å gjennomføre en RCA er meget viktig. Selv om det anvendes en enkel modell som f.eks. feiltreanalyse så kreves det fortsatt kunnskap rundt feilen og komponenten som analyseres (NEK, 2015). God opplæring er nødvendig for at teknikerne skal få nødvendig kunnskap, og uten kunnskap kan RCA modellen bli mangelfull eller unøyaktig. Ekspertise er ikke alltid tilgjengelig lokalt og må noen ganger hentes fra f.eks. utlandet. I slike tilfeller må det gjøres en vurdering på om det er gunstig å skaffe denne ekspertisen eller å unnlate å gjennomføre en RCA.

Under befaring av vindparken på Bessakerfjellet opplevde grappa en situasjon der ekspertise var utilgjengelig. Der fikk grappa vite at teknikerne ikke klarte å finne rotårsakene til noen feil som oppstod på de elektriske bryterne til vindmøllene på egen hånd. Da de prøvde å hente inn ekspertise fra leverandøren av bryterne var leverandøren lite villig til å sende hjelp. I dette tilfellet vil det være vanskelig å klare å utføre en RCA og det vil da kanskje være mer gunstig å erstatte brytere som feiler ofte.

5. Engasjement og involvering

For at en metode skal være suksessfull er det nødvendig at alle involverte i bedriften viser engasjement til å ta den i bruk, hvis ikke blir alt arbeid av metoden forgjeves. I

en Total Productive Maintenance modell er engasjement og deltagelse av alle involvert grunnlaget for suksess. Som nevnt i boken til John Nicholas (Nicholas, 2018) er det spesielt viktig at også ledelsen i bedriften involverer seg med implementering av metoden. Da er det mer sannsynlig at andre ansatte følger etter og tar metoden i bruk selv. I tillegg vil det være lettere å ta i bruk en RCA-metodikk hvis den er enkel å bruke og forstå.

Det er flere verktøy som krever godt samarbeid, og som da medbringer at det trengs engasjement fra ansatte. I verktøy som CTM, MORT og Accimaps er det nødvendig at det arbeides i team, og dermed er kvaliteten på verktøyet definert av hvor mye engasjement de ulike ansatte og ledere i bedriften har (NEK, 2015).

7.3 Suksesskriteriene

1. Reduksjon av korrigerende vedlikehold

Grappa mener at mindre korrektivt vedlikehold vil være et suksesskriterium fordi ved mindre korrektivt vedlikehold vil bedriften spare både ressurser og penger. En RCA-metode som gir bedre oversikt over rotårsakene vil bidra til å redusere arbeidsmengden som må til for å etterforske hva som var grunnen til feilen og dermed redusere mengden korrektivt vedlikehold. I tillegg, hvis bedriften vet hva som er rotårsaken til en feil, kan de forhindre at feilen oppstår i utgangspunktet, noe som gjør at de kan drive mer forebyggende vedlikehold heller enn korrektivt.

2. Sikre at samme feil ikke gjentar seg

En del av hensikten med å integrere RCA i Trønderenergi vil være å redusere tilfeller av gjentatte feil. Det vil dermed være naturlig å sette dette som et suksesskriterium for prosjektet. Ved å gjennomføre en RCA på gjentakende feil så vil man kunne fjerne grunnlaget for feilen og dermed hindre gjentakelse. Dette vil føre til store besparelser, spesielt hvis det er snakk om flere komponenter som opplever samme gjentatte feil.

3. Aktiv bruk av RCA for vedlikeholdspersonell på vindparkene

For at prosjektet skal kunne anses som en suksess må RCA-metodikken bli brukt aktivt på Trønderenergi sine vindmølleparker. Det vil altså kreves en organisatorisk endring som tilrettelegger for bruken av RCA i vedlikeholdsprogrammet. Det forutsetter at RCA faktisk blir brukt for at fordelene ved det skal kunne utnyttes.

7.4 Key Performance Indicators (KPI)

KPI er en beskrivelse av de suksesskriteriene som er mest avgjørende for en bedrifts suksess (Hellman, 2020). For at Trønderenergi skal vite at metoden vil bli en suksess etter implementering, bør de ha KPI-er. KPI-ene indikerer om suksesskriteriene blir oppfylt slik at de vet hva som ble en suksess og hva som kan forbedres. Et eksempel kan være hvis man måler antall ganger en feil gjentar seg. Er det målt at feilen ikke gjentar seg like mye, vil suksesskriteriet være antatt oppfylt.

7.5 Oppsummering

Gruppen valgte å ta med disse suksessfaktorene fordi vi mener at en RCA-metode ikke vil bli utført skikkelig uten at nevnte faktorer og kriterier er med.

Suksessfaktorene skal hjelpe gruppen med å forme oppgaven til det sluttproduktet vi ønsker å levere, og suksesskriteriene vil gi oss en pekepinn på hvor suksessfullt prosjektet kommer til å bli. Hvis kriteriene blir oppfylt vil det si at oppgaven vår var en suksess.

Suksessfaktorene må ligge til rette for å oppnå suksesskriteriene og RCA-metoden gruppen utvikler vil ha en betydelig effekt på noen av faktorene. Suksessfaktor 1, 2 og 5 vil hovedsakelig være avhengig av Trønderenergi. Suksessfaktor 4 innebærer opplæring og dette vil også være avhengig av Trønderenergi. Faktorene som vil være mer avhengig av selve RCA-metode vil da være suksessfaktor 3 og ekspertise delen av suksessfaktor 4. Valget av RCA-metode må dermed ta hensyn til hvor enkel den er å forstå og om den krever høy ekspertise.

Uten suksessfaktorer og suksesskriterier vil ikke gruppen ha premisser å følge, noe som vil gjøre oppgaven vanskelig å holde sammenhengende.

8. Forslag til RCA-metode

8.1 Innledning

I dette kapitlet skal vi utarbeide et endelig forslag til en RCA-metode for Trønderenergi sine vindparker.

Nå som vi har gjort alt forarbeidet er vi klare til å utarbeide en RCA-metode for Trønderenergi. Ifølge resultatmål 4 skal vi:

- ***Drøfte ulike RCA-metoder som kan være aktuelle for Trønderenergi***
- ***Konkludere med den beste RCA-metoden ut ifra suksesskriteriene/faktorene***
- ***Bruke etablerte RCA-verktøy til å lage en RCA-metodikk tilpasset for Trønderenergi***

I første del av utarbeidingen skal vi se igjennom alle verktøyene som ble gjennomgått i litteraturstudiet og konkludere med hvilke verktøy som vil passe best i en RCA-metode for Trønderenergi. Vi skal se på fordelene og ulempene vi fant i litteraturstudiet og vurdere hvilke av dem som er viktige for Trønderenergi. Gruppa skal deretter komme fram til to metoder, en til mindre omfattende feil og en til mer omfattende feil. Grunnen til at vi velger å lage to metoder er fordi informasjon vi fikk på ståstedsanalysen tilsier at det er mye erfaringsbasert vedlikehold på de enklere feilene og at det ikke finnes noen metode for å finne rotårsaken på komplekse feil. Derfor ønsker vi å utarbeide en metode som hjelper ansatte som ikke har mye erfaring, og en metode som hjelper alle ansatte når det gjelder omfattende rotårsaksanalyser.

8.1.1 Enkle og komplekse feil

Enkle og komplekse feilsituasjoner har vi definert tidligere og når vi ser på disse for RCA forslaget vårt vil vi anse dem slik:

Enkle feilsituasjoner er de som Trønderenergi kan analysere gjennom en initiell RCA på feltet og/eller en kjapp gjennomgang uten å kreve en dyp analyse med høy ekspertise.

Komplekse feilsituasjoner vil vi se på som feil som trenger dypere analyse og ekspertise, som Trønderenergi må sette av mer tid og ressurser for å finne rotårsaken til.

8.1.2 Relevante suksessfaktorer

Når vi ser på hvert RCA-verktøy, vil vi legge vekt på følgende suksessfaktorer: Enkelhet på RCA-metoden og ekspertise. Dette er fordi disse suksessfaktorene er viktige for valg av RCA-verktøy. Hvor enkel RCA-metoden er og hvor stor ekspertise som kreves vil være sterkt knyttet til hvilke verktøy vi velger. De andre faktorene; Engasjement, Tilstandskontroll og God datainnsamling og feilrapportering er faktorer som gruppa mener ikke vil bli påvirket like stort av det valgte RCA-verktøyet. Disse faktorene er viktige for suksessfull innføring av RCA, men disse faktorene vil oppfylles av organisasjonen, ikke RCA-metoden.

8.2 Gjennomgang av RCA verktøy

8.2.1 Events and causal factors charting - ECF

Som tidligere nevnt i litteraturstudiet er ECF et verktøy som gir en grafisk og strukturell oversikt over et hendelsesforløp. Denne modellen vil være enkel å lese og forstå fordi den er oversiktlig, men det krever at man vet hva de forskjellige boksene i modellen betyr. Siden ECF sannsynligvis passer best på komplekse problemer kan den gi Trønderenergi en større forståelse av problemet, selv om den ikke nødvendigvis finner rotårsaken. Ved å få en større forståelse av et komplekst problem vil det bli lettere å komme fram til rotårsaken.

For å sette opp en god ECF trenger man informasjon fra hele hendelsesforløpet. For å oppnå dette kreves det god datainnsamling og tilstandskontroll slik at man har tilgang til informasjonen som tilsier hva som har skjedd.

ECF kan implementeres som et første steg i å finne rotårsaken til et komplekst problem med mange feilfaktorer. Ved å utføre en ECF i en slik situasjon vil man kanskje finne ut mer om problemet og få en bedre ide om hva rotårsaken kan være. Hvis man da ikke finner rotårsaken etter å ha gjort en ECF kan man ta informasjonen man har fått og bruke den videre. Da kan informasjonen man har fått eventuelt anvendes med et annet RCA-verktøy som kan bruke dataen til å finne rotårsaken.

8.2.2 Multilinear events sequencing (MES) og sequentially timed event plotting (STEP)

I litteraturstudiet skrev vi at en MES/STEP virker ganske likt som en ECF men gir mer detaljert informasjon på hendelsesforløpet. For Trønderenergi kunne en MES/STEP derfor passe bedre til mer omfattende feil ettersom verktøyet både gir bedre oversikt over hendelsesforløpet og at man kan følge en fast metode. Stegene i en MES/STEP er satt fra før av og er lette å følge. En fast måte å bruke verktøyet på er en fordel når man skal ha en rutine for rotårsaksanalyse. Det sikrer at alle analyser blir utført på lik måte slik at feilen lett kan rettes på hvis den oppstår flere ganger.

For at en MES/STEP kan fungere må det samles inn mye informasjon om hendelsen, samt finne tidspunktet for når feil skjedde. For å oppnå dette må vi ha en måte for å vite når feilene oppstod og hvilken rekkefølge det var på hendelsene.

Ulempen med MES/STEP i forhold til ECF er at den er mer omfattende og vil derfor helst bare passe til de mer komplekse feilene. For mange enkle feilårsaker er ikke nødvendigvis tidspunktet på hendelsesforløpet like relevant, dermed kan det bli utført unødvendig arbeid. Det er også viktig at datainnsamlingen er nøyaktig og at det er lett å finne informasjonen som finnes.

8.2.3 The why method

Ved å anvende why metoden vil man få et why diagram/tre som er lett å lese og forstå, som vist i litteraturstudiet. Denne grafen vil man kunne fylle ut raskt hvis den rette ekspertisen er tilgjengelig og dermed få mye innsikt i problemene. Selv om denne metoden er rask og enkel å forstå er det ikke nødvendigvis lett å utføre den.

Det krever mye kunnskap for å svare på “hvorfors” spørsmålet mange nok ganger til å komme fram til rotårsaken. For en veldig kompleks situasjon vil det bli vanskelig å kunne svare på særlig mange “hvorfors” spørsmål. Why metoden passer derfor best til enkle situasjoner.

Siden det krever stor ekspertise å gjennomføre en komplett why analyse kan den være upraktisk dersom denne ekspertisen ikke er tilgjengelig. Grappa fant ut i ståstedanalysen at den nødvendige ekspertisen ikke alltid vil være tilgjengelig, noe som gjør at why metoden ikke alltid er godt egnet. Til tross for dette kan why metoden brukes som et utgangspunkt for en rotårsaksanalyse. Ved å ha gjort en initiell refleksjon av problemet ved hjelp av why metoden kan det bli lettere å få en større forståelse av problemet.

En måte å innføre why metoden på kan være at teknikerne setter opp et why tre med en gang en feil oppdages og eventuelt føre dette inn i IFS. Ved å gjøre dette kan teknikeren/teknikerne enten komme til rotårsaken med en gang, eller så kan noen andre se på grafen som er fylt ut slik at de får en forståelse for problemet umiddelbart.

8.2.4 Causes tree method - CTM

CTM er et systematisk verktøy for å analysere samt grafisk illustrere hendelser og vilkår som har ført til en fokushendelse basert på bevis. Dette vil si at CTM er et verktøy som fokuserer på illustrasjon og presentasjon av hendelsesforløpet. En CTM legger også vekt på menneskelige og organisatoriske feil, noe som kan hjelpe til med å utvide analysen til mer miljømessige faktorer. Den bygger på fremgangsmåten til why-metoden, noe som tilsier at det spørres spørsmål angående hvorfor feilhendelsen oppstod. Siden CTM trekker inn miljøfaktorer vil den være bedre tilegnet på mer omfattende feil med f.eks. menneskelige feil innblandet.

Den største ulempen med CTM, sett fra Trønderenergi sine øyne, er at den (også som why method) trenger ekspertise og bred kunnskap om feilene fra før av for å brukes effektivt. Noe av det grappa lærte på Bessakerfjellet var at leverandøren ikke alltid var villig til å dele sin ekspertise hvis det ble en feil på en komponent som teknikerne ikke hadde nok erfaring med. Teknikerne på Bessaker ble da tilbudt en ny

komponent i erstatning, noe som gjør at teknikerne er tvunget til å vente på levering av nytt produkt, heller enn å fikse det selv.

Selv om CTM er oversiktlig og kan brukes til mange forskjellige feilhendelser, er det flere ulemper som gjør den upraktisk. Faktumet at det ikke er integrert en fremgangsmåte for hvordan man identifiserer årsaksfaktorer er en ulempe. Vanskeligheten for bevissanking gjør også at verktøyet kan være mindre fordelaktig.

8.2.5 Why Because Analysis (WBA)

En WBA er analyse som gir en modell som illustrerer hva som må gå galt for å oppnå feilen. Gjennom litteraturstudiet har gruppa funnet at en WBA kan utføres med minimal opplæring. En ferdig utfylt why because graf vil også være lett å forstå for alle. I tillegg er WBA et fleksibelt verktøy fordi det kan brukes på ulike problemer med forskjellig omfang. Hovedproblemet med WBA er at det kan være vanskelig å starte analysen. Dette kommer av at metoden ikke har en klar veiledning for innsamling av data. WBA kan eventuelt brukes sammen med andre RCA-verktøy for å utdype analysen og/eller gjøre det lettere å komme i gang.

For å utføre en WBA kreves det at man har nok info rundt hendelsen. Man må finne alle kravene for at problemhendelsen kan ha blitt oppfylt, noe som krever at man ser på dataen fra tilstandskontrollsystemet rundt hendelsen. Dette krever at man engasjerer alle de ansatte som kan ha bidratt til problemhendelsen. Denne prosessen kan være tidkrevende, noe som gjør at det må vurderes hvor kritisk problemet er for Trønderenergi å løse.

8.2.6 Fault tree and success tree method

Et feil/suksesstre illustrerer de umiddelbare hendelsene som forårsaket en fokushendelse. Ved å bruke såkalte “og/eller” porter fokuserer dette verktøyet på hvilke hendelser som forårsaket feilhendelsen. Dette gir en enkel og oversiktlig måte for å dele opp årsakene til feilhendelsen. Det vil være gunstig for Trønderenergi å ha en enkel måte å illustrere en RCA på samtidig som erfaringen hos de ansatte kan hjelpe til med å utdype analysen. På enklere feil kan også “og/eller” portene være oversiktlige og hjelpsomme for ansatte uten lang erfaring.

Feil/suksesstre er også et verktøy som kan kreve stor ekspertise, men trenger ikke nødvendigvis alltid å være så omfattende. Det er et verktøy som kan brukes sammen med andre metoder, og gjør dermed at den kan brukes både på enkle og komplekse feil. Feil/suksesstre er også begrenset av de fysiske komponentene som allerede finnes. Det vil si at verktøyet bare ser på det tekniske aspektet av feilhendelsen. Dette vil forenkle metoden fordi man slipper å ta for seg flere ulike miljømessige og menneskelige faktorer.

8.2.7 Fishbone or Ishikawa diagram

Fishbone diagram er en modell som er enkel å forstå og som kan brukes til både enkle og komplekse undersøkelser. I et Fishbone diagram får man en oversikt over de forskjellige årsakene og om de er miljømessige, tekniske eller menneskelige. En utfordring som kan komme når man bruker Fishbone til komplekse undersøkelser er at modellen kan bli veldig kompleks og vanskelig å lese. I tillegg er det ikke en underliggende teori for Fishbone, noe som gjør at det kan bli mer utfordrende for Trønderenergi å implementere siden resultatet vil være basert på bedømmelsen til de som utfører undersøkelsen.

Ved implementering av Fishbone vil utfordringen være at det krever ekspertise for å fylle ut diagrammet godt slik at man kommer fram til de rette årsakene. Diagrammet vil gi en god oversikt over alle årsakene og hvordan de henger sammen, noe som vil bidra til å øke forståelsen av problemet og gjøre det lettere å komme fram til rotårsaken. Hvis man ikke har den nødvendige ekspertisen tilgjengelig kan diagrammet bli mangelfullt, noe som kan gjøre implementering utfordrende.

8.2.8 Safety through organization learning (SOL)

En SOL kan være nyttig når man skal identifisere svakheter i et teknisk system. SOL setter opp indirekte og direkte årsaker i en tabell for å hjelpe med å se helheten av problemet når man skal identifisere feilhendelsen. Fordelen med en SOL er at den er relativt lett å sette opp og forstå med tanke på at det er satt opp som en tabell. En ulempe er at det ikke satt en fast fremgangsmåte til å finne årsakene. Dette gjør at bedriften står fritt til å definere årsakene selv, noe som kan føre til at bedriften

utelater informasjon som den kanskje ikke visste eksisterte. Hvis SOL blir utført ordentlig, kan det være en av de beste måtene å finne rotårsaker på.

En ulempe med SOL er at dybden i analysen er begrenset av hvor mange detaljer bedriften kjenner til. Siden det ikke finnes en fast prosedyre for hvordan man skal gå frem, blir analysen begrenset av hvor mye kunnskap de ansatte har av verket. For Trønderenergi kan det være gunstig å ha en metode som spiller på erfaringen og kunnskapen de ansatte har på verket. På den andre siden kan det bli vanskelig for nyansatte å utføre en analyse hvis de ikke har erfaring fra før.

8.2.9 Management oversight and risk tree (MORT)

En MORT bruker en ferdigskrevet MORT-manual på rundt 1500 spørsmål når analysen skal gjennomføres. Dette gjør at man får en dyp og grundig analyse av feilhendelsen.

Hvis det er feil på viktige komponenter som betyr mye for produksjonen kan en MORT være nyttig, men for enklere feil vil MORT-analysen bli altfor omfattende. Gruppa sitt mål er å gi Trønderenergi to RCA-metoder, en til enkle feil og en til mer komplekse feil. I kapittelet om suksessfaktorer/kriterier skrev gruppa at enkelhet på metoden og aktiv bruk av RCA er viktig. En MORT-analyse vil ha vanskeligheter med å oppfylle disse faktorene og kriteriene fordi det kan bli tungvint og tidkrevende for de ansatte å utføre.

Fordelene med en MORT er at den er svært nøyaktig med tanke på alle spørsmålene som blir spurt og at den bygger på tidligere analyser. Det at det finnes en manual gjør også at metoden blir enklere å sette i gang.

8.2.10 Accimaps

Accimaps er et RCA-verktøy med en modell som gir en oversikt over feil på forskjellige nivåer. Disse nivåene vil da f.eks. være det menneskelige eller organisatoriske nivået. Dette gir en god oversikt og lar brukeren sette opp store mengder informasjon i et lettlest diagram. Man får også en bedre forståelse av problemet ved at Accimaps gir en forståelse av alle hendelsene rundt problemet på alle de forskjellige nivåene.

Problemet med Accimaps er at det er vanskelig å komme inn i prosessen hvis man ikke har gått gjennom den fra før. Dette kan gjøre implementering tungvint for Trønderenergi. I tillegg har ikke metoden noen spesiell veiledning, så de identifiserte faktorene vil være basert på analyseteamet sin bedømmelse. Dette blir et enda større problem gitt at Accimaps er vanskelig for nye å komme inn i. På grunn av dette vil implementering bli problematisk, men det kan være verdt det fordi Accimaps kan etter hvert bli meget ekstensiv og nyttig for å analysere feilhendelser.

8.2.11 Tripod beta

Tripod Beta er en analyse som utnytter barrieremodell og gir en oversikt over hovedhendelsene og feilårsakene til dem. Tripod beta definerer barrierene til systemet og barrierene forteller hvilke komponenter i systemet som må svikte for at feilen skal oppstå. Det blir brukt begreper som “objekter” og “agents of change” i Tripod Beta. Objekt er et fellesbegrep for mennesker og komponenter som kan være del av prosessen mens “agents of change” er alt som kan endre objektene. Dette gjør at verktøyet kan organiseres ut ifra kategorier slik at det blir mer oversiktlig. Barrierene og objektene blir til slutt satt inn i en modell liknende en FTA.

Fordelene med en Tripod Beta er den er oversiktlig og har en oppskrift som er lett å følge. Verktøyet definerer også barrierene og tar hensyn til menneskelige faktorer. I tillegg hjelper Tripod Beta med å bestemme omfanget av prosessen ved at den lager en oversikt over barrierene. Da kan man se hvor omfattende analysen vil være med tanke på hvor vanskelig barrierene er å fikse/opprettholde. Verktøyet er meget omfattende og trenger ofte ekspertise av prosessen for å kunne utnyttes effektiv. Med tanke på dette passer Tripod beta bedre til mer omfattende feil.

8.2.12 Causal analysis using STAMP - CAST

CAST har ikke en spesifikk modell man kan fylle ut fordi det er vanskelig å presentere de indirekte forholdene mellom hendelsene grafisk. I stedet så tar man utgangspunkt i rapporter og analyserer dem. CAST er en metodikk som ikke bare ser på de menneskelige og tekniske faktorene, men også faktorene rundt det sosiale miljøet og ledelsen. Dette gjør at man kan avdekke problemområder som andre

verktøy kanskje overser. Man kan også bruke forskjellige sosiale modeller i analysen så man er ikke bundet til en spesifikk metodikk.

Mangelen på en fast modell gjør at metoden kan bli vanskelig å forstå og utføre. I tillegg er fokuset ganske bredt, så denne metoden kan være mer ressurs-intensiv enn andre RCA-metoder. Med tanke på at gruppa skal finne en metode for RCA på vindmøller så vil kanskje CAST passe dårlig fordi de sosiale faktorene ikke er like relevante som de tekniske.

8.3 Sammendrag av RCA-verktøyene

Gruppa valgte å lage en oversikt over alle verktøyene basert på hvordan de møter kriteriene som er viktige for oss. Denne oversikten gjør det lettere å se likheter og forskjeller mellom verktøyene.

Verktøy	Type modell	Enkelhet - er verktøyet enkelt å ta i bruk og forstå?	Ekspertise - Krever verktøyet høy ekspertise?	Feiltype - Passer det til enkle og/eller komplekse feilsituasjoner?
ECF	Presenterer data i bokser og setter inn i en modell med kronologisk hendelsesforløp	Ja - enkel å forstå og sette opp	Nei, men krever forståelse for hendelsesforløp et	Passer bedre for mer komplekse feil
MES/STEP	Presenterer data i et time-actor diagram med hendelsesforløp og objekter	Er lett å ta i bruk siden man har en oppskrift, men kan være vanskelig å forstå gitt en omfattende hendelse	Krever noe ekspertise i det at man trenger en god forståelse av dataen rundt hendelsen	Passer best for komplekse feil

Why method	Presenterer resultatet av undersøkelsen i form av svar på "hvorfor" spørsmål	Ja - veldig enkel å forstå og ta i bruk.	Kan kreve høy ekspertise, fordi selv om metoden er enkel så vil det ikke alltid være enkelt å svare på "hvorfor"	Passer til alle vanskelighetsgrader av feil
CTM	Tar hensyn til alle faktorer og deres effekt, og presenterer de kronologisk	Modellen og metoden er enkel å forstå, men kan være vanskeligere å ta i bruk fordi man må se på data rundt mange faktorer	Finnes ingen guide for hvordan å finne årsaksfaktorer, dermed trengs en grad av ekspertise	Kan brukes til både enkle og komplekse feil.
WBA	Setter opp et "årsakstre" som illustrerer hendelsene som førte til feilhendelsen	Modellen er ikke komplisert å sette opp og er enkel å forstå, men har ingen veiledning for innsamling av fakta	Kan være vanskelig å komme i gang med analysen uten nok kunnskap og ekspertise om problemet, men metoden krever ikke stor ekspertise	Kan bli tidkrevende og passer derfor bedre til komplekse feil
Fault tree	Presenterer teknisk data i en tre-modell. Har fokus på feilårsaker	Meget oversiktlig og lett å sette opp med tanke på "og/eller" portene	Krever teknisk kunnskap og erfaring for å sette opp et nøyaktig tre	Kan brukes på både enkle og komplekse feil

Fishbone	Tre-modell som setter opp feilårsaker delt inn i forskjellige feilkategorier	Modellen er enkel å lese, forstå, men kan være utfordrende å sette opp uten en underliggende modell	Har ingen underliggende modell eller fremgangsmåte, så ekspertise/kunnskap om feilhendelsen er nødvendig	Kan brukes til alle typer feil, men kan passe best for enkle feil
SOL	Har ingen typisk modell, men feilårsaker stilles opp i tabell	Verktøyet er enkelt å forstå, men det er ingen fast prosedyre for hvordan man skal gå fram	SOL er avhengig av ekspertise fordi verktøyet blir definert av bransjen og vil dermed være begrenset av bransjens kunnskap om systemene sine	Siden SOL er et verktøy som utdyper en allerede utført analyse passer det kanskje best til mer komplekse feil. Kan også brukes til enkle feil, men da vil man ikke gå like dypt.
MORT	MORT anvender en manual som ser på en forhåndsutfylt tre-modell	Rett frem å bruke og forstå, men kan være svært omfattende	Mindre spesialistkunnskap er nødvendig enn andre verktøy fordi detaljert veiledning blir gitt for mulige hendelser	En MORT vil passe best for komplekse feil fordi metoden er veldig omfattende og tidskrevende
Accimaps	En årsaksorientert modell som deler	Vanskelig å komme inn i uten tidligere erfaring og har ingen	Krever høy ekspertise og det hjelper med	Gitt at bedriften klarer å ta i bruk Accimaps på en god måte, så kan det brukes på

	opp feil i forskjellige nivå	veiledning. Modellen er enkel å forstå	tidligere erfaring fra Accimaps	alle typer feil, men passer kanskje best for komplekse feil
Tripod Beta	Utnytter barrieremodell og fungerer som et feiltre	Enkel å forstå og bruke	En Tripod Beta krever god kunnskap om systemet som skal analyseres	Passer til mer omfattende feil, men de kan være både enkle og komplekse
CAST	Har ingen fast modell	Kan være vanskelig å ta i bruk fordi man må se på mange faktorer. Kan også være vanskelig å forstå det ikke har en lettlest modell.	Krever ingen spesiell ekspertise, fordi analysen er basert på allerede eksisterende dokumentasjon	Gitt analysens omfang vil det passe best til komplekse feil

Tabell 4 Sammendrag av RCA-verktøyene

8.4 Hvilke RCA-verktøy kan utelukkes fra RCA forslaget?

Nå skal vi innskrenke aktuelle RCA-verktøy slik at vi kan komme med et forslag for en RCA-metode til Trønderenergi. Grappa vektlegger at verktøyet er enkelt å ta i bruk og at det ikke kreves ekstensiv opplæring og høy ekspertise. Vi vil også legge vekt på verktøy som enkelt kan anvendes på feltet.

Grappa har funnet ut av at CTM og Accimaps er verktøy som er tunge å ta i bruk og krever høy ekspertise. Accimaps er et verktøy som kan bli meget komprehensivt hvis man jobber mye med det, men Grappa vil heller velge et verktøy som er lettere og mer effektivt å ta i bruk i utgangspunktet for å gjøre implementering enklere. CTM kan også bli vanskelig å implementere fordi det mangler en guide for å identifisere årsaksfaktorer. På grunn av dette velger grappa å utelukke disse.

CAST og SOL har ingen fast modell og de fungerer mer som et tilleggsverktøy som er avhengig av tidligere dokumentasjon. Det faktum at CAST bygger på allerede utført arbeid i tillegg til at analysen kan være omfattende gjør at gruppa mener CAST kan bli for mye av det gode. SOL derimot er ikke nødvendigvis omfattende i seg selv, men er avhengig en time-actor matrise som kan ta tid å lage. Selv om tilleggsverktøy kan påvirke en RCA-analyse positivt, mener gruppa at CAST og SOL blir for omfattende med tanke på at de kan gjøre en RCA-prosess unødvendig omfattende.

CAST har et stort og ganske generelt omfang og SOL er avhengig av ekspertise fordi omfanget blir definert av bransjen. Gruppa velger derfor å utelukke både SOL og CAST som RCA-verktøy for Trønderenergi.

MORT er enkel å forstå og trenger ikke noe ekspertise for å utføres. Problemet med MORT er at man trenger en allerede eksisterende manual med 1500 spørsmål for å utføre analysen. Dette er veldig tidkrevende og virker unødvendig med mindre det er en feil som er ekstremt omfattende og trenger grundig analyse. Hvis ansatte ikke har hatt erfaring med MORT, kan det å implementere verktøyet være svært tidkrevende. Siden dette er et ressurskrevende verktøy vil det kreve at flere ansatte går gjennom manualen sammen. Dette er en ulempe hvis vi tar utgangspunkt i Bessakerfjellet som har et begrenset antall ansatte. Derfor har gruppa utelukket MORT som et alternativ.

8.5 Drøfting av de gjenværende verktøyene

Gruppa har valgt å sette de gjenværende verktøyene sammen i grupper hvor de verktøyene som likner på hverandre eller utfører samme type analyse blir satt sammen og sammenliknet. Vi skal så drøfte hvilke verktøy som passer best til RCA for Trønderenergi.

8.5.1 FTA - Tripod Beta - Fishbone

I første gruppe har vi satt FTA, Tripod Beta og Fishbone. Grunnen til at vi har satt disse i samme gruppe er at de alle fungerer som en type tre-modell. FTA er et verktøy som ser på det tekniske aspektet av rotårsaker og som setter potensielle rotårsaker opp i en tre-modell. FTA fungerer relativt likt som en Tripod Beta, men

Tripod Beta tar for seg flere faktorer i tre-modellen. Organisatoriske, miljømessige, menneskelige og tekniske feil blir brukt i Tripod Beta, noe som gjør verktøyet mer omfattende enn en FTA. Fishbone ser også på flere faktorer gjennom analysen. Fishbone har heller ikke den typiske "tre-modellen" men har samme type oppbygning hvor flere hendelser fører opp mot fokushendelsen/feilhendelsen. Fishbone fungerer optimalt når flere deltar i analysen og utfører en brainstorm om hva som kan være årsaker til feilhendelsen. Det betyr at Fishbone krever flere ressurser enn FTA for å fungere optimalt, men gjør en dypere analyse.

8.5.2 MES/STEP - ECF

MES/STEP og ECF er satt sammen fordi de er veldig like og begge vil oppnå en oversikt over tid og hendelsesforløpet. Begge metodene tar for seg et hendelsesforløp som gir en god oversikt over hvilken rekkefølge de forskjellige hendelsene har. ECF er den enklere av de to metodene. ECF lager en modell som er lett å forstå, samtidig som den hjelper til med å oppdage hull i hendelsesforløpet. MES/STEP bruker en tidslinje til å plassere hendelsene til rett tidspunkt, noe som kan gi en mer detaljert oversikt over hendelsesforløpet. Building blocks blir også brukt i MES/STEP, noe som kan gi Trønderenergi bedre oversikt over de ulike faktorene som kunne forårsaket feilhendelsen. Til slutt settes dataen inn i en "time-actor matrise" som kan likne på en ECF-graf, men som er mer detaljert.

8.5.3 WBA - Why method

Både WBA og why method tar for seg 'hvorfor' spørsmålet og prøver å svare på det. WBA har en mer strukturert modell som viser sammenhengen mellom årsaksfaktorene og hvordan de førte til feilhendelsen. Why method anvender en enklere modell hvor man bare trenger å sette opp spørsmålene og årsakene nedover. På grunn av dette kan why method også anvendes av teknikere ute på feltet hvis det oppdages en feil. En WBA vil være mer krevende å sette opp fordi mens en why method-analyse bare tar for seg de umiddelbare faktorene så vil en WBA også se på mange av faktorene rundt. En WBA vil bli mer omfattende ved at det settes en kobling mellom forskjellige årsaker og faktorer, både menneskelige og tekniske. En why method kan fungere bra som et utgangspunkt når man vet lite om

problemet, mens en WBA kan fungere bra som en utdypende analyse når man har mer informasjon rundt feilhendelsen.

8.6 Endelige verktøy

Det gruppa legger vekt på er at metoden for enkle feil kan bli brukt i feltet for å få en initiell analyse og komme fram til rotårsaken gjennom den initielle analysen, eller en enkel analyse i etterkant. Det som legges vekt på for metoden for komplekse feil er at man kan gå dypere inn på feilhendelser, uten at metoden blir for omfattende å utføre. Det vil også være en fordel hvis det brukes metoder som kan bygge på hverandre istedenfor at man må starte på nytt når man skal anvende et annet RCA-verktøy.

Gruppa har funnet at why method er et verktøy som er enkelt å forstå og som enkelt kan gjennomføres, også på felten. Den er veldig intuitiv og er derfor et verktøy som ikke krever noe utdypende forklaring i form av modeller og fremgangsmåter. Uansett om man har en enkel eller kompleks feil så vil why method være nyttig fordi man får mer informasjon rundt hendelsen på en måte som ikke krever like mye tid og ressurser som andre metoder. Why method kan kreve høy ekspertise for å svare på alle “why” spørsmålene, men selv om why analysen er utilstrekkelig eller ikke kommer fram til rotårsaken så vil man få et utgangspunkt å jobbe fra. Det kan da anvendes andre verktøy som ser på informasjonen fra why analysen og kan bruke det videre.

Gruppa fant også ut av at FTA er bedre anlagt enn Tripod Beta og Fishbone for enkle feil. Grunnen til dette er at vi er ute etter det verktøyet som er enklest mulig. FTA tar bare for seg de tekniske faktorene, mens Tripod Beta og Fishbone tar for seg organisatoriske, miljømessige og menneskelige feil i tillegg. Tripod Beta og Fishbone kan derfor passe bedre til litt mer omfattende feil. En fordel med tanke på enkelheten med FTA er at den bare tar for seg tekniske feil, og at den gir en god oversikt over årsakene til de tekniske feilene. Det er viktig at Trønderenergi har aktiv bruk av RCA-metoden vår, og derfor velger vi å lage en metode som inneholder verktøy som er enkle å forstå og utføre.

ECF og MES/STEP er best egnet for komplekse feil fordi de kan bli for avanserte for enkle feil. Disse er gode verktøy for å få en oversikt over hendelsesforløpet rundt en feilhendelse i en modell som er enkel å forstå. Problemet med disse verktøyene er at de ikke nødvendigvis finner rotårsaken. Hvis en av disse da skal innføres som en RCA-metode for komplekse feil så vil det eventuelt kreve et tilleggsverktøy som finner rotårsaken hvis en ECF eller MES ikke finner den. Det kan dermed bli veldig tidskrevende å finne rotårsaken til en kompleks feil hvis det skal gjennomføres både en ECF eller MES og deretter en annen metode.

WBA kan brukes til både enkle og komplekse hendelser, men det kan være vanskelig å komme i gang med analysen fordi det ikke er noen veiledning for innsamling av fakta. Derfor mener gruppa at det vil være best å innføre WBA sammen med andre metoder. Hvis man da anvender en metode for å samle fakta før man anvender WBA så vil det gjøre ulempen om innsamling av fakta mindre betydningsfull.

9. Resultat

I dette kapitlet skal gruppa presentere resultatet av arbeidet som er utført gjennom hele oppgaven. Gjennom å drøfte mellom forskjellige RCA-verktøy har gruppa kommet til en endelig RCA-metode.

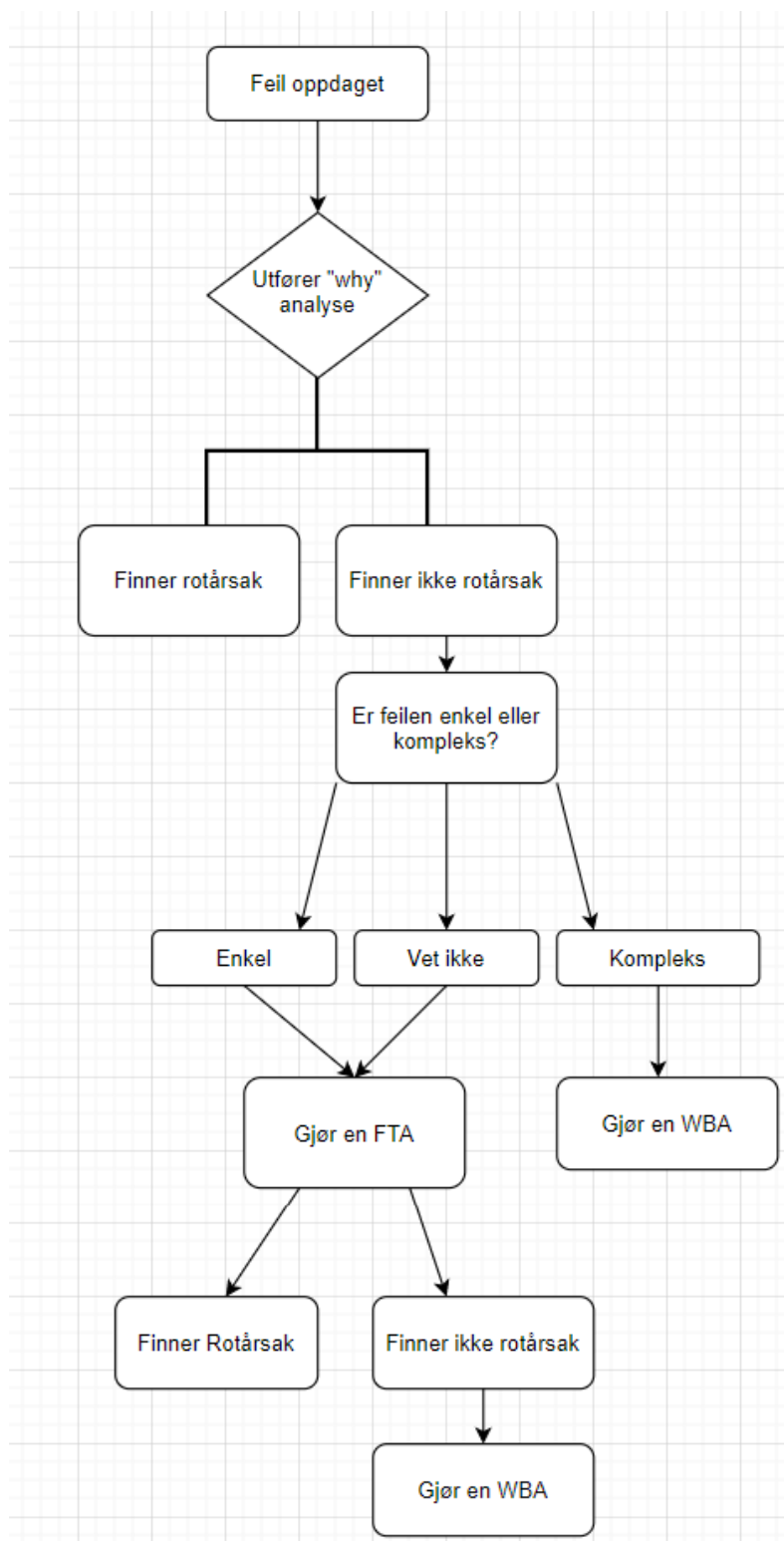
Gitt at why method egner seg godt til å kunne brukes på feltet, så velger gruppa å bruke det som en initiell feltanalyse av feil. Hvis man ikke finner rotårsaken gjennom why method må man anvende et annet RCA-verktøy. Hvor dypt dette RCA-verktøyet går vil være avhengig av kompleksiteten til feilen. Gitt en enkel feil vil gruppa anvende en FTA fordi det er en analyse med fokus på det tekniske. De andre analysene som passer til enkle feil vil ha et bredere fokus enn bare det tekniske, og selv om det gir en grundigere analyse så vil det være mer tidkrevende og omfattende. Med tanke på at RCA-verktøyene skal anvendes for vedlikehold av vindmøller vil det tekniske være mest relevant. Hvis FTA da ikke er tilstrekkelig vil det da være enda et verktøy som kan utnyttes for mer komplekse feil.

Med tanke på arbeidet som man vil gjøre før utføring av den komplekse metoden i form av why analysis og eventuelt FTA så vil det bli mye å legge til en ECF/MES i tillegg. Det vil derfor være mer effektivt å bare bruke WBA som er en metode som er bedre på å finne rotårsaken. Det er veldig lite som skiller hvor godt egnet verktøyene vil bli for Trønderenergi mellom WBA, Tripod Beta og Fishbone, men gruppa ønsker WBA som det komplekse verktøyet. Grunnen til dette er at den søker rotårsaker og bygger på why method slik at man ikke trenger å gjøre ekstra forarbeid. Fishbone og Tripod Beta kunne også ha bygget på why method, men gruppa mener at WBA tar for seg komplekse hendelser bedre. Fishbone og Tripod Beta vil i vårt tilfelle passe mer til feil som ligger mellom enkle og komplekse. Dette er fordi Tripod Beta kan bli for simpel på enkelte komplekse feilsituasjoner og at Fishbone ikke er tilrettelagt til å gå helt i dybden på de mest komplekse feilene fordi modellen kan bli kompleks og uoversiktlig.

Gruppas forslag vil dermed gå ut på å starte med en why analyse og hvis den ikke er tilstrekkelig kan man ta i bruk feiltre for enkle feil og WBA for komplekse.

9.1 Endelig forslag til RCA-metode

Alle figurer i endelig forslag er utviklet av gruppemedlemmene.



Figur 15 Endelig forslag flytdiagram

Dette er hvordan gruppa vil at metodene skal utnyttes:

1. Når en feil oppdages på felten vil det utføres en why-analyse av personen som oppdaget den.
2. Hvis why-analysen ikke er tilstrekkelig må det gjøres en vurdering på om feilen er enkel eller kompleks.
3.
 - a. Gitt en enkel feil, utfører man en feiltreanalyse
 - b. Hvis man er usikker utfører man en feiltreanalyse
 - c. Gitt en kompleks feil utfører man en Why because analyse
4. Hvis man har gjort en feiltreanalyse og ikke har funnet rotårsaken gjør man en why because analysis

Ideen med denne metoden er at man starter med en why analyse for å få en oversikt over faktorene rundt feilen og eventuelt finner fram til rotårsaken raskt og enkelt. Hvis ikke dette er tilstrekkelig vil man da bygge på det man har funnet med why analysen med en grundigere analyse. Det må da bedømmes om dette er en enkel feil med rotårsak som kan finnes gjennom et teknisk feiltre, eller om feilen er mer omfattende og kompleks. Hvis feilen er kompleks vil man utnytte en why because analyse som tar for seg flere faktorer enn feiltreanalysen. Begge disse analysene bygge på informasjonen man fikk fra why analysen utført på feltet. Spesielt med why because vil det være meget enkelt å bygge på en why analyse siden de to verktøyene har mye til felles.

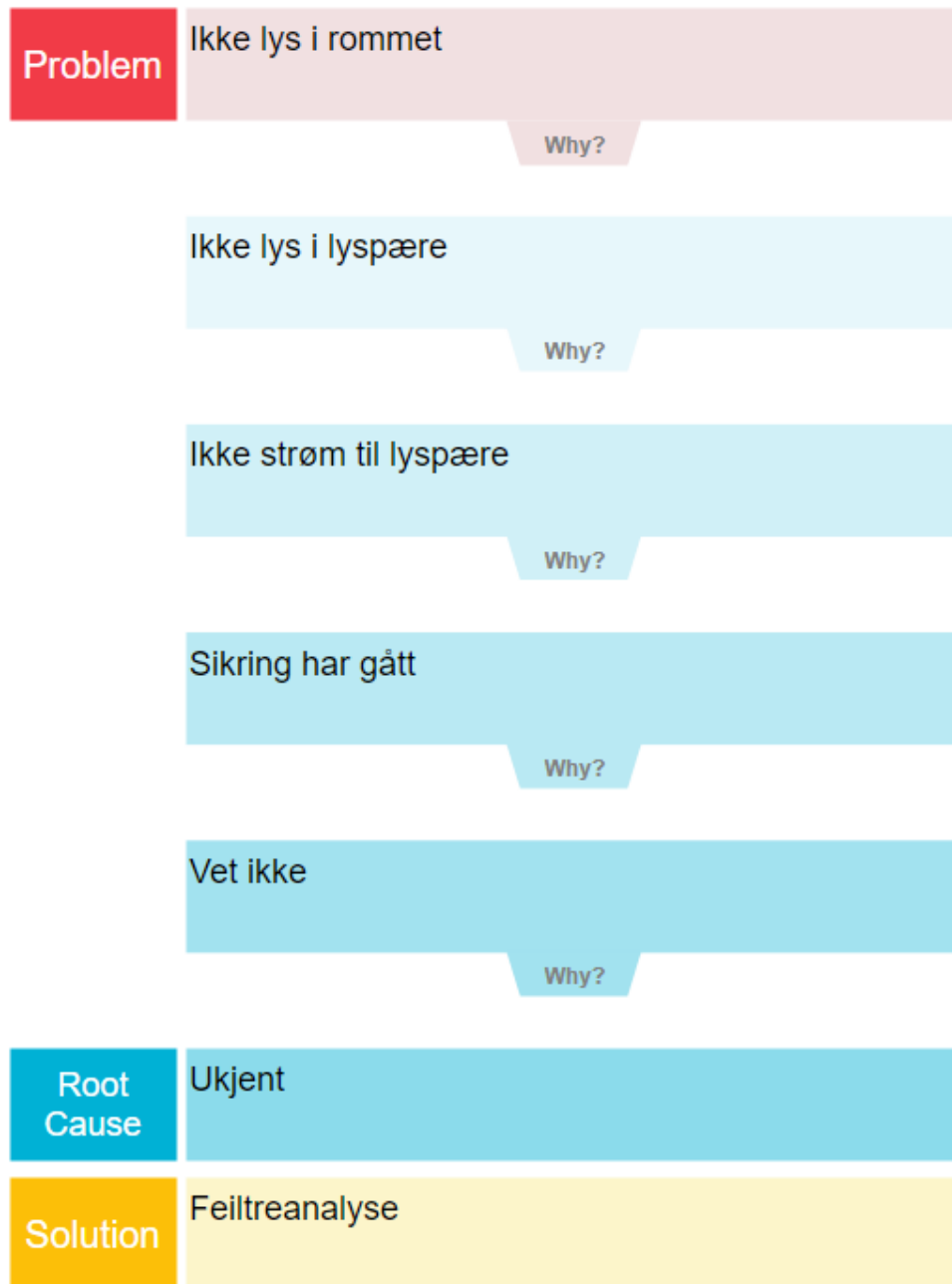
Hvis man har en feil som kan anses som enkel, eller hvis man er usikker starter man med en feiltreanalyse. Forhåpentligvis vil feiltreanalysen finne rotårsaken, men hvis man ikke finner rotårsaken gjennom feiltreet må det anvendes en why because analyse i tillegg. Denne prosessen vil være mer tidkrevende og omfattende enn å gå rett til why because analysen, men hele analysen vil bli grundigere.

Hensikten med de forskjellige analysene er ikke bare å finne feilårsaken. Gruppa vil i tillegg at analysene lagres i et arkiv slik at de kan lett hentes opp igjen hvis samme feil skjer igjen. Dette vil gjøre det enklere å finne rotårsaken for alle som ikke har erfaring med gitt feil. Målet er at etter en viss tid vil alle feilårsaker som har hendt tidligere være kjent, slik at videre analyse er mindre nødvendig. Dette er grunnet av at det finnes et arkiv hvor man kan finne rotårsakene.

Gruppen ville i utgangspunktet ha to forskjellige metoder, en for enkle feil og en for komplekse feil, men vi endte opp med én metode som kombinerer disse. Ved å kombinere de to metodene til en blir RCA prosessen enklere å gjennomføre. Selv om man mangler ekspertise og informasjonen for å finne rotårsaken gjennom feiltreanalysen eller den initielle why analysen, vil man kunne bruke det man har funnet videre i RCA-prosessen. I tillegg forsikrer metoden vi har laget at man ikke må starte prosessen på nytt hvis man velger “feil” metode. Hvis man i utgangspunktet anser en feil som enkel, men senere finner ut at feilen egentlig er kompleks så kan man fortsette analysen uten at det man har gjort blir bortkastet.

9.2 Eksempel på utføring av gruppas utviklede RCA-metode

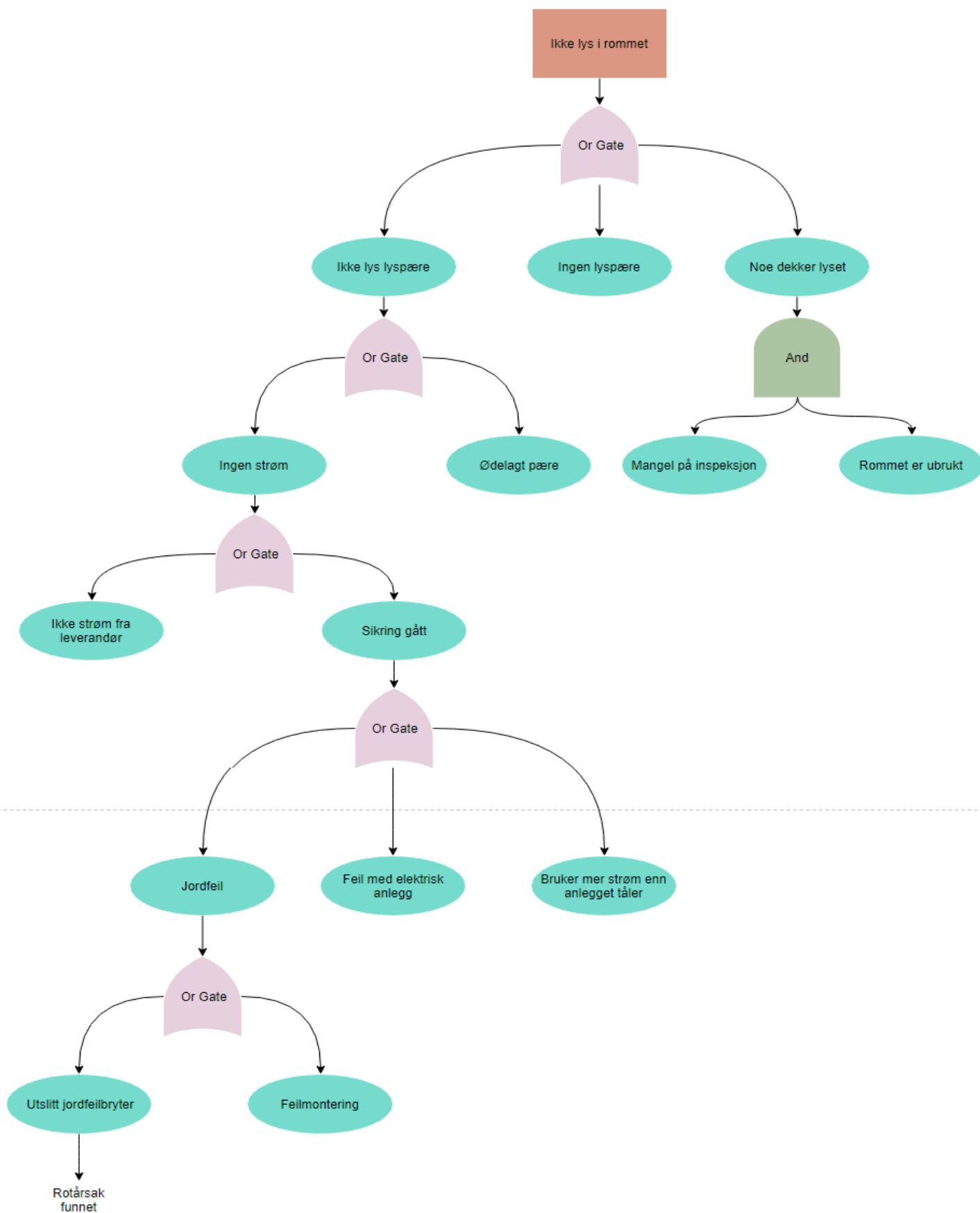
Oppdager en feil, utfører en why analyse:



Figur 16 Endelig forslag why method

Utfører en why analyse, men kommer ikke til rotårsaken

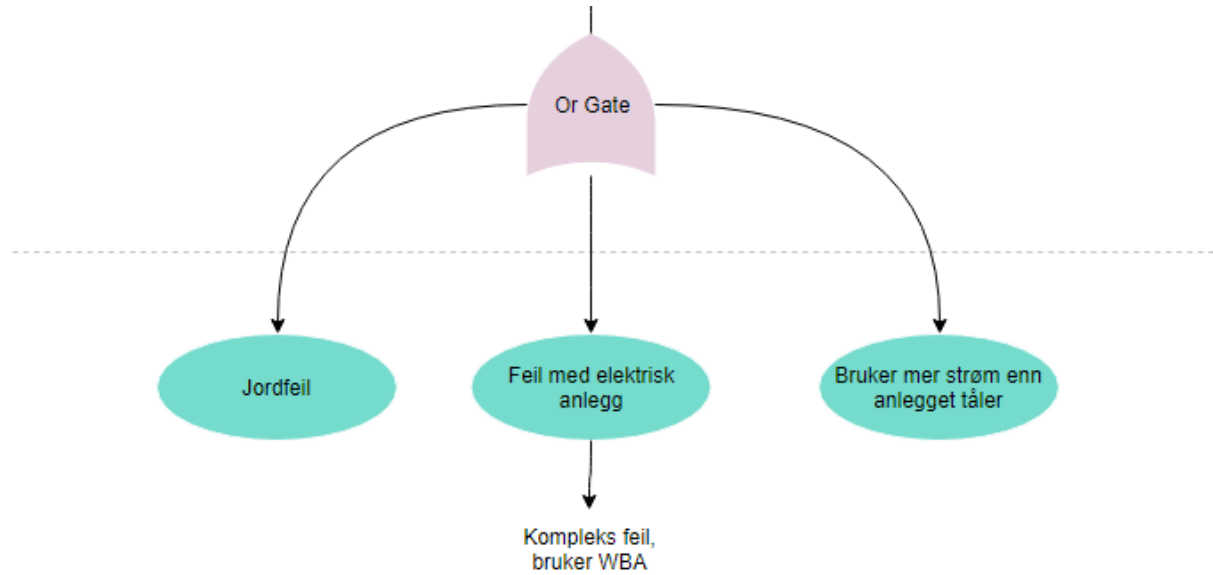
1. Anser feilen som enkel
2. Gjør en FTA:



Figur 17 Endelig forslag FTA

Utfører en FTA og kommer fram til rotårsaken.

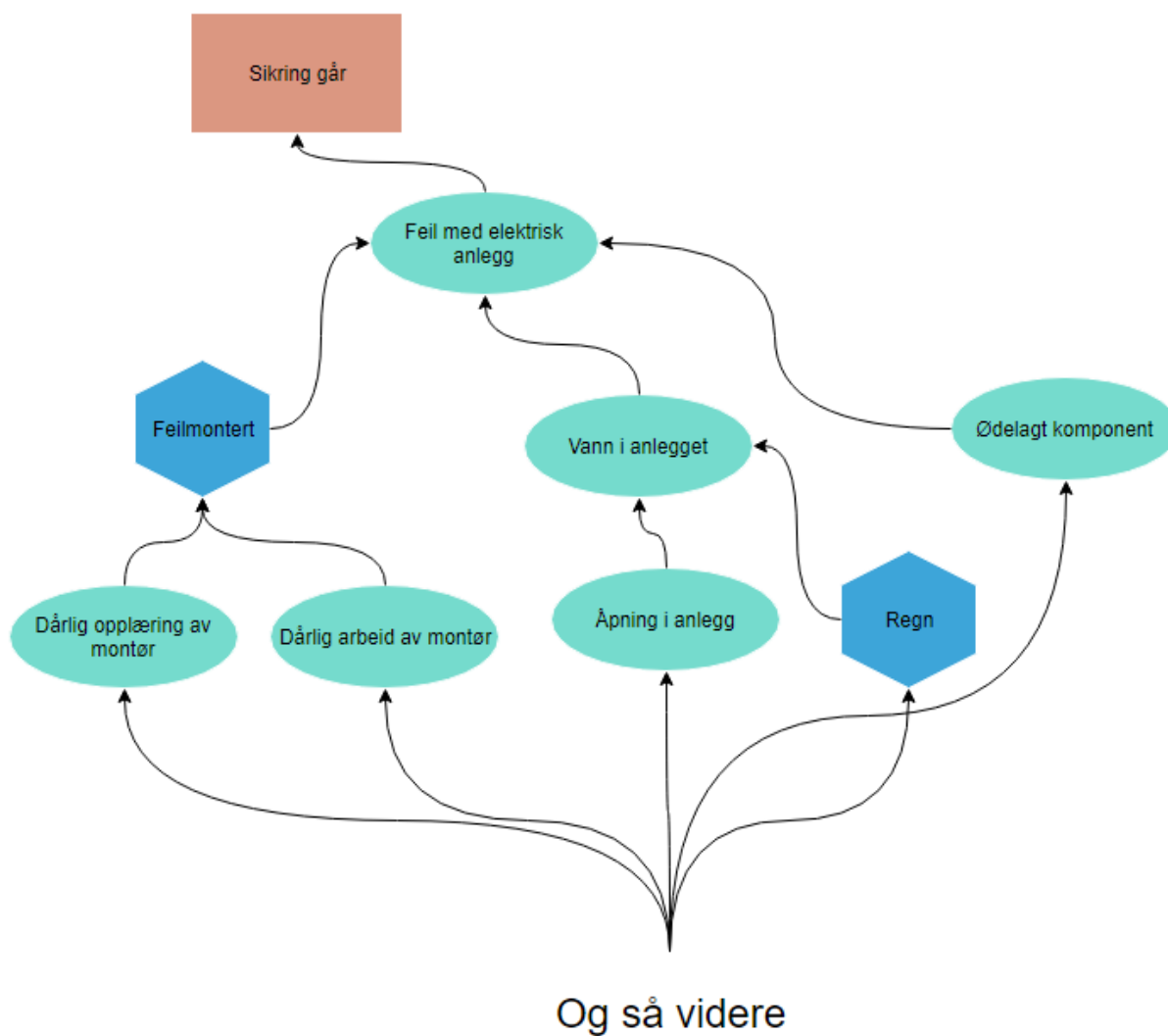
Alternativt, finner ikke rotårsaken og finner ut at feilen er kompleks:



Figur 18 Del av FTA med kompleks feil

3. Utfører en why because analyse:

En WBA kan bli lang og detaljert i henhold til hvor kompleks feilen kan være



Figur 19 Endelig forslag WBA

9.3 Forslag til implementering av RCA-metoden

Ved implementering av vårt forslag vil det være en fordel hvis det er mulig å føre why analysen inn i IFS systemet når det utføres på feltet. Hvis man da kan føre inn en why analyse rett i IFSen på et/en nettbrett/pad vil prosessen være enklere å utføre og lagre til senere bruk. På samme måte vil det være en fordel hvis FTA og WBA også kan føres inn i IFS systemet ved at det kan lagres til senere bruk.

Å innføre RCA i Trønderenergi vil være en prosess som krever opplæring og tid. Grappa har prøvd å gjøre metoden så enkel som mulig, men den vil fortsatt kreve opplæring og tilpasning for ansatte, spesielt hvis RCA er nytt for dem. FTA og WBA kan bli spesielt utfordrende å bruke på starten fordi man må lære hvordan man skal sette opp og fylle ut modellene. Til tross for dette mener grappa at både FTA og WBA vil være enkle å bruke etter man har forstått de.

10. Konklusjon

I dette avsluttende kapittelet vil hvert resultatmål gjennomgås for å se hvordan hver av de har blitt svart på i oppgaven.

10.1 Resultatmål 1: Ståstedsanalyse av vindmøllepark på Bessakerfjellet

Det ble trukket ut noen sentrale funn fra ståstedsanalysen basert på 3 punkter fra resultatmålet.

I ståstedsanalysen fant gruppa at forebyggende vedlikehold stort sett utføres etter leverandørens anbefalinger. Noe av det forebyggende vedlikeholdet baseres på Trønderenergi sine egne udokumenterte erfaringer. Det kan bli vanskelig for nyansatte å komme inn i vedlikeholdssystemet der det krever erfaring.

Vindparkene til Trønderenergi har ikke formelt bruk av RCA. Teknikerne bruker i noen situasjoner egendefinert RCA basert på erfaring.

De nyere vindparkene består av en annen type vindmølle enn de som brukt på Bessaker. Dette er en svakhet når RCA-metoden skal dekke alle vindparkene til Trønderenergi.

10.2 Resultatmål 2: Litteraturstudium

I litteraturstudiet ble standarden "Root cause analysis" NEK EN 62740 identifisert og brukt som hovedkilde. Informasjonen ble styrket gjennom flere sekundærkilder.

Hvert identifiserte RCA-verktøy har blitt beskrevet i detalj basert på funnene fra litteraturstudiet.

Noen av RCA-verktøyene passer bra til enkle feil, mens andre passer best til komplekse feil. Det ble også identifisert relevante fordeler og ulemper til hvert verktøy.

10.3 Resultatmål 3: Identifisere suksesskriterier og suksessfaktorer for innføring av RCA i Trønderenergi

Identifiserte suksessfaktorer er:

1. God datainnsamling og feilrapportering fra D&V-personell og SCADA
2. Målinger ved hjelp av tilstandskontroll og lett tilgang til D&V-data
3. Enkelhet på RCA-metoden som skal utarbeides
4. Ekspertise og opplæring i bruk av RCA-metoden
5. Engasjement og Involvering

Grappa identifiserte disse suksessfaktorene som de viktigste for den utviklede RCA-metoden. Suksessfaktor 1, 2 og 5 er alle viktige forutsetninger for at RCA-metodens implementering skal bli vellykket. Ekspertise vil også være en forutsetning, men valget av RCA-verktøy vil påvirke hvor stor ekspertise som kreves av brukeren. Enkelheten på RCA-metoden vil også bli direkte påvirket av RCA hvilke RCA-verktøy som brukes. Disse faktorene er viktige å ha på plass for å sikre at suksesskriteriene blir oppnådd.

Identifiserte suksesskriterier er:

1. Reduksjon i korrigerende vedlikehold
2. Samme feil ikke gjentar seg
3. Aktiv bruk av RCA for vedlikeholdspersonell på vindparkene

Dette er kriteriene grappa vil at metoden skal oppnå og RCA-metoden må kunne oppnå disse for å regnes som en klar suksess. Implementering av metoden bør gjøre at det blir mindre korrektivt vedlikehold og færre gjentatte feil slik at vedlikeholdet blir mer effektivt og økonomisk. Ved å løse rotårsaken vil ikke feilen gjentas, og hvis rotårsaken til en feil er kjent vil man kunne fjerne den før feilen oppstår og dermed unngå korrektivt vedlikehold. Det vil også kreve tilrettelegging av Trønderenergi sitt vedlikeholdssystem for at RCA skal begynne å brukes aktivt.

10.4 Resultatmål 4: Foreslå RCA-metode Trønderenergi kan ta i bruk

Gjennom en elimineringsprosess kom gruppa fram til en metode som anvender why analyse, FTA og WBA. Metoden starter med en why analyse når en feil oppdages på felten. Med why analysen kan man finne rotårsaken. Hvis man ikke finner rotårsaken kan man bruke informasjonen videre i analysen. Deretter gjør man en vurdering om feilen er enkel eller kompleks. Hvis feilen er enkel gjør man en FTA og hvis feilen er kompleks gjør man en WBA. FTA vil fungere som en mer teknisk analyse som tar mindre tid, mens WBA vil ta for seg flere faktorer og dermed være mer omfattende og grundig.

10.5 Videre arbeid

For at metoden vår kan bli tatt i bruk må det mer arbeid til. Gruppa har nå gjort forarbeidet for hvordan Trønderenergi skal implementere en RCA-metode, og nå skal vi nevne hva som må til for at metoden skal bli en realitet.

Noe av det gruppa ser på som viktig er at det utvikles et system som lagrer de forskjellige analysene i et arkiv. Under ståstedsanalysen så vi at mye av kunnskapen på Bessakerfjellet var erfaringsbasert. Dette betyr at bedriften er svært avhengig av at personene med erfaring var tilgjengelige. Dette så gruppa på som et potensielt problem hvis gitt erfaring ikke lenger ble tilgjengelig. Vi vil legge opp til at nyansatte lett kan finne ut av hvilke feil som er jobbet på før, slik at mye av forarbeidet allerede er gjort.

Et annet viktig punkt for hvordan RCA-metoden vil bli en suksess er at det er aktiv bruk av metoden. Dette vil bli oppnådd hvis alle ansatte får opplæring i metoden. Da trenger Trønderenergi å sette seg inn i hvordan de ulike verktøyene og modellene fungerer, og klare å videreformidle kunnskapen til de ansatte. Det bør også utvikles en mal av de ulike modellene slik at det enkelt kan bli tatt i bruk, spesielt til når teknikere er ute på feltet. Malen bør også gå an å sette inn i det allerede eksisterende IFS-systemet til Trønderenergi.

11. Referanser

- A Daneels, W. S., 1999. *cern.com*. [Online]
Available at: <https://cds.cern.ch/record/532624/files/mc1i01.pdf>
[Accessed 2020].
- Andersen, B. & Fagerhaug, T., 2006. *Root cause analysis, simplified tools and techniques*. 2. ed. s.l.:Quality Press.
- asq.org, 2020. *asq.org*. [Online]
Available at: <https://asq.org/quality-resources/fishbone>
[Accessed 2020].
- Branford, K., Naikar, N. & Hopkins, A., 2009. *openresearch-repository.anu.edu.au/*. [Online]
Available at: https://openresearch-repository.anu.edu.au/bitstream/1885/20987/2/01_Branford_Guidelines_for_ACCIM_AP_2009.pdf
[Accessed 2020].
- Buys, J. & J.L, C., 1995. *iosh.com*. [Online]
Available at: <https://www.iosh.com/media/2053/events-and-casual-factors-chiltern-january-2017.pdf>
[Accessed 2020].
- Bye, P. I., 2009. *Vedlikehold og driftssikkerhet*. Trondheim: SN.
- cgerisk.com, 2017. *cgerisk.com*. [Online]
Available at: https://www.cgerisk.com/knowledgebase/Tripod_Beta
[Accessed 04 april 2020].
- de Vasconcelos, V., Senne Jr., M. & Marques, R. O., 2013. <https://inis.iaea.org/>. [Online]
Available at:
https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/45/095/45095627.pdf
[Accessed 2020].
- Fahlbruch, B. & Markus Schobel, 2011. *sciencedirect.com*. [Online]
Available at:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753510001256?via%3Dihub>
[Accessed 2020].
- Hellman, E., 2020. *salesdevelopment.no*. [Online]
Available at: <https://blogg.salesdevelopment.no/kpi-key-performance-indicator>
[Accessed 13 mai 2020].
- Hofstad, K., 2020. *snl.no*. [Online]
Available at: https://snl.no/teknisk_standard
[Accessed 2020].

<https://assetinsights.net/>, 2013. <https://assetinsights.net/>. [Online]
Available at: https://assetinsights.net/Glossary/G_Random_Failure_Pattern.html
[Accessed 2020].

Inductiveautomation, 2018. inductiveautomation.com. [Online]
Available at: <https://inductiveautomation.com/resources/article/what-is-scada>
[Accessed 2020].

Insaurralde, C., 2015. <http://reliableandefficient.com/>. [Online]
Available at: <http://reliableandefficient.com/2015/07/how-your-equipment-fail-failure-pattern/>
[Accessed 2020].

Knox, N. W. & Eicher, R. W., 1992. [osti.gov](http://www.osti.gov). [Online]
Available at: <https://www.osti.gov/biblio/5254810/>
[Accessed 2020].

Ladkin, P. B., 2012. [rvs.uni-bielefeld.de](http://www.rvs.uni-bielefeld.de). [Online]
Available at: <http://www.rvs.uni-bielefeld.de/research/WBA/>
[Accessed 04 April 2020].

Leto, S., 2007. *Prosjektet "Vedlikehold som virkemiddel for å forebygge storulykker"*, s.l.: Petroleumstilsynet.

NEK, 2015. *Root Cause analysis*, Brussel: European Comitee for Electrotechnical Standarization.

Nicholas, J., 2018. *Lean Production for competitive advantage*. 2. utgave ed. Boca Raton: Taylor and Francis Group.

NORSK ELEKTROTEKNISK KOMITE, 2017. *NEK EN 61025:2007 Feiltre analyse*. s.l.:NORSK ELEKTROTEKNISK KOMITE.

Rice, R. W., 2009. riceconsulting.com. [Online]
Available at: <https://www.riceconsulting.com>
[Accessed 2020].

Rolstadås, A., 2011. *Praktisk prosjektstyring*. 5. ed. Trondheim: Tapir akademisk forlag.

standard.no, 2020. standard.no. [Online]
Available at: <https://www.standard.no/standardisering/>
[Accessed 2020].

Stroop, J. & Benner Jr, L., 2015. sciencedirect.com. [Online]
Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815038680>
[Accessed 2020].

The Noordwijk Risk Initiative Foundation , 2009. nri.eu.com. [Online]
Available at: <https://www.nri.eu.com/NRI1.pdf>
[Accessed 2020].

thefreedictionary.com, 2020. *thefreedictionary.com/teknikk*. [Online]
Available at: <https://no.thefreedictionary.com/teknikk>

thefreedictionary.com, 2020. *thefreedictionary.com*. [Online]
Available at: <https://no.thefreedictionary.com/metode>
[Accessed 2020].

Trønderenergi, n.d. *tronderenergi.no*. [Online]
Available at: <https://tronderenergi.no/>
[Accessed 2020].

Walford, C. A., 2006. *semanticscholar.org*. [Online]
Available at:
<https://pdfs.semanticscholar.org/03dd/65b6a56a87fb9bd8e323b092b160d70c666f.pdf>
[Accessed 2020].

wikipedia.org, 2020. *wikipedia.org*. [Online]
Available at: <https://no.wikipedia.org/wiki/Verkt%C3%B8y>
[Accessed 2020].

Zotov, D., 2011. *asasi*. [Online]
Available at: <https://www.asasi.org/papers/2011/MES%20Analysis%20-%20Dmitri%20Zotov.pdf>
[Accessed 03 April 2020].

12. Figurliste

Figur 1 ECF (NEK, 2015)	20
Figur 2 MES/STEP (NEK, 2015)	21
Figur 3 Why Method (NEK, 2015)	23
Figur 4 CTM (NEK, 2015).....	25
Figur 5 WBA (NEK, 2015)	27
Figur 6 FTA (NEK, 2015).....	29
Figur 7 Fishbone (NEK, 2015).....	31
Figur 8 MORT (NEK, 2015).....	33
Figur 9 Accimaps (NEK, 2015)	35
Figur 10 Tripod Beta (NEK, 2015)	37
Figur 11 CAST (NEK, 2015).....	39
Figur 12 Vedlikeholdsstyringsløyfa (Leto, 2007).....	41
Figur 13 Del av vedlikeholdsstyringsløyfa (Leto, 2007)	43
Figur 14 6 feilmønstre	46
Figur 15 Endelig forslag flytdiagram	75
Figur 16 Endelig forslag Why method	78
Figur 17 Endelig forslag FTA.....	79
Figur 18 Del av FTA med kompleks feil.....	80
Figur 19 Endelig forslag WBA	81

13. Tabelliste

Tabell 1 Resultatmål.....	10
Tabell 2 RCA-verktøy grupperinger (Andersen & Fagerhaug, 2006)	17
Tabell 3 Funn fra Ståstedsanalysen	51
Tabell 4 Sammendrag av RCA-verktøyene	69

14. Vedlegg

Vedlegg 1: Intervju av ansatte på Bessakerfjellet.

14.1 Intervju

Hensikten med intervjuene er at vi får svar på resultatmålene våre om:

- Ståstedsanalyse
- Se på Vedlikeholdssystemet og i hvilken grad RCA utføres i Trønderenergi sin drift og vedlikehold nå
- Bruke Bessakerfjellet som eksempel for å utvikle en RCA-metodikk for hele Trønderenergi

Alle informanter vil forbli anonyme

Spørsmål:

1. Hvilken erfaring har du/dere med RCA - rotårsaksanalyse?
2. Fortell hvordan du utfører vedlikehold?
-Hvordan rapporterer du feil/avvik?
3. Hvilke komponenter feiler oftest?
4. Oppstår samme feil flere ganger?
-Hvis det gjør det, gjør dere noe for å forhindre at feilen oppstår på nytt?
5. Hvordan vil du vurdere Trønderenergi sitt vedlikeholdsprogram? (fortell hvordan fungerer)
6. Hvordan ville du implementert forebyggende vedlikehold på vindmøllene?
7. Hvilke suksesskriterier anser du som viktig?

