



CHALMERS



Elektriska fel ombord på fartyg – En riskbedömning

Examensarbete inom Sjöingenjörsprogrammet

JAKOB EDSTRÖM
MICHAEL LARSSON

RAPPORTNR. SI-16/188

Elektriska fel ombord på fartyg
– En riskbedömning

JAKOB EDSTRÖM
MICHAEL LARSSON

Institutionen för sjöfart och marin teknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2016

**Elektriska fel ombord på fartyg
– En riskbedömning**

Electrical Faults Onboard Ships
– A Risk Assessment

JAKOB EDSTRÖM
MICHAEL LARSSON

© JAKOB EDSTRÖM, 2016.

© MICHAEL LARSSON, 2016.

Rapportnr. SI-16/188
Institutionen för sjöfart och marin teknik
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Omslag:

Fotografi av ett modernt fartygsmaskineri med elektronisk styrd insprutning och avgasventiler. (Maskinen saknar traditionell mekanisk kamaxel) Bild av Jakob Edström

Tryckt av Chalmers
Göteborg, Sverige

Elektriska fel ombord på fartyg – En riskbedömning

JAKOB EDSTRÖM

MICHAEL LARSSON

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

I likhet med industrier som kärnkraften och flyget har sjöfarten stått inför en teknikutveckling där system blivit allt mer automatiserade med mer elektroniska komponenter.

Studien har med hjälp av rapporter från ForeSea, som är ett anonymt incidentrapporteringsystem, studerat 58 rapporter relaterade till olika typer av elfel. Efter det gjordes en sammanställning över vilka typer av elfel som uppstår ombord, fördelningen bland dessa, samt deras allvarlighetsgrad. Studiens syfte är att göra en sammanställning och riskbedömning av elektriska fel i system ombord på fartyg som har rapporterats till ForeSea. Studien har också undersökt vilka typer av fel som är vanligast förekommande och hur de fördelar sig mellan olika typer av elfel.

Resultatet visade något förvånande att traditionella elfel såsom skadade kablar och kortslutning, fortfarande stod för den största andelen elfel som sker ombord. Detta trots teknikutvecklingen mot mer avancerade system och elektronik. De allra flesta riskbedömningar som berör elfel är inte särskilt allvarliga, och oftast testas man systemen innan hamnanlöpningar till exempel. Det är vid denna tidpunkt då systemen belastas annorlunda som de flesta fel uppstår, men tack vare att de testas i förväg hinner personalen åtgärda felen, alternativt vara medvetna om dess begränsningar.

Nyckelord: ForeSea, Elfel, Elektronik, Automation

Abstract

Similar to industries like nuclear power plants and aviation, shipping has been facing a technology development where systems have become increasingly automated with more electronic components.

The study has with help from reports from ForeSea, an anonymous incident reporting system, studied 58 relevant reports. A summary was then made of the types of errors that occur on board, the distribution among them, and their severity. The aim of the current study was to compile and make a risk assessment of electrical faults in the systems on board ships that have been reported to ForeSea. The study also examined the types of errors that are most common and how they are distributed between different types of faults.

Notably, traditional faults such as damaged electrical wiring and short circuits, still accounted for the largest proportion of electrical malfunctions that occurs on board, despite the technical development towards more advanced systems and electronics.

Most of the risk assessments regarding electrical faults are not particularly severe, and usually tests are executed to the systems before going in to port for example. It is at this time when the system is loaded differently that most errors occur, but because they are tested in advance the crew have time to fix the errors, or be aware of its limitations.

Keywords: ForeSea, Electrical faults, Electronics, Automation

Förord

Författarna skulle vilja tacka Olle Bråfelt och Monica Lundh för stöd och support under rapportskrivningen.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	i
Abstract	i
Förord	ii
Figurförteckning	iv
Ordlista	v
1 Introduktion	1
1.1 Syfte	2
1.2 Frågeställning	2
1.3 Avgränsningar	2
2 Bakgrund	3
2.1 ForeSea	3
2.2 Den tekniska utvecklingen inom sjöfarten	4
2.3 Tekniska system och mänskliga aspekter	5
2.4 Riskbedömningar	7
3 Metod	9
4 Resultat	11
5 Diskussion	18
5.1 Metoddiskussion	20
6 Slutsatser från studien kring elektriska fel	21
Referenser	22

Figurförteckning

Figur 1 Safety Assessment chart (ForeSea, 2016)	10
Figur 2 SA-index (ForeSea, 2016)	10
Figur 3 Fördelning av alla fel	12
Figur 4 Diagram Eifel	12
Figur 5 Diagram Handhavandefel.	13
Figur 6 Diagram Elektronikfel.	13
Figur 7 Diagram Datafel.	14
Figur 8 Diagram Totalfördelning.	15
Figur 9 Diagram Eifel.	15
Figur 10 Diagram Elektronikfel.	16
Figur 11 Diagram Handhavandefel.	16
Figur 12 Diagram Datafel.	17

Ordlista

- **Elektriska fel** - Syftar i denna text till fel i samtliga elektriska system.
- **Elfel** - Här hänvisar texten till det traditionella elsystemet, alltså kablar, kontakter värmelement och elmotorer
- **Elektroniska fel** - Elektronik är ofta mycket små tekniska komponenter som kan innehålla kretskort, mikroswitchar, givare mm. De har aktiva samt passiva komponenter (transistorer, motstånd, dioder kondensatorer mm), de kan ha digitala och analoga kretsar.
- **Automationssystem** - Är i dagens läge starkt sammankopplade med It och elektronik. Meningen av ordet automation inkluderar även ett styrsystem för övervakning och klarar sig utan mänsklig kontroll i längre perioder.
- **Bog- och aktertruster** - Elektrisk opererad propeller monterad tvärs i fartygets gångriktning i fören (fram på båten) samt akter (bak på båten). Används för att manövrera fartyget i bland annat trånga hamnar.
- **Blackout** - Ett tillstånd när fartyget förlorar all sin strömförsörjning.
- **Poddar** - Elektrisk driven framdrift, 360° styrsförmåga ofta i kombination med dieselektrisk drift (inga propelleraxlar).
- **Datafel** - Är i normala fall oftast mjukvarufel men i denna text är även hårdvaran hos datorer inkluderad.

1 Introduktion

Enligt United Kingdom Protection and indemnity insurance Club (2012) är det ingen underdrift att de flesta blackout inträffar när fartyget är som mest sårbart i och i närheten av hamnar. Det är då man naturligt belastar elsystem och komponenter olika, startar och stoppar elmotorer i och i närheten av hamnen. När fartyget går på mer eller mindre öppet vatten går det för det mesta på en jämn belastning och de variationer som kan få elsystemet ur balans förekommer sällan. Sårbarheten hos fartyg som manövrerar i hamnen har också ökat till stor grad på grund av att fartygen har blivit allt mer självförsörjande och flertalet behöver inte använda bogserbåt vid manövrar i hamnområdet (United Kingdom Protection and indemnity insurance Club, 2012). Detta tillåts då bättre bog- och aktertruster numera finns installerade och vissa fartyg har även tillgång till poddar som kan rotera 360 grader. Tack vare detta möjliggörs att fartyg kan förflyttas åt valfri riktning. Fartyg som tidigare har haft assistans av flertalet bogserbåtar litar numera på endast en bogserbåt, om fartyget får en blackout klarar inte alltid bogserbåten av att stoppa fartyget eller att hålla det undan från faror. Det är inte bara skador på fartyget eller kajen som man vill undvika utan också krav från 3e part och försäkringsbolag.

Då komplexiteten hos fartygens tekniska system ständigt ökar ställs det större och förändrade krav på personalens tekniska förståelse för att kunna hantera situationer då driftsstörningar uppstår. Visserligen har det blivit lättare att hantera och övervaka olika system när allt fungerar som det ska, då automationen sköter mycket av driften. Problemen kommer först om störningar uppstår i driften, dagens automationssystem är komplexa i sin uppbyggnad och kan vara svåra att felsöka och reparera. Arbetet ombord har tidigare inriktat sig till stor del mot att gå rundor i maskin, lyssna och känna, vilket fortfarande är viktigt, men det görs inte i samma utsträckning. Man förlitar sig mer på automationssystemen, bland alla dessa system finns elektroniska insprutningssystem, bevakningssystem av motorer, automation i hög grad. Denna utveckling har varit likadan i alla industrier bland annat kärnkraft och flygindustrin (Schmitt, 2012, Wiener & Curry 1980).

Incidenter som rapporteras in till en databas är ett sätt att kunna bygga upp en erfarenhetsbank för att kunna kartlägga och undersöka incidenter som kunde ha lett till allvarliga händelser. En av dessa databaser är ForeSea, som är ett rapporteringssystem vilket är frivilligt för rederier att vara delaktiga i. Det sköts av tredje part, all rapportering sker anonymt vilket gör det troligt att fler och i högre grad varierade tillbud rapporteras in vilket kanske inte alltid är fallet till de officiella myndigheterna. ForeSea har även ett verktyg för att riskbedöma de inkomna rapporterna. Detta exjobb inriktar sig på att undersöka, med hjälp av data från ForeSea, vilken typ av elektriska fel som sker ombord kopplade till fartygens framdrift, manövrerbarhet, navigation och kommunikation, fördelningen av dessa, samt hur pass allvarliga de är.

1.1 Syfte

Syftet med studien är att göra en sammanställning och riskbedömning av elektriska fel i system ombord på fartyg som har rapporterats till ForeSea. Studien skall också undersöka vilka typer av fel som är vanligast förekommande och hur de fördelar sig mellan olika typer av elfel.

1.2 Frågeställning

Huvudfråga:

Vilken typ av elektriska fel sker ombord?

Underliggande frågor:

Hur ser fördelningen ut av dessa elektriska fel?

Hur allvarliga är dessa elektriska fel?

1.3 Avgränsningar

Studien kommer utföras med hjälp av rapporter från ForeSea. De rapporter som valts ut är incidenter där vitala system för fartyget har råkat ut för problem. De system studien har räknat som vitala för fartygets säkerhet hör till följande kategorier: framdrift, manöverbarhet, navigation och kommunikation.

2 Bakgrund

För att fastställa statistik och bygga upp en databas över olyckor och dess orsaker rapporterar vissa nordiska rederier in till ForeSea. Men det finns flera andra rapporteringssystem.

Det finns nationellt och internationellt olika typer av incidentrapporteringssystem så som CHIRP, klassificeringssällskap, försäkringsbolag etc. Vissa går inte att komma åt, t ex klassen och försäkringsbolag därför att de innehåller vad kunderna anser som känslig information. CHIRP och ForeSea är två exempel på öppna system där innehållet i rapporterna kan användas för analyser och kunskapsspridning (CHIRP, 2016, ForeSea, 2016).

Incidentrapportering och olycksrapporter kan användas för att dela kunskaper och erfarenheter i ett försök att förebygga att samma olycka inte inträffar igen. Ett sätt för att utvärdera en olycka är att använda sig av olika riskbedömningsanalyser för att komma fram till vad som bör förändras eller förbättras.

2.1 ForeSea

Syftet med ForeSea är inte att lägga skulden på någon, eftersom rapporteringen sker anonymt hoppas man att rederier är mer benägna att rapportera in även mindre incidenter som annars aldrig skulle nå de officiella myndigheterna. Man får då en större databas, innehållande även mindre avvikelser och incidenter som kan användas till att analysera och se om specifika problemområden behöver uppmärksammas och åtgärdas. Foresea kan sedan skicka ut Safety Alerts för att sprida information och varningar om farliga förhållanden. Ett exempel är kyl- och värmeenheter på trailers, vilket är en Safety Alert som har skickats ut tidigare. Detta gör att säkerheten för sjöfarten ständigt kan förbättras när man lär sig av varandra.

ForeSea har som ambition att fånga upp incidenter och rapporter som normalt ej rapporteras till officiella myndigheter. Genom att en tredjepart tar emot och anonymiserar rapporterna är anslutna rederier förhoppningsvis mer benägna att rapportera till ForeSea. Dessa rapporter kan sedan analyseras för att:

- Fatta beslut om åtgärder och förbättringar grundade på fakta.
- Sprida information om farliga förhållanden i form av "Safety Alerts".
- Sammanställa vunna erfarenheter i form av "Lessons Learned".

ForeSea är ett gemensamt initiativ mellan Svensk Sjöfart, Transportstyrelsen samt TraFi (Trafiksäkerhetsverket i Finland). Organiseringen sker via nationella styrgrupper med mindre arbetsgrupper som i Sverige består av Svensk Sjöfart, Transportstyrelsen samt ICC (IPSO Classification & Control AB) som är administratör både i Sverige och Finland. Motsvarande grupper i Finland är arbetsgrupperna: TraFi samt Redarna i Finland. ForeSea är utvecklat och administreras av ICC som är ett oberoende konsultföretag, det är ICC som tar emot alla rapporter och anonymiserar dessa innan de läggs in i erfarenhetsbanken inom ForeSeas system. Finanseringen av ForeSea sker genom Svensk Sjöfart, Transportstyrelsen och TraFi.

För att vara ansluten till ForeSea krävs det att man som rederi kommer med relevanta och kvalitativt bra rapporter till ForeSea. Varje rapport granskas innan den läggs in i systemet, bland annat för att kontrollera så att rapporterna är anomyniserade, men syftet är också att hindra företag från att vara anslutna för att ta nytta av andras lärdommar utan att bidra till inrapporteringen till databasen.

Under de senaste 365 dagarna är det dessa rederier som har rapporterat till ForeSea (ForeSea, 2016):

- Ellingsen Ship Management
- Finnlines
- Furetank
- Laurin Maritime
- OSM Crew Management
- OSM Ship Management
- Rederiaktiebolaget Eckerö
- Rederiaktiebolaget Transatlantic
- Scandlines
- Sirius
- StenaLine
- Thunbolaget
- Viking Line
- Viking Supply Ships

2.2 Den tekniska utvecklingen inom sjöfarten

Utvecklingen till mer avancerade styr- och automationssystem ombord på fartyg har gått snabbt den senaste tiden, denna snabba teknikutveckling beror i hög grad dels på teknikutvecklingen i sig, man vill ha säkra och manöverdugliga fartyg men den beror även på myndigheters nya krav på utsläppsgränser (Lighthouse, 2016). Då myndigheter tidigare har haft svårigheter att enas kring en global politik kring utsläpp från sjöfarten så har detta dragit ut på tiden och lett till att teknikutvecklingen på miljösidan stått relativt still, motorerna har fortfarande utvecklats men mest för att få ut mer effekt eller lägre bränsleförbrukning. De senaste åren har det dock skett en hastig ändring inom miljökraven, främst för luftföroreningar från fartyg inom norra Europa i och med införandet av kraven på svavelutsläpp inom SECA-områdena (Sjöfartsverket, 2011). Detta har bland andra faktorer lett till en teknikutveckling där det experimenterats med ny teknik som avgasskrubbers och olika bränslen, som LNG där motorerna måste anpassas för att kunna köras på detta bränsle (Sjöfartsverket, 2011).

Motortillverkarna har t.ex. utvecklat tekniskt avancerade motorer med common-rail eller andra mjukvarubaserade styrsystem för insprutningen av bränsle, även utströmmarens öppningstider på större tvärstycksmotorer kan idag justeras digitalt med några knapptryck på en dator. Istället för mekaniskt styrda motorer blir de mer och mer avancerade vilket ställer

högre krav på personalen då en mängd driftsparametrar kan ändras och justeras digitalt i realtid under drift, det ställer också högre krav på driftssäkerheten hos de elektriska komponenterna vilka krävs för att motorn ska fungera som tänkt eller fungera över huvud taget.

En utveckling mot mer så kallade diesel-elektriska installationer har även skett den senaste tiden. Det innebär att motorerna är kopplade till generatorer för att generera el istället för en traditionell propelleraxel. Denna el utnyttjas sedan till större elmotorer som används till fartygets framdrift, oftast i så kallade poddar vilka kan vridas för att ändra fartygets riktning istället för traditionella roder. Detta är självklart ett mer avancerat system än den traditionella propelleraxeln och rodret, vilket ställer större krav på tillförlitligheten hos systemet (Fartygsmaskineri, 2015).

De allra mest avancerade fartygen är de som använder sig av så kallade DP-system (Dynamic Positioning), de använder en mängd sensorer för att kunna beräkna vilken input fartygets propellrar, eventuella roder och trusters behöver för att hålla en viss position gentemot ett annat objekt eller en GPS-position. Då DP-fartyg ofta arbetar väldigt nära offshore-plattformar och ett bortfall av något system kan bli katastrofalt om fartyget skulle krocka med en plattform. För att säkerställa eltillförseln vid eventuella fel har dessa fartyg även mer avancerade eltavlor och redundans för i princip alla system ombord. Ofta kan de teoretiskt operera med ett av maskinrummen helt utslaget (Dynamisk positionering, 2015).

Men det är inte bara i maskinrummet som utvecklingen har gått framåt. På bryggan använder man nu till största delen digitala sjökort i ett system som kallas ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) istället för papperssjökort till navigeringen, de gamla papperssjökorten finns fortfarande kvar i de flesta fall som backup, men är inte alls lika vitala för navigeringen. ECDIS är i sin tur starkt beroende av andra system för att fungera, så som GPS (Global Position System) och en gyrokompass. Givetvis är en stadig strömförsörjning till dessa system ett krav för att de ska fungera (ECDIS, 2013).

2.3 Tekniska system och mänskliga aspekter

För att studera effekter av en högre automationsgrad kan man granska tidigare forskning inom kärnkraften eller flyget, dessa områden har tidigare genomgått en förändring liknande sjöfarten där system har blivit allt mer automatiserade och datorstyrda.

Genom att studera rapporter och tidigare studier inom dessa ämnen kan man lära sig mer av de effekter som uppstår av en högre automationsgrad och datorstyrning inom diverse olika system.

Singh & Molloy & Parasuraman (1997) nämner att en högre automation inom flyget kan minska operatörers arbetsbörda och utmattning, öka säkerheten, samt ge en snabbare och mer exakt kontroll av flera system samtidigt. Men det kan också leda till att operatörer får en minskad förståelse för systemet, samt en ökad övervakningsgrad istället för praktiskt arbete vilket medför minskade praktiska och tekniska färdigheter.

Även Schmitt (2012) har studerat effekterna av automation, men inom kärnkraften. Hon kom i sin studie fram till att det finns tre huvudsakliga problem med automation: operatörer förstår inte riktigt hur automatiken fungerar, operatörer litar inte riktigt på att automatiken fungerar så bra som den gör, samt problem med att det inte finns tillräcklig automation ibland.

Hon tar i sin forskning upp det kanske mest kända exemplet på detta, olyckan på kärnkraftverket Three Mile Island i USA 1979. Kylpumparna till reaktorns kondensat trippade och reaktorns automationssystem tog över för att kyla bort överskottsvärmen under tiden då reaktorn stängdes av, men på grund av ett missförstånd av operatörerna om hur systemet fungerade så stängdes detta automatiska system av då de trodde att det inte fungerade som tänkt. I själva verket hade anläggningen klarat sig mycket bättre om operatörerna inte hade gjort någonting och låtit automatiken sköta hela processen (Schmitt, 2012).

På grund av att transparensen inom de tekniska systemen minskar i samband med en ökad automationsgrad så minskar också förståelsen för systemen. Personalen kanske inte är helt insatt i systemen och vet fullt ut hur det fungerar och hur olika processer hänger ihop med varandra, detta kan leda till felbeslut som orsakar större skada än om automatiseringen hade fått verka utan ingrepp av personalen (Schmitt, 2012). Detta har även en studie av Tzannatos (2005) angående den grekiska flottans driftssäkerhet granskat. Där fann han att det var främst nybyggen och speciellt nya typer av fartyg med olika nya tekniska system som hade lägst driftssäkerhet initialt. Detta berodde på fel i installationen, designen eller konstruktionen, men även på brist av erfarenhet av uppstart, övervakning och underhåll av dessa nya system. Hans slutsats var att fartyg med ny teknologi ställer högre krav på utbildningen av personal inom dessa system för att kunna övervaka, använda och underhålla dessa på ett korrekt sätt för att få en ökad driftssäkerhet.

Elektriska komponenter i automationssystem har en låg transparens vilket gör det svårt att upptäcka tecken på fel innan de inträffar, utan dessa komponenter upplevs sluta fungera tvärt (Singh & Molloy & Parasuraman, 1997). Vid en jämförelse med mekaniska system och komponenter som ofta börjar ge något av en ofrivillig varningssignal när de börjar bli slitna eller på väg att gå sönder. Dessa "varningssignaler" kan vara vibrationer, ljud eller att de till exempel börjar bli varmare än normal driftstemperatur. Dessa varningstecken kan upptäckas vid maskinrumsrundor. Om de upptäcks har komponenten ofta så pass lång möjlig driftstid efter att ett fel upptäckts att maskinrumspersonalen ofta kan göra förberedelser som att starta upp en hjälpmaskin för elproduktion, pump, eller vad det nu kan tänkas vara för komponent som är på väg att gå sönder så att fartygets säkerhet inte påverkas. Elektriska komponenter är ofta små, sitter i ett skåp undangömda och det går inte att se vad i enheten det är som gått sönder. Även väldigt små komponenter kan ha en stor betydelse för fartygets drift, detta skapar en viss osäkerhet och otrygghet.

Det är heller inte sällan maskinrumspersonalen får gissa eller prova sig fram för att hitta felkällan. Som Singh & Molloy & Parasuraman (1997) nämner bidrar denna högre automationsgrad till en minskad praktisk och teknisk kunskap hos personalen. Naturligtvis händer det att även mekaniska komponenter går sönder plötsligt, skillnaden är att det ofta är betydligt enklare att upptäcka dessa fel och påbörja reparationsarbetet omedelbart och slippa en tidsödande felsökning.

I en senare studie av Tzannatos (2010) om den mänskliga faktorns roll i olyckor inom den grekiska flottan kom han fram till att i 57 % av fallen var den mänskliga faktorn inblandad på något sätt. Detta är dock en sammanställning av alla olika typer av olyckor, och inte bara olyckor kopplade till elektronik, automation eller övriga elektriska fel.

2.4 Riskbedömningar

Det finns en mängd olika sätt och metoder för att utföra riskbedömningar i olika stadier och typer av arbeten. Nedan följer en kortare beskrivning av några av dessa:

- ***Preliminary hazard analysis (PHA)***

Detta verktyg används främst i början av en riskbedömning eller för att bedöma ett ännu ej utvecklat koncept av ett system, process eller arbetsmoment. Men det kan också användas på en specifik process som har använts länge för att bestämma riskerna med denna process (Department of Defense, 1984).

- ***Failure mode and effect analysis (FMEA)***

Denna metod används för att bedöma vilka typer av fel, deras allvarlighetsgrad och hur troligt det är att dessa fel ska uppstå inom ett visst system, process eller arbetsmoment (Department of Defense, 1984).

- ***Failure mode, effects, and criticality analysis (FMECA)***

FMECA är i princip samma metod som FMEA, med det undantaget att man har lagt till en bedömning för hur kritiskt ett visst fel är utöver de redan etablerade bedömningarna inom FMEA (Department of Defense, 1984).

- ***Event trees***

Event trees används för att analysera sekvensen inom en potentiell olycka eller incident för att bedöma hur händelseförloppet kan se ut.

Det kan även användas för att kolla på en olycka som redan har skett för att se dess händelseförlopp (United States Nuclear Regulatory Commission, 1975).

- ***Fault tree analysis (FTA)***

Denna metod används för att kombinera en mängd olika typer av eventuella händelser för att sedan bedöma troligheten av att en oönskad händelse ska inträffa (Ericson, 1999).

- ***Human reliability analysis (HRA)***

HRA används för att bedöma den mänskliga faktorns bidrag till risken inom ett system (Swain & Guttman, 1983).

- ***Probabilistic risk assessment (PRA)***

Detta är en systematisk och omfattande analys av komplexa system för att få en heltäckande integrerad analys av dessa system. Den används främst inom rymdindustrin, flygindustrin eller kärnkraftsindustrin och är en kombination av alla tidigare metoder (Stamatelatos, 2000).

Dessa är som tidigare nämnts exempel på olika typer av riskbedömningar som kan användas i olika stadier och typer av arbeten.

ForeSeas webbaserade riskbedömningsverktyg som studien kommer använda sig av liknar FMEA väldigt mycket, förutom att en storhet för hur ofta en viss situation eller operation uppstår vid fartygets operationella drift har lagts till. Men i övrigt bedömer man även allvarlighetsgraden samt hur troligt det är att ett visst fel ska uppstå, i likhet med FMEA.

3 Metod

Metoden som kommer att användas är kvantitativ forskningsmetodik. Genom statistisk analys och riskbedömningar av rapporter från ForeSea som behandlar olika typer av elektriska fel bör detta göra det möjligt att se eventuella mönster, som sedan sammanställs i kategoriserade diagram. I nuläget finns det drygt 3200 rapporter i ForeSeas databas, varav 58 rapporter matchar de urval som är relevanta för denna studie. Urvalet har gjorts med egna sökningar i ForeSeas databas. Samt med assistans av ForeSeas representant som tar emot och anonymiserar samtliga rapporter, vilket gör att han har en mycket god överblick över rapporterna inom databasen och vilka som skulle kunna vara relevanta för denna studie. De egna sökningarna är främst baserade på sökningar vi har gjort för att bekanta oss med databasen med sökord som "electrical", "UPS", "blackout" mm. INSJÖ grundades 1999 och att det senare övergick till Foresea när systemet internationaliserades i och med samarbetet med bland annat Finlands sjöfartsverk. Rapporterna som finns i systemet härstammar även från INSJÖ och vi har inte gjort något utval baserat på rapporteringsdatum.

Studien ämnar till att riskbedöma samt sammanställa de rapporter från ForeSea som matchar urvalet för studien. Riskbedömningen ska utföras på rapporter som behandlar system ombord som är vitala för fartygets säkerhet. Dessa system kan vara framdriften (motor/motorstyrssystem/bränslesystem mm), navigationssystem, kommunikationssystem, och system som sköter manövrerbarheten hos fartygen. Den minsta gemensamma nämnaren i detta fall är att de har automatiserats i hög grad och att de har stor del av fartygets säkerhet. Studien är begränsad mot att endast hantera elektriska fel i dessa system. Riskbedömningen kommer ske i tätt samarbete med ForeSea och med hjälp av deras webbaserade riskbedömningsverktyg.

ForeSeas webbaserade riskbedömningsverktyg ger ett SA-index (Safety Assessment Index), som bygger på exponeringen av faran, sannolikheten att faran ska inträffa, samt hur pass allvarliga konsekvenserna blir av denna händelse.

Dessa tre storheter (exponering, sannolikhet, konsekvens) riskbedöms på en femgradig skala 1-5, sedan multipliceras de ihop och ger ett totalt SA-index på max 100. 1-19 är accepterbart, 20-39 kräver att man observerar problemet, 40-59 kräver åtgärd, 60-79 kräver omedelbar åtgärd och 80-100 kräver att man omedelbart upphör med aktiviteten.

Riskbedömningarna är gjorda på ett sådant sätt att man ser till vad som skulle kunna hända i absoluta värsta tänkbara scenariot, om den aktuella incidenten skulle ske på värsta tänkbara plats och man inte skulle lyckas avhjälpa felet tillräckligt snabbt.

I figur 1 kan man se vad som bedöms när en riskbedömning görs, med hänsyn till exponeringen, sannolikheten samt konsekvensen. Och i figur 2 går det att se hur pass allvarlig respektive riskbedömning bedöms vara, samt vilken eventuell åtgärd som kan behövas.

Förutom riskbedömningarna kommer samtliga rapporter att sorteras under kategorier som elfel, elektroniska fel, handhavandefel samt datafel för att få en överblick av vilka typer av fel som är vanligast. Dessa typer av fel kommer sedan att presenteras i diagram för att få en enklare överblick och analys av eventuella problemområden. De aktuella rapporterna kommer

att läsas och analyseras för att se vad som var "the root cause" till incidenten, dessa "root causes" kommer sedan att sammanställas i statistiska diagram.

Safety Assessment, SA
 The SA-index is calculated by estimation of the following factors.

Severity: Consider the actual or probable consequence:

Slight	Minimal	Significant	Major	Catastrophic
<ul style="list-style-type: none"> Loss time injury Local equipment damage Delay 	<ul style="list-style-type: none"> Hospital treatment Minor hull & machinery damage Spill onboard 	<ul style="list-style-type: none"> Serious injury Major hull & machinery damage Spill overboard 	<ul style="list-style-type: none"> Fatality Loss of hire Minor pollution 	<ul style="list-style-type: none"> Multiple fatalities Total loss of ship Major pollution

Probability: The possibility that an event, under the same conditions, would have the same outcome/consequence.
Exposure: Estimation of how often, how many times during a certain time, the event and same conditions occurs.

Figur 1 Safety Assessment chart (ForeSea, 2016)

Mall för bedömning av den femgradiga skalan för alla rapporter med hänsende på konsekvens, sannolikhet samt exponering.

SA-index	Risk	Action
1-19	Slight	Possible Acceptable
20-39	Possible	Attention needed
40-59	Substantial	Correction Required
60-79	High	Immediate Correction
80-100	Very High	Discontinue/Stop

Figur 2 SA-index (ForeSea, 2016)

Åtgärdsförslag utifrån det totala SA-index (safety assessment index) som multiplicerats fram utifrån bedömningen av konsekvens, sannolikhet samt exponering i respektive rapport.

4 Resultat

Alla rapporterna gicks igenom och kategoriserades för att få ett lättöverskådligt resultat. Studien har valt att presentera datan från denna undersökning i ett flertal diagram för att få en bra visuell beskrivning av materialet. Diagrammen är grupperade i 2 olika grupper. Varav den första gruppen visar fördelningen över samtliga fel samt fördelningen av fel inom varje subgrupp. Andra grupperingen av diagram visar hur många rapporter som hamnat i varje sektion av Safety Assessment indexet, alltså vilken nivå av riskbedömning de aktuella rapporterna har fått.

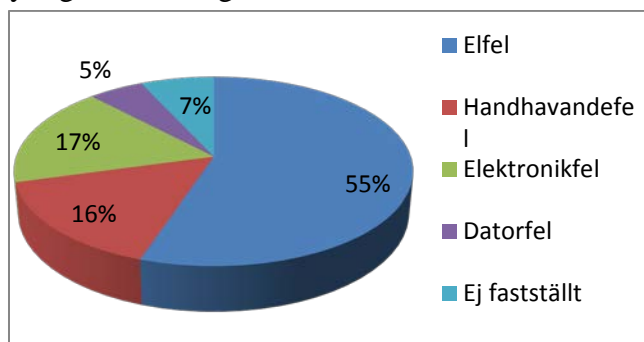
De vanligaste elektriska felen av våra sammanställda 58 rapporter.

Siffervärdet efter varje enskilt fel visar antalet rapporter med liknande fel inom respektive kategori.

• Jordfel – skadade kablar	8
• Elektronikkort	8
• Kortslutning	7
• Relä/kontaktor	5
• Brytare löst ut	3
• Trasiga solenoider	3
• Ej fastställt	3
• Blackout	3
• Felaktig installation	3
• Bränd elmotor	2
• Regulator	2
• Mjukvara	2
• Överbelastning	2
• Mikroswitch	1
• Strömförsörjning elektronik	1
• Spänningsregulator	1
• Felinställd UPS	1
• Krash Hårdisk	1
• Säkring	1
• Elektronik- ej fastställt	1

Fördelning av alla fel i de undersökta rapporterna

Figur 3 visar resultatet från diverse underkategorier som har slagits samman. Vad som är tydligt är att kategorin "elfel" är markant störst med allra flest inrapporterade incidenter.

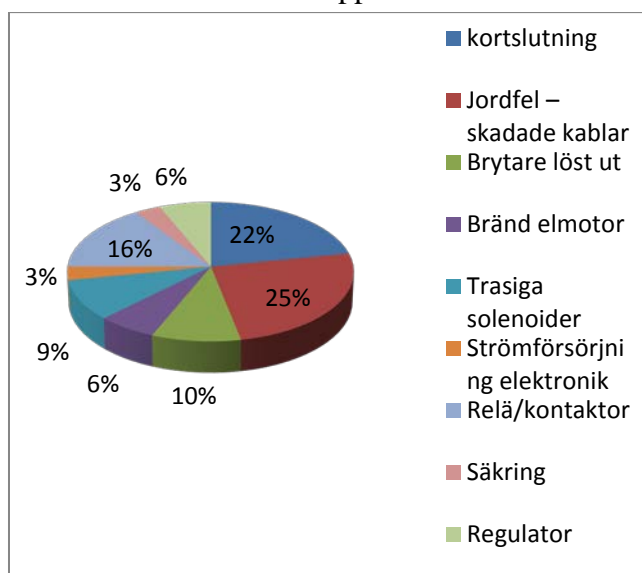


Figur 3 Fördelning av alla fel

Den procentuella fördelningen för alla typer av fel i de undersökta rapporterna.

Eifel

Av alla de fel som inträffat på fartyg, där elektriska fel har påverkat manöverförmågan eller säkerheten hos fartygen på annat sätt, var kategorin "elfel" störst enligt figur 4. I denna kategori är underkategorin "kortslutning" och "skadade kablar" störst. Faktum är att hela 50% av denna kategori domineras av just dessa två underkategorier som ligger varandra oerhört nära i sättet som skadan uppstår.

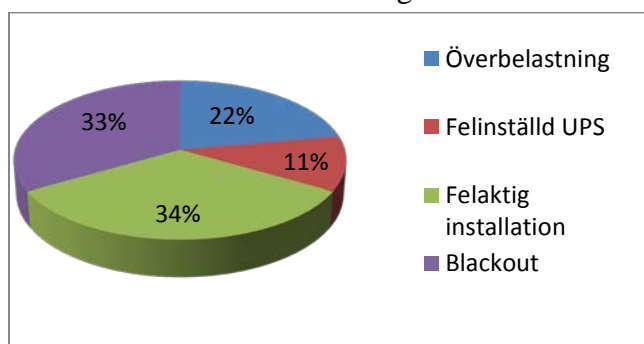


Figur 4 Diagram Eifel

Den procentuella fördelningen av alla fel i underkategorin eifel.

Handhavandefel

I figur 5 ses kategorin "handhavandefel", där ligger en rad olika fel där det vanligaste felet är "felaktig installation" detta är alltså fel som inträffat redan på varvet och som inte upptäcks vid leveranskontroller, men även fel som kan ha uppstått vid underhåll. I kategorien "blackout" som är 33% av fallen i handhavandefel, framgick inte vad som var grundorsaken för blackouten. I de fall där en grundorsak har funnits har de sorterats efter denna grundorsak.

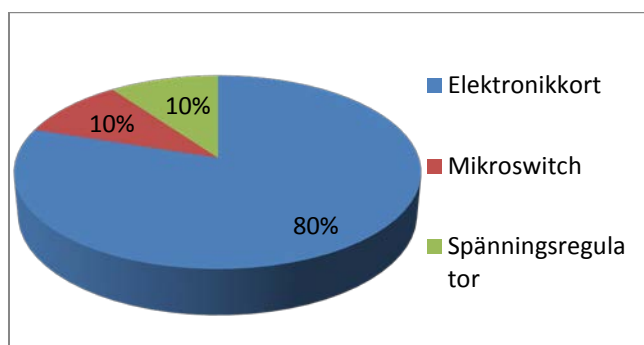


Figur 5 Diagram Handhavandefel.

Den procentuella fördelningen av alla fel i underkategorin handhavandefel.

Elektronikfel

Enligt figur 6, elektronikfel, är det kategorin "elektronikkort", eller som i vardagligt tal kallas kretskort, som har de största antalet av de inträffade incidenter i denna kategori. Hela 80% av alla fallen härrör från dessa.

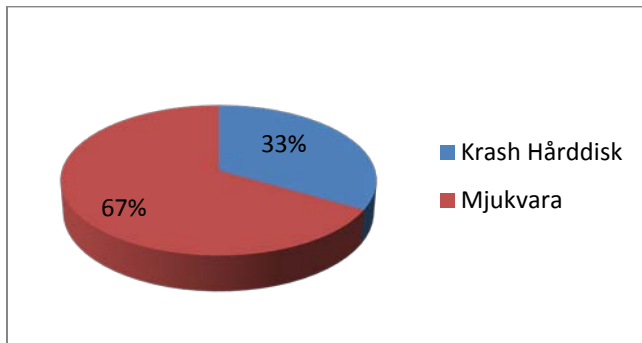


Figur 6 Diagram Elektronikfel.

Den procentuella fördelningen av alla fel i underkategorin elektronikfel.

Datafel

I figur 7 där kategorin "Datafel" är presenterad ingår främst fel som inträffar hos mjukvara som styr komponenter och datalagringsenheter där mjukvaran lagras. Inom begreppet mjukvara finns en rad olika program och man kan lätt gräva denna kategori betydligt djupare. Det är dock ett medvetet val som har gjorts för att samla alla dessa hos en minsta gemensam nämnare för dessa.



Figur 7 Diagram Datafel.

Den procentuella fördelningen av alla fel i underkategorin datafel.

Totalfördelning av riskbedömmningarna

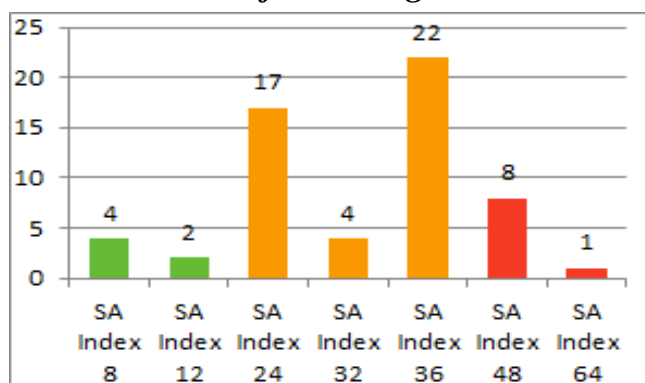
Den största mängden ligger mellan 20 till 40 och där förekommer en liten risk för olycka vilket inte kräver en direkt åtgärd. SA-index 48 och 64 samt över är hög risk och kräver någon typ av åtgärd enligt figur 2. Diagrammet nedan visar hur de olika nivåerna ligger fördelat. Om och vilken åtgärd som bör vidtagas går att se i figur 2.

Vad som är intressant på följande fem diagram (figur 8, 9, 10, 11, 12) är att de flesta rapporter har ett SA-Index som sticker ut mestadels inom det gulmarkerade området. Som framgår av resultaten är det endast elfel och elektronikfel som har fått ett SA-Index markerat som en stor risk och att en varning bör skickas ut till samtliga rederier om att t.ex göra en funktionskontroll av ett visst system.

Vid sammanställning av SA-Index 48, 36 och 32 verkar det som det saknas fyra stycken incidenter om samtliga sammanslås till de 58 rapporter vi gick igenom, vilket samtliga finns med i figur 8. Detta beror på att det finns 4 rapporter som är "ej fastställda" under någon exakt kategori, dessa är därför endast med i figur 8, totalfördelning.

Märk väl att det är flest rödmarkerade rapporter i kategorin Elfel (6st), därefter elektronikfel (2st), och ingen i varken handhavandefel eller datafel.

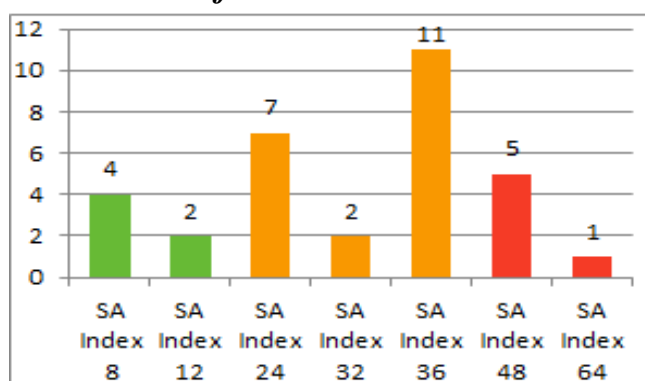
Totalfördelning



Figur 8 Diagram Totalfördelning.

Denna figur visar totalfördelningen av alla undersökta kategorier och hur många rapporter som fick ett visst SA-index (safety assessment index) enligt ForesSeas riskbedömningsverktyg. Ett högre SA-index innebär en större risk.

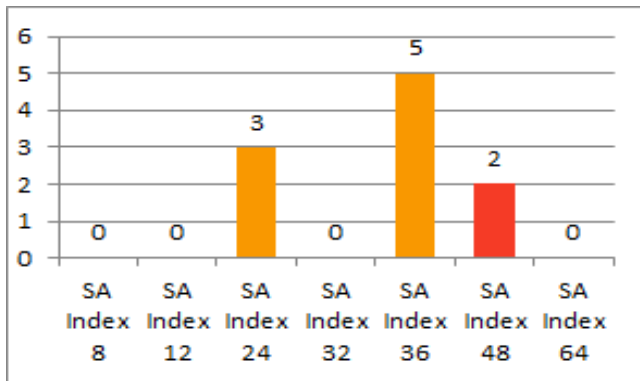
Elfel



Figur 9 Diagram Elfel.

Denna figur visar totalfördelningen av alla undersökta rapporter i underkategorin elfel och hur många rapporter som fick ett visst SA-index (safety assessment index) enligt ForesSeas riskbedömningsverktyg. Ett högre SA-index innebär en större risk.

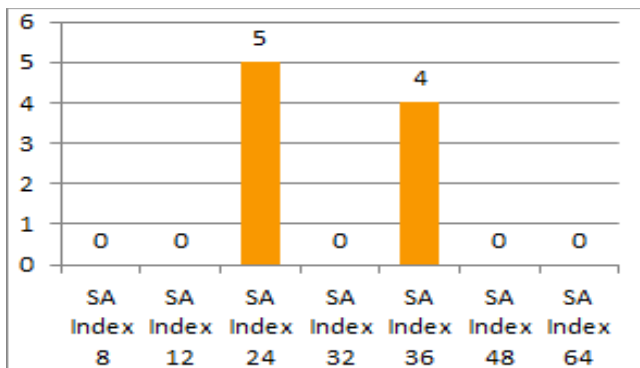
Elektronikfel



Figur 10 Diagram Elektronikfel.

Denna figur visar totalfördelningen av alla undersökta rapporter i underkategorin elektronikfel och hur många rapporter som fick ett visst SA-index (safety assessment index) enligt ForesSeas riskbedömningsverktyg. Ett högre SA-index innebär en större risk.

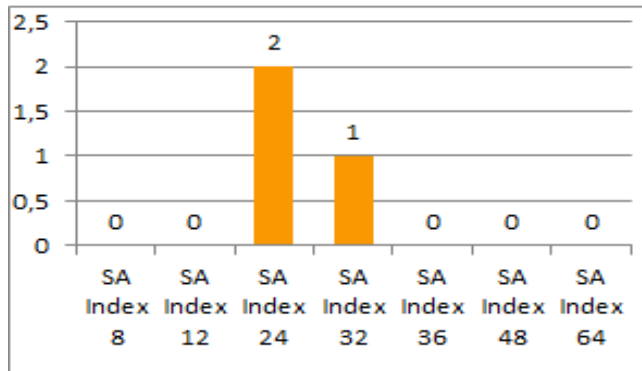
Handhavandefel



Figur 11 Diagram Handhavandefel.

Denna figur visar totalfördelningen av alla undersökta rapporter i underkategorin handhavandefel och hur många rapporter som fick ett visst SA-index (safety assessment index) enligt ForesSeas riskbedömningsverktyg. Ett högre SA-index innebär en större risk.

Datafel



Figur 12 Diagram Datafel.

Denna figur visar totalfördelningen av alla undersökta rapporter i underkategorin datafel och hur många rapporter som fick ett visst SA-index (safety assessment index) enligt ForesSeas riskbedömningsverktyg. Ett högre SA-index innebär en större risk.

5 Diskussion

I resultatet fann studien att den största källan till olyckor och incidenter beror på enklare elfel, främst jordfel, skadade kablar och kortslutningar. Detta var något förvånande då utvecklingen inom sjöfarten har gått mot mer avancerade system (Tzannatos, 2005). Men generellt verkar dessa system vara relativt tillförlitliga utan att orsaka fler olyckor och incidenter. Anledningen till att traditionella elfel fortfarande orsakar flest incidenter skulle kunna bero på miljön till sjöss, det är självklart att vibrationer uppstår från sjögången och även maskineriet vilket leder till att kablar ligger och skaver mot varandra, kabelstegar och diverse installationsmaterial. Installerar man något i land har man mycket bättre förutsättningar till att få en säkrare och vibrationsfri miljö för sin installation.

Traditionella elfel med skadade kablar som exempel är relativt enkla att upptäcka och reparera när de väl uppstår, till skillnad mot elektronikfel där ett kretskort har gått sönder.

Elektronikfel kräver oftast en mer omfattande felsökning för att ta reda på vilken den felande komponenten är, och många gånger har man inget extra kretskort som reservdel ombord.

I en del fall kommer även en servicetekniker ombord för att felsöka och reparera, vilket leder till att personalen ombord kanske inte lär sig och får en överblick av elektroniken. I och med att fel i elektronikretsar är svårfunna så tar de reparationerna längre tid, kostar mer pengar i form av förlorad inkomst när fartyget blir stillaliggande och uppfattas troligtvis som mer frustrerande av personalen ombord. Som Singh & Molloy & Parasuraman (1997) nämnde ger automation en minskad förståelse för systemet samt försämrade praktiska och tekniska färdigheter hos personalen.

När det gäller felen där elektronik har varit inblandat fann studien att den största källan till fel där var kretskort som slutade fungera, dessa är naturligtvis svåra att kontrollera utan kan i princip sluta fungera utan förvarning. En visuell inspektion hjälper sällan då komponenterna är oerhört små och invecklade.

Antalet datafel var förvånande få med tanke på hur många system som är kopplade till datorer av olika slag i dagens moderna fartyg, och i motsats till Tzannatos (2005) studie där han fann att det var främst nya typer av fartyg och system som drabbades av diverse fel i början av fartygets livslängd. Det skulle kunna vara tack vare att man i de allra flesta fall har en dubbel uppsättning av datorer då dessa används i vitala system ombord t.ex.

maskinrumsövervakningssystem eller lastdatorn. Detta ger en redundans som gör att det påverkar driften minimalt om en dator skulle sluta fungera. En teori skulle kunna vara, att tack vare denna redundans bryr man sig inte om att rapportera uppkomna problem om det endast har varit en dator som blev drabbad, och man fortfarande har kunnat fortsätta driften normalt. Det skulle kunna förklara det låga antalet rapporter som behandlar datafel, alternativt är att de faktiskt är väldigt tillförlitliga.

I kategorin handhavandefel fann studien att felaktig installation var den största källan till incidenter, dessa felaktiga installationer har uppkommit dels under nybyggnationen, men även vid underhåll på fartyget under dess livstid.

16% av fallen i vår studie av elektriska fel visade sig bero på handhavandefel, i motsats till Tzannatos (2010) studie som kom fram till att 57% av alla olyckor inom den grekiska flottan mellan 1993-2006 berodde på den mänskliga faktorn på ett eller annat sätt. Variationerna kan bero på att vi endast har studerat elektriska fel, det kan vara så att det varierar mellan de olika områden som granskats. Troligen har även automationsgraden ökat de senaste åren och utbildningarna riktar sig mer mot detta.

Något intressant som har lagts märke till vid genomgång av de aktuella rapporterna i ForeSea men som inte framgår av resultatredovisningen, är att det återkommande går att läsa om exempel där ombordpersonalens agerande förhindrar fler olyckor och incidenter, än vad de verkar vara ansvariga för att bidra till. I de allra flesta fall testar man systemen när man börjar närma sig hamnanlöpningarna eller i andra situationer som avviker från den jämna driften ute till sjöss. Det är i allmänhet då de allra flesta avvikelserna och incidenterna uppstår, men tack vare dessa rutiner med att testa systemen i god tid innan är det sällan dessa problem utvecklar sig till en regelrätt olycka. Personalen ombord avhjälpes oftast felen som uppstår i dessa situationer, alternativt är man medveten om problemet i god tid innan det skulle kunna påverka hanteringen av fartyget och man kan då agera utifrån de rådande begränsningarna och problemen som fartyget kan ha med de aktuella felen.

Till skillnad mot olyckan på Three Mile Island Schmitt (2012) där personalens agerande var en starkt bidragande orsak till att det gick så illa som det gick verkar de flesta granskade incidenter i studien istället ha blivit upptäckta och avhjälpas tack vare personalens agerande och rutiner ombord.

5.1 Metoddiskussion

Rapporteringen till ForeSea bygger på att de anslutna rederierna och deras anställda frivilligt rapporterar in olyckor och tillbud till systemet, på grund av detta kan det antas att kvalitén på rapporterna och hur utförliga dessa är, troligen kan komma att skilja sig något från en rapport till en annan. Men enligt de ansvariga på ForeSea som vi har pratat med så verkar det som att man är mer benägen att rapportera in även mindre incidenter och avvikelser till Foresea än till de olika officiella myndigheterna, vilket kan ge intressanta resultat.

Det material som har använts i studien har vissa begränsningar i och med att det endast kommer ifrån en källa som har en rapportinsamling från mestadels nordiskt ägda rederier. Med andra ord så blir detta en undersökning som inte kan generaliseras överallt i världen då de tekniska förhållanden ombord på fartyg kan variera beroende på vilket område de opererar i.

Då studien har baserat sina sökningar hos ForeSea på ett antal sökord finns det en möjlighet att vissa rapporter inte kommit med i sökningen utan fallit bort. Om man ser till sökningen finns det även en aspekt där det råder en viss osäkerhet i vilket tidsspänn rapporterna har inkommit. Däremot förekommer ett datum då sökningen är gjord.

Det bör också nämnas att de allra flesta riskbedömningar är baserat på ett "worst case scenario", det kan alltså se mer allvarligt än vad det faktiskt var i den aktuella situationen. Sannolikheten att något ska ske är dock densamma, men beroende på de verkliga situationerna kan konsekvenserna variera. Trots detta ligger de allra flesta riskbedömningarna inom spannet 20-39 vilket är relativt lågt, med några få undantag mellan 40-59, och endast ett fall med SA-index på 64.

Enligt figur 2 verkar rapporterna som studerades i ForeSea alltså inte vara särskilt allvarliga, och ännu mindre allvarliga om man beaktar att riskbedömningarna är gjorda med tanke på ett "worst case scenario".

6 Slutsatser från studien kring elektriska fel

Som slutsats kan det nämnas att traditionella elfel fortfarande står för den största andelen elektriska fel kopplade till fartygens framdrift, manöverförmåga, navigation eller kommunikation, vilket framgår av figur 3 i resultatkapitlet. Men en icke försumbar andel fel beror dock på elektronik, och då främst kretskort som slutar fungera enligt figur 6. Även handhavandefel står för en del av felen som drabbar elektriska komponenter, där ligger felaktig installation samt överbelastning av olika system inom ungefär samma ansvarsfördelning, vilket går att se i figur 5.

Andelen datafel var förvånande få, tack vare en god redundans i de flesta datasystem där man oftast har flera datorer kopplade till samma system verkar dessa vara relativt driftsäkra.

De flesta riskbedömningar har fått ett relativt lågt SA-index.

Rent generellt är det sällan dessa undersökta elektriska fel som rapporterats till ForeSea utvecklar sig till regelrätta olyckor. Vid genomgången av de aktuella rapporterna i ForeSea fann studien att tack vare att man i de allra flesta fallen testar systemen innan hamnanlöpningar med mera, har man tid att åtgärda felen eller vara medveten om dess begränsningar. En del fel skulle kunna bli allvarliga om man inte var medveten om de i förväg och de skulle uppstå i en kritisk situation, men tack vare dessa tester är det sällan det sker.

Förslag på ytterligare forskning

Då rapporteringen till ForeSea endast består av nordiska rederier skulle det vara intressant att studera hur det ser ut i övriga delar av världen. En känsla vi har är att det kan skilja sig markant i standarden bland olika länders fartygsflotta. England har via deras Nautical Institute ett rapporteringssystem som liknar det Svenska systemet, detta kallas MARS. En stor del av den svenska fartygsflottan består av tankers av olika slag, vilka har stora krav på sig från oljebolagen med regelbundna vettingar och kontroller. Detta gör att standarden på dessa fartyg hålls på en hög nivå för att inte riskera att förlora ett kontrakt.

Det skulle vara intressant att undersöka i vilken grad det skiljer sig både inom teknikutvecklingen, samt fördelningen av elektriska fel bland olika länders fartygsflotta.

Referenser

CHIRP. (2016) Hämtad 2016-05-01 från <https://www.chirp.co.uk/what-we-do/code-of-practice>

Dynamisk positionering. (2015.01.29) I Wikipedia. Hämtad 2016-04-24 från URL: https://sv.wikipedia.org/wiki/Dynamisk_positionering

Department of Defense. (1984). *Mil-Std-882B System Safety Program Requirements*. Washington, DC

ECDIS. (2013.03.10) I Wikipedia. Hämtad 2016-03-20 från URL: https://sv.wikipedia.org/wiki/Electronic_chart_display_and_information_system

Ericson, C. A. (1999). *Fault Tree Analysis – A History*. Washington: The Boeing Company; Seattle

Fartygsmaskineri. (2015.09.30) I Wikipedia. Hämtad 2016-03-20, från URL: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Fartygsmaskineri>

ForeSea. (2016). Hämtad 2016-03-18, från http://www.foresea.org/index.aspx?_noredirect=true

Lighthouse. (2016) *Värdering och minimering av sjöfartens klimat, miljö- och hälsoeffekter* Hämtad 2016-05-09, från: <http://www.lighthouse.nu/sv/v%C3%A4rdering-och-minimering-av-sj%C3%B6fartens-klimat-milj%C3%B6-och-h%C3%A4lsoeffekter>

Schmitt, K. (2012) *Automations influence on nuclear power plants: a look at three accidents and how automation played a role*. IOS press, volym 41, 4545-4551. Doi: 10.3233/wor-2012-0035-4545

Singh, I. I. & Molloy, R. & Parasuraman, R. (1997) *Automation-induced monitoring inefficiency: Role of display location*. International Journal of Human Computer Studies, 46(1), 17-30.

Sjöfartsverket. (2011) *Sjöfartens utveckling*. Norrköping. Sjöfartsverket.

Sjöfartsverket (2013) *Omvärldsbeskrivning*. Norrköping. Sjöfartsverket

Stamatelatos, M. (2000). *Probabilistic Risk Assessment: What Is It And Why Is It Worth Performing It?* NASA Office of Safety and Mission Assurance

Swain, A. D. & Guttman, H. E. (1983). *Handbook of human-reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications* (NUREG/CR-1278; SAND-80-0200). Springfield: National Technical Information Service

Tzannatos, E. (2005), *Technical reliability of the Greek coastal passenger fleet*, Marine Policy, 29:1, ss. 85-92.

Tzannatos, E. (2010). *Human element and accidents in Greek shipping*. The Journal of Navigation, 63, ss. 119-127. DOI: 10.1017/S0373463309990312

UK P&I CLUB (2012). *Risk Focus: Loss of power*. London: UK P&I Club.

United States Nuclear Regulatory Commission. (1975). *Reactor Safety Study* (WASH-1400, NUREG-75/014). Springfield: National Technical Information Service

Wiener, E. & Curry, R. (1980) *Flight-deck automation: promises and problems*. Ergonomics vol 23, 995-1011. Doi: 10.1080/00140138008924809

