



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

<p>Studieprogram/spesialisering: Samfunnssikkerhet – Master i teknologi/ Sivilingeniør</p>	<p>Vårsemesteret, 2014 Åpen / Konfidensiell</p>
<p>Forfatter: Stian With Bjørnstad</p>	<p>..... (signatur forfatter)</p>
<p>Fagansvarlig: Professor Ove Njå Veileder(e): Professor Ove Njå Eksterne veiledere - Jernbaneverket: Carsten Busch og Beate Ellinor Karlsen</p>	
<p>Tittel på masteroppgaven: Hvilke styrker og svakheter finnes i Jernbaneverkets risikovurderinger av planoverganger? Engelsk tittel: What are the strengths and weaknesses found in Norwegian National Rail Administration risk assessment of level crossings?</p>	
<p>Studiepoeng: 30</p>	
<p>Emneord: Risikovurdering, Risikoanalyse, Kvalitativ, Kvantitativ, Usikkerhet</p>	<p>Sidetall: 93 + vedlegg/annet: - Stavanger, 16.06/2014 dato/år</p>

FORORD

Dette er en avsluttende hovedoppgave ved masterstudiet i samfunnssikkerhet ved Universitet i Stavanger. Arbeidet med oppgaven har på den ene siden vært vanskelig, og på den andre siden spennende og utfordrende. Oppgaven har også utfordret mine faglige ferdigheter gjennom en spennende problemstilling. Jeg har fått studert et område som er mye mer enn bare et fremkomstmiddel – Jernbanen.

En takk sendes til Carsten Busch og Beate Karlsen hos Jernbaneverket, som har latt meg få skrive denne oppgaven hos dem. Deres kunnskap og gode humør har vært til stor hjelp. Jeg vil også takke Ove Njå for konstruktiv og nyttig veiledning gjennom arbeidet med oppgaven, og hans tro på at jeg skulle få dette til.

Jeg vil også sende en stor takk til min familie for en *stor* hjelp til korrekturlesning og oppmuntrende ord.

Til slutt vil jeg også få takke min ingeniørmedstudent Jan L. Kvalevåg for godt samhold og samtaler blant alle SV-studentene i klassen.

«Det eneste vi vet med sikkerhet, er at alt er usikkert» - Francois de Voltaire.

Stian With Bjørnstad

Juni 2014

X

Stian With Bjørnstad

SAMMENDARG

En risikoanalyse er et verktøy som brukes for å bestemme arten og omfanget av risikoen. Risikoanalysen kan enten være kvalitativ eller kvantitativ. Gjennom en kvalitativ analyse bruker man *sitater* og *begreper* for å beskrive risikoen, mens man i den kvantitative analysen bruker *tall* og *sannsynlighetsbegreper*. Hvilken metode som er «best» er utgangspunktet for denne oppgaven, og det er funnet en problemstilling som er: *hvilke styrker og svakheter finnes i Jernbaneverkets risikovurderinger av planoverganger?*

Jernbaneverket har brukt en kvalitativ metode i sine vurderinger av risikoen ved planoverganger. Oppgaven i dette forskningsprosjektet var derfor å gjennomføre kvantitative feiltreanalyser, av de samme planovergangene. Det ble deretter gjennomført en komparativ studie for å finne styrker og svakheter ved Jernbaneverkets risikovurderinger.

Under arbeidet med feiltreanalysene ble det funnet at menneskelige handlinger utgjør mange av basishendelsene i feiltreet (Feiltreanalysen er beskrevet i kapittel 4 og vist i kapittel 5). Hvordan mennesker oppfører seg, og hvilke valg de gjør, ved en planovergang er vanskelig å registrere og føre data over, fordi menneskets beslutningsprosess er ikke – observerbar. De kvantitative risikoanalysene er derfor begrenset, på grunn av lite data. Den kvalitative og kvantitative risikoanalysen kunne da sammenlignes.

For risikovurderingene til Jernbaneverket, av planoverganger, kan det trekkes frem følgende styrker og svakheter.

Styrker:

- Definerte mål: Det kommer godt frem hva som er ønskelig å oppnå med analysen.
- Risikoakseptkriterier: Ved å bruke slike akseptkriterier, arbeider man automatisk med å holde risikoen på et lavest mulig nivå (se også kapittel 7.2).

- Jernbaneverkets topphendelser: Det blir sett på flere aktuelle topphendelser innen jernbanedrift. Etter vurderinger gjort av analysegruppen blir de med størst risikobidrag vist.

Svakheter:

- Usikkerhet: For at resultatene fra en risikoanalyse skal bli så gode som mulige må usikkerheten i analysen beskrives.
- Hvem som er beslutningstaker: Fra vurderingene kommer det ikke klart frem hvem som skal ta beslutningen.
- Risikoakseptkriterier: Det er blitt gjort en sammenligning av kvalitative funn opp mot kvantitative akseptkriterier (se også kapittel 7.2)

Innhold

FORORD	i
SAMMENDARG	ii
1. Innledning	1
1.1 Bakgrunn og motivasjon	2
1.2 Avgrensning og problemstilling	3
1.2.1 Annen forskning	4
1.3 Disposisjon – veien videre	5
2. Jernbanen	7
2.1 Jernbaneverket	8
2.1.1 Jernbaneverket som organisasjon	10
2.1.2 Banedivisjon	13
2.2 Systemet jernbane	14
2.2.1 Mer om Planoverganger	17
2.3 Risiko og jernbanen	21
2.3.1 Risikoakseptkriterier	22
3. Teorigrunnlag	24
3.1 Risikovurdering	24
3.1.1 Risikoanalyse	27
3.1.2 Risikoevaluering	30
3.2 Risiko	30
3.2.1 Risikopersepsjon	32
3.3 Usikkerhet	34
3.4 Beslutninger	35
3.5 Sannsynligheter	37
3.6 Modeller	39
3.7 Sammendrag	40
4. Metode	41
4.1 Bakgrunn for valg av metode	41
4.2 Beskrivelse av metode	42
4.3 Innsamling av data	43
4.4 Gjennomføring	46
4.4.1 Kvantitativ analyse av feiltreene	48
4.4.2 Risikoevaluering av resultatene	49
4.5 Kvalitativ vs. Kvantitativt – en sammenligning	49
4.6 Sammendrag	50
4.7 Validitet og reliabilitet	51
4.7.1 Validitet	51

4.7.2 Reliabilitet.....	52
5. Feiltrenalyser	54
5.1 Palmafossen planovergang	54
5.2 Seltufte planovergang	61
5.3. Kommentar til feiltreene.....	68
6. Analyse og resultater	69
6.1 Sammendrag av utvalgte risikovurderinger.....	69
6.1.1 Topp hendelser i Jernbaneverket	69
6.1.2 Palmafossen planovergang	71
6.1.3 Seltufte planovergang	72
6.2 Funn fra feiltreanalysene	74
6.2.1 Palmafossen planovergang	74
6.2.2 Seltufte planovergang	75
6.3 Problemer ved de kvantitative risikoanalysene	76
6.4 Sammenligningen	77
6.5 Sammendrag	83
7. Diskusjon og konklusjon	84
7.1 Kvantitative risikoanalyser av planoverganger	84
7.2 Styrker og svakheter ved den kvalitative analysemetoden.....	86
7.3 Avsluttende drøfting	90
7.4 Konklusjon.....	91
7.4.1 Refleksjoner om strategien og videre forskning.....	92
8. Referanser	i
9. Vedlegg.....	0

1. Innledning

I dagens samfunn er det stor oppmerksomhet på sikkerhet. Menneskelige feil, og feil på tekniske innretninger, skal helst unngås. Dette for at mennesker, miljø og materialer ikke skal bli skadet.

For å beskrive farene, og eventuelle tap, blir begreper som risiko og sikkerhet brukt. Disse blir ofte brukt om hverandre, både i dagligtale og blant fagfolk, på grunn av kompleksiteten i begrepene. Lekfolk tar ofte feil på grunn av manglende kunnskap om begrepene, mens fagfolk ofte tar feil fordi man ser på forskjellige perspektiver av dem og på grunn av at man arbeider innenfor forskjellige sektorer. En vil se på risiko forskjellig dersom en ser på det fra et økonomisk perspektiv og fra et teknisk-naturvitenskapelig perspektiv, også kalt et «ingeniørperspektiv». Dersom fagfolk fra ulike sektorer skal jobbe sammen er det derfor viktig med en felles forståelse av begrepene, spesielt risiko.

Risiko *er* en vurdering av hvordan fremtiden kan se ut. Gjennom en risikovurdering, risikoanalyser og– evalueringer, blir risikoen vurdert for et system. Ofte og oftere hører man at det må gjøres en risikoanalyse i mange forskjellige sammenhenger. Risikoanalyser kan være både kvalitative og kvantitative. Gjennom en kvalitativ analyse prøver man å beskrive risiko gjennom *sitater*. Ved en kvantitativ analyse prøver man å beskrive denne risikoen ved kvantitative størrelser, som *tall* og *sannsynligheter*. Modarres (2006) hevder at kvantitative risikoanalyser nå oftere blir brukt som analyseverktøy, spesielt internasjonalt. Dette kommer av at man i dagens samfunn kan skaffe bedre datamateriale, og fordi analytikerne er flinkere til å kvantitativt estimere uønskede hendelser.

Har det noe mening å gjennomføre et stort antall risikoanalyser hvis det til slutt bare blir et slags “ritual”? Er det noen forskjell i om denne typen analyser blir presentert kvalitativ eller kvantitativ, og kan en lettere se styrker og svakheter i en analyse hvis dette kan vises kvantitativt? Dette er spørsmål som er interessante og se nærmere på.

Dette kapittelet gir en innføring i hva det skal forskes på, og hvorfor. Det begynner med bakgrunnen for forskningsprosjektet og valg av problemstilling. Til slutt i kapittelet er oppbygningen av oppgaven gitt.

1.1 Bakgrunn og motivasjon

I dagens samfunn, som er bestående av komplekse og høyteknologiske systemer, er det viktig å tenke på sikkerhet og risiko. Komplekse systemer er ofte dominerende innen prosessindustrien og finansmarkedet, der systemet har andre egenskaper enn det man tror ved første «øyekast». Innenfor jernbanevirksomheten kan en kalle samspillet mellom mennesker (-gående, -syklende og personer i motoriserte kjøretøy) og togdrift (togframføring), som et komplekst system. For å beskrive disse systemene, og for å finne risikoen i dem, brukes det risikoanalyser. En risikoanalyse er et verktøy for å bestemme arten og omfanget av risikoen (Aven 2011). Det er dette risikoanalysen skal prøve å gi svar på, den skal “tegne” et bilde av risikoen. Det finnes flere forskjellige forklaringer/definisjoner for hva en risikoanalyse er. Hvordan en risikoanalyse skal brukes er enda vanskeligere å forklare. Dette kan ha noe å gjøre med at risikoanalyser kan bestå av så mange forskjellige metoder for å beskrive risiko. Et felles trekk for definisjonene er at risikoanalysen skal fremskaffe beslutningsgrunnlag.

Skal risikoanalysen kun brukes til å minimere risikoen? Selv om det i mange sammenhenger er slik at man assosierer analysene med reduisering av risiko, er det ikke nødvendigvis det de utelukkende skal brukes til. Risiko kan aldri bli null, men den kan la seg redusere. Man må også huske på at risiko også kan være noe positivt. En veining av hva de negative og positive siden ved risiko er, må finne sted. Dette må gjøres for å forstå hvorfor man aksepterer eller ignorerer deler av risikoen. Et eksempel på dette kan være utforskningen av verdensrommet. 25. mai 1961 presenterte John F. Kennedy en dristig drøm om å sende en mann til verdensrommet i løpet av et tiår. Ved kun å bruke risikoanalyser for å redusere risikoen, ville det aldri ha blitt noe av drømmen til Kennedy om å sende mennesker ut i verdensrommet. En risikoanalyse av et slikt oppdrag ville mest sannsynlig gitt et resultat som medførte høy risiko for tap av menneskeliv. Om beslutningstakeren hadde brukt resultatene av risikoanalysen, til å minske faren

for tap av menneskeliv, hadde det ikke vært gjennomført noen romferd. 20. juli 1969 ble drømmen om en mann på månen en realitet.

Formålet med en risikoanalyse er å beskrive usikkerhet vedrørende hvilke uønskede hendelser som kan inntreffe for et system, og at resultatet av analysen skal hjelpe til med at de riktige beslutningene tas. Det er da viktig å beskrive hva som er usikkerhetsfaktorene, som for eksempel kostnader, antall dødsfall, etc. Det må skilles mellom hva som er formålet med analysen og det som skal analyseres. Dette er fordi man kan tror at det er risikoanalysen som er usikker og ikke de som gjennomfører den. Dette kommer godt fram av sitatet: *Analysen er basert på “de beste anslag”, fremstilt ved hjelp av selskapets standarder for modeller og data. Det er erkjent at det er usikkerhet knyttet til alle elementene i analysen, fra fareidentifisering til modeller og sannsynlighetsregning. Det er konkludert med at presisjonen i analysen er begrenset, og at man må ta dette i betraktning når man sammenligner resultatene med risikoakseptkriterier og toleransegrenser* (fritt oversatt fra engelsk, Aven 2010, s.115). Sitatet er et godt eksempel på hvor viktig det er å skille mellom *hva* som er usikkert og *hvem* som er usikker. Med tanke på risikoanalyser er «svaret» på *hvem* som er usikker analytiker(e).

1.2 Avgrensning og problemstilling

Startpunktet for all forskning er at det foreligger et problem (Blaikie 2010). Det overordnede målet for oppgaven vil være å se på om Jernbaneverket sin metode for risikovurdering/risikoanalyse er et “riktig” brukt analyseverktøy. Med «riktig» menes det her om den/ de analyseteknikkene som er brukt gir et godt nok beslutningsgrunnlag, eller om det finnes andre metoder som kan fremskaffe ny informasjon til beslutningen som skal tas. Her nøyer vi oss med å si at en beslutning er god hvis den tilfredsstiller gitte akseptkriterier.

Det er ikke noe ønske om å finne ut om en analyseteknikk er bedre enn en annen, men å sette ulike analyseteknikker opp mot hverandre for å finne styrker og svakheter ved dem. Det vil bli en evaluering av risikovurderingene. Det skal gjennomføres en kvantitativ modellering for å sammenligne styrker og svakheter ved de teknikkene som er brukt.

Med bakgrunn i dette, og resten av kapittelet, er det valgt en problemstilling som følger:

Hvilke styrker og svakheter finnes i Jernbaneverkets risikovurderinger av planoverganger?

Det er blitt valgt ut risikovurderinger som er gjort av Jernbaneverkets banedivisjon, der det er sett på planoverganger. En planovergang er et sted langs jernbanelinjen der veibanen og toglinjen krysser hverandre. Slike planoverganger kan ha ulike typer sikringsanlegg for å øke sikkerheten ved dem. Dette kan for eksempel være et helbomanlegg, lyssignal eller grind. Planovergangene som det skal ses på i denne oppgaven har ikke fått installert sikringsanlegg av en slik type. Vurderingene skal derimot danne grunnlag for hvilket sikringsanlegg det skal søkes om midler til. Planovergangene som omtales i oppgaven, ligger også på offentlig vei.

Når det her er sett på styrker og svakheter i forhold til risikovurderinger tenkes det på hva som kan hjelpe til med å ta de riktige beslutningene og hva som eventuelt bør tas med for å ta en beslutning.

Sikkerheten ved planoverganger er et komplisert felt, og bestemmes av mange aspekter, inkludert menneskelig handlinger (feil). Det vil derfor være et ønske om å se på hvilke menneskelige handlinger som kan føre til uønskede hendelser ved planoverganger, når gjennomføring av analysene i dette forskningsprosjektet skal gjennomføres.

1.2.1 Annen forskning

For planoverganger er det blitt gjort flere analyser og forskning, spesielt i utlandet. De fleste av disse er gjort for planoverganger som det allerede er installert sikringsanlegg på. Her kan Li m.fl. (2013) og Reif m.fl. (2000) trekkes frem. Disse analysene av sikringsanleggene ser på hvilke feil ved dem som kan forårsake uønskede hendelser ved planovergangen. For planovergangene i denne oppgaven er det ikke installert sikringsanlegg.

Forskning rundt menneskelige handlinger er blitt sett på av mange forskere opp gjennom de siste 20 – 30 årene. Denne forskningen har bestått av å prøve å finne nøkkelen til å prediktere menneskets handlinger. Dette har derimot vist seg å være svært vanskelig.

Forskning om hvilke analysemetoder som egner seg best, er blitt lite utforsket. Det er et vanskelig tema ettersom metoden som egner seg best kommer an på systemet som skal analyseres. Men det er et spennende felt, og utforskes gjennom arbeidet i denne oppgaven.

1.3 Disposisjon – veien videre

I denne oppgaven skal det ses på styrker og svakheter ved analyseteknikkene av risiko ved to planoverganger. Materialet som blir presentert i denne oppgaven skal bidra til å svare på problemstillingen. Her følger en oversikt over kapitlene i oppgaven.

Kapittel 1 har tatt for seg bakgrunnen og motivasjonen for gjennomføringen av denne oppgaven. Det er også blitt valgt en problemstilling for oppgaven.

I **kapittel 2** blir det sett på jernbanen og dens komponenter. Her vil det bli forklart hvordan Jernbaneverket er oppbygd og hvordan jernbanen er som system. I dette kapittelet vil også relevante regelverk og forskrifter, som Jernbaneverket må forholde seg til, bli presentert. Det blir også forsøkt vist hvordan sikkerhet og risiko er innenfor jernbanen. Denne innføringen vil spesielt være til hjelp for andre med liten bakgrunn i jernbanen. Under arbeidet med oppgaven ble Jernbaneverkets organisasjon lagt om (månedsskifte mars/ april). Begge organisasjonene vil bli gjennomgått, mens det for denne oppgaven er tatt utgangspunkt i den gamle organisasjonen.

I **kapittel 3** tar oppgaven for seg den teori som skal bidra til med å besvare problemstillingen. Begrepene *risikovurdering*, *beslutning*, *risiko*, og *(u)sikkerhet*, med de tilleggsbegreper som kommer naturlig inn under disse, vil bli grundig gjennomgått i kapittel 3. Teorien som blir presentert i dette kapittelet tar utgangspunkt i Aven (2012; 2010; 2007; 2006).

Kapittel 4 vil ta for seg metoden som er brukt for å gjennomføre oppgaven og innsamlingen av data. I kapittelet vil det begrunnes for valg av metode, for

datainnsamlingen og analysen, som er brukt, og en beskrivelse av dem.

Validiteten og reliabiliteten for datainnsamlingen og den brukte metoden vil bli gjennomgått og diskutert.

I **kapittel 5** vil de kvantitative analysene som skal gjennomføres i denne oppgaven presenteres.

Gjennom **kapittel 6** vil funn fra de undersøkelser og analyser som er blitt gjort, bli presentert. I dette kapitlet vil det også bli beskrevet hvilke topphendelser Jernbaneverket tar utgangspunkt i. Kapitlet vil først ta for seg hvilke funn som er gjort gjennom en dokumentanalyse av Jernbaneverkets risikovurderinger. Deretter vil funnene som er gjort fra gjennomføring av de kvantitative analysene bli gitt. Til slutt i dette kapitlet vil det bli gjort en sammenligning av de to metodene, og resultatene vil bli presentert.

I **kapittel 7** diskuteres de resultatene fra analysen som er gjort i kapittel 6.

Evalueringen av de to analyseteknikkene vil deretter finne sted. Styrkene og svakhetene ved teknikkene vil bli gitt og diskutert.

Til slutt i oppgaven vil det bli gitt en konklusjon basert på analysene og funnene, samt at problemstillingen vil bli besvart.

2. Jernbanen

I dette kapittelet vil det bli gått gjennom hvordan jernbanen, sektoren og systemet, i Norge fungerer. Gjennomgangen blir gjort for at en skal få god kjennskap til jernbanen før analysen og drøftingen begynner. Det vil derfor bli gjort en grundig beskrivelse av samspillet mellom det fysiske materielle/anlegget, som skinner og kjøreledning, og det som trengs for en sikker togframføring, som blant annet signalanlegg. Hvordan jernbaneverket fungerer og er oppbygd vil også bli presentert. Jernbaneverkets rolle innenfor jernbanesektoren vil også omtales.

For ca. 100 – 150 år siden ble jernbanenettet i Norge i all hovedsak etablert. Selv om jernbanen er et av samfunnets viktigste infrastrukturer, er det viktig å huske på at jernbanen også skal fungere i et godt samspill med annen infrastruktur i samfunnet. Opp gjennom tiden har jernbanen og toget hatt sin styrke på tre områder. Disse områdene er:

- Arbeidsreiser,
- Øvrig persontrafikk inn og ut av storbyene og mellom befolkningssentra, og
- Godstransport over lengre avstander.

I Norge er jernbanenettet formet som en “stjerne”, der sentrum er i Oslo.

Norges jernbanesektor kan deles inn i tre: Jernbaneverket, trafikkutøverene og Jernbanetilsynet. Disse tre har ansvaret for hver sin del innen jernbanesektoren. Markedsandelen for jernbane og kollektivtransport har gått ned de siste par tiårene (Olsson & Veiseth 2011). Denne nedgangen kan skyldes at det for distanser på opptil 300 km blir valgt bil, istedenfor tog, som fremkomstmiddel, og at det på lengre avstander blir valgt fly. Til tross for denne nedgangen har det vært en interesse for høyhastighetstog, bybaner og flyplassstog. Dette kommer også frem i Nasjonal transportplan (2014 – 2023), og man leser ofte om at bybaner er ønsket i de større byene i Norge.

Før det går videre med hva som trengs for å kjøre tog, vil det bli gjort rede for Jernbaneverket (JBV) og dens organisasjon.

2.1 Jernbaneverket

Det er Stortinget som avgjør de langsiktige utviklingsplanene for jernbanen gjennom Nasjonal transportplan (NTP). Stortinget bevilger også penger til JBV virksomhet gjennom årlige budsjetter. Samferdselsdepartementet er etaten som utøver eierskap og som setter krav til hvordan de tildelte ressursene skal forvaltes. Samferdselsministeren er den øverste politiske lederen, mens det er Jernbanedirektøren som er leder for JBV. JBV er underlagt Samferdselsdepartementet. Departementet har også ansvaret for persontransport, godstransport, posttjenester og telekommunikasjon. Andre aktører innen jernbanesektoren er Statens jernbanetilsyn (SJT), Statens havarikommisjon for transport (SHT), og togselskapene (NSB, Cargonet, etc.). I tillegg kommer spesialiserte underleverandører til hovedaktørene. SJT har myndighet til å foreta kontroll og tilsyn av både offentlige og private aktører innen jernbanesektoren. SJT er også underlagt Samferdselsdepartementet. SHT er et forvaltningsorgan som undersøker ulykker og hendelser innen luftfart, vegtrafikk, sjøfart og jernbane. Denne virksomhetens undersøkelser skal bidra til å forbedre sikkerheten og forebygge ulykker innenfor transportsektoren.

Jernbaneverket (JBV) ble opprettet i 1996, etter at NSB (Norges Statsbaner) ble omorganisert. NSB skulle da ha ansvaret for det rullende materiellet (passasjertransporten), mens JBV skulle ha ansvaret for at togene kunne komme seg fram, dvs. skinnegang og signalanlegg, samt alt som har å gjøre med infrastruktur og trafikkstyring.

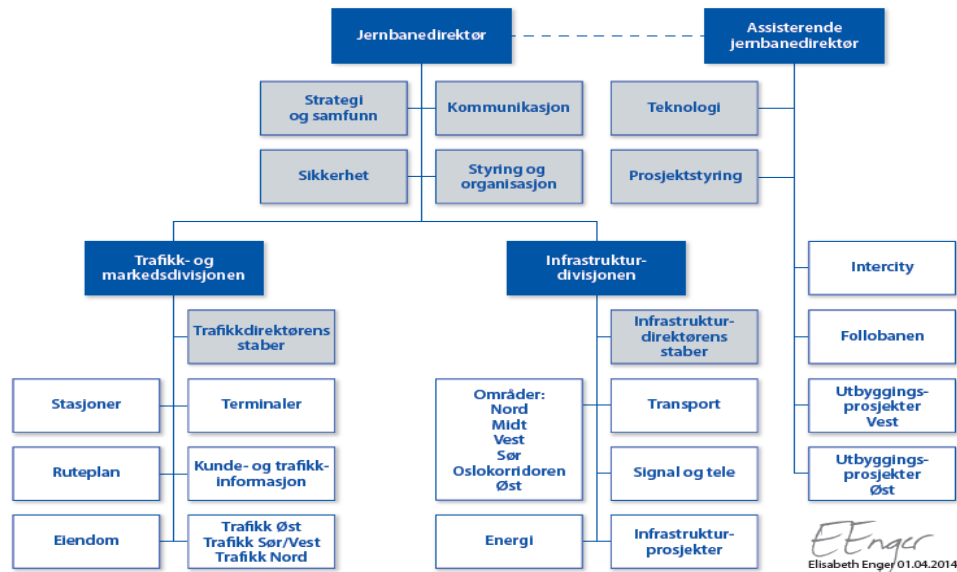
JBV er et fagorgan for staten med sin kunnskap om jernbanevirksomhet, som spesielt er sikkerhet, planlegging, utbygning, sikker drift og vedlikehold. Oppgavene til JBV er derfor å tilby togselskapene, de med sportilgang, et sikkert og effektivt trafikksystem. Dette gjøres gjennom god planlegging, utbygning av infrastruktur, drift og vedlikehold av det statlige jernbanenettet. Her inkluderes også stasjoner, holdeplasser og terminaler. En stasjon er et punkt langs jernbanen der tog møtes, og er ikke nødvendigvis et sted med plattform for av- og påstigning av passasjerer. JBV skal også styre togtrafikken, og må derfor også formidle trafikkinformasjon, på en enkel og tydelig måte, til de reisende.

JBV sikkerhetspolitikk er: *Jernbaneverket arbeider systematisk for kontinuerlig forbedring av sikkerheten for å unngå skade på mennesker, miljø og materielle verdier* (Sikkerheshåndboken 2013). Denne politikken baserer seg på nullvisjonen, og den skal være kjent blant alle ansatte. Et viktig virkemiddel i dette arbeidet er risikoanalyser. Gjennom systematisk arbeid jobber man seg gjennom systemet, (menneskelig, organisatorisk, tekniske) for å finne svakheter og komme med forslag til forbedringer. Valg av metode for risikoanalysen kommer an på kompleksiteten og omfanget av problemstillingen. Sikkerhet er viktig for jernbanen, og blir ofte prioritert før punktligheten (Olsson & Veiseth 2011).

De forskjellige oppgavene som JBV har ansvaret for, blir gjort/utført gjennom forskjellige divisjoner. Frem til 01.april 2014 var JBV delt opp i en banedivisjon, en utbygningsdivisjon og en trafikk- og markedsdivisjon. Denne oppgaven baserer seg på den gamle organisasjonen og da med hovedfokus på banedivisjonen. Oppgaven vil også inneholde en kort presentasjon av de andre divisjonene. Fra 1.april 2014 ble JBV omorganisert og består nå av en ny organisasjon (se figur). Den nye organisasjonen vil bli presentert, og neste kapittel vil begynner med en presentasjon av denne.

2.1.1 Jernbaneverket som organisasjon

Det er en økende satsing på jernbane. I den nye Nasjonale transportplanen (2014 – 2023) er det et ønske om å få mer jernbane for pengene. JBV ser det derfor som nødvendig å effektivisere og forenkle de prosesser som finnes i organisasjonen. Et virkemiddel for å effektivisere oppgavene er en enklere organisasjonsstruktur, med færre nivåer og tidligere beslutningslinjer. Den nye organisasjonsstrukturen er gitt i figuren under.



Figur: Jernbaneverkets organisasjonskart per 01. April 2014.

Gjennom den nye organiseringen av JBV er målet å etablere et godt samarbeid mellom enheter og fagområder.

Den «nye» sikkerhetsstaben underlagt Jernbanedirektøren vil ha de samme oppgaver som staben i den gamle organisasjonen. Dette er oppgaver knyttet til:

- Retningslinjer for og utvikling av JBV sikkerhetsstyring
- Vedlikehold og utvikling av felles metodeverk innen sikkerhet
- Undersøkelser og *analyser* av uhell og uønskede hendelser
- Resultatoppfølging og rapportering for hele JBV innen sikkerhet
- Forvaltning av avvikssystemet Synergi

Den nye organisasjonen har fått to divisjoner, trafikk – og markedsdivisjonen og infrastrukturdivisjonen. Disse divisjonene ligger under jernbanedirektøren.

Den nye trafikk- og markedsdivisjonen, som har blitt tillagt Jernbaneverkets eiendomsforvaltning, skal sikre en samordnet eiendomsforvaltning og kontroll på eiendomsområdet. Divisjonen vil i tillegg ha det samme ansvaret som tidligere, som vil være trafikkstyringen, ruteplanleggingen og kundekommunikasjon.

Ønsket om en enkel og bedre samordning mellom investeringer, fornyelser og drift er grunnen for den nye infrastrukturdivisjonen. Infrastrukturdivisjonen skal ha ansvaret for drift, vedlikehold og utvikling av infrastrukturen, og er JBV største divisjon. Et nytt ansvar som er inkludert i infrastrukturdivisjonen er gjennomføring av investeringsprosjekter.

Divisjonen består av 6 baneområder og 17 banesjefstrekninger med en definert geografisk utstrekning. De forskjellige banesjefene har faggrupper, som alle ansatte i JBV er medlem av, innen de ulike jernbanefagene. Banesjefene rapporterer opp til infrastrukturdirektøren og dens staber. De ressurser som samles for å bistå direktøren i styring og utvikling av virksomheten skal samles i styringsstaben. Av funksjonene innen styringsstaben er *sikkerhet og kvalitet, inkludert en retningsgivende funksjon for sikkert arbeid* en viktig del. Innen denne avdelingen er det også knyttet oppgaver rettet mot sikkerhets- og kvalitetsstyring, analyser, rapportering og internrevisjoner knyttet til systemer. Gjennom den nye strukturen av infrastrukturdivisjonen, der kompetanse og ressurser er flyttet nærmere “sporet”, og forvaltning og produksjon er forent, vil gjennomføringsevnen være sterkere. Dette gjøres også ved at divisjonsstrukturen er enklere og har færre nivåer.

En annen ny stor forandring er at de store prosjektene (som bl.a. Inter City og Follobanen) i JBV er lagt under assisterende jernbanedirektør. Denne forenklete styringsmodellen av de store prosjektene skal sikre optimal framdrift, gjennom større frihet og fleksibilitet. Under assisterende jernbanedirektør ligger også teknologi og prosjektstyring (SHA). Teknologi har blant annet ansvaret for teknologiske strategier, forvaltning og videreutvikling av RAMS og Teknisk Regelverk. De har også ansvaret for godkjenning av tekniske systemer og komponenter. Teknologi ligger under assisterende jernbanedirektør med den hensikt å sikre mest mulig effektiv utnyttelse av ressursene på tvers i hele JBV. Prosjektstyringen har et særskilt ansvar for oppfølging av de store prosjektene.

Det vil også for denne staben være et ansvar for retningsgivende oppfølging for prosjekter i hele JBV.

I det videre vil fokuset gå over til den gamle organisasjonen, og den vil bli gjennomgått.

Den gamle (før 01.april.2014) organisasjonsstrukturen er vist i figuren under. Her er JBV delt inn i tre divisjoner, under jernbanedirektøren. Divisjonene er trafikk- og markedsdivisjonen, utbygningsdivisjonen og banedivisjonen. Trafikk- og markedsdivisjonen har her ansvaret for den operative trafikkstyringen, ruteplanleggingen og at kundene får den nødvendige informasjonen. Utbygningsdivisjonen ivaretar byggherrerollen for alle jernbaneutbygninger, store og små, fra detaljplanlegging til ferdigstillelse. Denne divisjonen har også ansvaret for signalanleggene. Den siste divisjonen, banedivisjonen, har ansvaret for å vedlikeholde jernbaneinfrastrukturen og det er denne divisjonen oppgaven tar utgangspunkt i.



(Jernbaneverket 2012)

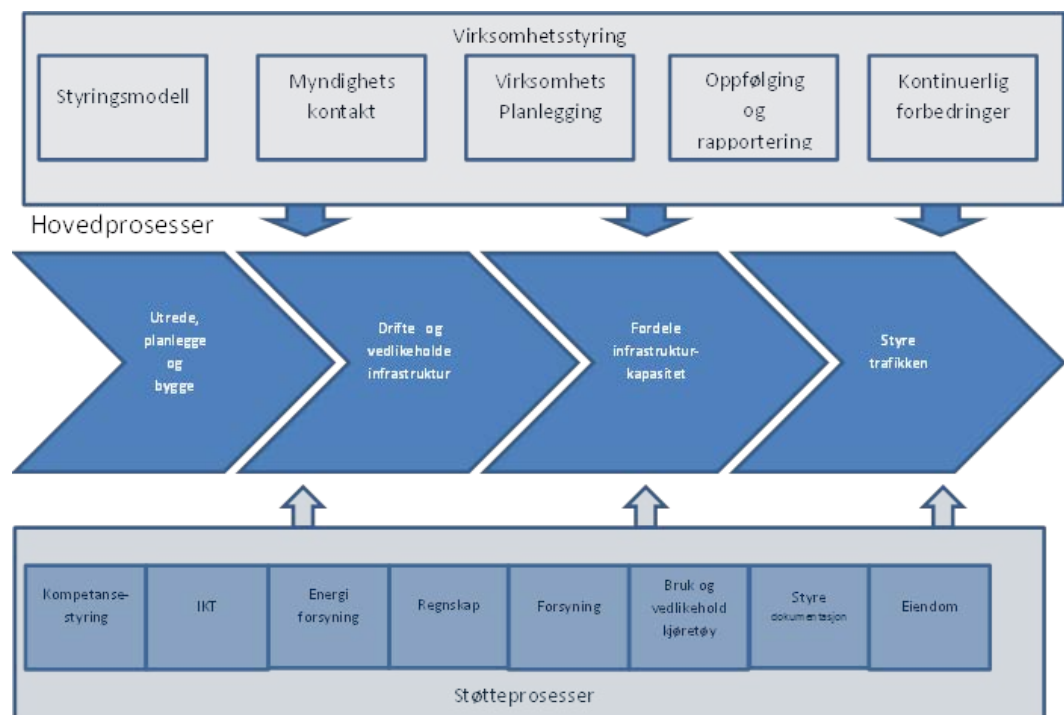
Figur: Jernbaneverkets organisasjonskart før 01. April 2014.

2.1.2 Banedivisjon

Jernbanelverket som infrastrukturforvalter er pålagt, etter Jernbaneinfrastrukturforskriften, å tilrettelegge for sikker passering av planoverganger. Dette arbeidet har blitt gjort gjennom JBV Banedivisjon.

Banedivisjonen hadde ansvaret for driften og vedlikeholdet av jernbanenettet, og var den største enheten i JBV før omorganisering. Både staben og divisjonen er og var lokalisert over hele landet. Divisjonen er delt opp i ulike regioner; Bane Øst, Bane Nord og Bane Sør/Vest.

I figuren under viser prosessene i JBV, Banedivisjonen ligger under hovedprosessen *drifte og vedlikeholde infrastruktur*.



Figur: Prosesser i Jernbanelverket.

Sikkerhets- og kvalitetssjefen for banedivisjonen rapporterer til Banedirektøren. Videre rapporterer Banedirektøren videre til Jernbanedirektøren. Rapporteringen følger formelt sett linjevei.

Sikkerhetsdirektøren er leder for strategisk stab Sikkerhet. Sikkerhetsdirektøren mottar og samler rapporter av sikkerhetsmessig betydning på *vegene* av Jernbanedirektøren.

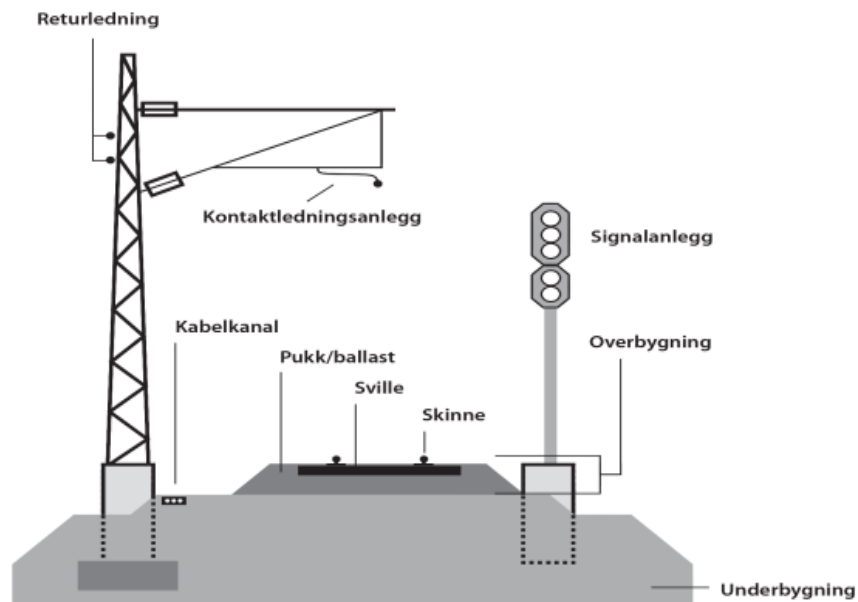
Som en støttfunksjon er det knyttet sikkerhet- og kvalitetsrådgivere til banedivisjonen, som det også er til de to andre divisjonene. Disse rådgiverne er knyttet organisatorisk til bane- og trafikkområder. Sikkerhet- og kvalitetsrådgiverne skal bidra i det sikkerhetsfaglige arbeidet, ved gjennomføring av risikoanalyser, planlegging av arbeidsoperasjoner, oppfølging av tiltak, uønskede hendelser og revisjoner.

2.2 Systemet jernbane

I dette kapittelet vil det bli gitt en beskrivelse av hvordan jernbanen er bygd opp for at det skal kunne kjøre tog. Det blir sett på systemet jernbane¹. Det tenkes da her på hva som må være tilstede av elementer for en sikker togframføring; jernbanens infrastruktur. Videre vil det også bli angitt hvilke feil og farer som kan oppstå på og ved jernbanenettet.

Det trengs mer enn bare skinner for at det skal kunne gå an å kjøre tog på en sikker måte. Et vesentlig fortrinn er hjulenes friksjon. Det at det er stålhjul mot stålskinner minsker friksjonen, sammenlignet med hjul på andre underlag. Det brukes en sporvidde på 1435mm på norske jernbanespor, som kalles normalspor. Dette tillater også høyere fart. Jernbanens tekniske innretninger kan deles inn i rullende materiell som beveger seg på skinnene og den faste infrastrukturen som det rullende materiell trenger for å kunne kjøre sikkert/ trygt. De viktigste elementene som trengs er strømforsyningsanlegg, signalanlegg, underbygning, teleanlegg og overbygning. Dette blir kalt kjørevegens fem hovedelementer (Jernbaneverket 2013).

¹<http://www.jernbaneverket.no/PageFiles/28193/Slik%20fungerer%20jernbanen%20versjon%20191213.pdf>



Figur: Viser elementer som trengs for å kunne kjøre tog.

Underbygningen er fundamentet til jernbanens spor. Jernbanesporet, sviller og skinner, ligger oppå massen som underbygningen utgjør. Det er også flere konstruksjoner som kan utgjøre underbygningen. Dette kan være bruer, kulverter², stikkrenner og tunneller. Det er i dag strenge krav til hvordan underbygningen skal dimensjoneres på, med tanke på frostsikring, stabilitet, drenering og visuelle forhold. Bestemmelser for underbygningen blir gitt i forhold til teknisk regelverk. I tillegg må en også ta hensyn til at fremtidige tog kan ha større fart enn det dagens tog har.

Overbygningen er den delen av kjørevegen som sviller, skinner og sporveksler ligger oppå, og består av ballast/ pukk. Overbygningen skal ivareta samspillet mellom toget og sporet. Det må derfor legges i en matematisk beregnet trasé, der gitt hastighet og hvilke krefter som tillates blir tatt med. Traséen består av rettlinjler, overgangskurver og kurver. En annen oppgave som overbygningen har er å gjøre togturen så behagelig som mulig for de reisende. Et tog har faste aksler. For å kompensere for den differansen dette vil ha i kurver, den forskjellen hjulene i innerspor og ytterste sporet får, har hjulene en liten vinkel (koning) på den delen som ligger mot skinnene. Dette gir toget, sammen med et korrekt justert spor, en behagelig gyngende/ huskende bevegelse.

² En kulvert kan være en tunnel eller gjennomgang gjennom løs masser. Den er ofte bestående av betongelementer, for gjennomføring av for eksempel trafikk eller tekniske installasjoner.

Gjennom strømforsyningsanlegget får toget en kontinuerlig overføring av elektrisk energi. Av det statlige jernbanenettet er det 2498 km (2012) som er elektrifisert, av et totalt jernbanenett på 4230 km (2012). Den strømmen som lokomotivet får, kommer gjennom kontaktledningsanlegget. Videre går denne strømmen gjennom lokomotivets strømvaktaker og blir gjort om til trekkraft i de elektriske motorene. Det er viktig at det er kontinuerlig kontakt mellom kontaktledning og strømvaktaker på hele strekningen. På de strekningene som ikke er elektriske benyttes det dieseldrevet togmateriell. Det er mulig å bruke både vekselstrøm og likestrøm til togframføring. På lengere avstander har vekselstrøm større kapasitet enn likestrøm, og et stort effektbehov.

For at togframføringen skal foregå på en sikker måte er det viktig med et fungerende signalanlegg. Å ha et fungerende signalanlegg, vil hindre at det kommer tog inn på samme strekning, og det vil effektivisere jernbanenettet. Signalanlegg brukes for å utnytte linjens kapasitet så effektivt som mulig. Anleggene blir fjernstyrt av togleder. Signalanlegg hjelper også til med planleggingen, overvåkingen og koordineringen av de bevegelser som er på jernbanen. Ved eventuelle feil eller unormale hendelser og ved den minste feil av sikkerhetsmessig betydning, vil berørte signalanlegg gå i rødt automatisk, og tog må stoppe. Det blir kun satt i grønt, av togleder, når alt er i orden igjen. Hvis hastigheten på togene overstiger 130 – 160 km/t endres kravene til oppføringen av signalanleggene. Annen plassering enn dagens signalanlegg og et annet system for sporveksler er noe av det som kreves ved økende hastighet. Ballistene, sendere og mottakere i sporet, har et grensesnitt mot signalanlegget.

Et teleanlegg skal sikre nødvendig samband for togframføring og styring, kontroll av tekniske anlegg og består av kabler, transmisjon, GMS-R nett, publikumsinformasjon og CTC-fjernstyring.

Sikkerhet er viktig for jernbanen, og blir ofte prioritert før punktligheten (Olsson & Veiseth, 2011). I togtrafikken baserer sikkerhetssystemene seg på tre prinsipper. Det første baserer seg på at en jernbanestrekning blir delt opp i blokkstrekninger. Alle jernbanens strekninger og spor deles opp i sporavsnitt. Et sporavsnitt kan bestå av strekningen mellom stasjoner, mellom stasjon og blokkpost, spor eller deler av spor på stasjonene og sporvekslene. Det er ikke

tillatt med mer enn ett tog per blokkstrekning, som er prinsipp nummer to. Det tredje prinsippet er at togenes rekkefølge er fastsatt i en rutetabell. Rekkefølgen kan endres, men da bare gjennom ordrer.

2.2.1 Mer om Planoverganger

Planoverganger (PLO) benyttes der vei, sykkel-, gang- og kjørevei skal krysse jernbanelinjen i plan. Det skilles mellom offentlige og private PLO, for henholdsvis offentlig og privat vei. PLO som det er tatt utgangspunkt i for denne oppgaven ligger begge på offentlige veier.

Dersom en PLO har et veisikringsanlegg, aktiviseres dette når toget krysser et bestemt punkt før PLO. Plasseringen av dette punktet er dimensjonert etter de raskeste togene. Dersom det er stor hastighetsforskjell på togene som krysser samme PLO, kan ventetiden bli lang når de langsomste togene skal passere.

Det er mange grunner til uønskede hendelser ved PLO. Mange tar unødvendige sjanser med eget liv for å spare noen ekstra minutter i en travel hverdag, ved å krysse toglinjen. Dermed utsetter man seg selv og andre for stor fare ved å ta denne “snarveien” over sporet, eller ved å ikke være oppmerksom ved krysning av jernbanen. Det er noen som tror at det å kjenne til rutetabellen er godt nok for å sikre seg mot å bli påkjørt av tog, men det kan komme både arbeidstog og godstog som verken finnes i rutetabeller eller app-er som viser togtider. Tog kan også komme svært fort og være stille. Tog kan heller ikke svinge unna personer, syklende og kjøretøy som ferdes i sporet, tog bruker også lang tid på å stoppe. Togene har bare en frihetsgrad, noe som vil si at deres bevegelse er kun begrenset til en linje.

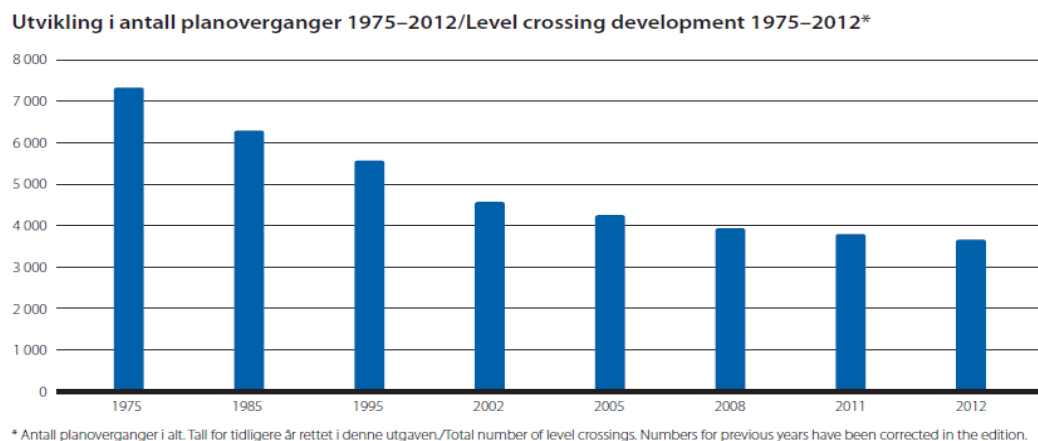
I 2013 registrerte Statens jernbanetilsyn 30³ jernbaneulykker (Ulykkesstatistikk 2013). Dersom ulykker fører til stans i jernbanetrafikken på over 6 timer blir den definert som jernbaneulykke. Av disse var 4 ulykker ved PLO. Dette var en økning i antall ulykker ved PLO fra 2012 og 2011. De fleste av ulykkene som er registrert har vært mellom tog og objekt.

³ Foreløpig antall registrerte jernbaneulykker.

I 2012 ble det undersøkt en nestenulykke⁴ ved en PLO der et tog var nær ved å kjøre på en ungdom som krysset Evja PLO. Denne PLO er en personovergang beregnet for gående og syklende. Ungdommen fikk ikke med seg at det kom et møtende tog på grunn av at vedkommende gikk med musikk på øret. Videre ble det i 2011 registrert et dødsfall på en PLO ved Hokksund stasjon. Toget som var innblandet i ulykken var et ekstra tog fra Railcare Tåg AB, på vei fra Hønefoss til Gulskogen. I tillegg til dårlig sikt på grunn av vegetasjon og at PLO ligger i en kurve, er stien som fører til PLO bratt. Det var grunder på PLO, men på ulykkestidspunktet var disse ute av drift og var åpne. Når lokfører så personen bevege seg ut på PLO, ga han gjentatte signal «tog kommer».

Det er et ønske for JBV å fjerne PLO, ved å bygge gangbroer og underganger for kryssing av sporet, og dermed nedleggelse av dem. *Dersom planovergangen vurderes som så risikofylt at man likevel ønsker å stenge den, er ekspropriasjon neste alternativ. I mer tettbefolkede områder er dette ofte nødvendig, noe som medfører igangsettelse av reguleringsplan mot kommunen, en prosess som kan ta flere år (SHT 2011).* Dette er kostbart og tidkrevende, blant annet på grunn av alle de gamle bruksrettighetene til PLO og grunneierne som må gi tillatelse til å brukes tilstøtende arealer.

Antallet PLO har i perioden 1975 – 2012 gått jevnt ned, fra i overkant av 7000 PLO i 1975 til ca. 4500 PLO i 2002 og til dagens (2012) 3690 PLO, se også figuren under.



Figur: Antall planoverganger i perioden 1975 – 2012, hentet fra jernbanestatistikk 2012.

⁴ <http://www.aibn.no/Jernbane/Rapporter/2013-05>

I det videre vil det bli gjennomgått de viktigste styrende dokumentene JBV bruker i arbeidet med sikkerhet. Disse er Jernbaneinfrastrukturforskriften og Teknisk regelverk. Gjennom disse blir PLO og sikkerheten ved dem gitt.

2.2.1.1 Jernbaneinfrastrukturforskriften

Denne forskriften gjelder for jernbaneinfrastruktur på det nasjonale jernbanenettet og gir spesifikasjoner for planoverganger. I § 3-6 står det:

Det skal for alle planoverganger være tilrettelagt for sikker passering for veifarende. For offentlige veier med planoverganger, skal det være et veisikringsanlegg. Hvis mengde og type trafikk på vei eller jernbane endres, må infrastrukturforvalter vurdere om det er nødvendig med et veisikringsanlegg på andre planoverganger. Dersom det er planoverganger uten veisikringsanlegg, eller bevoktning, skal hastigheter over planovergangen tilpasses siktforholdene. På denne måten kan veifarende passere over med tilstrekkelig tidsmargin.

På dobbeltsporede strekninger og på strekninger der hastigheten er høyere enn 160 km/t, er det ikke tillatt med planoverganger. Det skal heller ikke bygges nye planoverganger. For driftsbanegårder, godsterminaler og havnespor samt anleggsområder, som er stenget for alminnelig ferdsel, gjelder ikke dette.

2.2.1.2 Teknisk regelverk – Overbygning/Vedlikehold/Planoverganger

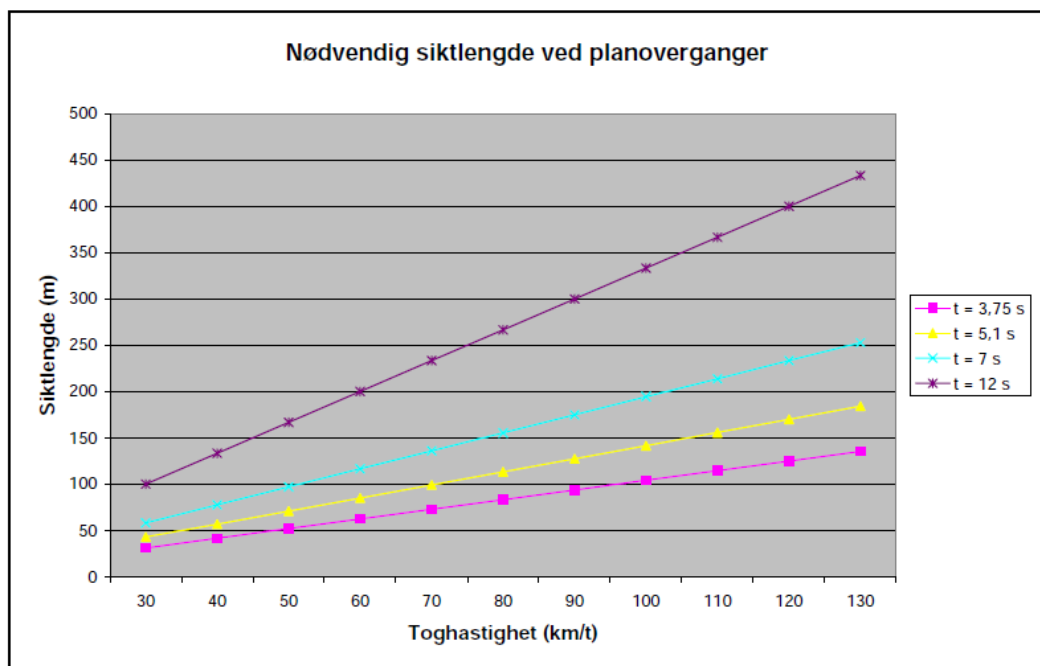
I dette kapitlet av Teknisk regelverk (2013) er det gitt krav og retningslinjer for hvordan man på en sikker måte kan krysse jernbanen i samme plan. Det blir gitt krav til sikkerhetstiltak og krav til vedlikehold av PLO.

Når det gjelder siktkrav skal det være fri sikt for bilfører så langt langs toglinjen at det er trygt å krysse linjen. Hvis det er en usikret PLO skal siktlengden aldri være kortere enn 50 m, fra PLO til tog. For usikrede PLO blir dimensjonerende kjøretid over PLO gitt av hva slags kjøretøy som krysser, og er gitt i tabellen under.

Tabell: Viser dimensjonerende kjøretid over usikrede planoverganger for ulike kjøretøy.

Dimensjonerende kjøretøy	Kjøretid, t (sek)
Personbil (P) / mindre lastebil (LL)	5
Lastebil (L), traktor uten henger	7
Stor lastebil (ST), traktor med henger etc.	12
Tyngre vogntog (VT) etc.	12 ⁵
Dersom PLO bare benyttes av fotgjengere	3,75 ⁶

Ved måling av sikt, skal dette skje 6,0 m fra spormidt i det aktuelle kjørefeltet, og det skal aldri måles nærmere enn 4,0 m fra spormidt. Sikten skal måles i høyde 1,10 m over vei og 2,0 m over skinne. Om PLO bare benyttes av fotgjengere kan sikten måles 2,5 m fra spormidt og i høyde 1,5 m. Sikten skal måles i alle retninger, fra et kjørefelt skal det da måles i og mot togets kjøreretning. Ved usikrede PLO skal det benyttes et “orienteringssignal”.



Figur: Viser sammenhengen mellom nødvendige siktlengder og dimensjonerende kjøretid over planoverganger.

⁵ Ved dimensjonering for denne klassen skal man i tillegg vurdere følgende forhold knyttet til sikker passering: 1: veg føring, 2: behov for ringerutiner eller vaktmann, 3: midlertidig lavere kjørehastighet for tog.

⁶ Når t = 3,75s benyttes, tilsier dette en ganghastighet på 1,2 m/s.

Andre tiltak som kan være med på å øke sikkerheten ved PLO er nedleggelse/fjerning, forbedring av vegkvaliteten, avtale om bruksbegrensninger, etablering av nye varslingsystemer og redusering av toghastigheten.

Hvis man tar i bruk ny toghastighet, må det beregnes nye siktkrav ut i fra den nye hastigheten. Ved vurdering av ny toghastighet (lavere hastighet en dagens) må det samfunnsøkonomiske tapet vurderes opp mot forlenget kjøretid.

2.3 Risiko og jernbanen

Innen jernbanevirksomheten som er et samspill mellom kjøretøy, trafikkstyring og infrastruktur kan en ikke legge risiko over på hvert enkelt element, men se risikoen som et produkt av elementene i jernbanevirksomheten.

JBV har et ansvar med tanke på risiko i grensesnittet mot andre aktører, og arbeider systematisk for kontinuerlig forbedring av sikkerheten for å unngå skade på mennesker, miljø og materielle verdier (Jernbaneverket 2013). Arbeidet med sikkerhet gjøres gjennom undersøkelser og analyser av uønskede hendelser og utføres i alle linjeorganisasjonens avdelinger. Dette arbeidet, samt resultatene, dokumenteres i risikovurderinger. Disse vurderingene skal inngå som beslutningsstøtte der det skal tas beslutninger av sikkerhetsmessig betydning eller under store usikkerheter.

Gjennom Jernbaneinfrastrukturforskriften fremkommer det at det ikke skal bygges nye planoverganger med unntak av der det er stengt for alminnelig ferdsel.

PLL⁷ for planoverganger på det norske jernbanenettet er 3,50. Dette utgjør ca. 38 % av den totale PLL (9,13) på jernbanenettet. Det er forskjellige attributter som påvirker PLL – verdien for PLO. Dette er blant annet: *sikringstype, siktkrav, er trafikant kjent med PLO, kvaliteten på vegen som krysser PLO, stigning/fall på vegen, veiutforming inn mot PLO, om PLO brukes av barn og om kjøretøy blir stående på PLO.*

⁷ Potential loss of life

Risikovurderinger innen jernbanevirksomheter skal gjennomføres for å fastslå *om driften av virksomheten* er innenfor akseptabel risiko (Sikkerhetsstyringsforskriften 2011). Vurderingene skal gjennomføres gjennom alle virksomhetens faser.

I neste kapittel vil utarbeidede akseptkriterier i forhold til jernbanevirksomhet og risiko bli gjennomgått.

2.3.1 Risikoakseptkriterier

Her vil det bli presentert risikoakseptkriterier, slik de er gitt i Jernbaneverkets sikkerhetshåndbok (2013).

De utarbeidede risikoakseptkriteriene blir benyttet i Jernbaneverkets risikovurderinger for å avgjøre om de fremkomne løsningene/resultatene er innenfor akseptabelt området. For jernbanen er det i alt tre typer kriterier knyttet til risiko, og disse skal alltid være oppfylt. De tre kriteriene er samfunnsrisiko, individuell risiko og ALARP⁸.

Det er viktig å huske på at risikoakseptkriterier ikke er et mål som skal oppnås, men at de er kriterier man bruker for å sjekke om risikoen ligger innenfor et akseptabelt område.

Samfunnsrisikokriteriet er en øvre grense for akseptert risiko på det totale jernbanenettet i Norge. Akseptkriteriet for samfunnsrisikoen er 11 drepte per år. Dette kriteriet tar utgangspunkt i den historiske dødeligheten. Kriteriet for samfunnsrisiko gjelder for eksisterende infrastruktur og er per definisjon møtt dersom situasjonen har vært der i mange år.

Kriteriet for individuell risiko skal sikre at enkeltpersoner ikke blir utsatt for uakseptabel høy risiko. Dette kommer av at akseptabel samfunnsrisiko kan være skjev fordelt slik at enkeltindivider kan bli utsatt for høy risiko. Kriteriet vil derfor sikre at alle individer blir sett på av et eget kriterie for enkeltindivider.

⁸ As Low As Reasonably Practicable: *Alle tiltak som med rimelighet kan iverksettes skal iverksettes.*

Akseptkriteriet for 2. og 3.person (henholdsvis reisende og andre berørte) er 10^{-4} (sannsynlighet for død per år), mens akseptabelt nivå for 1.person (lokfører og banepersonell) er en FAR-verdi $< 12,5$.

For 2. og 3. person er kriteriet på en form som gjør det mulig å sammenligne risikoen med en annen aktivitet i hverdagen (Sikkerhetshåndboken, Risikoakseptkriterier 2013).

ALARP-prinsippet/ -kriteriet skal sikre at alle tiltak som kan settes i gang gjennomføres, og gjelder der risikoen kan betraktes som uakseptabel.

Risikoakseptkriteriene, sammen med ALARP – prinsippet skal sikre kontinuerlig forbedring og lavest mulig risiko i arbeidet med å forbedre sikkerheten.

Risikoakseptkriteriene skal alltid være møtt. Utsjekk av dem kan skje gjennom gitte resonnementer. Disse resonnementene er:

- **Standard løsning (og at denne dekker alle farer):** «akseptabel andre steder; akseptabel her».
- **Risiko lavere enn før:** «akseptabel før; akseptabel nå»
- **Risikoen ved løsningen øker med mindre enn 1 % av risiko på strekningen:** «akseptabel før; liten endring; akseptabel nå»

3. Teorigrunnlag

I dette kapitlet vil teori som skal hjelpe til med å belyse problemstillingen bli presentert. Det vil begynne med en gjennomgang av risikovurdering. Hva det er og hvordan dens plassering er i forhold til en større risikostyringsprosess vil bli gjennomgått. Innunder risikovurderingen vil risikoanalyse og risikoevalueringen falle naturlig inn. Disse vil derfor også bli gjennomgått og forklart. En risikoanalyse skal beskrive risiko og hensikten er at den skal hjelpe beslutningstakeren til å fatte de riktige beslutningene, og en må derfor prøve å avgjøre «godheten» av beslutningene. Det vil derfor på bakgrunn av dette være nødvendig å få en innsikt i hva en beslutning er. «Godheten» av en beslutning er vanskelig å forklare på grunn av flere synspunkter angående hva en god beslutning er. Før vi blir presentert for hva en beslutning er vil først *risiko* og *usikkerhet* bli gjennomgått. Beslutninger og usikkerhet blir ofte sett på i sammenheng, spesielt i en risikokontekst. Usikkerhetsbegrepet vil derfor også bli gjennomgått.

Til slutt i teorikapitlet vil begrepet sannsynlighet og hva en modell er, bli beskrevet i forhold til sikkerhet og risiko.

For teorigrunnlaget er det valgt å ta utgangspunkt i mange av Avens definisjoner og synspunkt. Dette er ikke valgt fordi det er den rette måten eller at de andre er feil, men fordi denne teorien er funnet å være spennende og passer bra med analysen som kommer senere i oppgaven. JBV bruker også noe av Avens tankegang i sin definisjon av risiko.

Det er viktig å huske på at det innenfor risikofaget er mange forskere og fagfolk, hvor disse ikke vil se alt på samme måte. Det «ståstedet» man velger å ta har noe å si for hvordan man ser på risiko.

3.1 Risikovurdering

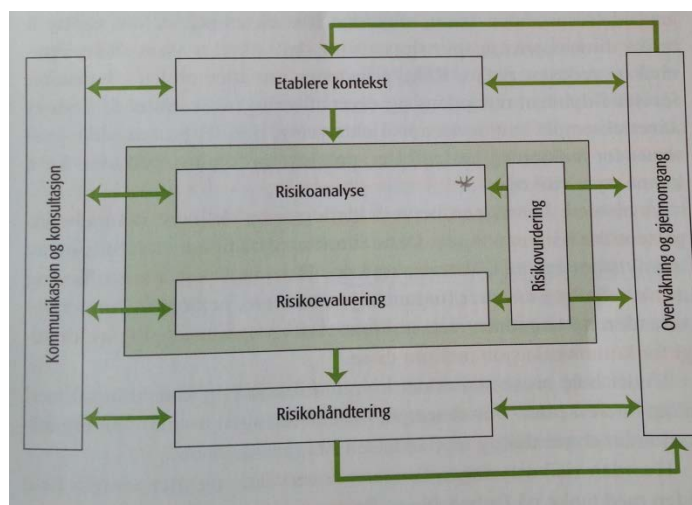
Det vil først i dette underkapitlet bli presentert hvor, i en større risikostyringsprosess, risikovurdering kommer inn. Det begynner derfor med en fremstilling av risikostyringen. Deretter blir risikovurderingen gjennomgått mer i detalj.

“Med risikostyring forstås alle tiltak og aktiviteter som gjøres for å styre risiko” (Aven 2007).

Med risikoanalyse, risikoevaluering og -håndtering har vi i følge Rausand og Utne (2009) risikostyring. Gjennomføringen av risikostyringen skjer som en tradisjonell styringsprosess (Aven 2007). Elementene i denne prosessen er kartlegging av situasjonen og problemformulering, målformulering, søking etter alternative løsninger som kan møte målene, analyse og utredning av løsningsalternativene og valg og gjennomføring av løsning.

“Formålet med risikostyringen er å sikre den riktige balansen mellom det å utvikle og skape verdier, og det å unngå ulykker, skader og tap” (Aven 2007).

Den styringsprosessen som risikostyringen følger kan spesifiseres. Denne prosessen kan da se ut som vist i figuren under. Risikostyringsprosessen er en iterativ prosess som betyr at en repeterer en handling til en oppnår et ønsket mål eller resultat.



Figur: Risikostyringsprosessen med risikovurderingens «plass» (Aven 2007).

I bedrifter og etater er risikostyring og håndtering av usikkerhet daglige utfordringer. *Hvordan skal en på best mulig måte balansere konflikten mellom det å utforske muligheter på den ene siden og det å unngå tap, ulykker og katastrofer på den andre siden?*

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) ser på risikostyringen som en prosess for å definere hvilke områder og uønskede hendelser man skal

gjøre risikoanalyser av, gjennomføre risikoanalysene, evaluere risikoresultatene, om risikonivået er forsvarlig eller ikke, og iverksette eventuelle risikoreduserende tiltak.

I det videre vil risikovurderingen bli gjennomgått.

En risikovurdering er en del av en mer omfattende risikostyringsprosess (se figur over). I Aven (2007) deles risikovurderingen inn i to hovedelementer; risikoanalyse og risikoevaluering. Rausand og Utne (2009) ser på risikovurderingen som en samlet prosess bestående av tre faser; planlegging, risikoanalyse og risikoevaluering. Det er også innen annen litteratur og standarder normalt at risikovurderingen inkluderer både risikoanalyse og risikoevaluering. Modarres (2006) ser på risikovurderingen som en formell og systematisk analyse for å identifisere og kvantifisere frekvenser/ sannsynligheter, samt alvorligheten av tapene av eksponeringen for farer.

Generelt kan en risikovurdering brytes ned til å svare på tre grunnleggende spørsmål:

1. Hva kan gå galt?
2. Hvor sannsynlig er det?
3. Hva er tapene (konsekvensene)?

Gjennom det første spørsmålet finner man frem til, gjennom identifisering, et sett av uønskede hendelser. Ved hjelp av det andre spørsmålet estimerer man sannsynligheten/ frekvensen av de identifiserte uønskede hendelsene, funnet i spørsmål 1. I det siste spørsmålet estimerer man “størrelsen” for potensialet av tapene.

Identifiseringen av risikoscenarier mener Modarres (2006) er én av de viktigste egenskapene ved risikovurderingen. Ved å finne alle slike risikoscenarier, fra identifiseringen av basis/initierings hendelse til de uønskede konsekvensene, kan man skape et fullstendig bilde av risikoen for et system.

Innen alle JBV aktiviteter, både utredning, planlegging, drift og vedlikehold, trafikkstyring, togframføring og administrative prosesser, skal risikovurderinger inngå som beslutningsstøtte for alle beslutninger av sikkerhetsmessig betydning eller der beslutninger er beheftet med stor usikkerhet. Hvilken metode og

omfanget som velges for risikovurderingene, avhenger av kompleksiteten og graden av usikkerheten i problemstillingen.

Hvordan risiko blir kommunisert til publikum er viktig for å få tillit. Denne kommunikasjonen er viktig innenfor analysen og evalueringen og man må inn i en dialog med publikum for at sikkerhetsarbeidet skal lykkes. Risikovurdering blir derfor ikke bare begrenset til hvordan fysiske prosesser blir vurdert (Aven m.fl. 2004).

Etter NS⁹ 5814 skal en risikovurdering omfatte én eller flere konklusjoner. Disse skal være entydige, presise og robuste slik at beslutningstaker kan foreta en beslutning. Risikovurderinger skal også i følge NS 5814 dokumenteres, dette kan for eksempel være i form av rapporter. I JBV er risikovurderingene dokumentert i rapporter, det er disse rapportene denne oppgaven tar utgangspunkt i.

Det er viktig å huske på at det ut i fra hvilken litteratur en referer til, vil være forskjellig bruk av hva som inngår i risikovurderingen. Det kan også være slik at man bruker begreper om hverandre, slik som når man mener risikovurdering men spør etter en risikoanalyse. For å unngå forvirring omkring begreper er det derfor valgt å referere til Aven sin bruk av begrepene risikoanalyse, risikoevaluering og risikovurdering.

Risikovurderingen er totaliteten av risikoanalysen og – evalueringen (Aven 2007, s.15).

Videre vil disse begrepene bli presentert med utgangspunkt i slik Aven fremstiller dem.

3.1.1 Risikoanalyse

Her vil det først bli en gjennomgang av hva en risikoanalyse er og hva/ hvor den kan brukes. Deretter vil styrker og svakheter ved bruk av risikoanalyser bli gjennomgått.

Man kan begynne med å si at en risikoanalyse er en analyse av risiko. Man prøver å skaffe seg innsikt om risiko med tanke på en gitt aktivitet eller et gitt system

⁹ Norsk Standard

(Aven 2007). Det prøver man å gjøre gjennom en systematisk gjennomgang av all tilgjengelig data og det finnes flere forskjellige metoder å gjøre dette på, se figur under. Denne oppgaven vil bruke feiltreanalyse.

En risikoanalyse kan gjennomføres enten kvalitativt eller kvantitativt. Et fellestrekk ved alle analyser er at de begynner med en kartlegging av farer. Dette arbeidet må være systematisk. Gjennom analyser av risiko prøver man å finne ut av hvordan fremtiden vil se ut når vi følger et løp av handlinger (Kaplan og Garrick 1981). I gjennomføringen av analysen må man også ha en innsikt i atferdsfag og organisasjonen. Det er også nødvendig med kjennskap til hvordan mennesker handler under sterkt press (Aven 2006).

Når risikoen er blitt gjort rede for gjennom analyser, kan dette være et beslutningsverktøy for valg av løsninger og tiltak. Detaljnivået for en risikoanalyse avhenger av flere forhold slik som analyseobjektet og hva den skal brukes til (Rausand & Utne 2009). Når det foreligger en ferdig risikoanalyse kan denne brukes som et hjelpemiddel i en beslutningssituasjon.

Et viktig moment ved risikoanalyser er at de må ha en klar definert målsetting. Denne bør reflektere den informasjonen som beslutningstakeren har behov for (Rausand & Utne 2009). For at analysen skal være så nøyaktig som mulig er det viktig at den blir basert på fakta og at det bli minst mulig synsing. Usikkerheten i risikoanslag i analysen bør bli beskrevet så godt det lar seg gjøre.

Ved å gjennomføre risikoanalyser kan dette danne grunnlag for å prioritere mellom løsninger og tiltak slik at man kan komme frem til den mest gunstige beslutningen. Videre kan resultatene fra en slik analyse evalueres opp mot risikoakseptkriterier for å se om risikoen er akseptabel. Utførte risikoanalyser kan også være med på å skaffe kompetanse og motivasjon for systematisk sikkerhetsoppfølging (Aven 2006).

I en kvantitativ risikoanalyse, som denne oppgaven skal ta i bruk, prøver man å estimere risiko/ usikkerhet ved hjelp av sannsynligheter. Her vil det bli brukt subjektive sannsynligheter. Det er også behov for kjennskap til matematiske/ statistiske begreper for å gjøre beregninger i analysen (Aven 2006).

For at en risikoanalyse skal ha noen verdi, må det være et klart mål med den. Dette må komme klart frem og være forstått før man begynner med arbeidet av analysen. Analysearbeidet må også være systematisert og strukturert og alle antakelser og forutsetninger må dokumenteres. Ettersom det i en risikoanalyse skal redegjøres for en risiko er det hensiktsmessig å beskrive denne både kvalitativt og kvantitativt. Det er også viktig at analysen er transparent og at den kan bli forstått av alle involverte. *Offentlig deltakelse skal tilstrebes – spesielt i vurderingen av risiko* (Rausand & Utne 2009).

Det finnes en rekke analysemetoder, hvorav noen av de mest brukte er gitt i tabellen under. Rekkefølgen av vanskelighetsgraden til de forskjellige metodene baserer seg på hvordan Rausand & Utne (2009) rangerer de.

Tabell: Viser forskjellige analysemetoder og vanskelighetsgrader (Rausand & Utne 2009).

Metode:	Type resultat:	Vanskelighetsgrad:
Grovanalyse	Kvalitative/ semi-kvantitative	Lett
FMEA	Kvalitative, med kvantitative data om feilrater er kjent	Lett
HAZOP	Hovedsakelig kvalitative, med potensiale til kvantitative	Middels
SWIFT	Kvalitative	Lett
FTA	Kvalitative/ Kvantitative	Høy
ETA	Kvalitative/ Kvantitative	Middels

For utdypning og forklaring til de forskjellige metodene henvises det til relevant faglitteratur (se for eksempel Aven 2006; Rausand & Utne 2009).

3.1.2 Risikoevaluering

Risikoakseptkriterier og risikoanalyse brukes ofte i forbindelse med hverandre og dette danner grunnlag for risikoevalueringen. Resultatene fra risikoanalysen evalueres i risikoevalueringen. Både Aven (2012) og Rausand & Utne (2009) mener at risikoevaluering er en prosess der risiko, beskrevet eller beregnet, sammenlignes mot gitte kriterier.

Vi kan nå sette opp en sammenheng mellom risikovurdering, risikoanalyse og risikoevaluering:

$$\text{Risikovurdering} = \text{risikoanalyse} + \text{risikoevaluering}$$

3.2 Risiko

Det har blitt skrevet mye om risiko i det som har blitt gått gjennom så langt, uten at begrepet risiko har blitt definert. Men det er valgt å presentere teorien på denne måten fordi man da først blir presentert for hvordan en risikovurdering blir sett på. Videre vil risikobegrepet bli gjennomgått.

Risiko er noe som omhandler fremtiden. I mange sammenhenger er det ofte sånn at man forstår risiko som sannsynlighet ganger et mulig tap. Dette er ikke en tilfredsstillende måte å forstå et såpass komplekst og abstrakt begrep. En god forståelse av begrepet vil hjelpe til med å danne et rammeverk for risikostyringen. Den oppfatning og forståelse man har for risiko gjør seg gjeldende når vi skal prøve å styre sikkerhet og risiko i en ønsket retning.

Risiko blir ofte sett på som noe negativt, både i litteraturen og i dagligtale. Det som gjør risikobegrepet så vanskelig å forstå er at risiko ikke alltid er noe negativt. Risiko kan også være noe positivt, noe man er ute etter å oppnå. De som driver med ekstrem sport opplever risiko som noe positivt, ved å mestre den utfordringen de har satt seg som mål.

Risiko innenfor Jernbaneverket blir sett på som en sammensetting *av forskjellige elementer – hendelser, konsekvenser, usikkerhet, sannsynligheter og kunnskap om saken* (Jernbaneverkets LUKS – kompendiet 2012).

Det finnes mange definisjoner på risiko innenfor ulike sektorer og det kommer an på hvilket perspektiv man legger til grunn. For at fagfolk fra ulike sektorer og bransjer skal jobbe sammen i arbeidet med risiko er det derfor viktig med en felles forståelse av dette begrepet. Det vil derfor først bli gjennomgått forskjellige perspektiver på risiko. Senere i kapittelet vil det bli definert hvordan risiko blir sett på i denne oppgave.

Det er ofte to perspektiver på risiko som skiller seg ut. Det er et økonomiperspektiv og et vi her kaller ingeniørperspektivet (det teknisk – naturvitenskaplige perspektivet). Før var dette to veldig sprikende perspektiver, men har i senere tid kommet nærmere hverandre.

Innen ingeniørperspektivet er det vanlig å definere risiko som et *forventet tap*. I nyere definisjoner sier man at risiko er kombinasjonen av mulige konsekvenser og tilhørende sannsynlighet.

For økonomiperspektivet definerer man gjerne risiko som usikkerheten rundt *forventningsverdien*. Økonomene bruker forventningsverdien som et referansepunkt.

Som det fremgår av perspektivene ovenfor er forventningsverdien viktig i definisjonen av risiko. *Forventningsverdien er et nøkkelkonsept i risikoanalyser og risikostyringen* (Aven 2010). Men å ensidig basere seg på forventet tap i en risikosammenheng er ikke tilfredsstillende. Det er ikke alltid forventet verdi gir nok informasjon om det som er nødvendig for å ta en beslutning. Faktorer som nytte, ønskelighet og tilfredshet må også bli tatt i betraktning. Når en beslutningstaker på samfunns- eller organisasjonsnivå styrer risikoen med tanke på å redusere den er det også viktig at de tar inn i vurderingen hvordan folk sosialt og kulturelt skaper sin egen risikoforståelse.

En definisjon av risiko som vil bli brukt i denne oppgave er: *risiko er en kombinasjon av konsekvenser (utfall) og tilhørende usikkerhet* (Aven 2007, s.41). Fra denne definisjonen er det spesielt to komponenter som må tas hensyn til. Det er konsekvenser og usikkerheter. Når usikkerheten uttrykkes med sannsynligheter kvantifiserer man risiko. I det følgende vil denne definisjonen bli forklart.

Risiko blir i denne oppgaven sett på som en idé om at den er hendelses – konsekvensbasert med tilhørende usikkerhet. Vi kan da utlede følgende: Tenk på en hendelse/ aktivitet, virkelig eller fiktiv. Denne aktiviteten kan føre til en fremtidig konsekvens C, som er ukjent. Hva konsekvensen vil være er uvisst. Konsekvensen(e) er med hensyn til noe som mennesker verdsetter (Aven 2012), som for eksempel miljøet, eiendeler, mennesker, etc. I stedet for å kun beskrive konsekvensene C, blir den ofte delt opp i hendelse A, og deres tilhørende konsekvens C, de tilhørende usikkerhetene kan en betegne U. Risiko kan da skrives som en forkortelse (A, C, U).

Ofte er det ønskelig å tallfeste denne usikkerheten ved hjelp av sannsynligheter. Dette prøver man å gjøre gjennom risikoanalyser der det samles inn informasjon og kunnskap om anlegget, systemet eller den samfunnsviktige funksjonen som brukes for vurdering av usikkerheten. Kvantitative risikoanalyser er i hovedsak bygget på en teknisk naturvitenskapelig forståelse av risiko, hvor risiko defineres som en funksjon av sannsynlighet ganger konsekvens (Aven m.fl. 2004). Selv om dette er en god metode for å vurdere risiko/usikkerhet på, kommer man ikke unna det at det er gjort en vurdering sett gjennom øynene på noen (analytikerens). En gjennomgang av risikopersepsjon vil derfor bli gitt i det neste avsnittet.

3.2.1 Risikopersepsjon

Hvordan man oppfatter risiko har en betydning for hvordan vi vurderer risikoen (Rausand & Utne 2009). Det kan for eksempel være slik at det en person ser på som høy risiko kan en annen person vurdere som lav risiko.

Man konkluderer ofte raskt med at ekspertene er de som sitter med “sannheten” når det gjelder risiko og sikkerhet. En påstår at lekfolk og andres risikoopplevelse er styrt av følelser og irrasjonelle forhold, men at dersom de får tilstrekkelig kunnskap vil de se sannheten. Dette er tilfellet innenfor mange miljøer. Denne objektive, reelle (sanne) risikoen mener Aven (2007) ikke finnes, den er umulig å måle.

Risikopersepsjon handler om hvordan mennesker forstår, opplever og håndterer risiko og farer på (Aven m.fl. 2004). I det store norske leksikon¹⁰ blir risikopersepsjon sagt å være en persons subjektive oppfatning av risiko; hva er folk tilbøyelig med å betrakte som farlig og utrygt.

Det er forskjellige faktorer som påvirker en persons risikopersepsjon. Disse faktorene kan være mye forskjellig, blant annet hvor man kommer fra, om man har opplevd ulykker som følge av en lignende hendelse, om man er kjent med systemet (bilveien, toglinjen), om man er en «våghals» (personlighetstrekk), osv.. Dersom man selv kan kontrollere hva som skjer i forbindelse med en hendelse i forhold til en hendelse hvor man ikke har kontroll, vil man ofte påstå at den aktiviteten man *ikke* har kontroll over er mer risikofylt enn den andre. For eksempel vil noen føle at de er mer utsatt for ulykker når de er en passasjerer i en bil enn ved å selv være sjåfør.

Tillitt blir derfor også et sentralt tema i denne sammenheng. Man må ha tillitt til de utførende av en risikoanalyse. Forskere innen risikopersepsjon er også opptatt av hvordan risiko kommuniseres.

Dersom ikke risiko blir kommunisert på en ordentlig måte mellom eksperter og lekmenn, kan dette føre til misnøye mellom publikum og myndigheter/eksperter. Denne misnøyen kommer av at lekmenn og eksperter har forskjellige syn på risiko.

Det som derfor er viktig for beslutningstakere, er å formidle hva, hvordan og hvorfor de har gjort de vurderingene og tiltakene som de har gjort. På denne måten kan man få alle til å “tenke” på risiko og sikkerhet i samme retning.

På samme måte som for risiko er det flere måter å forstå risikopersepsjon på. Risiko blir ofte brukt, i sikkerhetsstyringen, til å beskrive sikkerhetsnivået til en aktivitet. Disse begrepene blir både i dagligtale og faglig sammenheng ofte brukt om hverandre. Det er en åpenbar forskjell i betydningen av begrepene, *men forskjellen vil oftest være på linje med å beskrive et beger som halvfullt eller halvtomt* (Aven m.fl. 2004). Ulike ståsted kan føre til ulike risikovurderinger av samme fenomen.

¹⁰ www.snl.no/risikopersepsjon

3.3 Usikkerhet

Når man skal ta beslutninger angående risiko blir dette gjort under usikkerhet. Man vet ikke med 100 % sikkerhet hva som vil skje i fremtiden, men vi kan prøve å styre risikoen gjennom å ta de «riktige» valgene. Usikkerhetsbegrepet vil derfor bli gjennomgått, men først vil det bli sett på hva man legger i sikkerhetsbegrepet.

Sikkerhet og risiko blir ofte sett på i sammenheng. Man sier ofte at når sikkerheten er høy er risikoen lav, og omvendt. Hvis vi ser på disse to begrepene i samme perspektiv vil det være umulig å oppnå absolutt sikkerhet. Dette er fordi risiko aldri kan bli null, fordi det i all menneskelig aktivitet vil være en risiko tilstede (Store norske leksikon¹¹). Hvis vi hadde vært risiko-sky ville ikke samfunnet gått fremover. Det som ofte blir brukt om sikkerhet er at det blir brukt som forebyggende tiltak for å redusere sannsynligheten for at noe uønsket skal inntreffe (Aven m.fl. 2004). Det er flere nyanser av sikkerhetsbegrepet enn bare at det blir brukt som et forebyggende tiltak. Det kan relateres til det *fysiske miljø*, og *menneskelige og sosial faktorer* og ulike *nivå og faser*. Med nivå tenkes det her på individ, organisasjon og samfunn. Med faser menes her prosesser som planlegging, drift og endring/avvikling. En egenskap ved sikkerhet er at den kan bli påvirket i stor grad av våre handlinger og valg. En definisjon på sikkerhet er “*frihet fra de forhold som kan forårsake død, skade, arbeidsrelatert sykdom, skade på eller tap av utstyr eller eiendom, og skade på miljøet*” (Rausand & Utne 2009, s.369).

Man kan forstå usikkerhet som mangel på kunnskap (Aven 2012). Når det finnes usikkerhet i en vurdering av risiko, noe det ofte er, vil dette gjøre det vanskelig å forutsi utfallet (Aven 2007). Usikkerheten kan være både stor og liten. Om usikkerheten er stor kommer det an på kompleksiteten til systemet, om det er ny teknologi, tidshorisonten, kompetansen til de som foretar vurderinger og erfaringsdata. Usikkerheten i risikoanalyser deles ofte inn i to: en stokastisk (aleatorisk) usikkerhet som stammer fra variasjon i populasjonen, og en kunnskapsbasert (epistemisk) usikkerhet som kommer fra mangelen av basiskunnskaper av fundamentale fenomener. Epistemisk usikkerhet kalles også

¹¹ <http://snl.no/sikkerhet>

for subjektiv usikkerhet og modellbasert usikkerhet. Denne vil bli gjennomgått mer i detalj.

Den epistemiske usikkerheten kan sies å uttrykke analytikerens «grad av tro» for at en hendelse vil inntreffe. Ettersom denne usikkerheten skyldes mangel på kunnskap kan den la seg redusere. Dette kan skje ved å få tilgang på mer kunnskap og informasjon. Denne type usikkerhet er en form for grad av uvitenhet (Rausand & Utne 2009). Uvitenheten kan videre deles inn i to: bevisst uvitenhet og ubevisst uvitenhet. Av disse er det den ubevisste uvitenheten som er den «farligste». Dette fordi en tror at man vet når en i virkeligheten ikke vet, man er uvitende.

I en risikoanalysesammenheng kan betydningen av usikkerheten(e) være forskjellig. Hva usikkerheten betyr har mye å gjøre med hvilket perspektiv man ser usikkerheten i. Dersom et klassisk perspektiv på risiko og sannsynlighet benyttes ligger usikkerheten i estimatene, modellene, om hva som er “riktig” sannsynlighet, forventning og parametere. I et alternativt perspektiv er man mer interessert i det som er usikkert og om dette vil inntreffe eller ikke (Aven 2006). Usikkerhet måles ofte med sannsynligheter.

3.4 Beslutninger

Alle tar vi beslutninger. En beslutning kan være så enkel som å bestemme seg for å krysse gaten. Dette kan man velge å gjøre ved et fotgjengerfelt eller et annet sted langs veien. Beslutningen om hvor du vil krysse veien tas på bakgrunn av den kunnskapen og erfaringen du har fra å krysse veien. Hva man velger å gjøre kommer an på hva man legger vekt på, *kriteriene* for valget. En beslutning kan tas ubevist eller bevist, og med eller uten et mål. Når man skal ta beslutninger med tanke på risiko, tas beslutninger ofte med et klart mål: å redusere risikoen.

Risiko handler ofte om noe vi ikke vil skal skje, men som kan skje i fremtiden. Ettersom risiko er noe som kan skje i fremtiden er beslutninger som tas, tatt under usikkerhet. Innen risikostyring må man ofte ta beslutninger i situasjoner med høy risiko og stor usikkerhet. Vi kan her bruke eksempelet i innledningen, med verdensromplanene til Kennedy. Beslutningstaking under slike forhold er

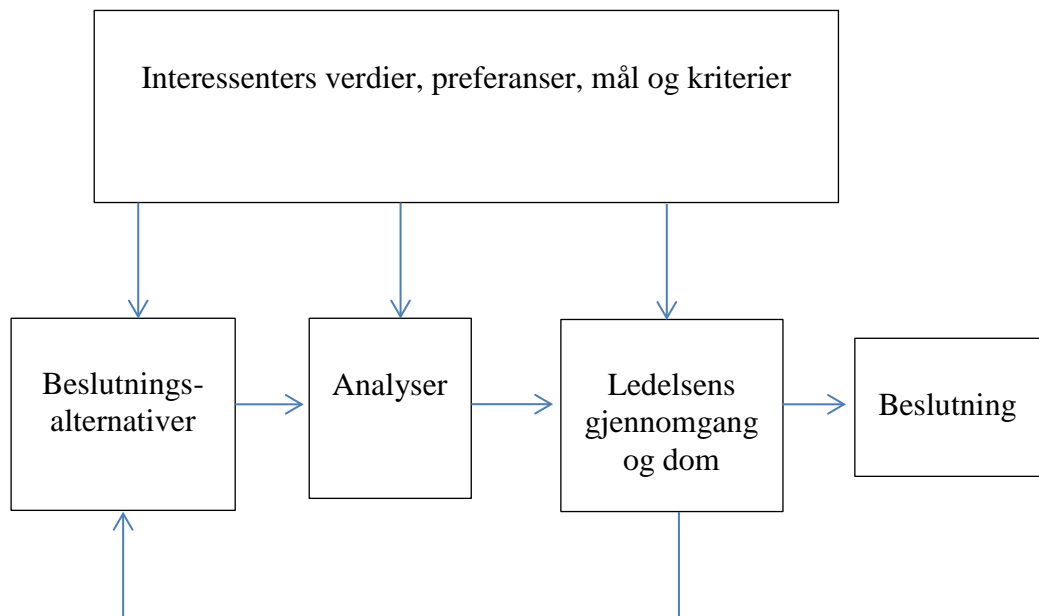
utfordrende ettersom det er vanskelig å forutsi hvilke konsekvenser utfallet får. Det er en leders ansvar å ta de “riktige” beslutningene under usikkerhet. Med riktig her tenkes det på en beslutning som passer best med kriteriene for beslutningen og som, sett på i ettertid, var det mest lønnsomme.

Gjennom risikoanalyser får beslutningstakere beslutningsstøtte. Man må huske på at en risikoanalyse ikke gir det rette svaret. Analytikerne fremlegger beslutningsstøtte, ikke beslutningen. Materialet i risikoanalysen må gjennomgås av beslutningstakere før en beslutning kan tas. Det er viktig at beslutningstaker og analytikerne får en felles forståelse av beslutningsgrunnlaget. Dette må man ha fordi det er et sprang fra beslutningsgrunnlaget og beslutningen (Aven 2010). En gjennomgang av grunnlaget er derfor viktig:

- Hvilken bakgrunnsinformasjon bygger analysen på?
- Hvilke antakelser og forutsetninger er gjort for analysen?

Man må prøve å redegjøre for all tilgjengelig informasjon vedrørende beslutningen som skal tas, men det vil ikke være mulig å finne alle svarene.

I figuren under vises det hvordan man kan gå frem når man skal ta beslutninger under usikkerhet.



Figur: Modell for beslutningstaking under usikkerhet (Aven 2010).

En beslutning tas ikke bare for å redusere risikoen. En beslutning kan også være å akseptere risiko. Når man for eksempel tar toget har man tatt en beslutning som

medfører risiko, men man tar toget fordi nytten av å ta toget veier opp for risikoen dette medfører. Det er dermed tatt en beslutning om å akseptere risikoen som togreisen medfører. Denne aksepten av risiko må ikke blandes med risikoakseptkriterier, som sammen med risikoanalysen danner grunnlag for risikoevalueringen.

Den beste måten å avgjøre om en beslutning er god på er se på hvordan utfallet av valget er i ettertid. Dette er derimot en dårlig tilnærming for å ta beslutninger om risiko og lar seg ofte ikke gjøre. Denne utfall-konsentrerte mentaliteten må ikke skrinlegges helt, ettersom den gjør at man har et fokus på hva målet og preferansene er (Aven 2007). Men det hjelper oss ikke til å ta en god beslutning når det trengs.

Det å sammenligne forskjellige analyser opp mot hverandre kan også være med på å hjelpe til med å ta en «god» beslutning. Det å ha faktorer som kan sammenlignes er ofte ikke mulig i de aller fleste tilfeller. Hvordan kan man måle “godheten” av utfallene, ved sammenligning av forskjellige alternativer? Her er det en rekke faktorer som gjør seg gjeldende, blant annet kostnader, miljø og sikkerhetsspørsmål, rykte, og politiske problem som for eksempel sysselsetting. En annen ting som kan være avgjørende for at en beslutning kan bli god, er tilliten beslutningstaker har til analytiker(e).

3.5 Sannsynligheter

Som sagt tidligere bruker man ofte sannsynligheter til å beskrive usikkerhet og risiko. Her vil det bli gitt en liten innføring i begrepet sannsynlighet.

Sannsynligheter kan ha forskjellige fortolkninger (Aven 2007). Hvilken tolkning man bruker kommer an på hvilket valg av perspektiv på risiko og usikkerhet man har tatt. En sannsynlighet for en hendelse A blir ofte skrevet/ uttrykt $P(A)$ med en angitt verdi i intervallet $[0,1]$, og blir anvendt når det skal betraktes fremtidige situasjoner der antall utfall er flere. Et av disse utfallene vil inntreffe på et tidspunkt, uten at vi på forhånd kan si hvilket. De tilfellene der man ikke vet utfallet på forhånd, kalles for stokastiske situasjoner og det motsatte er deterministiske situasjoner. Hva som menes med sannsynlig ligger i hvilken

tolkning av sannsynlighet man tar i bruk. To ofte brukte fortolkninger er den klassiske om *objektive* sannsynligheter og et alternativ til denne, som er den *subjektive*. Hvilken fortolkning av sannsynlighetsbegrepet som legges til grunn kommer til å påvirke planleggingen, gjennomføringen og bruken i risikoanalyser.

I den objektive fortolkningen finnes det sannsynligheter som er gitt ved den relative andelen “suksesser” hvis situasjonen som betraktes blir gjentatt et stort antall ganger. Sannsynlighetene *estimeres* i praksis ved hjelp av erfaringsdata. Det er en sann, underliggende sannsynlighet som man ønsker å estimere.

Sannsynlighet kan da ses på som en *relativ frekvensfortolkning*. Her angir P andelen av ganger A vil inntreffe hvis man tenker seg at situasjonen som det ses på blir repetert et uendelig antall ganger under de samme betingelsene.

Det er ofte, innen risikoanalyser, ikke realistisk å anta at en hendelse kan gjentas et stort antall ganger under de samme betingelsene. En god tilnærming for å finne sannsynligheten for de forskjellige hendelsene er derfor ofte Bayesiansk statistikk. Her fokuserer man på det som egentlig er usikkert, om en hendelse vil inntreffe eller ikke. Denne sannsynligheten er subjektiv. Den subjektive fortolkningen av sannsynlighet er en måte å uttrykke den usikkerhet som er knyttet til hvorvidt en hendelse vil inntreffe eller ikke, eller hvor stor en viss størrelse er/vil bli osv. (Aven 2006). Man kan også forstå den subjektive sannsynligheten som et uttrykk for grad av tro (“degree of belief”). Ved en subjektiv sannsynlighet blir analytikerens usikkerhet uttrykt om hvorvidt hendelsen A vil inntreffe angitt. Det er her ikke nødvendig med et forsøk som kan repeteres mange ganger for å finne sannsynligheten for at hendelse A kan inntreffe. I dette perspektivet å se på sannsynlighet, er det ikke usikkerheten i $P(A)$ man uttrykker, men heller det usikre rundt hendelsen A (og f.eks. B_1 og B_2 , som må inntreffe for at hendelse A skal inntreffe) vil inntreffe. Man kan også bruke den subjektive sannsynligheten til å angi en sannsynlighet for hvilken grad av tro vi har for et gitt utsagn.

Ved bruk av dette Bayesianske sannsynlighetsperspektivet kan man bruke Bayes’ formel og denne kan så brukes til å oppdatere sannsynlighetene når det foreligger ny informasjon/kunnskap. Når dette perspektivet på sannsynlighet brukes, er det ikke nødvendig å diskutere usikkerheten i resultatene. Siden analysegruppen bruker sin grad av tro, bakgrunnsinformasjon og kunnskap som er tilgjengelig for

at en hendelse skal inntreffe, kan usikkerhet diskuteres med tanke på den informasjonen/ kunnskapen som analysegruppen har brukt i sin vurdering av forekomsten av de forskjellige hendelsene.

3.6 Modeller

Til slutt i teoridelen vil det bli gått gjennom hva som menes med en modell og hvilke data som trengs for å bruke dem.

En modell er en forenkling av virkeligheten. Når man skal velge en modell må man balansere ønsket om nøyaktighet med ønsket om å forenkle. Modeller kan være både kvalitative og kvantitative. Det er derimot funnet at en god modell inneholder både matematiske, sannsynlige og statistiske beregninger som gjenspeiler virkeligheten. Detaljert modellering er nødvendig for å identifisere kritiske faktorer som bidrar til risiko og som evaluerer effekten på risikoreducerende tiltak. Mens man i kvantitative modeller er opptatt av å teste hypoteser, dokumentert gjennom tabeller etc., er man i en kvalitativ modell opptatt av (blant annet) begreper, helhetlig forståelse og dokumentasjon gjennom *sitater*. Når data skal samles inn til bruk i kvalitative modeller blir dette ofte gjort gjennom feltobservasjoner og intervjuer. Innsamlingen gjenkjennes ofte med åpenhet og at analysen gjerne skjer samtidig med datainnsamlingen.

Når man skal gjennomføre kvantitativ modellering er det behov for datamateriale og da helst i form av tall. Dataen blir gjerne funnet gjennom eksperimenter og undersøkelser. Grunnlaget for all kvantitativ analyse av risiko er pålitelighets- og ulykkesstatistikk (Aven 2006). Denne dataen skal hjelpe til med å beregne sannsynligheter av basishendelser som kommer frem i feiltreene. Ulykkesdata kan brukes til blant annet å overvåke sikkerheten, analysere årsakene til ulykker og gi grunnlag for å vurdere effekten av tiltak. Dataen blir behandlet og strukturert før analysen gjennomføres.

Gjennom den kvantitative modelleringen brukes det sannsynlighetsmodeller. Når man skal forbedre sikkerheten er det nødvendig å ha oversikt over risikobildet og den risikoen som er knyttet til aktiviteten; hva slags ulykker forekommer,

hyppigheten av disse, tidsutviklingen, hvor de skjer, hvor faren for ulykker er særlig stor og skaden mest alvorlig.

Ved bruk av sannsynlighetsmodeller er det relevant å diskutere modellusikkerheten. Med modellusikkerhet menes avvik mellom en korrekt modell og den modellen som brukes (Aven 2007). Siden denne usikkerheten er vanskelig å uttrykke og måle, blir den ofte ignorert.

Statistiske modeller er av sin natur “backward looking”. Dette er fordi de bruker historisk data i analysen for å prøve å forklare/ si noe som *kan* skje i fremtiden, med en viss sikkerhet. Ved bruk av historisk data, til statistiske modeller, er det viktig at man kan gjøre en vurdering av risikoen. Dette er fordi man ikke evner å fange opp potensialet av en alvorlig uønsket hendelse. På samme måte vil en periode med mange uhell gi en overestimering av risiko.

3.7 Sammendrag

I dette kapitlet har det blitt sett på den teorien som skal hjelpe meg i å besvare problemstillingen: *hvilke styrker og svakheter finnes i Jernbaneverkets risikovurderinger av planoverganger?*

Som problemstillingen tilsier, er risikovurdering gjennomgått i dette kapitlet. I tillegg har begreper som direkte følger inn under risikovurderingen blitt gjennomgått. Disse begrepene er risikoanalyse og risikoevaluering.

Når man skal arbeide med risikoanalyser kommer man ikke bort fra å se på begrepet risiko. Risiko og usikkerhet er derfor sett på, ettersom disse to begrepene ofte blir sett på i sammenheng. Når man skal prøve å uttrykke risiko og usikkerheter benyttes sannsynlighet. Det har derfor blitt nødvendig å gjennomgå hva som legges i dette begrepet.

Til slutt i teorikapitlet har det blitt presentert hva som menes med modeller. Det er prøvd å bli vist at det er flere forskjellige modeller som kan brukes, men det er valgt i arbeidet med risikoanalyser, sannsynlighetsmodeller.

4. Metode

Før man samler inn data som skal hjelpe til med å besvare problemstillingen, mener Blakie (2010) at det må være en overveielse av hvilken data man ønsker og trenger å samle inn, hvor disse dataene skal komme fra og hvordan dataen vil bli valgt ut.

4.1 Bakgrunn for valg av metode

Formålet med denne oppgaven er å undersøke styrker og svakheter ved risikovurderinger utført av Jernbaneverket. Det er valgt å se på risikovurderinger som tar for seg planoverganger. Denne undersøkelsen vil bli gjort gjennom en komparativ studie. I den komparative studien sammenlignes to eller flere analyser/vurderinger mot hverandre. Denne oppgaven tar utgangspunkt i to kvalitative risikovurderinger som skal sammenlignes med to kvantitative analyser/vurderinger. Denne sammenligningen skal videre brukes til å finne styrker og svakheter ved de kvalitative risikovurderingene. Gjennom denne sammenligningen, av kvalitativ og kvantitativ metode (analyser), er det også ønskelig å se på hvilken tilleggsinformasjon, hvis det er nødvendig, som må finnes for å gjennomføre en analyse kvantitativt. Det er de kvantitative analysene som skal gjennomføres i denne oppgaven.

Det er funnet, etter undersøkelser på nett og bibliotek, at det har vært få som har tatt for seg en slik sammenligning av metoder. Dette har derfor økt interessen ytterligere for å gjennomføre det.

Den kvantitative metoden som er valgt som verktøy for analysene i denne oppgaven er feiltreanalyse. Selv om formålet ved å gjøre denne analysen er å beskrive risikoen ved planoverganger kvantitativt, kan denne metoden også la seg gjennomføres kvalitativt. Men som sagt er det den kvantitative delen av denne feiltreanalysen som det skal legges vekt på i denne oppgaven.

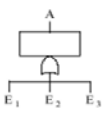
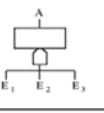
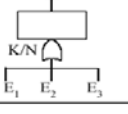

Gjennom en feiltreanalyse vil en kunne finne sammensettinger av feil som kan forårsake at en bestemt uønsket hendelse vil inntreffe; topphendelsen. Ved hjelp av sannsynlighetsregning kan en også komme frem til hva sannsynligheten for at den uønskede hendelsen vil inntreffe.

Det ble valgt å bruke feiltreanalyse som metode fordi man gjennom et enkelt og logisk diagram identifisere *forhold* og *faktorer* som kan forårsake en uønsket hendelse. Det var også et ønske om å få en bedre innsikt i hvordan denne analysemetoden er. Denne metoden vil bli nærmere beskrevet i neste del. Metoden og beskrivelsen av datainnsamlingen kommer senere.

4.2 Beskrivelse av metode

Som nevnt over er det valgt feiltreanalyse (FTA) som metode for de kvantitative analysene som skal gjennomføres. Hensikten med valget er at man gjennom denne metoden kan finne årsakene til en bestemt uønsket hendelse ved hjelp av deduksjon. Gjennom deduksjon prøver man å trekke logiske slutninger om enkelte hendelser ut fra allmenne observasjoner.

Et feiltre skal vise sammenhengen mellom en uønsket hendelse og de årsakene som forårsaker denne. Dette gjøres gjennom et logisk diagram som viser sammenhengen mellom inngangshendelser og topphendelsen ved bruk av logiske porter. Ofte brukte logiske porter er vist i figuren under.

	SYMBOL	BESKRIVELSE
LOGISKE PORTER	<p>"ELLER" port</p> 	ELLER-porten indikerer at utgangshendelsen A inntreffer hvis minst en av inngangshendelsene E_i inntreffer.
	<p>"OG" port</p> 	OG-porten indikerer at utgangshendelsen A inntreffer hvis alle inngangshendelsene E_i inntreffer.
	<p>"KooN" port</p> 	KooN-porten indikerer at utgangshendelsen A inntreffer hvis K eller flere av inngangshendelsene E_i inntreffer.
	<p>"Basis"-hendelse</p> 	Symbol for komponent i primær feiltilstand, oppstått under normal drift.

Figur: Viser vanlige logiske porter til bruk i FTA basert på Aven (2006) og Rausand & Utne (2009).

FTA er en topp-bunn analyse og starter med topphendelsen. Topphendelsen definerer feilmodus for systemet som skal analyseres. En FTA er en viktig logisk- og sannsynlighetsteknikk som blir brukt innen systemers pålitelighetsvurderinger (Li m.fl. 2013).

Vanskelighetsgraden for å gjennomføre denne type analyse er høy (Rausand & Utne 2009). Men hvor vanskelig den er kommer også an på systemets størrelse og om analytikerer har god kjennskap til systemet. Ut i fra disse faktorene kan tidsaspektet for gjennomføringen være alt fra noen (4 – 10) dager til flere uker intenst arbeid (Aven 2006). Ved utarbeidelse av FTA er det nødvendig med en inngående kjennskap til systemet som skal analyseres. I denne oppgaven er det planoverganger som skal analyseres gjennom en FTA.

Når FTA er ferdig vil først resultatene fra analysen bli evaluert, deretter skal risikovurderingen fra JBV og analysen som er gjort i denne oppgaven settes opp mot hverandre. Dette gjøres fordi det på denne måten blir lettere å sammenligne, og å trekke slutninger om hva som er styrker og svakheter ved den kvalitative vurderingen.

4.3 Innsamling av data

For datainnsamlingen har jeg spurt JBV om de hadde noe relevant data for de gitte PLO som det skal ses på. Det de hadde av data, fra banedata, har blitt sendt og blitt brukt i oppgaven der det har passet inn. Videre vil det bli beskrevet hva jeg ønsket å samle inn av data før jeg startet arbeidet med de kvantitative analysene og deretter vil det bli gjennomgått hva som viste seg at jeg kom til å trenge av data for å kunne gjennomføre beregningene i analysene.

Risikovurderingene som det skal ses på er hentet ut fra ProArc. ProArc er et teknisk dokumentasjonsprogram. De valgte vurderingene ble tatt fra dette programmet når jeg for en periode satt ved JBV kontorer i Oslo. Dette har gitt meg mulighet til å velge ut de risikovurderingene og systemene jeg fant mest interessante. Valget falt altså på planoverganger.

Det var et ønske om å finne mest mulig datamateriale over ulykker, knyttet til PLO, der mennesker var innblandet. Dette hadde sammenheng med at det er funnet at det er mennesker som er den største bidragsyteren til uønskede hendelser ved PLO og når man legger prinsippet at *tog har forkjørsrett* til grunn er det bilister som har feilet og er årsak til den uønskede hendelsen i 95 % av tilfellene

(Klassen m.fl. 2007). Det er gjort mange undersøkelser og forskning på planoverganger, i utlandet og i Norge, med tanke på sikkerhet. Det de fleste av disse har til felles er at det er mennesker som er bidragsyttere til uønskede hendelser ved planoverganger. Fra Jernbaneverket heter det: *Tog trenger flere hundre meter på å bremse ned farten, det er derfor svært vanskelig å hindre påkjørsel av personer som ferdes ulovlig i sporet. Trass i dette blir det dessverre jevnlig registrert ulovlig ferdsel i sporet, og at det blir klipt hull i gjerder som er satt opp til sikring. Jernbaneverket bruker årlig store summer på å reparere skadde gjerder* (Jernbaneverket¹²).

Den eneste muligheten et tog har for å unngå en kollisjon ved en PLO på, er å gi signal *tog kommer* og å bremse. Et tog kan ikke svinge unna slik en bil kan. I tillegg er det en manglende respekt (fra brukere) for de sikringstiltak som er for planoverganger. Trafikksikkerhetshåndboken (TØI 2009¹³) forteller om en kanadisk undersøkelse der det kommer frem at respekten for sikringsanlegg (signal og bom) har sammenheng med lengden på og variasjonen i varslingstiden før tog(ene) passerer planovergangen. Data over menneskelige handlinger og hvor ofte dette skjedde ble derfor prøvd innsamlet.

I første omgang, før feiltreene ble konstruert, ble det funnet en del artikler hos SHT¹⁴ der det hadde vært ulykker på planoverganger. Disse ulykkene hadde skjedd på grunn av at mennesker hadde krysset PLO når det kom tog. Dette fikk tankene over på at jeg måtte få tak i data over menneskelige handlinger; hvorfor handlet de på den måten de gjorde ved kryssing av PLO? Det viste seg også at noen av basishendelsene i feiltreene innebar menneskelige handlinger (se fullstendig FTA i kapittel 5).

Jeg spurte JBV om de hadde noe data over slike handlinger. Dette viste seg, i samsvar med mine antakelser, at var vanskelig å få tak i. Det er umulig å vite hva folk tenker og hvorfor de handler slik de gjør og de fleste har en ulik persepsjon av *hvor* farlig noe er og *hva* som er farlig. Det er derfor valgt å ta i bruk subjektive

¹² <http://www.jernbaneverket.no/no/Sikkerhet/Menneske-i-spoet/>

¹³ <https://www.toi.no/>

¹⁴ Statens havarikommisjon for transport

sannsynligheter for å prøve å kvantifisere disse hendelsene, med bakgrunn i rapportene fra SHT.

Etter utarbeidelsen av feiltreene ble det registrert at det var en del basishendelser som man kan anta er overtredelse av vikeplikten ved PLO. Som eksempel ble det funnet en basishendelse for feiltreet av Palmafossen PLO at man kan “sikksakke” over sporet når bommen er senket. Her er det derfor antatt at det er en overtredelse av vikeplikten. Det er derfor sett etter data for denne type handlinger: *overtredelse av vikeplikten*. Det ble funnet at vikeplikten ofte blir oversett av brukerne av en PLO, men ikke i form av statistikk.

I tillegg til materialet som er blitt innhentet fra Jernbaneverket, er mye av dataen som er samlet inn hentet fra artikler og tidsskrifter som er funnet på nettet, både utenlandske og innenlandske artikler er brukt. Det er brukt søkeord, som *planoverganger, ulykker, farlig, kollisjon, mennesker, tog, PLO* og kombinasjoner av disse. Det har da kommet opp flere avis-artikler og rapporter fra SHT som skriver om ulykker ved planoverganger. Dette er brukt som grunnlag for å sette subjektive sannsynligheter for menneskelige handlinger ved PLO.

Dersom det trengs data over reisetider, antall ulykker etc. er det hentet fra JBV jernbanestatistikk (2012). Det er også hentet noe data fra trafikksikkerhetsboka, Statens havarikommisjon for transport (SHT), statistisk sentralbyrå (SSB) og Statens vegvesen (som blant annet ÅDT).

Det er funnet et gjennomsnitt mellom 2003 og 2007 for antall ulykker per PLO per år på offentlig vei til å være ca. 0,007 (TØI). Selv om antall ulykker per PLO er lavt betyr ikke dette at alvorligheten av en ulykke også er det; den er som regel stor og kan ende med død. For 2012 er det registrert 2 uønskede hendelser ved PLO. Av disse var det én hendelse som endte med dødsfall.

For å vise at det er mange personer som bruker, og som tenker på å bruke, snarveier over jernbanespor og planoverganger er det funnet en spørreundersøkelse gjennomført av Østlandets blad¹⁵. Fra spørreundersøkelsen,

¹⁵ <http://www.oblad.no/trafikk-og-motor/fire-av-ti-har-vurdert-a-krysse-toglinjene-for-a-spare-tid-1.8055218>

hvor 250 svarte kom det frem at hele 39 % har tenkt tanken på å krysse jernbanelinjen, dvs. bruke den som en snarvei. Dette gjør det også vanskelig å samle data fordi man ikke vet hvem som vil utføre disse tankene og gjennomføre de i praksis. Vil personen bare tenke på å gjennomføre handlingen med å krysse toglinjen ulovlig, eller vil personen faktisk gjennomføre handlingen.

4.4 Gjennomføring

I dette forskningsprosjektet skal det gjennomføres en risikovurdering. En risikovurdering består av en risikoanalyse og risikoevaluering, som beskrevet i kapittel 3. Metoden for risikoanalysen er en feiltreanalyse (FTA). Dataen som er samlet inn skal brukes til utregninger i analysen. Resultatene fra feiltreanalysen skal videre diskuteres opp mot funn som er gjort fra risikovurderingene til JBV.

Ved gjennomføring av de kvantitative analysene har jeg tatt utgangspunkt i de risikovurderingene som JBV har gjort. Det er for eksempel brukt den samme systembeskrivelsen. Det er også brukt den samme bakgrunnen/formålet for analysen og det heter at *i følge Jernbaneinfrastrukturforskriften skal alle planoverganger på offentlig vei ha veisikringsanlegg*. Omfang, antakelser og avgrensninger er derimot gjort med bakgrunn i egne vurderinger av hva jeg mener bør være med. Når resultatene skal evalueres tas det hensyn til de risikoakseptkriteriene som er gitt av JBV, fra sikkerhetshåndboken. Jfr kapittel 2.

Jeg vil først beskrive hvordan FTA er gjennomført, deretter vil gjennomføringen av risikoevalueringen bli gitt.

En FTA blir ofte gjennomført i flere trinn. Både Aven (2006) og Rausand & Utne (2009) lister opp fem steg for gjennomføring av analysen. Disse er:

1. Definisjon av topphendelsen og randbetingelser
2. Konstruksjon av feiltreet
3. Bestemmelse av minimale kuttmengder
4. Kvalitativ analyse av feiltreet
5. Kvantitativ analyse av feiltreet

Analysene i dette forskningsprosjektet er gjennomført etter disse trinnene.

Før man kan konstruere et feiltre må det først ha blitt definert en uønsket hendelse, kalt topphendelsen. Denne topphendelsen bør gi informasjon om *hva*, *hvor* og *når* for den uønskede hendelsen bør være gitt så tydelig som mulig. For analysene i denne oppgaven er det valgt en topphendelse som er:

kollisjon på PLO, under normal togdrift.

Med kollisjon menes det her en ulykke der brukere, fotgjengere, syklende og bilister av planovergangen kommer til skade. Med normal togdrift menes det at de tog som passerer planovergangen overholder de gitt bestemmelsene som gjelder for planovergangen, her tenkes det spesielt på toghastighet og skilting samt at de kjører etter gitte tider i rutetabellen. Det er også tatt utgangspunkt i at det ikke kommer noen overaskende tog.

Ved konstruksjonen av treene (i FTA) ble det først sett på hvilke ulykker som kunne skje ved en PLO. Her kom det frem, for den aktuelle PLO, at det kunne være ulykker med og uten kjøretøy. Deretter ble det spurt, for å finne årsakene til disse ulykkene, hva som kunne være årsakene. Det ble valgt et detaljnivå der det ikke lenger var mulig å finne årsakene. Det går for eksempel ikke an å finne årsakene til at *personen ikke observerer godt nok før kryssing av PLO*. Men for hendelsen, *hører ikke signal fra tog*, går det an å finne årsakene til. Dette kan være at personen har nedsatt hørsel eller at personen vil begå selvmord. Det er besluttet å stoppe på det nivået der det ikke lenger er mulig å finne årsakene til en hendelse. Når konstruksjonen av treene var ferdig, ble det funnet at de aller fleste inngangshendelsene innebar menneskelige handlinger der det var vanskelig å finne nok data for å gjennomføre beregninger og sette/estimere sannsynligheter. Det er for eksempel umulig å gjennomføre eksperimenter der en ser på hvem som hører og hvem som ikke hører et togsignal. Men det er foretatt undersøkelser og lett etter mest mulig data, se også kapittel 4.3. Det er funnet noe data, i form av artikler, og disse er brukt som grunnlag for den subjektive sannsynlighetsettingen som er blitt foretatt.

I denne oppgaven skal det ses på styrker og svakheter ved kvalitative risikovurderinger. Som sagt tidligere skal dette gjøres gjennom at jeg skal gjennomføre kvantitative analyser som skal sammenlignes med de kvalitative. Det

er derfor ikke lagt for mye vekt på den kvalitative analysen av feiltreene, men en kort fremstilling av den vil bli gjort.

Det er foretatt en risikovurdering av resultatene fra risikoanalysen. I evalueringen er det ikke gitt forslag til tiltak som bør gjøres. Det er derimot viktig å huske på at man kan prøve å gjøre det enda sikrere ved PLO som ikke har sikringsanlegg. Dette kan gjøres ved enten å nedlegge PLO eller installere et sikringsanlegg.

I neste kapittel vil den kvantitative analysen bli gjennomgått.

4.4.1 Kvantitativ analyse av feiltreene

Det har vært vanskelig å samle inn relevant og tilstrekkelig med data, for å estimere sannsynligheten for at basishendelsene vil inntreffe på en klassisk måte. Det er for denne oppgaven et ønske om å beskrive usikkerheten for topphendelsene ved hjelp av sannsynligheter. Som sagt tidligere vil dette bli gjort gjennom subjektive sannsynligheter. Selv om det ikke finnes mye «harde fakta» vil jeg, med min erfaring, ta på meg rollen som ekspert. Gjennom mine vurderinger av inngangshendelsene i feiltreene vil det bli satt en sannsynlighet etter min grad av tro for at de vil inntreffe. Gjennom den subjektive sannsynligheten relateres usikkerheten om en spesiell hendelse til enkle stokastiske eksperimenter.

Det er funnet unødvendig å regne ut sannsynlighetene for at topphendelsen i de to feiltreene vil inntreffe. Dette er fordi det etter at de subjektive sannsynlighetene ble satt, ble funnet å være en så liten sannsynlighet for at topphendelsene ville inntreffe. Selv om sannsynligheten for kollisjon er liten er det viktig å huske på at konsekvensene, dersom det skulle skje en kollisjon, kan være katastrofale. I det videre vil det derfor bli beskrevet hvordan man kan gå frem for å beregne sannsynlighetene dersom det skulle være ønskelig, eller dersom man får inn mer relevante data til å sette en mer nøyaktig sannsynlighet for inngangshendelsene. Beregningene vil være med i analysene. Det fins også mer avanserte formler enn det som blir gitt her (se relevant teori som blant annet Aven 2006).

Etter at sannsynlighetene for de ulike inngangshendelsene var satt kunne arbeidet med å etablere en stokastisk modell begynne. For å kunne etablere en stokastisk

modell må vi ha tilgang til en kvalitativ analyse som identifiserer trusler, hendelser på systemnivå, samt mulige årsaker til disse på detaljnivå. Gjennom feiltreanalyse(e) er dette blitt gjort. For å finne sannsynligheten for at topphendelsene vil inntreffe er det brukt pålitelighetsregning slik den er gitt i Aven (2006).

Det er ansett som liten sannsynlighet for at topphendelsene vil inntreffe. For å finne sannsynligheten for at topphendelsen inntreffer er derfor følgende formler blitt brukt.

$$h = \prod_{i=1}^n p_i, \text{ for hendelser i en serie struktur}$$

og

$$h = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i), \text{ for hendelser i en parallel struktur.}$$

p_i er her sannsynligheten for at hendelse i vil inntreffe. Disse formlene summeres sammen for å finne den totale sannsynligheten for hele systemet.

For utregningen av sannsynlighetene og de fullstendige analysene, se vedlegget.

4.4.2 Risikoevaluering av resultatene

Det er gjort en evaluering av resultatene fra de gjennomførte analysene, men det er ikke funnet grunn til å sette det opp mot risikoakseptkriteriene. Dette kommer av at det er funnet ut at sannsynligheten for at topphendelsene skal skje, er svært liten. Anbefalinger over hva som kan gjøres er også gitt.

4.5 Kvalitativ vs. Kvantitativt – en sammenligning

Når det skal finnes *styrker* og *svakheter* ved den kvalitative metoden er det funnet at en god måte å finne disse på er gjennom en sammenligning av analysemetodene. Med dette menes det at jeg vil se på hva som ikke var bra med å bruke en kvantitativ analyse på PLO, for deretter å se hvordan dette var gjort i de kvalitative analysene. Fra arbeidet med de kvantitative analysene er det funnet at disse ikke var godt egnet for det systemet som er sett på i denne oppgaven. Funnene fra denne sammenligningen vil bli gjennomgått og bli presentert under noen egendefinerte forskningsspørsmål. Disse spørsmålene er:

- Hva er forskjellen ved å presentere en risikoanalyse kvalitativt og kvantitativt?
- Hvilken kunnskap trengs for å gjennomføre kvantitative og kvalitative risikoanalyser?
- Hvordan blir resultatene fra analysene presentert, og hva er enklest å forstå?
- Hva skal besluttes og hvem skal ta beslutningen?

Når disse spørsmålene er blitt gjennomgått har jeg lagt vekt på forskjellige elementer som analysene i teorien skal gi svar på. Dette er elementer som blant annet *hvilke sammenlignings grunnlag blir brukt for risiko, har analysegruppen den relevante kunnskapen om det som skal analyseres, hvilke modeller er brukt og har beslutningstaker vært med i analysearbeidet.*

4.6 Sammendrag

Gjennom metodekapittelet er det forsøkt å vise hvordan jeg har gått frem ved innsamling av data, hva slags data jeg har fått tak i og hvordan den kvantitative analysen er blitt gjennomført.

Oppgaven er blitt gjennomført som en komparativ studie. Der det først har blitt gjennomført en dokumentanalyse av Jernbaneverkets risikovurderinger. Deretter er det blitt gjennomført feiltreanalyser av de samme systemene som Jernbaneverkets vurderinger har tatt for seg.

Ved beregninger og estimering av sannsynligheter i en kvantitativ analyse er det nødvendig med en stor database av relevante data. Når det som i denne oppgaven har blitt sett på hva mennesker gjør som kan forårsake uønskede hendelser ved en PLO, blir det vanskelig å få det nødvendige datagrunnlaget. Det er ikke lett å gjøre eksperimenter ved PLO som kan gi relevante data. Det er dermed prøvd, med min begrensede ekspertise på jernbanen, å sette subjektive sannsynligheter.

De kvantitative analysene ble begrenset utført.

Fordi det ble tatt utgangspunkt i menneskelige handlinger ved PLO. Dette har gitt begrenset data som er tilgjengelig. At denne analysemetoden ikke ble så korrekt,

vil danne et godt grunnlag ved sammenligningen av analysemetodene og diskusjonen som kommer senere i oppgaven.

Det er valgt å legge sammendraget av dette metodekapittelet til før validitet og reliabilitet. Dette på grunn av at man da vil bli påminnet på hva kapittelet har tatt for seg. På denne måten er det et ønske om at man lettere vil forstå det som blir gjennomgått i neste delkapittel.

4.7 Validitet og reliabilitet

I et hvert forskningsprosjekt er det nødvendig å diskutere innhenting av data og den metoden som er brukt for å besvare problemstillingen: *hvilke styrker og svakheter finnes i Jernbaneverkets risikovurderinger av planoverganger*. Det vil derfor bli en diskusjon rundt studiens validitet og reliabilitet.

Risikoanalyser er brukt innenfor mange forskjellige fagområder og analysene baserer seg på forskjellige data. Innen noen fagområder baserer risikoanalysene seg utelukkende på statistikk og modeller, mens det innen andre fagområder baserer den seg på en bredere og mer prosessuell, kunnskaps- og konsensusbasert tilnærming. Dette fører til forskjeller i datainnsamling (tall, erfaringer, ekspertkunnskap), analyseprosess (hvem og hvor mange som involveres), presentasjon av resultatene (beregninger, verbale beskrivelser) og vurderinger av usikkerhet knyttet til disse (signifikans, validitet, kunnskapsmangel) (DSB – Nasjonalt risikobilde, 2013).

I det videre vil først validitet bli diskutert og deretter vil reliabilitet bli diskutert.

4.7.1 Validitet

Begrepet valid kan bety gyldighet, relevans og treffsikkerhet. Utfordringen i forhold til validitet er om dataene som er samlet inn er gyldige for å belyse problemstillingen man skal besvare. Den dataen som er brukt i denne oppgaven vil derfor bli diskutert med tanke på validiteten.

Etter som mange av (nesten alle) inngangshendelsene i de utarbeidede feiltreene innebar menneskelige feilhandlinger har det vært vanskelig å finne data som er

relevant og som kan brukes. Det har blitt tatt utgangspunkt i avisartikler og annen informasjon som har vært tilgjengelig på nettet. Men igjen så har ikke dette vært data som spesifikt har hjulpet til med å gi et bilde av hvordan mennesker oppfører seg ved PLO, en kan si at treffsikkerheten har vært manglende. Det som kan sies om dataene vedrørende reliabilitet, er at det er hendelser som faktisk har hendt.

Der det er lite datagrunnlag vil “tilfeldige variasjoner” kunne gi store utslag på resultatet. Med et lite datagrunnlag kan granskning av ulykkesårsakene generere effektive risikoreduserende tiltak og føre til god kjennskap til årsakene.

Når det skal brukes statistisk materialet må kilder og forutsetninger oppgis. For eksempel må hvilke hendelser som er tatt med innenfor de forskjellige ulykkes kategoriene komme klart frem.

En masteroppgave som ble gjennomført ved NTNU¹⁶ våren 2009 har lagd et estimeringsrammeverk for å prediktere menneskelige feil. Det er i oppgaven sett på *påliteligheten av mennesket i sikkerhetskritiske operasjoner*, hvor det er sett på en case fra petroleumsindustrien. Dersom det hadde vært tid ville det vært spennende å få satt seg inn i denne oppgaven og sett på estimeringsmodellen. Dette kunne ha hjulpet til med å estimere de menneskelige feilhandlingene som er funnet i denne oppgaven, hvis modellen hadde vært egnet (med tanke på min oppgave).

4.7.2 Reliabilitet

Med reliabilitet siktes det til hvor pålitelige dataene man har samlet inn er. Et vanlig krav til reliabiliteten er at en annen uavhengig forsker skal kunne følge de samme prosedyrer og komme frem til samme funn og konklusjon.

I og med at mye av den dataen som er samlet inn er funnet på nettet, kan det stilles spørsmål om hvor pålitelige dataen er. Det kan antas at det for dataen som er funnet på nettsider, kan ha tillit til påliteligheten av disse dataene. Dette er hjemmesidene til JBV, SHT og Statens vegvesen.

¹⁶ Norges teknisk – naturvitenskaplige universitet.

Ut ifra de dataene som er samlet inn har det blitt satt subjektive sannsynligheter. Det er her påliteligheten til resultatet av risikoanalysen forsvinner. Dette er på grunn av at for å sette en så riktig sannsynlighet ut fra subjektive vurderinger som mulig, bør det være eksperter på systemet som skal analysere og ha en god forståelse for hva og hvordan dette systemet henger sammen og ulykkene kan skje.

Å trekke direkte slutninger fra statistisk datamateriale skal man være forsiktig med. Dette på grunn av at den fremtidige situasjonen *kan* være forskjellig fra den situasjonen som statistikken bygger på. Dersom statistikken er gitt som *antall skadde per mill. timer* sier det noe om risikonivået knyttet til en aktivitet. I motsetning sier statistikken ikke noe om risikoen den enkelte person utsettes for.

Det kan stilles spørsmål til datagrunnlaget. Dette er fordi det ikke er gjort enkeltintervjuer av Jernbaneverkets fagfolk og sikkerhetsrådgivere. Grunnen til at dette ville økt påliteligheten av dataen er fordi disse personene jobber innenfor jernbanen og har inngående kjennskap til planoverganger.

Personer som har sittet i analysegruppene i de to risikovurderingene hadde vært spesielt interessante å fått intervjuet. Dette er ikke blitt gjort da disse personene ikke var tilgjengelige i arbeidet med denne oppgaven, og noen hadde sluttet.

Når man skal se på menneskelige feilhandlinger må man ha en forståelse av menneskets beslutningsprosess. Dersom jeg hadde satt meg inn i Rasmussens teorier om menneskets beslutningsprosess, kunne påliteligheten til de estimerte sannsynlighetene vært høyere.

5. Feiltreanalyser

Her vil de fullstendige feiltreanalyser (FTA) av Palmafossen PLO og Seltuft PLO bli gitt. For metode, hvordan gjennomføre en FTA (se kap. 4.4), samt hvilken data som er nødvendig henvises det til kapittel 4 i oppgaven.

Disse analysene gjøres uavhengig av hvordan JBV utfører sine FTA. Det er bare ønskelig her å vise hva som er gjort i arbeidet med mine analyser og vise at slik det er sett på systemet og tatt utgangspunkt i, er analysene ikke blitt tilstrekkelige.

5.1 Palmafossen planovergang

Det skal i følge Jernbaneinfrastrukturforskriften være veisikringsanlegg på alle offentlige veier. Det skal derfor kartlegges risiko for planoverganger langs Bergensbanen. Denne feiltreanalysen ser på planovergangen ved km. 388,584 – Palmafossen. Analysen vil danne grunnlag for hvilke sikringstiltak det skal søkes om midler til i forbindelse planovergangen.

Definisjon av topphendelse og randbetingelser:

Denne oppgaven skal se på den uønskede hendelsen *kollisjon på PLO under normal togdrift*. Med kollisjon menes det her en ulykke der brukere, fotgjengere, syklende og bilister, av planovergangen kommer til skade. Med normale forhold menes det at de tog som passerer planovergangen overholder de gitt bestemmelsene som gjelder for planovergangen, her tenkes det spesielt på toghastighet og skilting.

Videre er det sett bort i fra hva som har skjedd i forkant av ankomsten til PLO. Det er også sett bort fra at det vil komme vind, flom eller steinras som kan forårsake en kollisjon.

For denne PLO er det ønskelig å se på hvilke menneskelige handlinger som kan forårsake kollisjon på PLO.

- **Systembeskrivelse av planovergangen:**

Palmafossen planovergang (ved km. 388,584 på Bergensbanen) ligger på kommunal vei. PLO ligger også ved et boligområde. Dette området består av privatboliger, skoler og arbeidsplasser. Dette vil (kan) innebære en del gående (syklende) og kjørende trafikk over PLO. Toghastigheten over PLO er 30 km/t. Trafikktettheten¹⁷ ved PLO kan variere mye, fra null tog om dagen til fem turer tur/retur (totalt 10 turer) om dagen. Det er funnet at gjennomsnittlig togbevegelse per døgn er en (1) tur. PLO har en brukshyppighet for kjøretøy og mye trafikanter per døgn på henholdsvis 50 – 200 kjøretøy og 200 – 500 mye trafikanter.

Veibanen ligger i en bakke. Det er i retning Voss mye vegetasjon, noe som kan føre til redusert sikt. Som et middel for å hindre at noen som skal krysse PLO når det kommer tog, er det bom på stedet. Denne bommen er manuell, og lokfører må selv ut og legge ned bommen over bilveien før toget kan krysse PLO.

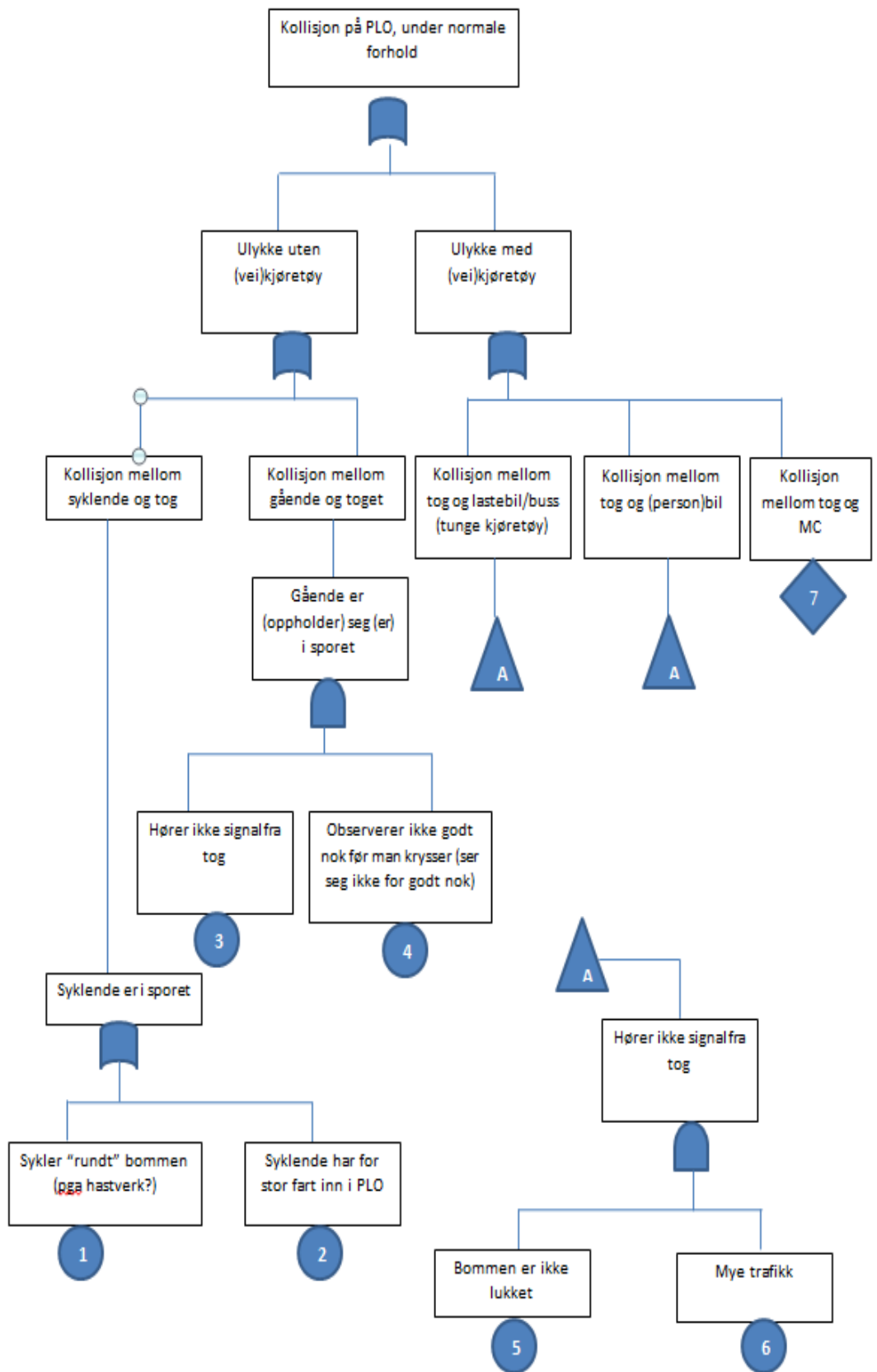
Under er bilder fra Palmafossen PLO.



Figur: *Bilder fra Palmafossen planovergang (Jernbaneverket).*

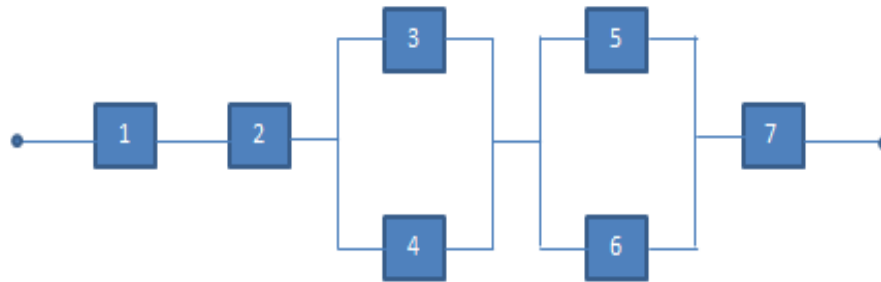
¹⁷ Antall passerende tog

Feiltreet:



Bestemmelse av de minimale kuttmengdene:

Blokkdiagrammet av feiltreet er gitt under.



Ut fra dette blokkdiagrammet kan vi lett finne de minimale kuttmengdene. Disse er: $\{1\}, \{2\}, \{7\}, \{3,4\}, \{5,6\}, \{4,5,7\}, \{3,6,7\}$.

Kvalitativ analyse:

Vi ser at hendelsene 1,2 og 7 vil forårsake at topphendelsen vil inntreffe. En kollisjon vil også kunne inntreffe dersom alle hendelsene i de andre kuttmengdene inntreffer samtidig. For kuttmengden $\{3,6,7\}$ må hendelsene *ikke høre signalet fra toget, mye trafikk og kollisjon mellom tog og MC* inntreffe samtidig.

På denne måten er det lett å formidle hvilke årsaker som kan forårsake kollisjon på den gitte PLO.

Kvantitativ analyse:

For at det skal kunne gjøres beregninger må det settes sannsynligheter for de forskjellige inngangshendelsene. I det følgende er dette gjort for de forskjellige hendelsene.

- **Hendelse 1:**

Det er funnet at respekten for hvor alvorlig man anser en ulykke på en PLO er liten. I tillegg kan det ta lang tid fra man ser et tog til det faktisk passerer ved PLO (det motsatte er også tilfellet). Det kan derfor tenkes at de syklende som bruker PLO sykler over selv om bommen er nede. En sannsynlighet på 8,0 % er derfor satt for denne hendelsen, dette kan begrunnes med at det rundt PLO er både privatboliger, skole og arbeidsplasser.

- **Hendelse 2:**

At syklende kan ha stor fart inn mot PLO er også sannsynlig ettersom det er privatboliger i nærheten av PLO. Barn kan bruke veien og ikke vite hva som skal gjøres ved kryssing av en PLO. Sannsynligheten er derfor satt til 5,0 %.

- **Hendelse 3:**

I 2009 ble det registrert et dødsfall der en person angivelig ikke hørte signalet fra toget (SHT rapport). I rapporten står det at “I det toget nærmet seg planovergangen begynte vedkommende å gå mot sporet uten å ense toget. Vedkommende fortsatte å gå til tross for at lokomotivføreren tilsatte nødbrems og ga signal vedvarende til ulykken var et faktum”. Selvmord kan være en grunn til at man “ikke hører” togsignalet men dette er ikke antatt her. Juni 2011 omkom en person etter å ha gått ut på en planovergang når det kom tog. “Togføreren av godstoge (...) ga først signal *tog kommer* før PLO og gjentatte signaler da personen gikk inn på planovergangen”.

For inngangshendelse 3 – hører ikke signal fra tog/ lokfører, er det tatt utgangspunkt i ulykkene over. Vi innfører følgende notasjon:

- $H = \{\text{personen hører togsignalet}\}$
- $HI = \{\text{personen hører ikke togsignalet}\}$
- $S = \{\text{toget gir signal}\}$
- $IS = \{\text{toget gir ikke signal}\}$

La oss anta at det i løpet av et år har vært 10 ulykker/ hendelser hvor toget har måtte gitt signal *tog kommer*. Av disse har 2 vært hendelser der personen(e) ikke har hørt signalet og en av ulykke har vært unngåelig. I de resterende hendelsene har man hørt signalet. Vi tenker oss også at lokfører kan glemme å gi signal. Vi setter da opp følgende sannsynligheter:

$$P(H) = 0.80$$

$$P(HI) = 0.20$$

$$P(S|H) = 0.85$$

$$P(S|IH) = 0.15$$

Vi ønsker å finne sannsynligheten for at en person ikke hører (IH) gitt at toget har gitt signal (S). Vi tar utgangspunkt i Bayes formel og får:

$$\begin{aligned}
 P(HI|S) &= \frac{P(S|HI) \cdot P(HI)}{P(S|HI) \cdot P(HI) + P(S|H) \cdot P(H)} \\
 &= \frac{0,15 \cdot 0,20}{0,15 \cdot 0,20 + 0,85 \cdot 0,80} \\
 &= 0,04225 \approx 4.23\%
 \end{aligned}$$

Ut i fra beregningene over er det funnet at sannsynligheten for at en person, som skal krysse jernbanelinjen, ikke vil høre signalet *tog kommer* til å være 4,23 %.

- **Hendelse 4:**

Det ligger i menneskets natur og se seg for når man skal krysse en vei. Dette vil også være tilfellet for en jernbanelinje. En sannsynlighet for at man da ikke ser seg for er satt til 3,0 %. Det kan fortsatt være en mulighet for at folk ikke ser seg for og årsaker til dette kan være for eksempel selvmord, full og påvirket av medikamenter etc.

- **Hendelse 5:**

I og med at det er en manuell bom og lokfører må ut og lukke den kan det være mulig at han ikke alltid gjør dette (på grunn av at han ligger bak rutetabellen??). Men det er antatt at lokfører følger instruksjoner som er gitt for å lukke bommen, så en sannsynlighet på 5,0 % er derfor gitt.

- **Hendelse 6:**

Det er for tre veier (RV 13, øst og vest, og FV 307) gjennom Palmafossen funnet ÅDT¹⁸. Ved å finne et gjennomsnitt for disse vil vi få vite en gjennomsnittlig trafikkmengde gjennom Palmafossen. Altså hvor mange som har mulighet til å krysse planovergangen.

$$\mu = \frac{5346 + 7959 + 4174}{3} = 17479$$

Fra dataen som er samlet inn for denne PLO vet vi at det er en brukshyppighet av kjøretøy på mellom 50 – 200 stykker per døgn. Dette utgjør (ved å anta at det er 200 passeringer):

¹⁸ ÅDT = års døgntrafikk. Er et gjennomsnitt for trafikkmengde.

$$x = \frac{200}{17479} \cdot 100 = 1,14 \%$$

av alle kjøretøy som passerer Palmafossen som krysser PLO. Når vi i tillegg vet at det er en gjennomsnittlig togbevegelse på 1 tog i døgnet, kan vi sette en sannsynlighet for at det vil være mye trafikk over planovergangen *når* det kommer tog til 1,5 %.

- **Hendelse 7:**

For denne hendelsen er det antatt at dette vil inntreffe så sjeldent at den er neglisjerbar å undersøke nærmere. Det er derfor satt en sannsynlighet på 0,1 % for denne hendelsen.

Sannsynlighetene kan settes opp i en tabell, og vises i tabellen under.

Tabell: Viser feiltreets hendelses nr. og navn, samt den tilhørende sannsynligheten.

Hendelses nr.:	Navn:	Sannsynlighet: P(A)
1	Sykler «rundt» bommen (pga. f.eks. hastverk)	8,0 %
2	Syklende har for stor fart inn i PLO	5,0 %
3	Hører ikke signal	4,23 %
4	Observerer ikke godt nok før kryssing	3,0 %
5	Bommen er ikke lukket	5,0 %
6	Mye trafikk over PLO	1,5 %
7	<i>Kollisjon mellom tog og MC</i>	<i>0,1 %</i>

- Beregninger:

Det er i beregningene sett på sannsynligheten for at det kan skje en kollisjon.

$$\begin{aligned}
 h &= p_1 p_2 p_7 \cdot \{1 - (1 - p_3) \cdot (1 - p_4)\} \cdot \{1 - (1 - p_5) \cdot (1 - p_6)\} \\
 h &= 0,08 \cdot 0,05 \cdot 0,001 \cdot \{1 - (1 - 0,0423) \cdot (1 - 0,03)\} \\
 &\quad \cdot \{1 - (1 - 0,05) \cdot (1 - 0,03)\} \\
 h &= \underline{1,825 \cdot 10^{-8}}
 \end{aligned}$$

Risikoevaluering av Palmafossen:

Som det er funnet fra beregningene er sannsynlighetene for at det kan skje en kollisjon på en planovergang, der mennesker har vært årsaken, til å være liten. Å sette disse opp mot risikoakseptkriterier er derfor ikke nødvendig. Selv om det er lite sannsynlig at en kollisjon vil inntreffe er det viktig å huske på at konsekvensene fra ulykker på planoverganger kan være alvorlige; i verste tilfelle kan det ende med dødsfall. Nedleggelse eller installasjon av sikringsanlegg bør vurderes.

5.2 Seltufte planovergang

Det skal i følge Jernbaneinfrastrukturforskriften være veisikringsanlegg på alle offentlige veier. Det skal derfor kartlegges risiko for planoverganger langs Flåmsbanen. Denne feiltreanalysen ser på planovergangen ved km. 336,746 – Seltufte. Analysen vil danne grunnlag for hvilke sikringstiltak det skal søkes om midler til i forbindelse med planovergangen.

Definisjon av topphendelse og randbetingelser:

Denne oppgaven skal se på den uønskede hendelsen *kollisjon på PLO, under normal togdrift*. Med kollisjon menes det her en ulykke der brukere, fotgjengere, syklende og bilister av planovergangen kommer til skade. Med normale forhold menes det at de tog som passerer planovergangen overholder de gitt bestemmelsene som gjelder for planovergangen, her tenkes det spesielt med tanke på toghastighet og skilting.

Videre er det sett bort i fra hva som har skjedd i forkant av ankomsten til PLO. Det er også sett bort fra at det vil komme vind, flom eller stein ras som kan forårsake en kollisjon.

For denne PLO er det ønskelig å se på hvilke menneskelige handlinger som kan forårsake kollisjon på PLO.

- **Systembeskrivelse:**

For tog som kommer nedover fra Myrdal er toghastigheten 30 km/t, mens det for tog som kommer opp fra Flåm er toghastigheten 40km/t. Nedover ut fra tunnelen er det dårlig sikt til sidene og lokfører ser ikke passerende før de er på PLO.

Nedenifra er det middels god sikt. PLO kan ses fra loket ved plattformen på Vatnahalsen. Om sommeren kjøres det fullt togsett. Om vinteren er det lite trafikk over PLO, mens det i sommersesongen (juli til september) er stor trafikk. Trafikken over PLO består hovedsakelig av *mange* syklist og *en del* gående men det er lite motorisert trafikk av typen ATV og lignende.

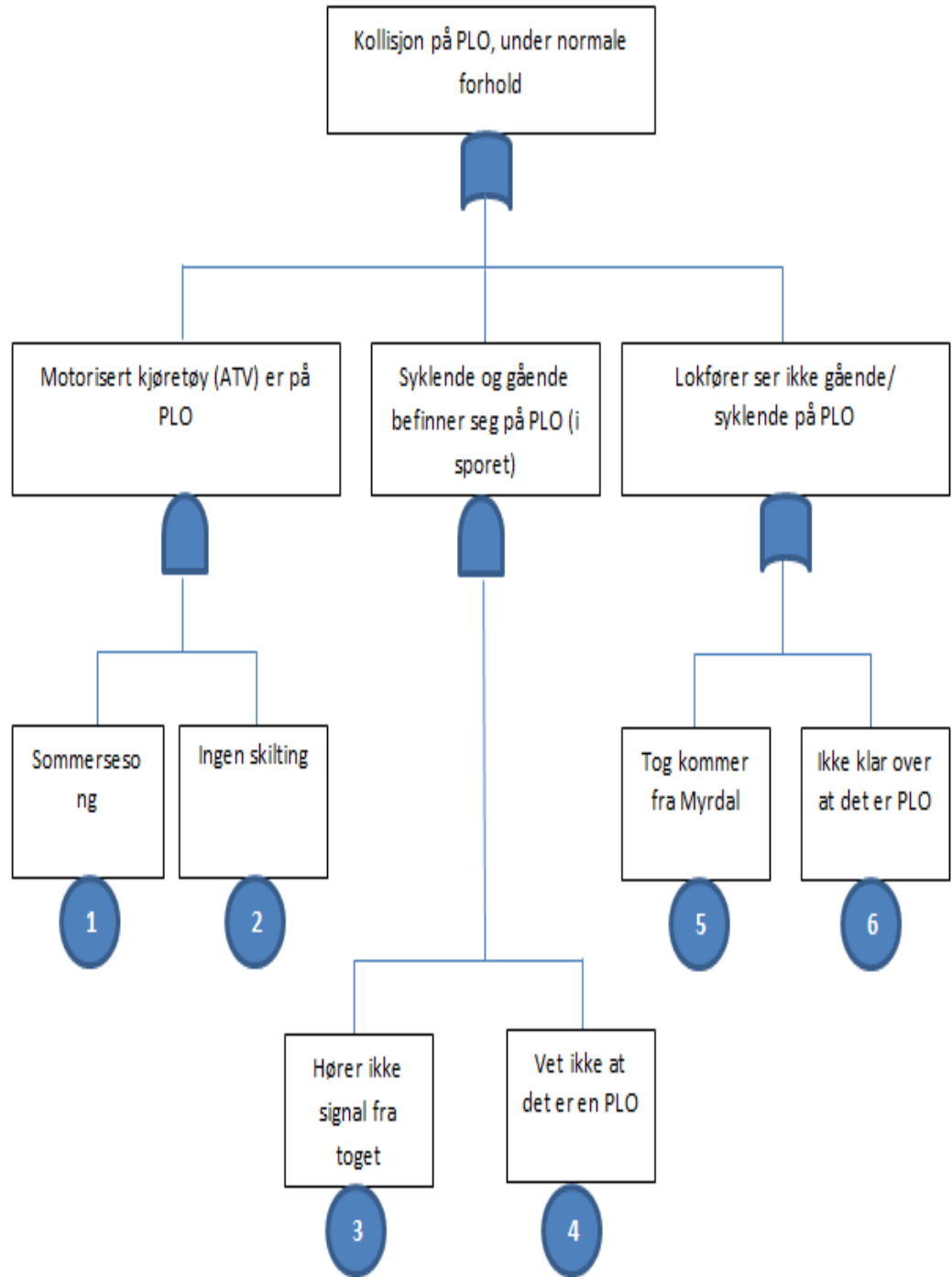
Skiltingen, for passerende av PLO, er manglende. Når toget kommer fra Myrdal, gir det flere fløytesignal i tunnelen ned mot PLO.

Bilder av PLO er vist under.



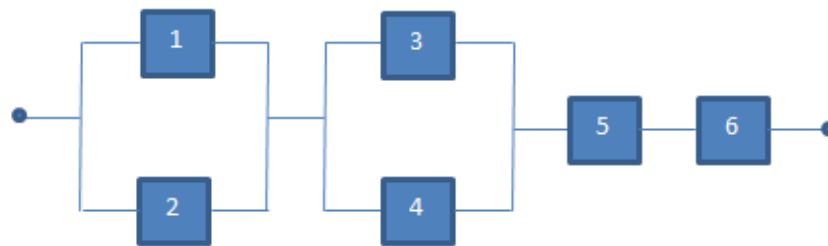
Figur: Bilder fra Seltufte planovergang (Jernbaneverket).

Feiltreet:



Bestemmelse av de minimale kuttmengdene:

Blokkdiagrammet av feiltreet er gitt under.



Ut fra dette blokkdiagrammet kan vi lett finne de minimale kuttmengdene. Disse er: {1,2},{3,4},{5},{6},{1,4,5},{1,4,6},{2,3,5},{2,3,6}.

Kvalitativ analyse:

Vi ser at hendelsene 5 og 6 vil forårsake at topphendelsen vil inntreffe. En kollisjon vil også kunne inntreffe dersom alle hendelsene i de andre kuttmengdene inntreffer samtidig. For kuttmengden {2,3,6} må *det ikke være skilting (2), man hører ikke togsignalet (3) og man er ikke klar over at det er en PLO*, disse må da inntreffe samtidig.

På denne måten er det lett å formidle hvilke årsaker som kan forårsake kollisjon på den gitte PLO.

Kvantitativ analyse:

For at det skal kunne gjøres beregninger må det settes sannsynligheter for de forskjellige inngangshendelsene. I det følgende er dette gjort for de forskjellige hendelsene.

- **Hendelse 1:**

Det er antatt for de tre sommermånedene at det er en like stor brukshyppighet for PLO. Sommersesongen utgjør $\frac{3}{12} \cdot 100 = 25\%$ av hele året.

- **Hendelse 2:**

Fra systembeskrivelsen kommer det frem at det er manglende skilting av PLO, for brukere av den. Det er for denne analysen antatt at det fortsatt ikke er ordnet og det sette derfor en sannsynlighet for hendelsen *ingen skilting* på 15 %.

- **Hendelse 3:**

Det er tatt utgangspunkt i det samme resonnementet som for hendelse 3 under Palmafossen PLO.

I 2009 ble det registrert et dødsfall der en person angivelig ikke hørte signalet fra toget (SHT rapport). I rapporten står det at “I det toget nærmet seg planovergangen begynte vedkommende å gå mot sporet uten å ense toget. Vedkommende fortsatte å gå til tross for at lokomotivføreren tilsatte nødbrems og ga signal vedvarende til ulykken var et faktum”. Selvmord kan være en grunn til at man «ikke» hører togsignalet men dette er ikke antatt her. Juni 2011 omkom en person etter å ha gått ut på en planovergang, når det kom tog. Togføreren av godstoget (...) ga først signal *tog kommer* før PLO og gjentatte signaler da personen gikk inn på planovergangen”.

For inngangshendelse 3 – hører ikke signal fra tog/ lokfører, er det tatt utgangspunkt i ulykkene over. Vi innfører følgende notasjon:

- $H = \{\text{personen hører togsignalet}\}$
- $HI = \{\text{personen hører ikke togsignalet}\}$
- $S = \{\text{toget gir signal}\}$
- $IS = \{\text{toget gir ikke signal}\}$

La oss anta at det i løpet av et år har vært 10 ulykker/ hendelser hvor toget har måtte gitt signal. Av disse har 2 vært hendelser der personen(e) ikke har hørt signalet og en av ulykke har vært uunngåelig. I de resterende hendelsene har man hørt signalet. Vi tenker oss også at lokfører kan glemme å gi signal. Vi setter da opp følgende sannsynligheter:

$$P(H) = 0.80$$

$$P(HI) = 0.20$$

$$P(S|H) = 0.85$$

$$P(S|IH) = 0.15$$

Vi ønsker å finne sannsynligheten for at en person ikke hører (IH) gitt at toget har gitt signal (S). Vi tar utgangspunkt i Bayes formel og får:

$$\begin{aligned}
 P(HI|S) &= \frac{P(S|HI) \cdot P(HI)}{P(S|HI) \cdot P(HI) + P(S|H) \cdot P(H)} \\
 &= \frac{0,15 \cdot 0,20}{0,15 \cdot 0,20 + 0,85 \cdot 0,80} \\
 &= 0,04225 \approx 4.23\%
 \end{aligned}$$

Ut i fra beregningene over er det funnet at sannsynligheten for at en person, som skal krysse jernbanelinjen, ikke vil høre signalet *tog kommer* til å være 4,23 %.

- **Hendelse 4:**

At gående eller syklende ikke vet at de har kommet til en PLO er liten. Men på grunn av manglende skilting kan det oppstå litt forvirring. En sannsynlighet på 1,5 % er der for satt.

- **Hendelse 5:**

Fra jernbanestatistikk er det funnet at det er ca. 50 (begge retninger) person- og godstog som trafikkerer Flåmsbanen. Siden det bare er ett spor er sannsynligheten for at det kommer tog fra Myrdal satt til 50 %. Dette er ikke helt korrekt da det i løpet av en dag kan komme flere tog i en retning enn den andre. Men det er antatt at det er lik fordeling av tog i begge retninger og at når det kommer tog er det enten fra eller mot Myrdal.

- **Hendelse 6:**

Ettersom PLO ligger rett etter en tunnel antas det at skiltingen om det kommer en PLO er på plass. Derfor kan det tenkes at lokfører er klar over at det kommer en PLO. Sannsynligheten for at man ikke vet det er derfor sett på som svært liten, og settes til 0,5 %.

Sannsynlighetene settes opp i en tabell som vist under.

Tabell: Viser feiltreets hendelses nr. og navn, samt den tilhørende sannsynligheten.

Hendelse nr.	Navn	Sannsynlighet: P(A)
1	Sommersesong	25 %
2	Ingen skilting	15 %
3	Hører ikke togsignal	4,23 %
4	Vet ikke at det er en PLO	1,5 %
5	Tog kommer fra Myrdal	50 %
6	Ikke klar over at det er en PLO	0,5 %

- Beregninger:

Det er i beregningene sett på sannsynligheten for at det kan skje en kollisjon.

$$\begin{aligned}
 h &= p_6 p_5 \cdot \{1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_2)\} \cdot \{1 - (1 - p_3) \cdot (1 - p_4)\} \\
 h &= 0,5 \cdot 0,005 \cdot \{1 - (1 - 0,25) \cdot (1 - 0,15)\} \\
 &\quad \cdot \{1 - (1 - 0,0423) \cdot (1 - 0,015)\} \\
 h &= \underline{5,135 \cdot 10^{-5}}
 \end{aligned}$$

Risikoevaluering av Palmafossen:

Som det er funnet fra beregningene er sannsynlighetene for at det kan skje en kollisjon på en planovergang, der mennesker har vært årsaken, til å være liten. Å sette disse opp mot risikoakseptkriterier er derfor ikke nødvendig. Selv om det er lite sannsynlig at en kollisjon vil inntreffe er det viktig å huske på at konsekvensene fra ulykker på planoverganger kan være alvorlige; i verste tilfelle kan det ende med dødsfall.

Nedleggelse eller installasjon av sikringsanlegg bør vurderes. Oppgradering av skiltingen rundt og ved PLO bør gjøres uansett.

5.3. Kommentar til feiltreene

Som det fremgår av feiltreene i delkapittel 5.1. og 5.2. er disse ganske forskjellige. Det at disse to er så forskjellige er på grunn av at Palmafossen PLO blir brukt av kjøretøy (bil, buss, lastebil), mens Seltufte PLO i hovedsak bare blir brukt av mennesker.

Denne forskjellen er forsøkt vist ved at topphendelsen *kollisjon på PLO, under normale forhold* for Palmafossen PLO kan skyldes ulykker med og uten kjøretøy. Videre er det prøvd å vise sammenhengen av hendelser som kan forårsake ulykker på PLO med og uten kjøretøy, som igjen kan føre til kollisjon på PLO.

Det henvises også til kapittel 4.4 *gjennomføring av metode(FTA)*.

6. Analyse og resultater

I dette kapitlet vil det først bli presentert de risikovurderingene som JBV har gjennomført. Dette vil bli gjort gjennom sammendrag av vurderingene hvor det er prøvd å dra ut det viktigste. Deretter vil de viktigste delene fra de gjennomførte FTA bli gitt. For de fullstendige analysene henvises det til forrige kapittel (kapittel 5). Det vil bli prøvd å fremstille funnene på en slik måte at det er enkelt å se hva som kan bli sammenlignet fra de to metodene, kvalitativ vs. kvantitativ. Empirien kan videre hjelpe til med å besvare problemstillingen: *Hvilke styrker og svakheter finnes i Jernbaneverkets risikovurderinger av planoverganger?*

6.1 Sammendrag av utvalgte risikovurderinger

Her vil det bli et sammendrag over de to valgte risikovurderingene fra JBV. De valgte rapportene er: Risikoanalyse – Seltufte PLO. 2313 Myrdal – Flåm km. 336,746 og Risikoanalyse – Palmafossen PLO. 2331 Voss – Palmafossen km. 388,584. De valgte risikovurderingene er ikke de gjennomførte risikoanalysene, men en rapport av analysearbeidet som er dokumentert i en rapport. Det er tatt utgangspunkt i JBV topphendelser i arbeidet med disse analysene, mens det i rapportene bare er listet opp de topphendelsene som analysegruppen har funnet til å ha de viktigste risikobidragene. Disse vurderingene er ikke vedlagt oppgaven, grunnet anonymitet til de som har utført dem.

Først vil JBV sine topphendelser bli presentert. Dette gjøres for at man skal få en bedre forståelse av sammendragene som kommer senere i kapitlet.

6.1.1 Topphendelser i Jernbaneverket

Når farer blir identifisert gjennom analyser hos JBV blir de identifisert gjennom bruk av topphendelser. Disse er gitt i tabellen under. Først identifiseres alle mulige farer for systemet som skal analyseres. Farene blir deretter kategorisert under den topphendelsen de kan forårsake. Selvmord er ikke med i noen av kategoriene.

Kategoriene for topphendelsene er ikke «skrevet i stein» og de kan derfor endres eller det kan etableres nye dersom det er nødvendig. Topphendelsene er gitt slik de står i sikkerhetshåndboken (2013).

Tabell: Viser Jernbaneverkets topphendelser (Sikkerhetshåndboken 2013),

Topphendelse	Dekker følgende enkelthendelser
Avsporing	Feil på materiell, overbygning, underbygning, utglidninger, overhastighet og avsporing av farlig gods.
Sammenstøt tog – tog	Sammenstøt tog mot tog og annet skinnegående materiell som arbeidsmaskiner mm.
Sammenstøt tog – objekt	Påkjørsel av ulike objekter på åpen strekning og i tunneler: ras, dyr, større steiner, endebutt, veitrafikkjøretøy, traktor eller lignede som har kommet på linjen (ikke planovergang).
Brann	Brann i tog, langs spor og i tunellutrustning og eksplosjon, som har betydning for passasjerer og togpersonale
Passasjerer skadet på plattform	Passasjerer skadet ved av- og påstigning i rette og kurvede plattformer, kryssing av spor til midtplattform. Inkluderer også hendelser som for eksempel passasjer faller ut gjennom dører under fart og passasjer skadet i tog.
Personer skadet ved PLO	Påkjørsel av person eller veikjøretøy på planovergang.
Personer skadet i og ved sporet	Påkjørsel av person langs sporet, kontakt med høyspenningsanlegg.

6.1.2 Palmafossen planovergang

Bakgrunn, formål og antakelser

Bakgrunnen for gjennomføring av denne analysen er at det i følge Jernbaneinfrastrukturforskriften heter at alle PLO på offentlig vei skal ha veisikringsanlegg. Risikoen på PLO skal kartlegges og analysen skal danne underlag for beslutninger om hvilke sikringstiltak det skal søkes om midler til. Det skal vurderes om sikkerheten med hensyn til JBV topphendelser er ivaretatt. Det skal også identifiseres risikoreduserende tiltak som kan bidra med å holde risikoen på et lavest mulig nivå.

Analysen omfatter hendelser som kan medføre skade(r) på personer som krysser PLO når det kommer tog. Det at PLO ligger i nærheten av et boligområde og de farene/ risikoene dette medfører er også tatt med i analysen.

Analysen

Analysen er basert på JBV topphendelser som analysegruppen fant relevant og risikostørrelsene som er funnet er *ikke* kvantitativt beregnet.

Punkter i teknisk regelverk som er brukt, er: JD 532 Overbygning/ Vedlikehold/ Planoverganger/ Vedlegg/ skilting, og JD 550 Prosjektering/ Veisikring. Dette er styrende dokumenter som er lagt til grunn for vurderingen. I tillegg kommer, som nevnt, Jernbaneinfrastrukturforskriften, kapittel 3 – 6 (PLO). Analysegruppen bestod av i alt 5 personer som alle fikk tilsendt analysen på høring. Av de 5 personene som analysegruppen bestod av var en av dem sikkerhet- og kvalitetsrådgiver. I tillegg ble analysen sendt på høring til 2 uavhengige personer, samt at den ble revidert av 4 personer der 3 var fra den opprinnelige analysegruppen.

Før analysearbeidet startet ble det gjennomført en befaring av den aktuelle PLO. Etter identifiseringen av farene forbundet med PLO ble analysen sendt på høring. *Rapporten det er tatt utgangspunkt i, er en revidert versjon, med tilført ny informasjon i systembeskrivelsen.*

Det er også brukt bra med bilder i systembeskrivelsen for å få frem alt vedrørende PLO som ikke måtte stå beskrevet. Det er hentet ut nødvendig data, fra Banedata, for å beregne PLL, som for den aktuelle PLO er 1,11E-003.

Funn

Av JBV topphendelser har analysegruppen funnet at *personer skadet ved PLO* og *personer skadet i og ved spor* til å være de hendelsene med det største risikobidraget. Det er også foreslått risikoreducerende tiltak for disse to topphendelsene.

Hvis de anbefalte løsningene blir gjennomført vil risikonivået for PLO bli redusert og da være akseptabelt. Akseptkriteriene for samfunnsrisiko er da også møtt. Tiltakene flytter ikke risikoen over på mest eksponerte individ og akseptkriteriet for individrisiko er dermed også møtt. Ved å innføre de anbefalte tiltakene er også ALARP-kriteriet møtt.

Det er ikke benyttet inngangsdata, modeller eller metoder i analysen som medfører usikkerhet. Det har ikke blitt definert usikkerhetsfaktorer av analysegruppen for analysen.

6.1.3 Seltufte planovergang

Bakgrunn, formål og antakelser

I følge Jernbaneinfrastrukturforskriften skal alle PLO på offentlig vei ha sikringsanlegg.

Det har vært gjennomført en risikoanalyse for Seltufte PLO, ved km. 336,746. Analysen var en del av et arbeid for å kartlegge risikoen for planoverganger på offentlig vei i baneområde Bergensbanen og den skulle danne grunnlaget for valg av sikringstiltak ved PLO.

Det ble tatt utgangspunkt i JBV topphendelser og det skulle undersøkes om sikkerheten ble ivaretatt i forhold til disse. Man skulle også identifisere risikoreducerende tiltak for å holde risikoen på et lavest mulig nivå (ALARP). Analysen har tatt utgangspunkt i hendelser som kan føre til skade på personer eller materiell som krysser PLO *når* det kommer tog. Det er også blitt tatt hensyn

til at PLO ligger nærme Vatnahalsen stasjon. Dette kan medføre større ferdsel langs sporet.

Analysen

De risikostørrelsene som er funnet i analysen er ikke beregnet kvantitativt. Analysen er basert på “worst case” vurderinger. Analysegruppa bestod av 6 personer. Disse 6, samt to eksterne personer, fikk tilsendt analysen for høring. Av de 6 personene som analysegruppen bestod av var en av dem sikkerhet- og kvalitetsrådgiver.

Før analysen ble sendt ut på høring, ble det gjennomført et møte der analysegruppen identifiserte farer forbundet med den aktuelle PLO.

I systembeskrivelsen er det god bruk av bilder for en bedre forståelse av systemet (PLO) og kan utdype det som ikke er beskrevet for PLO.

Funn

Analysegruppen fant at topphendelsene *personer skadet ved PLO, personer skadet i og ved spor og sammenstøt tog – objekt* som de hendelsene med de viktigste risikobidragene. Hvilke farer som kan oppstå for de 3 topphendelsene samt risikoreducerende tiltak for farene er gitt i tabeller.

Det er funnet at ved innføring av de anbefalte løsningene (tiltakene) er akseptkriteriene for samfunnsrisiko og individrisiko møtt. ALARP – kriteriet vil også være møtt ved innføring av tiltakene. Risikonivået for PLO vil dermed være redusert.

Det er ikke benyttet inngangsdata, modeller eller metoder i analysen som medfører usikkerhet. Det har ikke blitt definert usikkerhetsfaktorer av analysegruppen for analysen.

Analysegruppen fant faren *gående, syklende og personer på i motoriserte kjøretøy* til å ha det største risikobidraget. Spesielt var dette tilfellet ved syklistene i sommersesongen.

6.2 Funn fra feiltreanalysene

Her vil de viktigste funnene fra de kvantitative analysene bli presentert.

Bakgrunnen for disse analysene er de samme som for de analysene fra JBV. For fullstendige feiltreanalyser henvises det til kapittel 5.

6.2.1 Palmafossen planovergang

Bakgrunn, formål og antakelser

Det er funnet at en passende topphendelse for planovergangen er *kollisjon på PLO under normal togdrift*. Gjennom analysen er det ønskelig å finne de årsakene som kan føre til at topphendelsene inntreffer. Videre vil dette være et underlag for hva det skal besluttes om av sikringstiltak for PLO.

Analysen

Det er fra feiltreet funnet følgende basishendelser som kan forårsake kollisjon: *sykler «rundt» bommen, syklende har stor fart inn på PLO, hører ikke signal fra tog, observerer ikke godt nok før man krysser, bommen er ikke lukket og mye trafikk*. For disse hendelsene er det også funnet følgende sannsynligheter, ved hjelp av subjektive sannsynligheter.

Tabell: Viser feiltreets hendelses nr. og navn, samt den tilhørende sannsynligheten.

Hendelses nr.:	Navn:	Sannsynlighet: P(A)
1	Sykler «rundt» bommen (pga. f.eks. hastverk)	8,0 %
2	Syklende har for stor fart inn i PLO	5,0 %
3	Hører ikke signal	4,23 %
4	Observerer ikke godt nok før kryssing	3,0 %
5	Bommen er ikke lukket	5,0 %
6	Mye trafikk over PLO	1,5 %
7	<i>Kollisjon mellom tog og MC</i>	<i>0,1 %</i>

Ved utregning av feiltreet er det funnet en sannsynlighet for at topphendelsen vil inntreffe til å være: $1,825 \cdot 10^{-8}$.

Funn

Det er funnet at en kollisjon ved PLO på grunn av menneskelige handlinger er liten. Som nevnt tidligere kan det fremdeles skje ulykker selv om den beregnede sannsynligheten er lav, men dersom det skulle skje kan konsekvensene bli store. Det anbefales derfor at man bør beslutte å installere sikringsanlegg ved PLO.

6.2.2 Seltufte planovergang

Bakgrunn, formål og antakelser

Det er funnet at en passende topphendelse for planovergangen er *kollisjon på PLO, under normal togdrift*. Gjennom analysen er det ønskelig å finne de årsakene som kan føre til at topphendelsene inntreffer. Videre vil dette være et underlag for hva det skal besluttes om av sikringstiltak for PLO.

Analysen

Det er fra feiltreet funnet følgende basishendelser som kan forårsake kollisjon: *sommersesong, ingen/manglende skilting, hører ikke signal fra tog, vet ikke at det er en PLO, toget kommer fra Myrdal og ikke klar over at det er en PLO*. For disse hendelsene er det også funnet følgende sannsynligheter, ved hjelp av subjektive sannsynligheter.

Tabell: Viser feiltreets hendelses nr. og navn, samt den tilhørende sannsynligheten.

Hendelse nr.	Navn	Sannsynlighet: P(A)
1	Sommersesong	25 %
2	Ingen skilting	15 %
3	Hører ikke togsignal	4,23 %
4	Vet ikke at der er en PLO	1,5 %
5	Tog kommer fra Myrdal	50 %
6	Ikke klar over at det er en PLO	0,5 %

Ved utregning av feiltreet er det funnet en sannsynlighet for at topphendelsen vil inntreffe til å være: $5,135 \cdot 10^{-5}$.

Funn

Det er funnet at en kollisjon ved PLO på grunn av menneskelige handlinger er liten. Som nevnt tidligere kan det fremdeles skje ulykker selv om den beregnede sannsynligheten er lav, men dersom det skulle skje kan konsekvensene bli stor. Det anbefales derfor at man bør beslutte å installere sikringsanlegg ved PLO.

6.3 Problemer ved de kvantitative risikoanalysene

Vurderingene i, og utførelsene av, FTA er gjennomført med meg som ekspert. Det er derfor ikke de mest optimale FTA. Dette skyldes at min ekspertise på jernbane er begrenset; jeg har ikke kunnskap om alle områder innen jernbanen. Det skyldes også fordi det ikke har blitt funnet nok data for å få gjennomført analysene skikkelig. *En kvantitativ risikoanalyse krever tilgang til mange typer data* (Rausand & Utne 2009).

Dataene som samles inn til en kvantitativ analyse ønskes i tallform som kan analyseres ved hjelp av statistiske metoder. Kvantitative analyser brukes gjerne for å trekke deskriptive slutninger. Etter arbeidet med å finne årsakskjedene gjennom risikoanalysen, begynner arbeidet med å finne sannsynligheter for at hendelsene kan inntreffe. Denne fastsettelsen gjøres på bakgrunn av kjennskap til lokale forhold, erfaringer, statistikk og annen relevant informasjon. Til de kvantitative analysene har det vært vanskelig å skaffe data i form av tallmateriale. Det er derfor blitt påpekt at det kan være lurt å ta i bruk ekspertvurderinger til å sette sannsynligheter for hendelsene som er funnet i analysene. I denne sammenheng er det jeg som har godt inn i rollen som ekspert. Men det er viktig å huske på at når man tar i bruk eksperter at de ikke nødvendigvis kommer med sannheten om hva som er riktig.

Når man skal analysere hvordan fremtiden kan bli er det viktig å skille mellom statistiske analyser og vurderinger av fremtiden. Det er gjennom risikovurderinger man foretar vurderinger av fremtiden. Vitenskapen konsentrerer seg om hvordan ting “er” og “har vært” gjennom deskriptiv og analytisk tilnærming og så er det

politikken oppgave å si noe om hva vi “bør gjøre”. Dette skillet er interessant når det gjelder tilnærming til sikkerhet og risiko fordi risikoanalyse kan betraktes som vitenskapelig metode, der man kommer frem til konkrete tall, mens risikovurdering kan knyttes til verdivurderinger. Det er derfor viktig å være opptatt av premissene som ligger bak tallene. For de kvantitative risikoanalysene i denne oppgaven har det ikke blitt funnet slike konkrete tall og det må gjennomføres en mer analytisk kvalitativ metode. Dette kan ha med at man gjennom en kvantitativ analyse ikke nødvendigvis gjør de uunnværlige vurderingene som trengs når man arbeider med risiko. Man samler inn data, diskuterer validiteten og reliabiliteten av dem, og gjør så beregninger etter gitte metoder. Gjennom en kvalitativ analyse er man friere til å gjøre vurderinger utenom gitte metoder. Det som da skjer er at vurderingene som gjøres ikke blir verdinøytrale.

Det er også her problemet ligger. Når man gjennomfører en risikoanalyse ser man på noe som *kan* skje i fremtiden. I en kvantitativ analyse bruker man historiske tall for å finne ut hva som er forventet å kunne skje i fremtiden basert på det som har skjedd tidligere. I arbeidet med risiko må det tas hensyn til mer enn bare forventningsverdien når vi skal uttrykke risiko.

Det er her prøvd å vise at en kvantitativ analyse ikke er et godt nok egent analyseverktøy for et system (PLO) som det hersker mye usikkerhet til på grunn av ønsket om en stor bruk av historiske tall i analysen som fokuserer på det som *har skjedd*. Det kan heller være bedre å bruke den kunnskapen man har om det som har skjedd til å forklare hvordan tendensene til systemet har vært. Denne kunnskapen kan brukes når man skal vurdere hva som *kan* skje i fremtiden, for eksempel gjennom en kvantitativ analyse; grovanalyse.

6.4 Sammenligningen

Begge analysemetodene har kommet frem til at det er mennesker som utgjør den største risikoen ved de gitte planovergangene. For Jernbaneverkets vurderinger er det funnet at farene *gående, syklende og personer på/i motoriserte kjøretøy som krysser planovergangen* (Palmafossen og Seltufte) har de største risikobidragene,

mens det i tillegg for Seltuften PLO vil i sommersesongen være en høyre risiko enn resten av året på grunn av flere syklistene.

Fra feiltreene er det funnet at inngangshendelsene *hører ikke togsignal, sykler «rundt» bommen og observerer ikke godt nok (før kryssing av PLO)* til å være årsaker for at topphendelsene kan inntreffe.

I det følgende vil det bli gjennomgått de funn som er gjort ved å gjøre en sammenligning av de to analysemetodene, som denne oppgaven har sett på. Dette vil videre bidra til å se på styrker og svakheter ved metodene. Jeg har kun sett på de kvalitative og de kvantitative metodene som er brukt og ikke hver enkelt analyse.

Sammenligningen vil bli prøvd vist i form av at de skal prøve å gi svar på noen valgte forskningsspørsmål. Gjennom disse spørsmålene vil det bli sett på og lagt vekt på følgende punkter:

- Hvilke målemetoder er brukt for risiko
- Hva som trengs av datagrunnlag
- Hvilke modeller er brukt
- Hvem har gjort vurderingene (eksperter, beslutningstakeren, etc)

Hva er forskjellen ved å presentere en risikoanalyse kvalitativt og kvantitativt?

En klar forskjell mellom disse to metodene er at man i den kvalitative analysen prøver å *beskrive* risikoen, mens man i den kvantitative analyse prøver å *beregne frekvensene* av uønskede hendelser. Etter identifiseringen av farer avviker metodene fra hverandre. Hvis man skal bruke kvantitative risikoanalyser er det viktig med gode databaser slik at estimeringen av sannsynligheter blir så korrekt som mulig. Dersom man heller bruker en kvalitativ risikoanalyse blir det ofte brukt eksperter som er spesialister innen det område som skal analyseres.

For JBV risikovurderinger er de uønskede hendelsene og årsakskjedene gitt kvalitativt, ved bruk av en grovanalyse. Gjennom FTA i denne oppgaven er det forsøkt å vise feilkjedene gjennom feiltrær og å kvantifisere sannsynligheten av disse hendelsene.

Innen sikkerhetsarbeid blir det ofte satt mål for et ønskelig risikonivå. Disse målene må være klare og tydelige og bør helst være kvantitative. På denne måten kan man teste om man har oppnådd det ønskede resultatet. Ofte brukes det risikoakseptkriterier for dette. Aven (2007) definerer et risikoakseptkriterium, en angitt øvre grense for risiko, som et *angitt område som er slik at dersom den beregnede risikoen faller innenfor dette området, vurderes risikoen som uakseptabel og tiltak er påkrevd*. En diskusjon rundt bruken av slike kriterier vil skje i neste kapittel.

I vurderingene gjort av JBV er risikoene *ikke* blitt kvantitativt beregnet, men det er gjort en evaluering av risikoen opp mot risikoakseptkriteriene (Jernbaneverkets, se kapittel 2). En diskusjon om bruken av risikoakseptkriterier vil bli gjort i neste kapittel.

Når man skal gjennomføre risikoanalyser skal man prøve å uttrykke risiko. Hvordan dette er gjort i vurderingene/ analysene som denne oppgaven har tatt for seg vil bli sett på her.

Det er, som funnet i empirien, ikke blitt beregnet kvantitative risikostørrelser i vurderingene fra JBV. Risikoen er vurdert ut i fra analytikerens ståsted, og sett i forhold til JBV 7 topphendelser.

Risiko er ikke en størrelse som oppstår i etterkant av en aktivitet og det å kun basere risiko på historiske gjennomsnittstall er derfor uheldig. Disse tallene er ikke nødvendigvis relevante for fremtiden, men de kan hjelpe oss med å forstå hva som kan skje.

Forskjellen i hvordan man presenterer de to metodene ligger i stor grad i hvilke data som trengs og behandlingen av dem. Hvilken data som trengs, og hvordan disse kan samles inn til de to analysemetodene vil bli gjennomgått under neste forskningsspørsmål. Her vil det også bli sett på hvordan dette er brukt i vurderingene til JBV og FTA.

Hvilken kunnskap trengs for å gjennomføre kvantitative og kvalitative analyser?

For begge analysemetodene trengs det en inngående systemforståelse og kjennskap til systemets virkemåte. Utenom dette trengs det ikke for den kvalitative analysen sterke teoretiske eller analytiske egenskaper av de utførende av analysen. Man kan derimot være oppmerksom på hvilke bestemmelser som er gjeldende for systemet og hvilke standarder man skal bruke (dette kan også være greit for den kvantitative analysen).

I den kvantitative analysen er det viktig å ha relevant bakgrunnsdata (i form av statistikk) for å kunne estimere sannsynligheter og gjøre beregninger. I tillegg til relevant data må en også være kjent med sannsynlighetsregning. Det kan ofte være greit å bruke dataprogrammer for utregninger og konstruksjon av feiltre (Aven 2006).

Når man skal samle inn data for den kvalitative analysen gjøres dette ofte gjennom feltobservasjoner, og den er preget av åpenhet og fleksibilitet. Analysen begynner gjerne samtidig med datainnsamlingen. For vurderingene i JBV, hvertfall for Palmafossen PLO, er det blitt gjennomført befaringsplanovergangen i forkant av analyse møtene. I arbeidet med analysen vil man ha god nytte av slike befaringsplanovergangen i forkant av analyse møtene, da man får en ekstra «titt» på hvordan det fungerer.

Datainnsamlingen for kvantitative analyser er preget av mer struktur og liten grad av fleksibilitet og innsamlingen av data skjer gjerne gjennom eksperimenter. Som beskrevet i kapittel 4 har det vært vanskelig å samle inn data for gjennomføring av beregninger i FTA.

På grunn av kompleksiteten ved en PLO, samspillet mellom tog og menneske har det er blitt funnet at det ikke er mye forskjell i hvordan man kan samle inn data for de to analysemetodene. Det kan derfor virke som at slik det er gjort, med befaringsplanovergangen i forkant av analyse møtene, er en god måte å samle inn data. Man kommer i kontakt med systemet og kan «forestille» seg hva som kan skje. Etter arbeidet med å finne årsakskjedene gjennom risikoanalysen begynner arbeidet med å finne

sannsynligheter for at hendelsene kan inntreffe. Denne fastsettelsen gjøres på bakgrunn av kjennskap til lokale forhold, erfaringer, statistikk og annen relevant informasjon.

En annen forskjell er at man ved en kvantitativ metode vil prøve å gjøre subjektive estimeringer på bakgrunn av informasjonen og dataene man har innsamlet. Denne estimeringen gjøres da av eksperter.

Det å bruke eksperter i de kvalitative analysene er også funnet til være en god egenskap. Men det er viktig å huske på at når man tar i bruk eksperter at de ikke nødvendigvis kommer med sannheten om hva som er riktig. Bruk og utvelgelse av eksperter samt analysegruppens kunnskapsnivå vil bli diskutert i neste kapittel.

Hva som avgjør om en risikoanalyse oppfyller de målsettingene som er satt for analysen er om deltakerne innehar den «rette» kompetansen (Rausand & Utne 2009). Denne kompetansen kan være:

- Systemkunnskap
- Sannsynlighetsregning og statistikk
- Kunnskap om menneskelige faktorer
- Kunnskap om ledelsesaspekter og deres innvirkninger på sikkerheten.

For deltakerne i vurderingene er det nok av personer med bakgrunn fra jernbanedrift. Dette er bra i så måte siden de vil ha en god innsikt i hvordan de gitte systemene fungerer.

Hvordan blir resultatene fra analysene presentert, og hva er enklest å forstå?

Det er som sagt tidligere sett på planoverganger og det er tatt utgangspunkt i hvilke feil mennesker gjør som kan forårsake uønskede hendelser. Dette kompliserte feltet av jernbanedriften har vist seg vanskelig å presentere med tall. Dette har sin årsak i at det for menneskelige feilhandlinger har vært og er vanskelig å finne gode og tilstrekkelige data for og å estimere sannsynlighetene for dem. Det har vært forsøkt å sette subjektive sannsynligheter med bakgrunn i det datamaterialet som er funnet.

Ved en kvalitativ analyse kan man få frem det kompliserte samspillet, av jernbanedriften, ved en planovergang ved hjelp av *sitater*.

Forskjellen i presentasjonen av resultater fra analysene kan vises ved hendelsen *hører ikke togsignal*. I FTA er det funnet at sannsynligheten for at en person ikke hører togsignalet er 4,23 %. Ved å bruke «ord og uttrykk» (sitater) for å forklare dette kan man for eksempel si: *Det er lite sannsynlig at en person ikke hører togsignalet ved planovergangen, hvis personen har nedsatt hørsel vil det være større mulighet for at vedkommende ikke hører signalet. En suicidal person vil ignorere signalet helt.*

På hvilken form man velger å presentere resultatene fra en risikoanalyse på avhenger av hvordan systemet er og hvor målbart resultatene er. Hvor mye «hard data» man får samlet inn for estimering av sannsynligheter vil også påvirke hvordan man velger å presentere resultatene fra analysen. Men det kan tenkes at ved å presentere resultatene fra analysen på samme måte/form som målene, kriteriene eller kravene er gitt på, vil være enklere for beslutningstaker å sammenligne godheten av forskjellige analyser (hvis de også er gitt slik). Sammenligningsgrunnlaget vil da være hvordan den ene analysen er i forhold til den analysen den sammenlignes med. Dette sier derimot ikke noe om den valgte beslutningen er god eller ikke.

Hva skal besluttes og hvem skal ta beslutningen?

For de gjennomførte analysene, i Jernbaneverket, vil disse fungere som et beslutningsverktøy. De skal støtte opp om beslutningen om hvilket sikringstiltak det skal søkes om midler til for det de to planovergangene.

De beslutninger som skal tas, med analysene i denne oppgaven som underlag, blir tatt med et mål. Det generelle målet er å redusere risikoen for uønskede hendelser ved planoverganger.

Fra risikovurderingene til Jernbaneverket er formålet med analysen å vurdere hvorvidt sikkerheten med hensyn på Jernbaneverkets topphendelser er ivaretatt. Det skal også finnes risikoreducerende tiltak som vil få risikoen ned på et akseptabelt nivå. Med bakgrunn i dette skal det besluttes om hvilke sikringstiltak det skal søkes om midler til.

I de to vurderingene fra JBV kommer det ikke godt frem hvem som skal ta beslutningen, men det er ofte slik at bestilleren av risikovurderingen også skal ta

beslutningen. Et uheldig element ved dette er at bestiller ikke er med i analysearbeidet. Dette kan føre til at viktige aspekter ikke blir tatt i betraktning når beslutningen skal tas.

6.5 Sammendrag

Det har i dette kapitlet blitt presentert de funn som er resultat av sammenligningen. Dette er relevant for å kunne svare på oppgavens problemstilling: *hvilke styrker og svakheter finnes i Jernbaneverkets risikovurderinger av planoverganger*. Først ble det presentert sammendrag av Jernbaneverkets risikovurderinger og de viktigste funnene fra dem. Deretter ble de viktigste resultatene fra de kvantitative analysene (FTA) som er gjort i denne oppgaven vist. Til slutt i kapitlet ble det gjort en sammenligning av de to analysemetodene, der likt og ulikt er forsøkt fremstilt. De viktigste funnene vil bli analysert og diskutert i neste kapittel.

7. Diskusjon og konklusjon

Det har i denne oppgaven blitt forsøkt å sammenligne en kvalitativ risikoanalyse opp mot en kvantitativ risikoanalyse. Begge analysemetodene har sett på det samme systemet; planoverganger. Denne sammenligningen skal hjelpe til med å besvare problemstillingen: *Hvilke styrker og svakheter finnes i Jernbaneverkets risikovurderinger av planoverganger.*

I dette kapittelet vil det bli foretatt en diskusjon rundt denne sammenligningen og de resultater som fremkom av den. Teori om risikoanalyse (Aven 2012; 2006), risiko (Aven 2010) og risikostyring (Aven 2007) vil bli brukt for å belyse diskusjonen.

Selv om dette arbeidet har vært krevende og problematisk å angripe, er det blitt forsøkt å gjennomføre oppgaven på den måten jeg har funnet er den mest gunstige for å kunne besvare problemstillingen. Gjennom arbeidet med den kvalitative risikoanalysen ble det funnet at denne metoden å finne risikoen på, for en uønsket hendelse ved PLO, ikke var godt egnet. Se også kapittel 6.3. Dette kan det være flere grunner til. Noen av dem vil bli gjennomgått og diskutert i neste delkapittel. Videre vil tema og begreper som jeg har funnet sentrale/viktige bli sett nærmere på og diskutert.

7.1 Kvantitative risikoanalyser av planoverganger

I dette delkapittelet vil datainnsamlingen som trengs for å gjennomføre en kvantitativ risikoanalyse bli diskutert. Kapittelet bør ses i sammenheng med kapittelet *problemer ved de kvantitative risikoanalysene* (se også kapittel 6.3).

Det er funnet at datagrunnlaget var for dårlig til å gjennomføre en bedre kvantitativ risikoanalyse enn det som har blitt gjort. Dette fordi det er vanskelig å føre statistikk over menneskelige handlinger, fordi mennesket er en utrolig uforutsigbar skapning og dens beslutningsprosess er skjult, den er ikke – observerbar.

Ulykkesstatistikk, er som beskrevet tidligere, grunnlaget for kvantitative analyser (Aven 2006). Det som er så spesielt med en planovergang er at man ikke har tilgang på et stort antall av denne type data. Planoverganger er særegne i så måte,

for selv om det er et lite antall ulykker ved planoverganger, er alvorligheten av en ulykke, når den eventuelt inntreffer, ofte katastrofal.

Data kan samles inn gjennom statistikk og databaser over relevant data eller ved hjelp av ekspertvurderinger. Gjennom arbeidet med denne oppgaven er det funnet at hvilket datamateriale man har tilgjengelig har mye å si for hvilken metode man velger å bruke i arbeidet med risikoanalyser. Hvis man skal bruke kvantitative risikoanalyser er det viktig med en god database av relevant data slik at estimeringen av sannsynligheter blir så korrekt som mulig.

Problemet ved å bruke kvantitative analyser av planoverganger er at man på den ene siden ønsker å gjøre beregninger og at man på den andre siden ikke finner nok relevant statistikk for beregningene. Å gjennomføre tusen eksperimenter med mennesker og planoverganger er vanskelig, om ikke umulig. Å samle inn data, der mennesker er involvert er problematisk fordi en ikke vet hva mennesker gjør, deres beslutningsprosess er skjult. Man har forskjellig persepsjon for hva som er farlig ved en planovergang og derfor vil det være vanskelig å føre statistikk.

Den videre diskusjonen kunne ha funnet sted i kapittel 4.7 *validitet og reliabilitet*, men det er valgt å ta den med her fordi det er funnet mer hensiktsmessig.

Det kan la seg gjøre å føre statistikk gjennom å se på slike eksperimenter som beskrevet over, men da ved å gjøre noen forenklinger. En vesentlig forenkling er at man kun ser på hendelsen som at den kan gi enten suksess eller ikke suksess. I dette tilfelle vil det si om man kommer seg over planovergangen eller ikke. La oss videre anta at vi ser på et bestemt antall, n , personer som skal krysse planovergangen og at det er en lik sannsynlighet, p , for at hver enkelt person kommer over planovergangen. Sannsynligheten for at man *ikke* kommer over planovergangen (ikke suksess) blir da $q = 1 - p$. Vi kan da anta at ulykkene ved en planovergang følger en binomial fordeling (Walpole m.fl. 2012).

Det å sammenligne en sterkt forenklet modell med virkeligheten ved planoverganger, som er veldig komplisert, blir feil. For det første vil man ikke oppleve at to eller flere personer har den samme sannsynligheten for å «lykkes» i å krysse planovergangen. Forestill deg at en voksen mann (si i 30 årene) og en

eldre person skal krysse en planovergang. Det er jo klart at disse to ikke har den samme sannsynligheten (suksessen) for å komme over en planovergang. For det andre vil man ikke kunne finne n antall personer som vil delta i eksperimentet/forsøket. Det er derfor antatt at det å få til dette er umulig og har ikke blitt brukt i oppgaven for innsamling av data.

En annen mulighet til å samle inn data på er å gjøre intervjuer av brukerne av en bestemt planovergang. Denne måten å samle inn data på gir et godt innblikk i hva forskjellige personer tenker når de nærmer seg planovergangen.

Det å intervjuer *alle* brukerne av en planovergang er vanskelig og tidkrevende og det er fort gjort å ikke få intervjuet alle. Det blir også sett bort i fra denne måten å samle inn data på for planoverganger i denne oppgaven.

Siden det er funnet at kvantitative risikoanalyser er en dårlig egnet metode for å analysere *planoverganger* blir det derfor ansett at en kvalitativ risikoanalyse av *planoverganger* vil være bedre egnet. Og kun å basere seg på en kvalitativ metode er ikke nødvendigvis det beste heller.

I det videre vil det derfor bli diskutert styrker og svakheter ved den kvalitative metoden. Jernbaneverkets risikovurderinger er brukt som utgangspunkt.

7.2 Styrker og svakheter ved den kvalitative analysemetoden

I dette kapittelet vil det bli sett på og diskutert svakheter og styrker ved den kvalitative metoden slik den er brukt i risikovurderingene til JBV. Diskusjonen vil bli gitt under viktige begreper i en risikovurdering.

Risiko:

Det er, som funnet i empirien, ikke blitt beregnet kvantitative risikostørrelser i vurderingene fra JBV. Risikoen er vurdert ut i fra analytikerens ståsted og sett i forhold til JBV 7 topphendelser.

Risiko er ikke en størrelse som oppstår i etterkant av en aktivitet og det å kun basere risiko på historiske gjennomsnittstall er derfor uheldig. Disse tallene er

ikke nødvendigvis relevante for fremtiden, men de kan hjelpe oss med å forstå hva som kan skje (Aven 2007). Risiko og usikkerhet er to tett koblede begreper.

Usikkerhet:

Fra kapittel 6 kommer det fram at analysegruppen i JBV risikovurdering *ikke* har benyttet inngangsdata, modeller eller metoder som medfører usikkerhet og at det ikke er blitt definert usikkerhetsfaktorer ved analysen.

Gjennom en risikoanalyse skal man prøve å beskrive risiko og usikkerhet ved et gitt system, her planoverganger. Dette skal hjelpe beslutningstakeren til å ta de «riktige» beslutningene. Dersom dette skal finne sted må beslutningsgrunnlaget inneholde en hensiktsmessig presentasjon av usikkerhetene. Aven (2007) påpeker at analytikere ofte ikke problematiserer usikkerhetene i presentasjonen av resultatene fra risikoanalysen. Dette kan komme av at man prøver å gjøre det lett for beslutningstakeren å vurdere risikoanalysens resultater. Men en leder *skal* være i stand til å forholde seg til usikkerhet og det er en del av lederens oppgaver. Usikkerheter kan også være utelatt fra risikoanalysen på grunn av at analytikerne ikke har lagt stor nok vekt på usikkerhetene. Dette kan skyldes at de har en mangelfull forståelse av helheten i problemstillingen.

Det å ikke ta med beskrivelse av usikkerheter i en risikoanalyse, som er en beskrivelse av hva som *kan* skje i fremtiden er dumt når systemet som skal analyseres er så komplekst og som det er knyttet mye usikkerhet til.

Risikoakseptkriterier:

I en risikovurdering skal resultatene fra risikoanalysen evalueres. Disse resultatene blir ofte i denne sammenheng evaluert opp mot bestemte risikoakseptkriterier. Disse kriteriene blir ofte brukt som mål for hva vi mener er akseptabel risiko (Aven 2007).

I empirien ble det vist at i de kvalitative analysene ble brukt risikoakseptkriterier for å se om den beskrevne risikoen er akseptabel eller ikke. Videre er det funnet at Jernbaneloggets kriterier er gitt ved kvantitative størrelser; *tall* (se kapittel 2.3.2).

Problemet ved bruken av risikoakseptkriterier er at det gjerne blir en mekanisering av beslutninger der vanskelige avveininger er påkrevd (Aven 2007). Det må derfor tas hensyn til mer enn bare disse kriteriene (det beregnede risikonivået) når det skal tas beslutninger om hvilke tiltak som er nødvendig og omfanget av disse tiltakene. Det er viktig å se på tilleggselementer rundt hva som er praktisk mulig å få til, hva tiltakene vil koste, hvordan risikoen vil oppleves osv. Først når en slik vurdering er gjort kan man beslutte om hva som bør gjøres. Ved bruk av risikoakseptkriterier kan arbeidet fort få feil fokus; skal man oppnå kriteriet eller ikke. Det som derimot er bra med risikoakseptkriteriene er at man har et fokus på å få og holde risikoen på et lavest mulig nivå.

Det er vist at JBV bruker risikoakseptkriterier og at risiko blir vurdert opp mot disse kriteriene. At disse ikke er gitt på samme «form» kan være uheldig ved sammenligningen av funnet risiko mot akseptkriteriene og når resultatet skal brukes i en beslutningssammenheng. Dette er fordi det ved en vurdering av kvalitative resultater (fra risikoanalysen) opp mot kvantitative kriterier, blir gjort gjennom analytikerens «øyne». Dersom ikke sammenligningen har samme grunnlag, kan denne sammenligningen fort bli vurdert veldig annerledes av beslutningstaker enn den vurderingen som er blitt gjort av analytikeren.

Sammenligningen kan ikke vises på samme måte som å sammenligne tall. For å vise dette kan vi se på et eksempel (dette eksempelet gir ikke noe mening, det er bare vist for å illustrere problemet med å sammenligne kvalitativt mot kvantitativt):

Anta at det er utarbeidet et kvantitativt risikoakseptkriterie som er: Risikoen for påkjørsel av tog skal ikke overstige 20 %. La oss videre anta at det gjennom en kvalitativ risikoanalyse er funnet at risikoen for å bli påkjørt av tog er funnet til å være lav. Om kriteriet er «innfridd» eller ikke kommer an på hva som menes med *lav*. For analytikerne kan risikoen være akseptabel fordi de ser på *lav* til å være 20 % eller mindre. Beslutningstaker kan derimot anse *lav* til å være høyere enn 20 %, dersom han/hun ikke er med i analysearbeidet. Det blir derfor viktig å se på hvordan risiko blir kommunisert; risikokommunikasjon.

Aven m.fl. (2004) kommer med en antydning om at det for kvalitative analyser sjeldent blir formulert eksplisitte risikoakseptkriterier. Men er det virkelig slik at

man da skal bruke gitte kvantitative akseptkriterier for å sjekke om risikoen er akseptabel? Det burde jo helst være en vurdering av kvalitativt mot kvalitativt og kvantitativt mot kvantitativt.

Ettersom det ikke er vanlig å lage kvalitative risikoakseptkriterier blir ofte løsninger sett på som akseptabel fordi det er en oppfatning av flere personer i analysegruppen, som for eksempel representerer de nødvendige fagområdene, med den nødvendige kunnskapen og erfaringen til å ta en velbegrunnet vurdering.

Man kan ofte relatere det man mener er akseptabelt til oppfatning av normalitet. Ved en planovergang har man på den ene siden en lav sannsynlighet for at det skal inntreffe en uønsket hendelse og på den andre siden *kan* konsekvensene av en slik uønsket hendelse bli katastrofale. Hva som er akseptabelt risikonivå for planoverganger må derfor veies opp om hva man anser som viktig, hva man mener er akseptabelt og hva vi forholder oss til.

Å bruke begrepet *risikoaksept* er et uheldig ordvalg. Man aksepterer egentlig ingen risiko, men det er gjort en beslutning om å ta en viss risiko. For eksempel er det risikabelt å ta toget men vi gjør det likevel fordi det gir oss fordeler som veier opp for risikoen. Det samme gjelder for bilkjøring.

Beslutninger:

Det er viktig at beslutningstakeren(e) er med i analysearbeidet. Det er viktig at alle får en lik forståelse av hva som bli gjort; at man får en lik persepsjon. I jernbaneverket er de ofte sånn at det er bestiller av analysen (den som godkjenner analysen) som skal ta beslutningen. Fra kapittel 6 kommer det frem at bestiller/ beslutningstaker av analysen i JBV ikke er med i analysearbeidet. Arbeidet med risikoanalyser er holdningsskapende for de som deltar i arbeidet. Begreper og o.l. vil derfor gjenspeile deres synspunkter (ståsted). Beslutningstaker bør derfor være med i analysearbeidet, i hvert fall når det skal tas viktige avgjørelser.

Fra kapittel 3 kommer det frem at når det skal tas beslutninger omkring risiko bør dette gjøres med et bevisst mål. De kvalitative risikoanalysene er gjennomført for å hjelpe beslutningstaker til å bestemme hvilke sikringstiltak som *bør* installeres.

Denne beslutningen skal gjøres fordi man skal prøve å holde risikoen ved planoverganger på et lavest mulig nivå. Dette kan tyde på at det for disse analysene er fastsatt bestemte mål som man ønsker å oppfylle.

7.3 Avsluttende drøfting

Begge analysemetodene har kommet frem til at det er menneskelige handlinger som er det største risikobidraget ved de gitte planovergangene.

I grovanalysene (JBV risikoanalyser) er det blitt funnet, gjennom vurderinger, hvilke farer som kan forårsake topphendelsene til Jernbanelogget. Disse topphendelsene er definert på forhånd og man avgjør i etterkant hvilke topphendelser og farer som gir det største risikobidraget.

Når man arbeider med feiltreanalyser blir den uønskede hendelsen og randbetingelsene definert før arbeidet med identifisering av fare starter og beregningene av dem. Feiltreanalysen blir på denne måten avgrenset til kun å se på hvilke handlinger mennesker gjør som kan forårsake topphendelsen, mens man gjennom analysene til Jernbanelogget avgjør hva som er det største risikobidraget i etterkant av vurderingene. De resultater som fremkommer gjennom arbeidet i grovanalysen kan danne grunnlag for å bestemme hva som er nødvendig å analysere nærmere (Aven 2006).

Gjennom arbeidet som er gjort her kommer det frem at feiltreanalysene bare ser på en liten del av alt det grovanalysen tar for seg. For at man gjennom en kvantitativ analyse skal kunne se på alt det som blir gjort i den kvalitative analysen til JBV, må det flere topphendelser og feiltre til. Hvor mange som trenges er forskjellig og det kommer an på hvilke randbetingelser man setter, hvordan man avgrenser og forutsetninger man setter for topphendelsene. Det er antatt at det må (i hvert fall) 4 feiltreanalyser til for å dekke det samme «område» som de 7 topphendelsene.

7.4 Konklusjon

Det har gjennom arbeidet med denne oppgaven forsøkt å vise at det å gjennomføre en kvantitativ feiltreanalyse for planoverganger er vanskelig, og spesielt når man tar utgangspunkt i menneskelige handlinger. Mennesker er den største bidragsyteren til uønskede hendelser ved planoverganger. En av grunnene til at det ikke ble en vellykket feiltreanalyse var på bakgrunn av et dårlig datagrunnlag.

Det ble dermed funnet at når det skal gjøres risikoanalyser av planoverganger er en kvalitativ metode bedre egnet. Dette fordi man gjennom *sitater* best kan gjøre vurderingene som trengs for å beskrive farer og risikoen ved planoverganger. Det er viktig å huske på risikokommunikasjon når man foretar en kvalitativ risikoanalyse, slik at alle blir kjent med det som er gjort i vurderingen av risiko.

For risikovurderingene til Jernbaneverket av planoverganger kan det trekkes frem følgende styrker og svakheter.

Styrker:

- Definerte mål: Det kommer godt frem hva som er ønskelig å oppnå med analysen.
- Risikoakseptkriterier: Ved å bruke slike akseptkriterier, arbeider man automatisk med å holde risikoen på et lavest mulig nivå (se også kapittel 7.2).
- Jernbaneverkets topphendelser: Det blir sett på flere aktuelle topphendelser innen jernbanedrift. Etter vurderinger gjort av analysegruppen blir de med størst risikobidrag vist.

Svakheter:

- Usikkerhet: For at resultatene fra en risikoanalyse skal bli så gode som mulige må usikkerheten i analysen beskrives.
- Hvem som er beslutningstaker: Fra vurderingene kommer det ikke frem hvem som skal ta beslutningen.
- Risikoakseptkriterier: Det er blitt gjort en sammenligning av kvalitative funn opp mot kvantitative akseptkriterier (se også kapittel 7.2)

Risikoanalysenes omfang kan være svært variabel. I risikoanalysene og-vurderingene i denne oppgaven er det sett på systemet *planoverganger*. Dette systemet er bestående av komplekse interaksjoner mellom mennesker og tog. Det er derfor funnet at det er en styrke å gjennomføre risikoanalyser av et slikt system kvalitativt.

I risikoanalyser av systemer der menneskelige handlinger er en stor bidragsyter til uønskede hendelser er det en *styrke* å fremstille risikoen ved systemet kvalitativt, slik det er gjort av Jernbaneverket. Dette fordi det er vanskelig å skaffe data over menneskelige handlinger.

Bruken av risikoanalysens resultater, enten den er kvalitativ eller kvantitativ, vil være verdiladet.

Det bør ved valg av analysemetode av et gitt system gjøres følgende:

En gjennomgang av tilgjengelig data og kompleksiteten av systemet må finne sted, før et valg av analysemetode skjer. Dette for å avdekke type data som er tilgjengelig og hvordan man får tak i denne dataen.

7.4.1 Refleksjoner om strategien og videre forskning

Det var et ønske om å gjennomføre denne oppgaven mer kvantitativt. Men på grunn av, etter min mening, dårlig datagrunnlag ble dette vanskelig å få gjennomført. Med et annet synspunkt på hva som bør ses på ved planoverganger kan det kanskje la seg gjennomføre kvantitative analyser og beregninger. Dette kan gjøres ved å for eksempel se på planoverganger med sikringsanlegg og da bruke anlegget som system. Det kan da beregnes påliteligheten av dette systemet, samt levetid etc. Data over dette er trolig også lettere å få tak i.

Slike som beskrevet tidligere står det i Jernbaneinfrastrukturforskriften at alle planoverganger på offentlig vei skal ha veisikringsanlegg (se kapittel 5 *feiltreanalyser*). Ut i fra dette er det gitt det *skal* installeres veisikringsanlegg ved planoverganger. Det er jo da interessant å merke seg at det uansett bli gjennomført

analyser for planoverganger. Hva er grunnen til at det blir gjennomført risikoanalyser dersom det er forskriftsfestet?

For analysene i denne oppgaven er de gjort på bakgrunn av at det skal bestemmes hvilket sikringsanlegg som skal installeres ved de to planovergangene.

FTA er blant en del fagfolk ansett å være et bedre analyseverktøy enn for eksempel grovanalyse ettersom man beskriver farer og feilscenarier enda tydeligere, enn ved kun en gjennomgang av gitte tophendelser. Det er denne analysemetoden kan gjennomføres både kvalitativt og kvantitativt er også med på at den er godt «likt». Men i dette forskningsprosjektet, som skulle sjekke om den metoden som var brukt var god, ble det funnet at en FTA ikke var like godt egnet. Spesielt når det kom til den kvantitative delen av analysen.

Som videre forskning ville det vært spennende og ha sett på noe av det følgende:

- I denne oppgaven ble det funnet at for planoverganger passet det bedre med en kvalitativ risikoanalyse enn en kvantitativ. Men er det sider ved jernbanen som lar seg gjennomføre bedre ved bruk av kvantitative risikoanalyser?
- Blir kvantitative risikoanalyser mer brukt?
- Det er nå anbefalt innenfor flere sektorer å gjennomføre risikoanalyser. Ofte blir det lagd maler som kan følges, men et spørsmålstegn her er om man fort blir «fastlåst» til det oppsettet. Det kan derfor være spennende å se på om risikoanalyser blir gjennomført som «ritualer». Med «ritualer» tenkes det på om man bare gjør det slik det står i malen.

8. Referanser

- Aven, T. (2010). *Misconceptions of Risk*. Wiley (John Wiley and Sons, Ltd.)
- Aven, T. (2011). *Quantitative Risk assessment – The scientific platform* (Cambridge University Press, New York)
- Aven, T., Røed, W., og Wiencke, H. S. (2008): *Risikoanalyse: prinsipper og metoder, med anvendelser*. Oslo, Universitetsforlaget.
- Aven, T. (2007). *Risikostyring: grunnleggende prinsipper og ideer*, Universitetsforlaget (2.opplag 2009)
- Avne, T., Røed, W. & Wiencke, H.S (2008). *Risikoanalyse: Prinsipper og metoder, med anvendelser*, Universitetsforlaget.
- Aven, T. (2012). *Foundations of Risk Analysis*, John Wiley & Sons (second edition).
- Aven, T., Boyesen, M., Njå, O., Olsen, K.H. & Sandve, K. (2004). *Samfunnssikkerhet*. Universitetsforlaget.
- Aven, T. (2006). *Pålitelighets- og risikoanalys*. Universitetsforlaget (4.utgave)
- Blaikie, N. (2010). *Designing Social Research*. Malden: Polity Press.
- Danemark, et.al.: “Generalisering, vitenskaplige slutninger og modeller for forklarande samhøllsvetenskap”, fra Danemark et al. (1997). Att forklara samhølllet, Lund Studentlitteratur.
- Jernbaneverket, seksjon for samfunnsøkonomi og statistikk (2013). *Jernbanestatistikk 2012 – Jernbaneverket*, Oslo.
- Jernbaneverket (2012). *Slik fungerer jernbanen – en presentasjon av trafikksystemets infrastruktur*. Jernbaneverket, Oslo (oktober 2012).
- Jernbaneverket (2013). *Sikkerhetshåndboken*. Jernbaneverket, Oslo.
- Jernbaneverket (2012) Begensbanen, 2331 Voss – Palmafoss, km. 388,584. *Sikring av Palmafoss planovergang, Risikoanalyse*. (Revidert med data fra Banedata og PLL, og oppdatert tiltak og tiltaksvurdering 5.11.2012). Oslo.
- Jernbaneverket (2012) Flåmsbanen, 2313 Myrdal – Berekvam, km. 336,764. *Sikring av Seltuft planovergang, risikoanalyse* (Korrigert etter høring). Oslo
- Li Y-F, Huang H-Z, ZHU S-P, XIAO N (2013). *Fault tree analysis of train rear-end collision accident considering common cause failure*. Eksploatacja I Niezawodnosc – Maintenance and Reliability; 15 (4): 403 – 408.

Modarres, M (2006). *Risik analysis in engineering – techniques, tools and trends*. CRC Press, Taylor & Francis Group.

N. Klassen, J. Menge & W. Schöfe (2007). Level Crossing Safty – The driver’s perspective and related needs. Association for European Transport and contributors.

Olsson, N. & Veiseth, M. (2011) *Jernbanetrafikk*, Tapir Akademiske Forlag, Trondheim.

Rausand, M. & Utne, I.B. (2009) *Risikoanalyse – teori og metoder*. Tapir Akademiske Forlag, Trondheim.

R. E. Walpole, R.H. Myers, S.L. Myers & K. Ye (2012). *Probability & Statistics for Engineers & Scientists, ninth edition*. Pearson Education, Inc.

Samtrafikkforskriften (2010). *Forskrift om smatrafikkevne i jernbanesystemet*. Samferdselsdepartementet (SD), Vei- og baneavdelingen.

Sikkerhetsstyringsforskriften (2011). *Forskrift om sikkerhetsstyring for jernbanevirksomheter på det nasjonale jernbanenettet*. Samferdselsdepartementet (SD), Statens jernbanetilsyn

Tao, C-C (2009). *A two – stage analysis model for railway level crossing surveillance systems*. IEEE International conference on control and automation. Christchurch, New Zealand, December 9 -11.

Thagaard, T. (2013). *Systematikk og innlevelse: En innføring i kvalitativ metode*. Fagbokforlaget: Vigmostad & Bjørke AS.

9. Vedlegg