

Masteroppgave



Barrierestyring på jernbanen

En casestudie av barrierenes ytelse på Gjøvikbanen



Masteroppgave i Samfunnssikkerhet

Det teknisk-naturvitenskapelige fakultet

Universitetet i Stavanger

Våren 2020

Even Klomsten Andersen



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering:

Samfunnssikkerhet

Vårsemesteret, 2020

Åpen

Forfatter:

Even Klomsten Andersen

Fagansvarlig: Ole Andreas Hegland Engen

Veileder(e): Ole Andreas Hegland Engen (intern), Peder Hansson (ekstern)

Tittel på masteroppgaven: Barrierestyring på jernbanen. En casestudie av barrierenes ytelse på Gjøvikbanen.

Engelsk tittel: Barrier management on railways. A case study of the barrier performance on Gjøvikbanen.

Studiepoeng: 30

Emneord:

Samfunnssikkerhet, Jernbane,
Gjøvikbanen, Barrierestyring, Barriere,
Togmelding, Pålitelighet, Sårbarhet,
Effektivitet

Sidetall: 80

+ vedlegg/annet: 95

Stavanger, 14. juni 2020

Forord

Studien markerer slutten på min toårige mastergrad i Samfunnssikkerhet ved Universitetet i Stavanger. Det har vært en lærerik og spennende prosess, der jeg har tilegnet meg verdifull kunnskap om en sektor jeg synes er svært spennende og meningsfull.

Jeg vil rette en stor takk til alle som har bidratt i oppgaven. Takk til Bane NOR og gjengen der for gode faglige innspill, hyggelige møter og lunsjpauser. Jeg vil også rette en stor takk til mine veiledere Ole Andreas Hegland Engen og Peder Hansson for gode veiledninger og konstruktive tilbakemeldinger. Jeg vil også takke mine medstudenter som jeg har samarbeidet tett med gjennom hele studietiden.

Til informantene som har velvillig stilt opp på Teams og Skype, til tross for en hektisk og krevende koronasituasjon: Tusen takk! Dere har lært meg masse om en spennende sektor og driftsform!

Til slutt vil jeg rette en stor takk til min kjære samboer Solveig for støtte, oppmuntrende ord og gode innspill gjennom et krevende, men spennende halvår!

Sammendrag

Utbygging av den tekniske barrieren Automatic Train Control (ATC) på jernbanestrekninger i Norge har hatt stort fokus siden Åstaulykken i år 2000. Dette er en barriere som automatisk stanser toget dersom det kjører på et rødt lys. Likevel er det flere strekninger i Norge som ennå kjører tog uten ATC. Disse kalles *strekninger med togmelding*, og er en driftsform som i hovedsak består av menneskelige barrierer. Sommeren 2019 sammenstøtte to tog på Flåmsbanen, og vinteren 2020 ble en arbeider drept da et tog kjørte inn i gravemaskinen han satt i. Begge sammenstøtene inntraff på en strekning med togmelding.

Denne studien er en casestudie av barrierenes ytelse på en enkeltsporet strekning med togmelding, nærmere bestemt på Gjøvikbanen mellom Roa og Gjøvik Stasjon. Selve analysen tar utgangspunkt i Gjøvikbanens barrierer mot tog mot tog sammenstøt, og analyseres ved å betrakte barrierene mot to scenarioer. Det første scenarioet er *lokfører som passerer signal i stopp*, og det andre scenarioet er *togekspeditøren som gir kjøretillatelse til en belagt strekning*. Det er benyttet en stegvis fremgangsmåte for barriereanalyse kombinert med en kvalitativ feiltreanalyse for å analysere barrierenes ytelse, uavhengighet og funksjon. Formålet med analysen er å besvare problemstillingen: hvordan er barrierenes ytelse på en jernbanestrekning med togmelding? Datagrunnlaget for studien er 10 semi-strukturerte intervjuer av det operative personalet på Gjøvikbanen og en gjennomgang av avviksrapportene på strekningen i perioden 1. mai 2015 til 1. mai 2020.

Det er vanskelig å gi et entydig svar på om barrierens ytelse er utelukkende god eller dårlig. Barrierene som informantene gir uttrykk for at eksisterer opptrer forskjellig i møte med de to scenarioene. Det skyldes at lokfører og togekspeditør inngår i et gjensidig overlappende system av barrierer, der lokfører er barrieren hvis togekspeditøren begår feil og vice versa. Lokfører og togekspeditøren har høy grad av ytelse som forhindrende barrierer, ettersom deres daglige arbeidsoppgaver inngår i barrierefunksjonene. Det innebærer å etterleve signalbildet, forvise seg om at det kryssende toget har ankommet stasjonen, samt kontrollere at strekningen er ledig. Men når de opptrer som barrierer for hverandre der den ene har begått feil (såkalte kontrollerende barrierer) er ytelsen i større grad variabel. Det skyldes i hovedsak at de har en gjensidig mulighet til å påvirke hverandre og dermed ikke kan betraktes som uavhengige.

Innhold

1. Introduksjon	1
1.1. Bakgrunn	2
1.2. Problemstilling	4
1.3. Avgrensning og casebeskrivelse.....	5
1.3.1. Aktører på Gjøvikbanen	7
1.4. Oppgavens oppbygging	8
2. Kontekst	10
2.1. Bakgrunn for barrierer på jernbanen	10
2.2. Jernbanens sikkerhetssystemer	11
3. Teori og perspektiver	15
3.1. Barriere.....	15
3.1.1. Klassifisering av barrierer	18
3.1.2. Barrierens ytelse	20
3.2. Mennesket i barrieresystemet	23
3.2.1. Uavhengighet.....	25
3.3. Studiens barriereperspektiv	27
3.4. Feiltreanalyse.....	28
4. Metode	31
4.1. Metodisk fremgangsmåte	31
4.1.1. Forskningsdesign.....	31
4.1.2. Kvalitativ forskningsmetode	32
4.1.3. Forskningsprosess.....	33
4.2. Datainnsamling	34
4.2.1. Synergi.....	34
4.2.2. Dokumentanalyse	34
4.3. Datagenerering	35
4.3.1. Utvalg	36
4.3.2. Intervjuene.....	37
4.3.3. Forhold mellom forsker og informant	37
4.4. Dataanalyse	38
4.5. Kvalitetskriterier.....	38
4.5.1. Relabilitet	38
4.5.2. Validitet.....	39
4.5.3. Generaliserbarhet.....	40
4.6. Metodiske styrker og svakheter.....	40
4.7. Etske problemstillinger.....	41
5. Empiri	43
5.1. Hvilke barrierer eksisterer på strekning med togmelding?.....	44
5.1.1. Fra intervjuene.....	44
5.1.2. Fra dokumentanalysen.....	47
5.1.3. Barrierene oppsummert	48
5.2. I hvilken grad er de identifiserte barrierene uavhengige?	48
5.2.1. Uavhengighet lokfører og togekspeditør	49
5.2.2. Uavhengighet togekspeditør og togekspeditør	53
5.3. Hvilke sårbarheter eksisterer i de identifiserte barrierene?	54
5.4. Hvor pålitelige og effektive er barrierene?.....	57
5.5. Avvik i Synergi	60
6. Drøfting	61
6.1. Oppbygging av barrierene på Gjøvikbanen.....	61
6.2. Barrierenes uavhengighet	69
6.3. Vurdering av ytelsen i barrierene	71
6.3.1. Scenario A: Lokfører passerer signal i stopp.....	71
6.3.2. Scenario B: Toglekspeditøren gir kjøretillatelse til belagt strekning	74

6.4. Drøfting oppsummert	76
7. Konklusjon	79
7.1. Svar på problemstilling	79
7.2. Forslag til videre forskning	80
Litteraturliste	81
Vedlegg 1: Samtykkeskjema	90
Vedlegg 2: Intervjuguider	92

Figurer

Figur 1: Oversikt over Gjøvikbanen med utvalgte stasjoner og driftsform.....	6
Figur 2: Daglige kryssinger på Gjøvikbanen, fordelt etter driftsform (Bane NOR, 2020a; Bane NOR, 2020b).....	7
Figur 3: Daglige kryssinger på strekning med togmelding fordelt på stasjoner (Bane NOR, 2020a; Bane NOR, 2020b).....	7
Figur 4: Enkeltsporet jernbanestrekning.	11
Figur 5: Enkeltsporet jernbanestrekning med togmelding.	12
Figur 6: Enkeltsporet jernbanestrekning med CTC.....	13
Figur 7: Energi-barrieremodellen (Haddon, 1980, i Rosness et. al., 2010, s. 35).	17
Figur 8: Bowtie-modell (etter Engen et. al., 2016, s. 357).....	17
Figur 9: Barrieresystem og ytelseskriterier	23
Figur 10: Samspillet mellom utøver og kontrollør-barriere (Rosness et. al., 2002, s. 49)	25
Figur 11: Metodiske fremgangsmåte for identifisering og vurdering av barrieres ytelse mot konkret topphendelse.....	28
Figur 12: Enkel feiltreanalyse av tog mot tog sammenstøt.	30
Figur 13: Scenario A: Illustrasjon av et tog som passerer et signal i stopp.....	62
Figur 14: Scenario B: Illustrasjon av togekspeditør som gir kjøretillatelse til belagt strekning.	63
Figur 15: Feiltre for scenario A.....	67
Figur 16: Feiltre for scenario B.	68
Figur 17: Avhengighetene som eksisterer i scenario B for Barriereelementet Togekspeditør A.	71

Tabeller

Tabell 1: En ikke-uttømmende liste over barrierer på jernbanen (etter Hollnagel, 1999 og Alteren, Hokstad, Moe, Sakshaug, 2005).....	20
Tabell 2: Forklaring av symboler i et feiltre (Etter Aven, 2006, s. 57).	29
Tabell 3: Oversikt over studiens utvalg av informanter, samt kategorisering av aktør, rolle og bakgrunn.....	36
Tabell 4: Oppsummering av barrierer fra intervjuene og dokumentstudien.....	48
Tabell 5: Avvik rapportert i avvikssystemet Synergi på Gjøvikbanen i perioden 1. mai 2015 til 1. mai 2020.....	60
Tabell 6: Sammenstilling av hvilke barrierer som eksisterer mot 'tog mot tog' sammenstøt på Gjøvikbanen nord for Roa.....	66

1. Introduksjon

Jernbanen i Norge er i stor grad enkeltsporet (Jernbanedirektoratet, 2018). Enkeltsporede strekninger utgjør en spesiell logistikkutfordring, ettersom de krever dedikerte krysningspunkt for at to tog skal kunne passere hverandre. Slike krysningspunkt er utformet som stasjoner, der den enkeltsporede strekningen deler seg i flere spor slik at to tog trygt kan krysse hverandre. Historien har vist at det kan oppstå feil ved slike kryssinger, og at det kan føre til sammenstøt mellom to tog. De største togulykkene i Norge i moderne tid er Trettenulykken i 1975 og Åstaulykken i år 2000. Begge ulykkene skjedde fordi et tog forlot et krysningspunkt på feil tidspunkt (NOU 2000: 30).

Både i etterkant av Trettenulykken og Åstaulykken, fikk daværende Jernbaneverket (nåværende Bane NOR) og Norges Statsbaner (NSB) krass kritikk for manglende utbygging av den tekniske barrieren *Automatic Train Control* (ATC) (NOU 2000:30). Dette er et system som automatisk stanser toget dersom det passerer et rødt lys (heretter omtalt som et *signal i stopp*) (Jernbaneverket, 2012a). Utbyggingen av ATC har siden Åstaulykken skutt fart og er i dag utbygget på de fleste jernbanestrekninger i Norge. Samtidig eksisterer det fortsatt enkeltsporede strekninger uten ATC (Bane NOR, 2019e). Slike strekninger omtales som en *strekning med togmelding*, og representerer en måte å styre togtrafikken på som har eksistert siden de første jernbanestrekningene ble bygget i Norge på midten av 1800-tallet. Strekning med togmelding fungerer ved at en togekspeditør er utplassert på hver stasjon, og har ansvar for å stille sporvekselen og signalanlegget på stasjonen han er utplassert på. Måten togekspeditøren vet om det er trygt å sende et tog fra sin stasjon til neste, er ved å forhøre seg med togekspeditøren på den tilstøtende stasjonen. Dette kalles å utveksle togmelding. Dersom togekspeditøren på den tilstøtende stasjonen bekrefter at han ikke har sendt noen tog fra sin stasjon, konkluderes det med at strekningen mellom stasjonene er fri. Dermed kan togekspeditøren stille grønt lys, og sende toget fra sin stasjon til neste.

Det eksisterer fortsatt flere strekninger med togmelding som trafikkeres av passasjertog i Norge. For eksempel driftes deler av Gjøvikbanen og Nordlandsbanen, Rørosbanen mellom Røros og Støren, Kongsvingerbanen mellom Kongsvinger og Elverum og Flåmsbanen med togmelding (Bane NOR, 2019e). I tillegg kan Bane NOR benytte togmelding som en reserveløsning dersom situasjonen tilsier det (Bane NOR, 2019f, s. 9). Dette skjedde blant annet i etterkant av brannen på Skotterud Stasjon i 2018, der sikrings- og signalanlegget brant opp (Bane NOR, 2018c). Derfor er togmelding som driftsform fortsatt utbredt i Norge.

Til tross for at sammenstøt mellom tog sjeldent inntreffer på jernbanen, viser tidligere hendelser at strekninger med togmelding representerer et usikkerhetsmoment. Sommeren 2019 var det sammenstøt mellom to tog på en strekning med togmelding. Sammenstøtet skjedde på Flåmsbana, og togene hadde over 800 passasjerer totalt. Sammenstøtet hadde derfor et stort ulykkespotensiale (Statens Havarikommisjon for Transport, 2020a). Et halvt år senere inntraff det et sammenstøt mellom et tog og en gravemaskin som utførte arbeid i sporet på Nordlandsbanen (Statens Havarikommisjon for Transport, 2020b). Tidligere har det også oppstått svært alvorlige hendelser på strekninger der denne driftsformen midlertidig har blitt benyttet. For eksempel som ved Lier stasjon i 2004, der det inntraff tre nesten-ulykker i løpet av to døgn (Statens Havarikommisjon for Transport, 2004). Eksempler fra utlandet viser også hvor usikker denne driftsformen kan være. I Italia ble 23 mennesker drept i 2016 da to tog sammenstøtte på en strekning med togmelding (International Railway Journal, 2016; BBC, 2016). Medier har også begynt å spekulere i hvor trygt det er å fremføre tog på strekninger med denne type driftsform, ettersom det ikke eksisterer ATC (Holø, 2020).

1.1. Bakgrunn

For å hindre at sammenstøt skal inntreffe på jernbanen har man i dag et stort fokus på barrierer, både som forebyggende og konsekvensreducerende tiltak (Statens Jernbanetilsyn, 2016a). Med begrepet barrierer, menes det i jernbanesammenheng «tekniske, operasjonelle, organisatoriske eller andre planlagte og iverksatte tiltak som har til hensikt å bryte en identifisert uønsket hendelseskjede» (Sikkerhetsstyringsforskriften, 2011, § 1-3).

Barrierestyling er den systematiske oppfølgingen og etableringen av barrierer (Lunde, 2019, s. 34). En av de uønskede hendelsene man har etablerte barrierer mot er sammenstøt mellom to tog.

For å sikre at barrierene er tilstrekkelige, er jernbanen underlagt en rekke lover og forskrifter som har til hensikt å regulere måten togfremføring foregår på. Regelverket i jernbanen er i stor grad funksjonelt utformet (Statens Jernbanetilsyn, 2017). Funksjonelle regler åpner i større grad opp for at aktørene som er underlagt lovgivningen selv kan tolke og utarbeide egne krav for å oppnå ønsket sikkerhetstilstand, i motsetning til spesifikke regelverk som i tillegg detaljerer veien for å komme dit (Skotnes, 2018). I Jernbanesektoren blir det derfor opp til hver enkelt aktør å jobbe systematisk for å nå det ønskede sikkerhetsnivået, blant annet gjennom bruk av barrierer.

For jernbanesektoren er det sikkerhetsstyringsforskriften som i all hovedsak regulerer hvordan togfremføring og sikkerhetsstyring skal etableres og driftes. Et sentralt krav til jernbanevirksomhetens barrierer, som er nedfelt i sikkerhetsstyringsforskriften § 2-3, er at ingen enkeltfeil skal kunne føre til en jernbaneulykke (enkeltpfeilprinsippet), og at jernbanevirksomheten skal ha barrierer som reduserer sannsynligheten for at feil-, fare- og ulykkessituasjoner utvikler seg. Barrierene skal være identifisert, og det skal være kjent i virksomheten hvilke barrierer som er etablerte og hvilke funksjoner de skal ivareta. Det skal være tilstrekkelig uavhengighet mellom barrierene der det er nødvendig med flere. (Sikkerhetsstyringsforskriften, 2011, §2-3). En slik sikkerhetsfilosofi omtales som et *forsvar i dybden*, og er basert på suksessive lag med barrierer etter hverandre for å minimere sannsynligheten for at et uønsket hendelsesforløp fører til en ulykke (Reason, 1997).

På togmeldingstrekninger er det kun menneskelige barrierer i form av lokførere, togekspeditører og konduktører (Rejlers Norge AS, 2015, s. 26). Dette skiller seg fra øvrige strekninger der det i tillegg eksisterer en teknisk barriere i form av ATC som griper inn dersom toget passerer et signal i stopp. Det er derfor usikkert hvorvidt barrierene på strekning med togmelding har en ytelse som tilsier at de kan hindre et sammenstøt mellom to tog.

Statens Jernbanetilsyn (2016a) medgir at bruken av barrierer er en utfordring for mange jernbanevirksomheter. Rosness et. al. (2002) argumenterer for at ulykker i virksomheter med et forsvar i dybden ofte skyldes avhengighet mellom barrierene. Avhengigheten bunner som regel i organisatoriske faktorer som at mennesker både vedlikeholder, overvåker og utøver barrierefunksjonene. Dette gjør at alle disse barrierene er avhengige av menneskelig intervensjon, og det kan derfor være vanskelig å betrakte barrierene som helt uavhengige (Rosness et. al., 2002).

Det er få studier av barrierestyring på strekninger med togmelding. Denne driftsformen består riktignok i stor grad av menneskelige barrierer, som gjør at studier av disse barrierene har høy relevans for sikkerheten i jernbanesektoren. En studie av årsaker til jernbaneulykker i Australia avdekket nemlig at menneskelige feilhandlinger ved rutineoppgaver var den nest største bidragsyteren til ulykker, kun overgått av utstyrsfeil som følge av dårlig vedlikehold som igjen avhenger av menneskelig bidrag (Baysari, McIntosh og Wilson, 2008). Funnene fra denne studien er forenelige med Statens Havarikommissjon for Transports (2013) temaundersøkelse på årsaker til at tog passerer signal i stopp (passhendelse). Deres funn indikerte at menneskelig feil som lokførers forventning til signalbildet kombinert med lav ansiennitet som lokfører, var ledende årsaker til de fleste passhendelsene (Statens

havarikommisjon for transport, 2013). Disse funnene kan forklares av at stasjonsutforming og plassering av signaler i Norge ikke er standardiserte, hvilket krever lokal strekningskompetanse blant lokførerne. Manglende kjennskap til de lokale forholdene på en stasjon grunnet lite erfaring var en av hovedårsakene til passering av signal i stopp i en annen studie (Nordbakke & Sagberg, 2007). Ingen av disse overnevnte studiene tar spesifikt for seg en strekning med togmelding.

En annen studie av jernbanen gjennom et menneske-teknologi-organisasjons perspektiv (MTO) argumenterer for at daglig kjøring på jernbanen er for variert i forhold til menneskets evne til å håndtere variasjonen. Lokførerne opplever en uregelmessig og kontekstavhengig arbeidssituasjon. Kombinert med menneskelig ytelsesvariasjon kan det føre til uønskede hendelser (Brotnov, 2007). På en annen side avdekket en studie på innføringen av selvkjørende tog at teknologien var god til daglig normal drift, men at menneskelig intervensjon kreves for å håndtere avvikssituasjoner (Stene, 2018). Således er menneskelige attributter gjennom kognitive prosesser som situasjonsforståelse, beslutningstaking og læring, nødvendige for sikker og effektiv drift av jernbanesystemer (Wilson et. al., 2007).

Tidligere forskning viser altså at menneskelig feilhandling ofte er den direkte årsaken til uønskede hendelser på jernbanen uavhengig av driftsform, men at mennesker er sentrale for sikker og effektiv drift av jernbanesystemet. Dette er altså et paradoks, men det er manglende godt dokumenterte forskningsstudier på de spesifikke barrierene som finnes på en strekning med togmelding. Hvordan de menneskelige barrierene fungerer på denne driftsformen, søkes det derfor svar på i denne studien.

1.2. Problemstilling

Denne studien har til hensikt å vurdere ytelsen til et barrieresystem på en strekning med togmelding. Ettersom det fortsatt forekommer uønskede ulykker på denne typen driftsform, utgjør det et sikkerhetsmessig usikkerhetsmoment i dagens jernbanesystem. Driftsformen består hovedsakelig av menneskelige barrierer, som skaper usikkerhet vedrørende ytelsen til barrierene og uavhengigheten dem imellom.

Problemstillingen for oppgaven blir dermed:

Hvordan er barrierenes ytelse på en jernbanestrekning med togmelding?

Begrepet ytelse forstås som en barrieres godhet eller evne til å fungere tilfredsstillende mot en konkret hendelse. Ettersom det er flere uønskede hendelser som kan inntreffe på en

jernbanestrekning, er det nødvendig å avgrense problemstillingen til en konkret uønsket hendelse. Som nevnt innledningsvis forekommer det fortsatt tog mot tog sammenstøt på strekninger med togmelding. Derfor avgrenses oppgaven til barrierer som skal motvirke årsakene til tog mot tog sammenstøt. Det blir med andre ord ikke belyst konsekvensreducerende barrierer som beredskapstiltak, evakuering eller lignende. For å besvare problemstillingen, benyttes det fire forskningsspørsmål som belyser aspekter ved barrierenes ytelse.

Det første som må besvares er hvilke barrierer som faktisk eksisterer på en strekning med togmelding. Første forskningsspørsmål blir dermed:

F1: Hvilke barrierer eksisterer mot tog mot tog sammenstøt på en strekning med togmelding?

Ettersom denne driftsformen i større grad er avhengig av menneskelige barrierer, og dette i seg selv utgjør et usikkerhetsmoment med tanke på uavhengighet, er neste forskningsspørsmål:

F2: I hvilken grad er de identifiserte barrierene uavhengige?

For å belyse aspektene rundt ytelse i barrierer, benyttes Aven et. al. (2004) sine kriterier for ytelse i et barrieresystem. Dette utgjør sårbarhet, pålitelighet og effektivitet (se kapittel 3.1.2.). Dermed blir neste forskningsspørsmål:

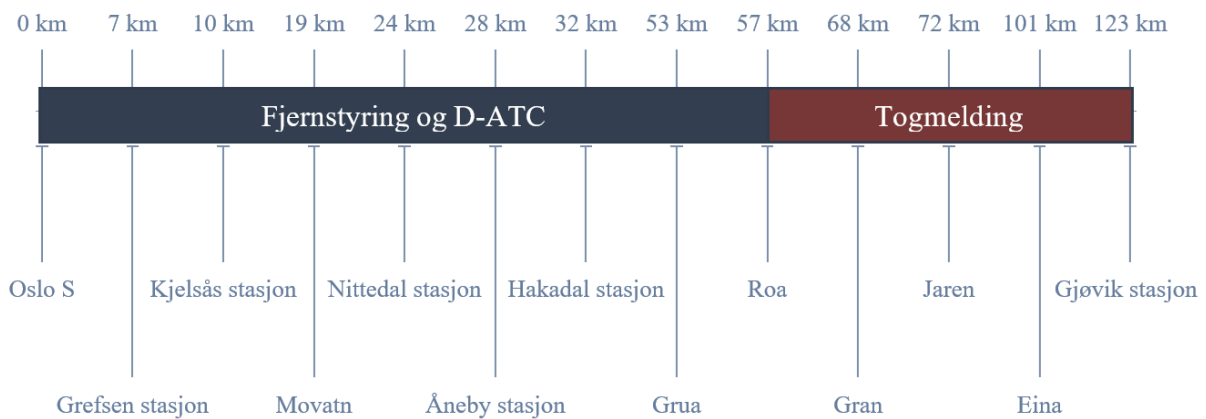
F3: Hvilke sårbarheter eksisterer i de identifiserte barrierene?

F4: Hvor pålitelige og effektive er barrierene?

1.3. Avgrensning og casebeskrivelse

Oppgaven avgrenses til en casestudie av Gjøvikbanens nordre del mellom Roa og Gjøvik. Gjøvikbanen er en enkeltsporet strekning mellom Oslo S og Gjøvik, med sidebane fra Roa til Hønefoss. Gjøvikbanens nordre del er valgt som case på bakgrunn av at dens driftsform er togmelding. Strekningen mellom Oslo S og Roa er derimot fjernstyrt og utbygget med delvis ATC (D-ATC). Dette systemet tillater at toglederne på Oslo S kan fjernstyre signalanlegget og sporvekslene, og at toget blir automatisk stanset dersom det passerer et signal i stopp (Jernbaneverket, 2014, s. 14 – 15). Strekningen mellom Roa og Gjøvik styres som en strekning med togmelding og har ikke ATC (Se figur 1). Det betyr i praksis at et tog kan passere et signal i stopp uten å bli stanset (Rejlers Norge AS, 2015, s. 26; Bane NOR, 2019a). Det betyr også at det ikke eksisterer et system som hindrer togekspeditøren i å stille

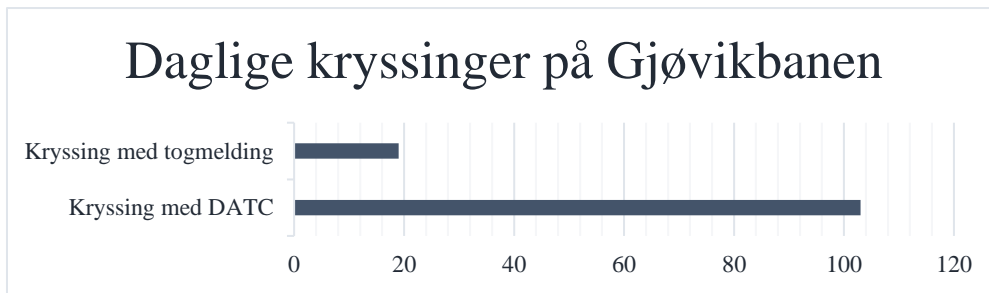
sporvekselen inn mot en strekning som allerede er belagt av et annet tog. Hele Gjøvikbanen er utbygget med Global System for Mobile Communications – Railway togradio (GSM-R) som gjør det mulig for togleder, togekspeditører og lokfører å oppnå verbal kontakt med hverandre (Jernbaneverket, 2014, s. 37).



Figur 1: Oversikt over Gjøvikbanen med utvalgte stasjoner og driftsform

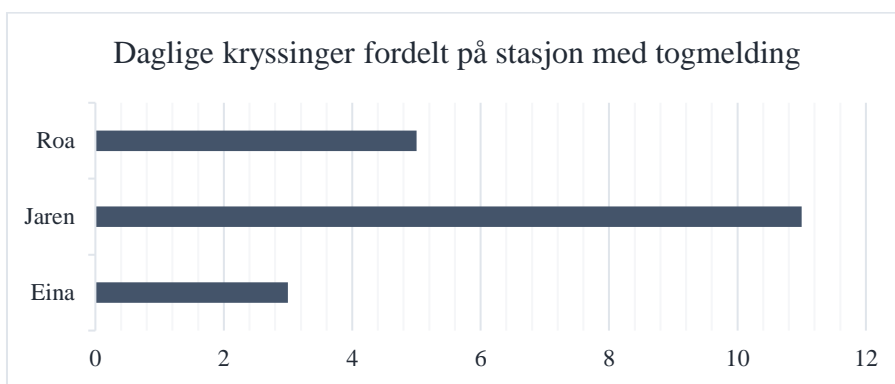
Gjøvikbanen er en kurverik strekning med mange krappe kurver, til dels høye verdier for stigning og fall, samt eldre strøm- og skinneinfrastruktur. Dette fører til at Gjøvikbanen har en gjennomsnittshastighet under 70 km/t (Jernbaneverket, 2012b; 2014). Passasjertogene har siden 2006 blitt kjørt av Vy Gjøvikbanen AS. Det fraktes omtrent 1,5 millioner passasjerer hvert år, og det har vært en passasjerutvikling på 33 prosentpoeng de siste 10 årene (Jernbanedirektoratet, 2018).

Som nevnt innledningsvis er det kryssingene som innehar potensialet for sammenstøt mellom to tog. Figur 2 viser hvor mange kryssinger som foregår daglig på Gjøvikbanen. Tallene er basert på et vektet gjennomsnitt fra dagsgrafene i uke 9 og rutetermin R19 (Bane NOR, 2020a; Bane NOR, 2020b). Nord for Roa er det færre avganger enn sør for Roa. Derfor er det i gjennomsnitt 19 kryssinger pr døgn som gjøres med togmelding. På den fjernstyrte delen mellom Oslo S og Roa er det i gjennomsnitt 104 kryssinger pr døgn. Gjøvikbanen kjører ikke med stiv rute, som betyr at det forekommer variasjoner i togavgangene i løpet av et døgn. Banen har også funksjon som reservestrekning til Bergensbanen ved driftsforstyrrelser på Drammensbanen. Da vil tog til og fra Bergen gå på Gjøvikbanen via Roa og til Hønefoss (Jernbaneverket, 2014).



Figur 2: Daglige kryssinger på Gjøvikbanen, fordelt etter driftsform (Bane NOR, 2020a; Bane NOR, 2020b)

Figur 3 viser antall kryssinger mellom Roa og Gjøvik fordelt på stasjoner med togmelding. Som figuren illustrerer har Jaren flest kryssinger i løpet av et døgn. Dette skyldes at Jaren ligger tidsmessig midt mellom Roa og Gjøvik.



Figur 3: Daglige kryssinger på strekning med togmelding fordelt på stasjoner (Bane NOR, 2020a; Bane NOR, 2020b).

1.3.1. Aktører på Gjøvikbanen

Følgende er en beskrivelse av aktørene involvert i togfremføring og trafikkstyring på Gjøvikbanen nord for Roa. Utvalget representerer de operative aktørene og består av lokførere, togekspeditører, konduktører og togledere.

Lokfører

Lokførere er den operative yrkesgruppen som har godkjenning i henhold til førerforskriften til å fremføre tog på det nasjonale jernbanenet (Jernbanedirektoratet, 2017a). Lokføreren har det overordnede ansvaret for fremføringssikkerhet på jernbanen, inkludert trygg kjøring av tog inn og ut av stasjoner, mellom stasjoner, samt skiftning og planoverganger (Brotnov, 2007). På Gjøvikbanen er lokførerne ansatt i Vy Gjøvikbanen AS.

Togekspeditør

Togekspeditøren er personen som styrer trafikken på sin stasjon, samt blokkstrekningen som ligger mellom sin egen og den tilstøtende stasjonen. Dette gjøres ved å stille signaler og

sporvekslene inn og ut fra stasjonen, samt utveksle togmelding med togekspeditøren på den tilstøtende stasjonen. Togekspeditøren gir også informasjon om togtrafikken til publikum på sin stasjon, og har ansvaret for avvikshåndtering ved forsinkelser eller uønskede hendelser (Norsk Jernbaneskole, 2020). På Gjøvikbanen er det fire stasjoner som er bemannet med togekspeditører, henholdsvis Roa, Jaren, Eina og Gjøvik. Togekspeditørene er ansatt i Bane NOR.

Konduktør

Konduktøren, også omtalt som ombordansvarlig, er personen som har ansvaret for sikkerheten til togpassasjerene om bord i toget. Dette inkluderer blant annet å gå inspeksjonsrunder i toget, selge og kontrollere billetter, samt se til at ro og orden ivaretas om bord i toget. Konduktøren har også operative arbeidsoppgaver i forbindelse med togfremføring, ved at de gir klarsignal til lokfører når toget er klar for avgang. Dette gis når alle passasjerer er trygt av og på toget. Konduktøren er ansatt i Vy Gjøvikbanen AS.

Togleder

Togleder overvåker og styrer togtrafikken fra en trafikkstyringssentral, og har det overordnede ansvaret for trafikkstyringen på en strekning (Bane NOR, 2018b). For Gjøvikbanen er det togleder på trafikkstyringssentralen i Oslo som har ansvaret for strekningen. På den fjernstyrte delen av strekningen som ligger mellom Oslo S og Roa styrer togleder signal- og sikringsanlegget (Jernbaneverket, 2012b). På strekningen mellom Roa og Gjøvik, der tog fremføres med togmelding, styrers signal- og sikringsanlegget av togekspeditørene på de respektive stasjonene. På denne delen av strekningen er togleders rolle begrenset til å ha oversikt over trafikken, innstille avganger, endre kjøremønsteret og kryssinger. Strekningen er også elektrifisert, som betyr at togleder kan foreta en nødfrakopling av kjørestrom (NFK) dersom en farlig situasjon skulle oppstå (Det Norske Veritas, 2011). Da vil kjørestrommen til toget bli kuttet og trekraften forsvinne. Toglederne er ansatt i Bane NOR.

1.4. Oppgavens oppbygging

Kapittel 1 inneholder bakgrunnen for oppgaven og problemstillingen, samt avgrensningen av casestudien og de aktørene som inngår i den aktuelle casen.

Kapittel 2 omhandler konteksten for oppgaven. Dette inkluderer en historisk gjennomgang av hvordan barrierer er utviklet seg på jernbanen, samt en beskrivelse av jernbanens ulike

sikkerhetssystemer. Begge disse aspektene er sentrale for å etablere rammene for oppgaven og tilby leseren en beskrivelse av jernbanen som infrastruktur.

Kapittel 3 gjennomgår teorien som senere anvendes i drøftingskapittelet.

Kapittel 4 beskriver metodevalg for innsamling og generering av datagrunnlaget.

Kapittel 5 presenterer funnene fra datainnsamlingen og -genereringen. Deretter drøftes disse i kapittel 6 med bakgrunn i teoriene gjennomgått i kapittel 3. Oppgaven avsluttes med en konklusjon i kapittel 7, der oppgavens problemstilling blir besvart.

2. Kontekst

2.1. Bakgrunn for barrierer på jernbanen

Sikkerhet på jernbanen har historisk sett vært basert på detaljerte prosedyrer og nøysom regelstyring. Endringer i prosedyrer og regelstyring har i stor grad vært hendelsesbaserte (Rausand og Øien, 2004, s. 98 – 99). Dette systemet har fungert tilfredsstillende så lenge jernbanen som system har vært uforandret. På 1960-tallet begynte man i stor grad å innføre fjernstyring gjennom et system som heter Centralised Traffic Control (CTC) som en del av en moderniseringsprosess. Dette medførte at signaler og sporvekslene kunne fjernstyres, og at togekspeditørene som bemannet hver stasjons signalanlegg ble overflødige. Forutsetningene for hvordan man styrte og fremførte tog ble derfor endret (Ryggvik, 2004, s. 55).

Konsekvensene av disse endringene var at samspillet mellom lokfører, togekspeditør og konduktør som tidligere krevdes for å fremføre tog, ikke lenger var nødvendig.

Togekspeditøren ble fjernet, og ansvaret for sikker togfremføring ble redusert til et spørsmål om hvorvidt lokfører oppfattet riktig signal eller ikke (Ryggvik, 2004, s. 55). Etter Trettenulykken i 1975 forsto man at systemet ikke var sikkert, og det ble avsatt midler til utbygging av ATC. På denne måten kunne en teknisk barriere gripe inn og stanse toget dersom et tog passerte et signal i stopp (Ryggvik, 2016, s. 101).

Til tross for at jernbanen alltid har vært bygget rundt regler og prosedyrer som skulle hindre at det ble gjort feil som kunne føre til ulykker, er prinsippet om enkeltfeil relativt nytt i lovverket (Rosness, 2008). Prinsippet om at enkeltfeil ikke skal føre til ulykke dateres til Forskrift om sikkerhet i jernbanevirksomhet som trådte i kraft 23. desember 1999 (Forskrift om sikkerhet i jernbanevirksomhet, 1999, § 6). Dette var bare noen uker før Åsta-ulykken. Den regjeringsoppnevnte Åstakommisjonen fokuserte gjennomgående på betydningen av barrierer som kunne forhindre enkeltfeil (NOU, 2000: 30, s. 178 – 180). Resultatet av Åstakommisjonens undersøkelser ble at barrierer fikk fokus i lovbestemmelsene, og ble forskriftsmessig nedfelt i Kravforskriften til jernbane noen år senere (Kravforskriften til jernbane, 2002, § 2-3).

Etter Åsta-ulykken og Åstakommisjonens fokus på barrierer mot enkeltfeil, har fokuset på barrierer stått sterkt i jernbanens sikkerhetsstyring. Det har for eksempel vært en av årsaksforklaringene til Statens havarikommisjon for transport (SHT) når barrierer har blitt brutt, som for eksempel ved gransking av Sjørsøyulykken i 2010 (SHT, 2011). Det har også

vært et viktig tema for Statens Jernbanetilsyn, blant annet ved utarbeidelse av veiledere for barrierestyling (Statens jernbanetilsyn, 2016a).

I dag er det sikkerhetsstyringsforskriftens § 2-3 som ivaretar barriererekravet på jernbanen. Den sier følgende:

Virksomheten skal planlegges, organiseres og utføres med henblikk på at en enkeltfeil ikke skal føre til en jernbaneulykke. Jernbanevirksomheten skal ha barrierer som reduserer sannsynligheten for at feil, fare- og ulykkessituasjoner utvikler seg. Barrierene skal være identifisert, og det skal være kjent i virksomheten hvilke barrierer som er etablert og hvilke funksjoner de skal ivareta. Der det er nødvendig med flere barrierer, skal det være tilstrekkelig uavhengighet mellom barrierene (Sikkerhetsstyringsforskriften, 2011, § 2-3).

For å forstå hvordan kravene til barrierer på jernbanen etterleves, er det relevant med en gjennomgang av jernbanens sikkerhetssystemer.

2.2. Jernbanens sikkerhetssystemer

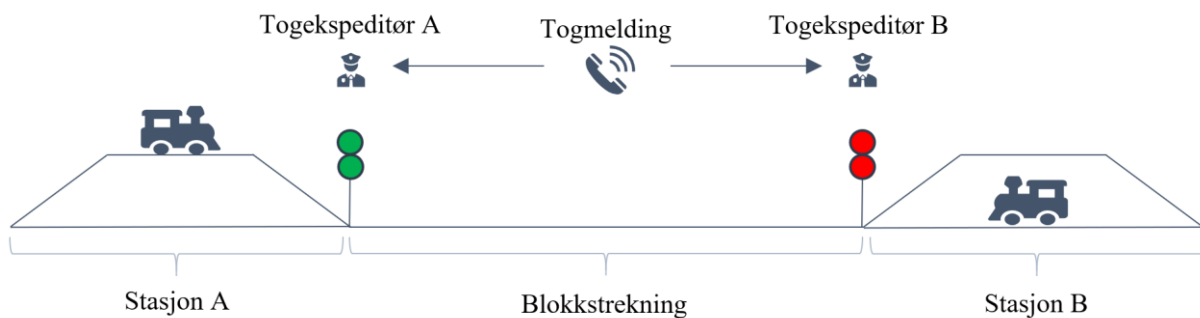
Jernbanen er et sikkerhetsmessig unikt system på bakgrunn av to grunnleggende faktorer. For det første er friksjonsflaten mellom skinnegangen og hjulene små, det rullende materiellet tungt og hastigheten høy. Dette gjør at bremselengden for et tog i normal hastighet er lang. For det andre følger togene skinner, hvilket gjør unnavikelsesmanøvrer umulig. Det grunnleggende prinsippet for barrierer på enkeltsporet jernbane er dermed å hindre at et tog slippes inn på en strekning som er belagt av et annet tog (Rosness, 2008).

For å hindre dette har man delt inn jernbanesporet i flere avsnitt. Avsnittene kalles blokkstrekninger og avgrenses av en stasjon med et signalanlegg i hver ende (se figur 4). Signalanlegget skal sørge for at det aldri er mer enn ett tog til enhver tid på en blokkstrekning (Johannesen, 1961, s. 74). Det er ulike former for signaler og sikringsystemer, som igjen representerer ulike driftsformer for å reservere og frigi en blokkstrekning. Med de ulike driftsformene følger det også ulike grader av automatisering, sikkerhet og fjernstyring (Rosness, 2008).



Figur 4: Enkeltsporet jernbanestrekning.

Den enkleste driftsformen er en *strekning med togmelding* (se figur 5). På disse strekningene er det en togekspeditør på den ene stasjonen som melder avgang og ankomst til en togekspeditør på den tilstøtende stasjonen, før toget gis tillatelse til å kjøre. Hvis togekspeditøren gir bekreftelse på at blokkstrekningen er fri, gis toget klarsignal til å kjøre. I figur 5 har toget på stasjon A grønt lys ut fra stasjonen. Da må toget på stasjon B vente med å kjøre til toget fra stasjon A har ankommet stasjon B. Med andre ord vil blokkstrekningen være opptatt frem til toget har kjørt over blokkstrekningen og ankommet den andre stasjonen. Togekspeditørene skal melde til hverandre når toget gis avgang og når det har ankommet stasjonen. Informasjon om hvilke blokkstrekninger som er reservert for et bestemt tog skal føres ned i en togmeldingsbok (Bane NOR, 2019f). Sporvekslene og signalene stilles manuelt, og det er i realiteten ingen barrierer mot å stille signal og sporveksel inn på en belagt blokkstrekning (Rossness, 2008, s. 8).

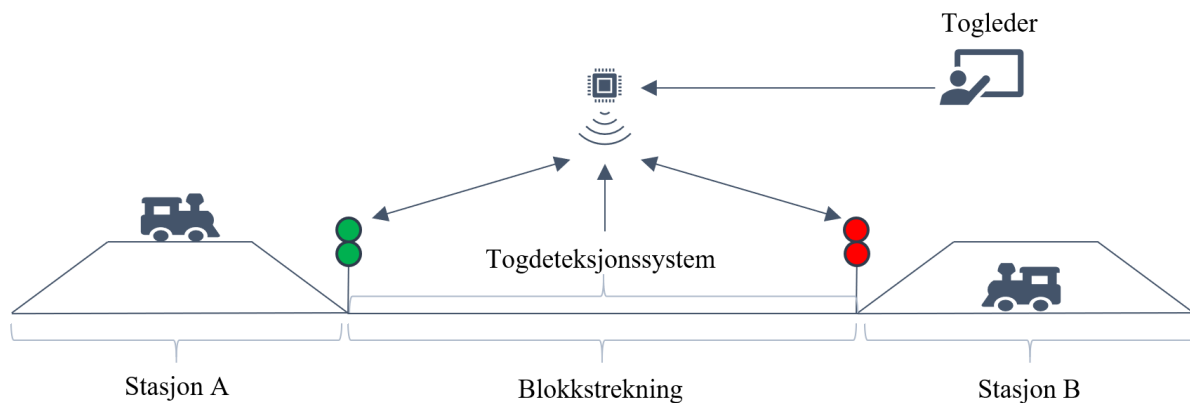


Figur 5: Enkeltsporet jernbanestrekning med togmelding.

Et mer avansert signalanlegg er en *automatisk linjeblokk*. På en slik strekning vil signalanlegget stå i avhengighet til et togdeteksjonssystem som automatisk kan detektere om et tog er på blokkstrekningen. Et eget sikringsanlegg sørger for at blokkstrekningens togdeteksjonssystem, stasjonens sporveksel og signalanlegg står i avhengighet til hverandre. Det betyr at de ikke kan stilles i motstridende posisjon (Myhre, 2015 s. 8). Dette systemet sørger for at et tog ikke blir sendt inn på en blokkstrekning som allerede er belagt av et annet tog.

Centralised Traffic Control (CTC) tillater at en streknings signalanlegg og den automatiske linjeblokken fjernstyres av en togleder fra en togledersentral. På strekninger med CTC er det derfor ikke togekspeditører lokalt på hver stasjon som foretar signal- og sporvekselsendringene. Dette er illustrert i figur 6, og viser at togleder sender en forespørsel til sikringsanlegget, som deretter fordeler forespørselen til signalanlegget og sporvekselen. Ettersom signalanlegget står i avhengighet til togdeteksjonssystemet og sporvekslene,

kontrollerer sikringsanlegget at disse ikke er motstridende. Med andre ord vil ikke togleder kunne gi grønt lys til toget på stasjon A i figur 6, dersom et tog allerede befinner seg på strekningen. Det vil heller ikke være mulig å gi grønt lys til toget på stasjon B, dersom toget på stasjon A allerede har fått grønt lys. I dag er det 8 togledersentraler som fjernstyrer nesten alt av person- og godstrafikk på det norske jernbanenettet (Ryggvik, 2016, s. 62). Kun et fåtall av strekninger er uten CTC (Jernbanedirektoratet, 2016, s. 45).



Figur 6: Enkeltsporet jernbanestrekning med CTC.

ATC er også en del av det moderne sikkerhetssystemet ved at det automatisk stanser tog som passerer et signal i stopp (Jernbaneverket, 2012a, s. 32). ATC fungerer ved at sensorer i skinnegangen registrerer toget når det passerer, og sender et signal til toget. Signalet fanges opp av en elektronisk mottaker i toget som automatisk aktiverer bremsene dersom signalet er rødt. ATC skal hindre at et tog feilaktig beveger seg inn på en belagt blokkstrekning, og er således en barriere mot at et tog kjører forbi et signal i stopp (Ryggvik, 2016, s. 63). Det finnes to grader av ATC: Delvis ATC (D-ATC) stanser tog som passerer signal i stopp, og full ATC (F-ATC) som også regulerer hastigheten på togene fortløpende langs hele strekningen i henhold til hastighetsbestemmelsene (Jernbaneverket, 2012a).

Global System for Mobile Communications – Railway (GSM-R) er et lukket telefonsystem utviklet for jernbanen, og inngår som en del av det moderne sikkerhetssystemet på jernbanen. GSM-R tillater stabil og tilgjengelig verbal kommunikasjon mellom lokfører, togleder og togekspeditør (Jernbaneverket, 2012a). Systemet har også en nødansvarsfunksjon der anropet sendes på åpen linje til alle tog som befinner seg på samme strekning som det avsendende eller mottakende toget. Det operative trafikkregelverket krever at alle som mottar et nødansvar må senke hastigheten til sikthastighet (maksimalt 40 km/t) (Bane NOR, 2019d, s. 4). Systemet har løst flere sikkerhetsutfordringer på jernbanen ved at det operative mannskapet kan oppnå rask verbal kontakt med hverandre. Dette var en faktor som fikk stor oppmerksomhet i

etterkant av Åstaulykken, ettersom man i granskingsrapporten konkluderte med at tilgjengelig verbal kommunikasjon kunne forhindret sammenstøtet (NOU 2000:30). I dag er samtlige jernbanestrekninger i Norge bygget ut med GSM-R (Statens Jernbanetilsyn, 2018).

Filtrert distribusjon av operative kunngjøringer (FIDO) er Bane NORs digitale distribusjonssystem for operative kunngjøringer mellom togleder, lokfører og togekspeditor (Bane NOR, 2015). Systemet gir lokfører fortløpende informasjon om den daglige kjøreruten for toget, hvilke stasjoner og holdeplasser vedkommende skal stanse på, og hvilke tog det skal krysses med (Bane NOR, 2014a). Systemet omtales i denne studien som en del av sikkerhetssystemene på jernbanen, ettersom det sikrer lokfører en oversikt over kjøremønsteret for det aktuelle toget.

European Rail Traffic Management System (ERTMS) er den nyeste driftsformen på jernbanen i Norge, og er en felles europeisk standard for jernbane. Den største forskjellen mellom ERTMS og andre driftsformer, er at alle optiske signaler langs jernbanelinjen er fjernet og erstattet med et nettbrett i førerhuset til lokfører. Dermed får lokfører kjøretillatelse og varslinger om hastighetsnedsettelse på et nettbrett i førerhuset sitt, i stedet for fysiske signaler langs linjen (Bane NOR, 2014b). Det er flere faktorer som skiller ERTMS fra andre driftsformer, men vil ikke bli nærmere belyst ettersom det ikke er relevant for denne studien. Det er likevel viktig å belyse ulike driftsformer og sikkerhetssystemer som eksisterer på jernbanen for å bedre kunne forstå informantenes utsagn i empiridelen.

3. Teori og perspektiver

I dette kapittelet redegjøres det for sentrale begreper i oppgaven, samt oppgavens teoretiske utgangspunkt som har blitt brukt for å besvare problemstillingen med de underliggende forskningsspørsmålene. Studiens formål er å vurdere barrierenes ytelse på en strekning med togmelding. Det er derfor sentralt å definere hvordan begrepet barriere forstås i denne studien, samt forklare barrierer som prinsipp for sikkerhetsstyring generelt.

For å vurdere ytelsen til hver barriere benyttes det en fremgangsmåte for både klassifisering av barrierer og kriterier for måling av barrierenes ytelse (tabell 1 og figur 9). Klassifiseringen av barrierene tar utgangspunkt i barrierenes virkemåte. Ettersom det hovedsakelig er menneskelige barrierer på Gjøvikbanen, gjennomgås det sentrale perspektiver på menneskets rolle i et barrieresystem, samt teorier om avhengigheter mellom barrierer. Perspektivene på barrierer oppsummeres i en modell for identifisering, klassifisering, samt ytelsesvurdering til barrierene i et system (se figur 11). Modellen er utviklet på bakgrunn av de teoretiske perspektivene som redegjøres for i dette kapittelet, og fungerer som et analytisk verktøy og perspektiv gjennom studien. For å analysere årsaker til svikt i de ulike barrierene anvendes en kvalitativ feiltreanalyse. Derfor redegjøres det for feiltreanalyse, samt hvilken sammenheng det har med analyse av barrierer.

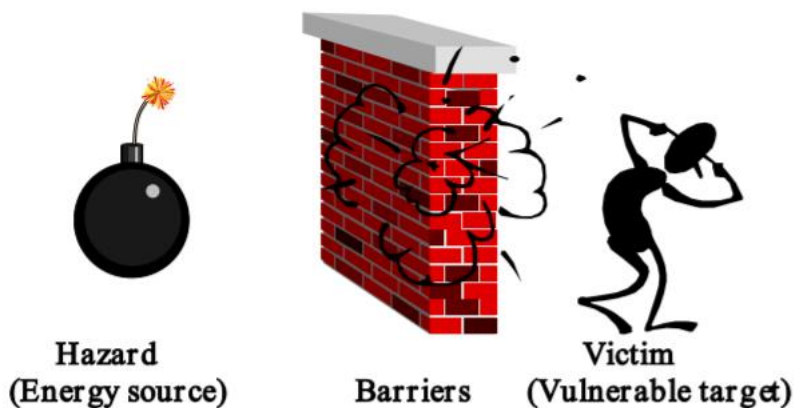
3.1. Barriere

Begrepet barriere står sentralt i denne oppgaven. Barriere har ulike definisjoner i sikkerhetslitteraturen. Sikkerhetsstyringsforskriften, som jernbanesektoren forholder seg til, definerer barrierer som «tekniske, operasjonelle, organisatoriske eller andre planlagte og iverksatte tiltak som har til hensikt å bryte en identifisert uønsket hendelseskjede» (Sikkerhetsstyringsforskriften, 2011, § 1-3). Innen menneske, teknologi og organisasjon (MTO)-litteraturen favner imidlertid definisjonen bredere. Her forstås barrierer som «alle sansemessige, fysiske og administrative vern som finnes i organisasjonen og på den enkelte arbeidsplass for å forhindre at det oppstår eller begrense konsekvensene av feil og feilhandlinger» (Bento, 2001, s. 24). Denne definisjonen er vanskelig å benytte analytisk, ettersom den ikke distingverer mellom elementer som utgjør en barriere, og elementer som påvirker funksjonen til barrieren. Sistnevnte er å forstå som et barriereelement og er alene ikke tilstrekkelig til å fungere som en barriere (Sklet, 2006). Derfor defineres en barriere som fysiske og/eller ikke-fysiske tiltak som skal forhindre, kontrollere eller mitigere en uønsket hendelse eller ulykke (Sklet, 2006, s. 496).

Begrepet *forhindre* betyr å redusere sannsynligheten for en farlig hendelse. *Kontrollere* betyr å avverge eller begrense den farlige hendelsen fra å eskalere til en ulykke. Å *mitigere* betyr å redusere konsekvensene av ulykken (Sklet, 2006, s. 496). Gjennom studien er fokuset på sannsynlighetsreducerende barrierer, hvilket betyr de barrierer som kan forhindre eller kontrollere en uønsket hendelse fra å utspille seg til en ulykke. Barrierer som kan mitigere forstås som konsekvensreducerende etter at den uønskede hendelsen har inntruffet, og er derfor utelatt fra avgrensningen i denne studien. Systematisk oppfølging av barrierer, omtales som *barrierestyring* (Lunde, 2019, s. 34).

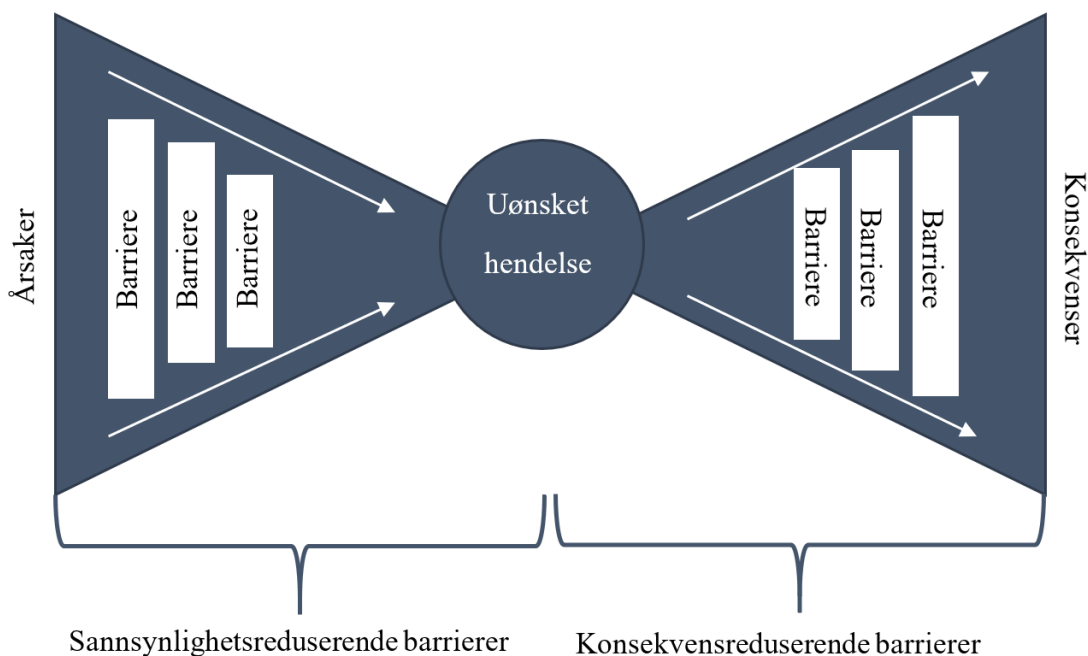
Barriere er mer enn et begrep og representerer i tillegg en sentral sikkerhetsfilosofi. Barrieretenkning som strategi for forebygging av ulykker kan krediteres til Heinrichs (1931, i Hovden, Sklet og Tinmannsvik, 2004) domino-modell. Denne modellen beskriver hvordan ulykker oppstår som et resultat av en serie med små hendelser (dominobrikker), og hvordan barrierer kan bryte dominoeffekten (Hovden, Sklet og Tinmannsvik, 2004, s. 166 – 167). Heinrichs domino-modell var et viktig startskudd for barrieretenkning som sikkerhetsfilosofi. Men det var ikke før Haddon (1980) utledet energi-barrieremodellen med ti påfølgende strategier for risikoreduksjon at barrierer som sikkerhetsstrategi ble utbredt (Rosness et. al., 2010, s. 35).

Konseptet i energi-barrieremodellen er at ulykker oppstår som følge av at et sårbart objekt blir utsatt for skadelig energi, som en konsekvens av manglende barrierer. Risikoreducerende strategier kan derfor rettes mot kontroll av energikilden, etablering av barrierer eller verne om det sårbare objektet. Haddon (1980) beskriver ti strategier for å redusere sannsynligheten for og konsekvensen av en uønsket hendelse ved hjelp av en energi-barrieremodell. Fem av tiltakene relateres til kontroll av energikilden, to av tiltakene gjelder barrierene, og tre av tiltakene omhandler det såre objektet.



Figur 7: Energi-barrieremodellen (Haddon, 1980, i Rosness et. al., 2010, s. 35).

Etter at Haddons energi-barriere modell ble etablert i litteraturen, har konseptet med barrierekontroll hatt stor innvirkning på utvikling av europeisk regelverk og standardisering (Tinmannsvik og Kjellén, 2018, s. 18). Et søk på ordet *barriere* i Lovdata gir en lang liste over lover og forskrifter som stiller krav til barrierer i ulike sektorer. Jernbanesektoren fikk kravet til barriere og det såkalte enkeltfeilprinsippet nedfelt i lovverket i etterkant av Åstaulykken i år 2000. Siden den gang har enkeltfeilprinsippet vært gjeldende ved utbygging, drift og vedlikehold av jernbanen.



Figur 8: Bowtie-modell (etter Engen et. al., 2016, s. 357)

Barrierer kan visualiseres i et bow-tie-diagram (se figur 8). Et bow-tie-diagram er en sekvensiell fremstilling av et hendelsesforløp, der den uønskede hendelsen er plassert i midten. Årsakene er visualisert på venstre side og konsekvensene på høyre side. Barrierer

eksisterer både på høyre og venstre side i modellen som henholdsvis sannsynlighets- og konsekvensreducerende barrierer. Den uønskede hendelsen starter dermed ved en utløsende årsak i modellens venstre del, og beveger seg mot midten av modellen ved at ulike barrierer brytes. Dersom den uønskede hendelsen inntreffer, beveger hendelsesforløpet seg mot høyre og får ulike utfall avhengig av barrierene som eksisterer for å redusere konsekvensen. Et bow-tie-diagram er en god modell for å visualisere barrierene i et system mot en konkret hendelse, og dermed kartlegge sannsynlighets- og konsekvensreducerende barrierer.

En bow-tie-analyse tar alltid utgangspunkt i en eller flere farekilder eller utløsende hendelser som kan lede til den uønskede hendelsen i midten av diagrammet. Deretter kartlegges barrierer som kan hindre den utløsende hendelsen fra å forårsake den uønskede hendelsen i midten. På den måten tilbyr analysen en god oversikt over utløsende årsaker til den uønskede hendelsen, samt barrierer som eksisterer imellom disse (Stranden, 2019, s. 54 – 58).

Den teoretiske avgrensningen av barrierebegrepet i denne studien er begrenset til sannsynlighetsreducerende barrierer, visualisert på venstre side av figur 8. Disse vil i denne studiens sammenheng være de barrierer som reduserer sannsynligheten for at tog mot tog sammenstøt på Gjøvikbanen inntreffer. Det vil således ikke være fokus på konsekvensreducerende tiltak som beredskap, brann og redning.

3.1.1. Klassifisering av barrierer

Følgende er en redegjørelse av hvordan barrierer klassifiseres i denne studien, og hva som ligger i begrepet barrieresystem. Et barrieresystem utøver en barriererefunksjon. En barriererefunksjon er den konkrete ytelsen eller funksjonen som et barrieresystem har i møte med en fare. For eksempel «hindre to tog på samme blokkstrekning» som er barriererefunksjonen til signalanlegget på jernbanen. Et barrieresystem er en helhet, bestående av flere elementer som opprettholder barriererefunksjonen. Et barrieresystem består således av ett eller flere barriereelementer som i samspill yter barriererefunksjonen (Alteren, Hokstad, Moe, Sakshaug, 2005, s. 12; Hollnagel, 1999, s. 6; Sklet, 2006). Når det i denne studien benyttes begrepet *barriere* menes det et barrieresystem, med mindre noe annet er spesifisert. Videre vil det kun benyttes begrepet barriere dersom dette systemet evner å bryte en uønsket hendelsessekvens. Elementer som signalanlegget er isolert sett ikke en barriere, men et barriereelement ettersom det krever fortolkning og handling fra lokfører og togets bremses for å utøve barriererefunksjonen.

Klassifisering av barrierer kan gjøres på ulike måter, avhengig av studiens formål.

Klassifiseringen som benyttes i denne studien tar utgangspunkt i barrierenes virkemåte, og er basert på Hollnagel (1999; 2004) og Alteren, Hokstad, Moe, Sakshaug (2005) med noen språklige tilpasninger. Barrierer klassifiseres følgende i fire kategorier: Fysiske-, funksjons-, varslende- og organisatoriske barrierer.

Fysiske barrierer er passive og eksisterer i en materiell form for å hindre at en hendelse inntreffer. Fysiske barrierer kjennetegnes ved at de fysisk adskiller elementer fra hverandre (Hollnagel, 1999; 2004). Innen jernbanen finnes det flere fysiske barrierer, for eksempel dobbeltspor for å hindre at to tog sammenstøter, eller stoppbukk for å hindre at toget kjører ut av sporet på en endestasjon. Fellesbetegnelsen er at barrierene eksisterer fysisk og at de ikke krever noen handling for å effektueres (passive).

Funksjonsbarrierer er aktive barrierer, men som ikke krever en fortolkning av en operatør for at den skal utøve sin funksjon. Funksjonsbarrierer fungerer ved å etablere noen forhåndsdefinerte betingelser som må være oppfylt. Dersom disse betingelsene ikke oppfylles, vil barrieren gripe inn (Hollnagel, 1999; 2004). For eksempel er ATC en funksjonsbarriere ved at den griper inn og stanser toget dersom toget passerer et signal i stopp (betingelsene for å forlate stasjonen er ikke oppfylt).

Varslende barrierer fungerer ved at en aktør må tolke informasjonen og handle deretter. Skilt, signaler, alarmer er eksempler på varslende barrierer. Varslende barrierer har til felles med funksjonsbarrierer at de er aktive, men skiller seg ved at det krever en fortolkning av en aktør som lokfører eller togekspeditør. En aktør kan således overse varselet og bryte barrieren (Hollnagel, 1999).

Organisatoriske barrierer er barrierer av lovgivende eller regulerende art, og omfatter prosedyrer, kunnskap, ferdigheter, lover og regler (Hollnagel, 1999). En barriere som eksisterer gjennom regler, lover, prosedyrer og opplæring er derfor å regne som organisatorisk (Rausand, 2014). For eksempel vil trafikkreglene for togfremføring være en organisatorisk barriere. Samtidig er trafikkregler kun en beskrivelse av en barriere, og blir først en barriere når den utføres av det operative personalet. Således er også organisatoriske barrierer avhengig av menneskelig fortolkning og handling.

Tabell 1 er en ikke uttømmende liste, men illustrerer hvordan klassifiseringen av barrierer kan gjøres på jernbanen ved bruk av de overnevnte kategoriene. Tabellen må ikke forstås rent kategorisk. Med dette menes det at et barriereelement kan både være fysisk og varslende. For

eksempel vil en bom på en planovergang fungere som en fysisk barriere mot at veitrafikken krysser jernbanelinjen samtidig med et tog. Bommen vil også fungere som en varslende barriere, ettersom den sender et visuelt signal til trafikantene om at det er farlig å krysse linjen. Barriereelementene kan således inneha ulike egenskaper som kan klassifiseres i de ulike kategoriene for barrieresystemer. En barriererefunksjon kan også bestå av ulike barriereelementer. For eksempel består barriererefunksjonen «forhindre passering av signal i stopp» av barriereelementene signalanlegg (varslende), lokfører (varslende), avgangsprosedyrer (organisatorisk) og opplæring av lokfører (organisatorisk).

Overordnet klassifisering	Barriersystem	Eksempel fra jernbane	Barriererefunksjon
Passive	Fysiske barrierer	Dobbeltspor Bom på planovergang Stoppbukk	Hindre møteulykke Hindre sammenstøt med veitrafikk Hindre utforkjøring ved endespor
	Funksjonsbarrierer	Startsperre når tog ikke er i forsvarlig stand ATC	Hindre kjøring med defekt tog Forhindrer tog å passere signal i stopp
Aktive	Varslende barrierer	Akustisk alarm i togledersentral Signalanlegget	Varsle togledelsen om passhendelse Forhindrer passering av signal i stopp
	Organisatoriske barrierer	Avgangsprosedyre Opplæring av lokfører	Forhindrer uriktig tolkning av utkjørsignalet Sikre at lokfører har tilstrekkelig kompetanse

ATC = Automatic Train Control

Tabell 1: En ikke-uttømmende liste over barrierer på jernbanen (etter Hollnagel, 1999 og Alteren, Hokstad, Moe, Sakshaug, 2005)

3.1.2. Barrierens ytelse

Tabell 1 viser et utvalg av ulike barrierer som eksisterer på jernbanen. Samtidig sier ikke dette noe om barrierenes ytelse. Det er for eksempel rimelig å anta at bommen på en planovergang som fysisk barriere, har en begrenset ytelse ettersom et kjøretøy i større hastighet kan kjøre ned bomarmen og således bryte barrieren. Dermed er det viktig å etablere noen ytelseskriterier for vurdering av barrierenes ytelse. For å vurdere en barrieres ytelse deles begrepet i tre underordnede kriterier, som hver for seg sier noe om barrierens ytelse.

Pålitelighet

Pålitelighet er et uttrykk for hvorvidt barrieren fungerer ved behov. Påliteligheten til en barriere er barrierens evne til å fungere under gitte forhold i en bestemt periode, og er således alltid knyttet til barrierens funksjon (Rausand, 2014). Kvantitativt uttrykkes ofte pålitelighet som den relative frekvensen en barriere fungerer når den skal (Aven et. al., 2004, s. 122). For

eksempel kan påliteligheten til signalanlegget uttrykkes ved hvor mange ganger det viser rødt lys når det skal. For eksempel at det lyser rødt 9 999 av 10 000 ganger. Dermed blir dette forholdstallet et uttrykk for påliteligheten til signalanlegget som barriereelement.

Ettersom det i denne studien også fokuseres på menneskelige barrierer, blir det vanskelig å uttrykke pålitelighet rent kvantitativt. Det blir dermed også et spørsmål om pålitelighet ved mennesket som barriere. Ifølge Rosnes et al. (2002) vil menneskets pålitelighet som barriere i stor grad være avhengig av hvorvidt medarbeideren har tilstrekkelig opplæring og erfaring. To medarbeidere med tilstrekkelig opplæring er ikke nødvendigvis bedre enn én medarbeider med tilstrekkelig opplæring og god erfaring.

Et annet aspekt ved vurdering av barrierers ytelse er å vurdere hvorvidt barrieren effektueres ved en utløsende hendelse eller ikke. Ikke alle barrierer behøver en utløsende hendelse for å effektueres. Rødt lys for å signalisere at det ikke er klart for lokfører å passere, er et eksempel på en barriere som ikke krever en utløsende hendelse, men som benyttes kontinuerlig i togfremføringen. Sklet (2006) argumenterer for at det eksisterer tre kategorier av utløsende hendelser: (1) Avvik fra normalsituasjon, for eksempel et tog som passerer signal i stopp. (2) Det utføres en spesifikk aktivitet, der barrierer er en del av aktiviteten. For eksempel hvis strekningen sperres for at det skal gjøres reparasjoner i sporet. (3) Planlagte aktiviteter, for eksempel inspeksjonsrunder på togets bremses. Hvorvidt en barriere behøver en utløsende hendelse for å effektueres, og hvilken type utløsende hendelse barrieren skal motvirke vil ha betydning for barrierens pålitelighet (Sklet, 2006). Barrierer som kun utløses ved avvik fra normalsituasjoner kan være mindre praktiserte og således være mindre pålitelige.

De kontekstuelle faktorene som mennesker arbeider i vil også påvirke påliteligheten til mennesket som barriere. Dersom førerhuset på lokomotivet har en lite ergonomisk utforming eller føreren opplever store endringer i arbeidsmiljøet, kan dette negativt påvirke førerens pålitelighet (Bento, 2001). Mer om menneskets rolle i et barrieresystem i kapittel 3.2. For å favne alle de nevnte aspektene ved pålitelighet, og for å anvende det på en case der det både eksisterer menneskelige og tekniske barrierer benyttes det en kvalitativ definisjon av pålitelighet. Pålitelighet blir dermed et uttrykk for hvorvidt den identifiserte barrieren er tilgjengelig til å utføre den tiltenkte funksjonen når det er behov for det.

Effektivitet

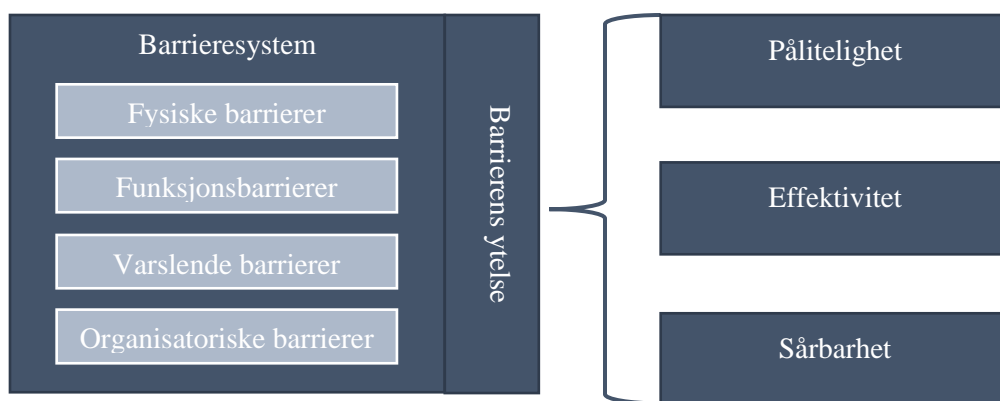
Effektivitet er den konkrete ytelsen til barrieren gitt at den fungerer. Begrepet er tett knyttet til funksjonalitet, med andre ord, i hvilken grad barrieren evner å utføre den tiltenkte funksjonen

når den effektueres (Aven, et. al., 2004, s. 122 – 123). Dersom et tog passerer et signal i stopp, så vil en barriere være et nødandrop fra togekspeditøren til lokfører med anmodning om å stanse toget. Hvorvidt nødandropet faktisk evner å stanse toget, er dermed et utrykk for effektiviteten til denne barrieren. Det er en rekke elementer som vil spille inn i den nevnte barrierens effektivitet, for eksempel togekspeditørens evne til å oppdage situasjonen, hvorvidt lokføreren svarer på nødandropet, at bremsene fungerer og at GSM-R togradio er tilgjengelig. Faktorer som negativt kan påvirke disse elementene vil være et utrykk for sårbarhet. Dermed er effektivitet og sårbarhet tett beslektede begreper.

Sårbarhet

Sårbarhet er det siste ytelseskriteriet og er et viktig konsept innen barriereanalyse. Sårbarhet kan uttrykkes som et systems manglende evne til å tåle negative påkjenninger. Begrepet sier med andre ord noe om hvor lett barrieren kan settes helt eller delvis ut av funksjon ved påvirkning (Rosness et. al., 2002, s. 29). Den påvirkende kraften kan være den aktuelle hendelsen som barrieren skal motvirke, eller det kan være endringer i betingelsene som barriereelementene opererer under. Eksempler på sistnevnte er stress, uvær, slitasje, manglende vedlikehold eller andre faktorer. En generell definisjon som legges til grunn i denne studien er «et systems evne til å opprettholde sin funksjon når det utsettes for påkjenninger» (Aven et. al., 2004 s. 124).

For å oppsummere klassifiseringen av barrierer og hvilke kriterier som inngår i vurderingen av barrieres ytelse, er ytelseskriteriene og klassifiseringen slått sammen til en figur (se figur 9). Oppsummert vil et systems samlede barrierer bestå av ulike fysiske-, funksjons-, varslende- eller organisatoriske barrieresystemer. Disse kategoriene av barrierer vil til sammen utgjøre systemets barrierer mot at ulike definerte uønskede hendelser skal utvikle seg. Barrieresystemets ytelse vil være avhengig av hver enkelt barrieres pålitelighet, effektivitet og sårbarhet. For eksempel vil en prosedyre være et eksempel på et organisatorisk barriereelement. Samtidig vil prosedyren ha lav pålitelighet og effektivitet dersom den ikke blir riktig utført av det operative personalet involvert i togfremføringen. Samspillet mellom disse faktorene er illustrert i figur 9 og utgjør studiens teoretiske barriereperspektiv.



Figur 9: Barriersystem og ytelseskriterier

3.2. Mennesket i barriersystemet

Barriereklassifisering og ytelseskriterier er diskutert i de foregående kapitlene (kapittel 3.1.1 og 3.1.2) uten en nærmere diskusjon rundt den materielle formen de ulike barriereelementene har, og hvilken betydning det får for barriersystemet. Etersom denne studien også fokuserer på menneskelige barriereelementer, er det nødvendig med en gjennomgang av teorier vedrørende rollen mennesket har i et barriersystem.

Mennesker som barrierer kan være fysiske, funksjonelle, varslende og organisatoriske. For eksempel er konduktøren en fysisk barriere dersom han fysisk blokkerer passasjerer fra å gå om bord i toget etter at avgangsmelding er gitt (Hollnagel, 2004). Riktignok er det vanligere at mennesker er en del av funksjons-, varslende- eller organisatoriske barrierer ved at de må foreta en tolkning og en beslutning for å utøve sin barriererefunksjon. Dette gjør mennesker som bidragsyter i et barriersystem unikt, og medfører i større grad variasjon mellom hver aktør sammenlignet med tekniske komponenter. Derfor er det viktig at mennesket som en del av et system har de riktige ferdighetene som kreves.

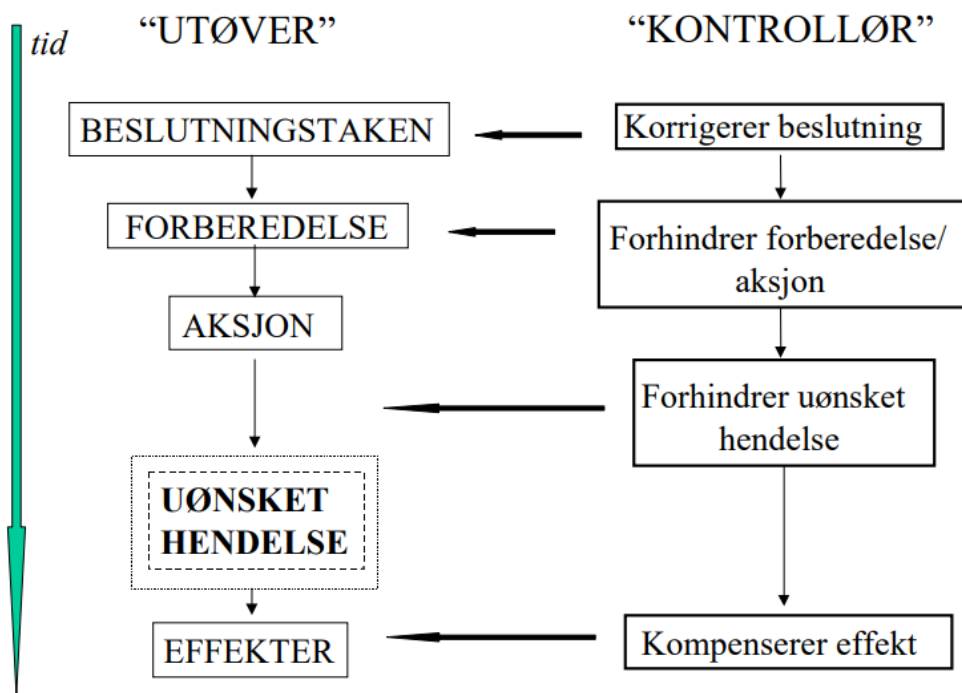
Flin, O'connor og Crichton (2008) deler ferdighetene som kreves inn i *tekniske* og *ikke-tekniske ferdigheter*. Tekniske ferdigheter er de formelle ferdighetene som kreves for å utføre en funksjon, og utgjør opplæring, fagkompetanse og annen formell kompetanse. Et eksempel er de ferdighetene som kreves for å kjøre et tog, som en lokfører lærer på Norsk Jernbaneskole. Ikke-tekniske ferdigheter er «kognitive, sosiale og personlige ferdigheter som komplementerer tekniske ferdigheter, og som bidrar til økt sikkerhet og effektiv oppgaveløsning» (Flijn et. al., 2008, s. 1). Det er syv ikke-tekniske ferdigheter, der to av de er situasjonsforståelse og beslutningstaking.

Klein (2009) omtaler situasjonsforståelse som sensmaking. Han definerer dette som et forsøk på å forstå de hendelsene som har skjedd, og forutse hva som kommer til å skje (Klein, 2009,

s. 177). For at aktøren skal få en situasjonsforståelse benyttes tidligere erfaringer for å tolke det en står overfor. Dette kalles erfaringsbasert tenking, og er basert på en kunnskap fra tidligere erfaringer. Mennesker med mye erfaring fra i en gitt situasjon vil således mestre situasjonen bedre, enn mennesker uten erfaring fra en tilsvarende situasjon (Klein, 2009). For eksempel vil en lokfører med mye erfaring fra en strekning med togmelding i større grad forstå en kryssing og forutse hvordan den kommer til å utspille seg, sammenlignet med en lokfører som kun har kjørt på fjernstyrte strekninger. På den måten påvirker erfaring og ikke-tekniske ferdigheter måten mennesker forstår en situasjon.

Tidligere erfaringer hjelper også aktøren med å beslutte riktig når vedkommende står overfor en situasjon som krever rask beslutning. Erfaringsbasert beslutning er sentralt i beslutningsteorier som *Naturalistic Decision Making* (NDM) og *Recognition-Primed Decision* (RPD) (Klein, 2008; 1989). Kort oppsummert vektlegger teoriene at aktører i møte med situasjoner der utfallet ikke er bestemt, tidsvinduet er kort og konsekvensene er store, benytter tidligere erfaringer for å beslutte. De tidligere erfaringene tilbyr aktøren et repertoar av årsakssammenhenger, som aktøren deretter kan benytte til å handle ut ifra et ønsket utfall (Klein, 2008). På samme måte vil også tidligere erfaring påvirke hvilke elementer i omgivelsene man fokuserer på. Således kan samme situasjon oppfattes ulikt av to forskjellige personer med ulik bakgrunn og erfaring (Rosness et. al., 2002, s. 50 – 51). Både NDM og RPD som beslutningsteori vektlegger viktigheten av ekspertise som spiller inn i situasjoner, ettersom aktører med stor grad av ekspertise har et større repertoar av tidligere erfaringer å støtte seg på. På den måten bidrar tidligere erfaringer med både situasjonsforståelse og beslutningstaking, og er dermed en viktig faktor når mennesker er en del av et barrieresystem (Klein, 2008).

Mennesket kan også fungere som en barriere ved å inneha rollen som kontrollør i et barrieresystem (se figur 10). Da vil kontrolløren kontrollere og korrigere en utøvers aktiviteter mot et referansepunkt for sikkerheten. Kontrolløren kan i all hovedsak utøve sin barriererefunksjon i fire moduser: (1) korrigere utøvers beslutning om å gjennomføre en aktivitet, (2) forhindre utøver å forberede sin aktivitet, (3) forhindre utøver å gjennomføre sin aktivitet og, (4) redusere konsekvensene av utøvers aktivitet (Rosness et. al., 2002, s. 48 – 49). På den måten kan et menneske i et barrieresystem inneha en barriererefunksjon ved å kontrollere en utøvers aktiviteter (Se figur 10).



Figur 10: Samspillet mellom utøver og kontrollør-barriere (Rosness et. al., 2002, s. 49)

For at menneske skal fungere tilfredsstillende i rollen som barriere, foreslår Hammerl og Vanderhaegen (2012) gjennom et MTO-perspektiv noen kriterier som bør oppfylles. Operatøren må ha riktig evne til å utføre oppgaven, barrieren må være lett å aktivere/deaktivere og den må være synlig og tilgjengelig. For eksempel er hastighetsbestemmelsene langs skinnegangen, kombinert med speedometeret i førerhuset en varslende barriere mot å kjøre for fort. Speedometeret er kontinuerlig synlig for føreren, hvilket positivt påvirker barrierefunksjonen. Samtidig er hastighetangivelsene langs skinnegangen sporadisk, og involverer i tillegg en tidsforsinkelse fra den oppdages til den iverksettes av føreren. Dette har en negativ påvirkning på føreren som menneskelig barriere, ettersom den ikke er like synlig og tilgjengelig (Hammerl og Vanderhaegen, 2012).

3.2.1. Uavhengighet

Foreløpig har barrierene blitt presentert og diskutert isolert sett, uten å se på barrierene som en del av et større helhetlig system. Realiteten er at barrierer inngår i et større system av barrierer, som ligger i suksessive lag for å hindre at enkeltfeil fører til en ulykke. Et slikt lag med barrierer omtales som et *forsvar i dybden*, og er en sikkerhetsfilosofi tuftet på at ingen enkeltfeil skal kunne føre til en ulykke (Reason, 1997, s. 7). Det er derfor viktig å presentere noen sentrale perspektiver på uavhengighet, og hvordan uavhengighet vurderes der mennesker inngår som en del av systemet.

Uavhengighet mellom barrierer i teknisk forstand, er å betrakte en barriere som uavhengig av andre barrierer hvis barrieren utfører tiltenkt funksjon uansett hva som skjer med de andre barrierene (Rosnes et. al., 2002, s. 50). Det er ulike måter å betrakte en barriere som uavhengig av andre. Aven (2006) argumenterer for at en barriere betraktes som avhengig av en annen barriere hvis:

- Samme hendelse bryter to eller flere barrierer.
- Samme element inngår i flere barrierer, slik at samme feil slår ut flere barrierer.
- Den ene barrierens svikt øker arbeidspresset på den andre barrieren.
- Den ene barrieren kan påvirke den andre.

Hvis en enkelthendelse kan redusere eller bryte to eller flere barrierer, kan de ikke betraktes som uavhengige (Hansson, 2012; Aven, 2006, s. 120 – 122). En bomarm på en planovergang er en fysisk barriere mot at bilistene beveger seg ut på skinnegangen. Signalanlegget som signaliserer til bilisten at det er farlig å krysse planovergangen er en varslende barriere som har samme funksjon. Begge er alene tilstrekkelige til å forhindre bilisten fra å krysse planovergangen samtidig med et tog, hvilket gjør at de kan regnes som to individuelle barrierer. Likevel vil bomarmen knekke og det røde lyset forseres hvis bilisten kjører over planovergangen i høy hastighet. Dermed vil samme hendelse bryte begge barrierene, og dette gjør at de ikke kan betraktes som uavhengige.

Dersom samme person eller element inngår i to eller flere barrierer, kan dette utfordre uavhengigheten til barrierene. Rosness et. al. (2002) argumenterer for at flere barrierer kan betraktes som én, dersom samme person har ansvaret for barrierene. Dette begrunnes med at situasjonsforståelse og beslutningstaking alltid er et element når mennesker er en del av barrierene. Hvis personen som inngår i flere barrierer har en feilaktig situasjonsforståelse kan denne forplante seg videre, slik at flere barrierer brytes.

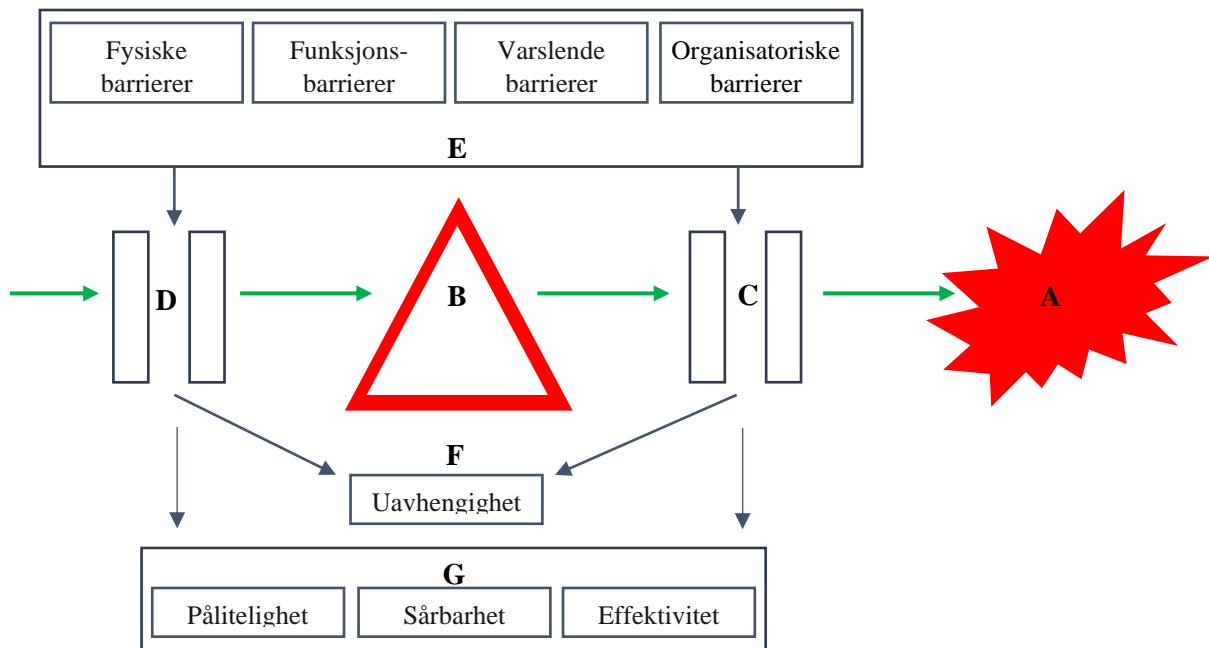
Når to eller flere barrierer deler et arbeidspress, kan svikt i den ene barrieren øke arbeidspresset på den andre. Barrierene kan dermed ikke betraktes som uavhengige, ettersom arbeidspresset øker på de andre barrierene når en svikter (Aven, 2006. s. 120 – 122). For eksempel består et tog og dets vognsett av flere uavhengige bremsesystemer som benyttes for å bremse toget (NOU 2001: 9, s. 47 – 50). Dersom det ene bremsesystemet svikter, vil arbeidspresset på de resterende bremsesystemene øke. Det økte arbeidspresset kan derfor ødelegge de resterende bremsesystemene hvis graden av arbeidspress overskrider deres terskelnivå.

Et siste avhengighetsperspektiv går ut på at barrierer kan være avhengige av hverandre dersom de påvirker hverandre (Aven, 2006, s. 120 – 122). Dette er spesielt relevant i system der mennesker er en del av barrierene, og utfører sin barrierefunksjon i en utfører/kontrollør funksjon (jf. figur 10). Da vil barrierefunksjonen baseres på at menneskene samhandler, hvilket gjør at de kan påvirke hverandre. For eksempel kan kontrolløren kunne overprøve utføreren, slik at kontrollørens situasjonsforståelse overføres til utføreren.

3.3. Studiens barriereperspektiv

Studiens barriereperspektiv, presentert gjennom kapittel 3.1. og 3.2. med delkapitler, oppsummeres i figur 11, og er fremgangsmåten som benyttes i denne studien for identifisering, klassifisering og evaluering av barrieresystemets ytelse mot en konkret topphendelse. Modellen er en oppsummering av de teoretiske perspektivene på barrierestyring som har blitt presentert i kapittel 3.1. og 3.2. De tre første stegene i figuren omhandler identifiseringen av barrierer som eksisterer mot en konkret topphendelse, og de er basert på den venstre siden i bow-tie-diagrammet skissert i figur 8. Her er det viktig å kartlegge alle utløsende hendelser til topphendelsen, samt hvilke kontrollerende barrierer som eksisterer mellom den utløsende hendelsen og topphendelsen. Neste steg er å analysere hvilke forhindrende barrierer som eventuelt forhindrer de utløsende hendelsene fra å inntreffe. Steg E er å klassifisere barrierene som har blitt identifisert etter barrierenes virkemåte slik de ble forklart i kapittel 3.1.1 og tabell 1. Steg F er en evaluering av barrierenes uavhengighet, og er basert på teorier om uavhengighet som ble skissert i kapittel 3.2.1. Her er det blant annet sentralt å se om samme barriereelement inngår i flere barrierer, eller om ett menneske har ansvaret for flere barrierefunksjoner. Steg G er en evaluering av barrierenes ytelse etter kriteriene som er skissert i figur 9. Til sammen utgjør de sju stegene en metode for identifisering, klassifisering og ytelsesvurdering av barrierene i et system mot en konkret topphendelse.

- A. Hvilken uønsket hendelse analyseres (topphendelse)?
- B. Hvilke hendelser kan forårsake topphendelsen (utløsende hendelser)?
- C. Hvilke kontrollerende barrierer kan hindre de utløsende hendelsene fra å utløse topphendelsen?
- D. Hvilke forhindrende barrierer kan hindre de utløsende hendelsene?
- E. Hvilke elementer inngår i barrierene som utøver de identifiserte barrierefunksjonene?
- F. Hvorvidt er de identifiserte barrierene uavhengige?
- G. Hvordan er de identifiserte barrierenes ytelse (pålitelighet, effektivitet og sårbarhet)?



Figur 11: Metodiske fremgangsmåte for identifisering og vurdering av barrieres ytelse mot konkret topphendelse.

3.4. Feiltreanalyse

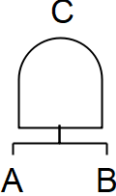
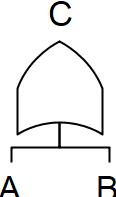

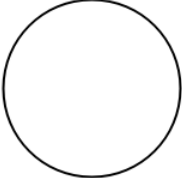
Forrige delkapittel omhandlet barrierer og det ble foreslått en modell for identifisering, klassifisering og vurdering av ytelsen til barrierene (figur 11). Fremgangsmåten som ble skissert er et nyttig verktøy, men har sine begrensninger ved at den ikke kan analysere kombinasjoner av feil som leder til den valgte topphendelsen. Med andre ord hvordan de identifiserte barrierene fungerer i et operativt henseende, og hvordan de kan svikte på en måte som gjør at topphendelsen inntreffer. For å kartlegge dette, og for å si noe om rekkefølgen på sviktene i et barrieresystem, kan en feiltreanalyse benyttes (Aven, Røed og Wiencke, 2008, s. 93 – 98).

En feiltreanalyse er en kvalitativ og kvantitativ analyse av årsakene til at en valgt uønsket hendelse inntreffer. Feiltreanalyse brukes i denne studien for å kartlegge hvordan barrierene skissert i figur 11, kan svikte og således føre til et tog mot tog sammenstøt. Den uønskede hendelsen omtales som en topphendelse, og inntreffer når en eller flere basishendelser inntreffer i kombinasjon. En feiltreanalyse er en god analysemetode for å analysere ulike barrierer i et system, og vurdere barrierenes virkemåte. Analysen er også en god tilnærming for å kartlegge svakheter i et systems barrierer (Aven et. al., 2004, s. 107 – 110).

En feiltreanalyse starter ved å velge ut hvilken topphendelse som er gjenstand for analysen. Her er det viktig å gjøre fornuftige avgrensinger slik at hendelsen lar seg analysere. Årsakene som kan lede til den valgte topphendelsen betegnes som basishendelser. Sammenhengen

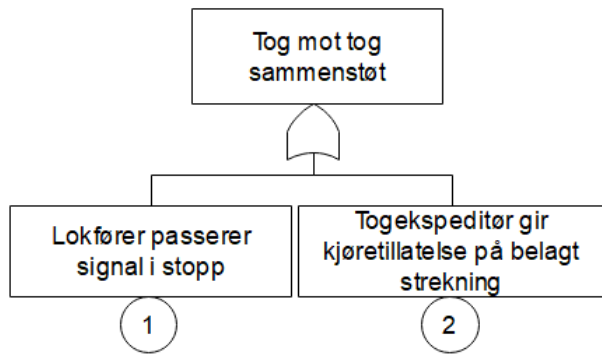
mellom basishendelsene og den valgte topphendelsen illustreres ved hjelp av logiske porter, som «og» eller «eller» (Aven, 2006 s. 55 – 67).

Tabell 2 forklarer symbolene som benyttes i en feiltreanalyse, og hvordan de henger sammen.

Symbol	Forklaring
	<p>Logisk kopling for «og»-port. Topphendelse C inntreffer hvis både A og B inntreffer. Med andre ord må begge inngangshendelsene inntreffe for at C skal bli utløst.</p>
	<p>Logisk kopling for «eller»-port. Topphendelsen C inntreffer hvis A eller B inntreffer. Med andre ord er det tilstrekkelig at én av hendelsene A eller B inntreffer for å utløse C.</p>
	<p>«Kommentar»-rektangel som forklarer en hendelse. Denne plasseres ofte over logiske porter eller basishendelser for å forklare hendelsen.</p>
	<p>«Normal»-inngang eller basishendelse. Symbolet benyttes for å betegne en basishendelse, ofte sammen med kommentarrektangelet slik vist i figur 12.</p>

Tabell 2: Forklaring av symboler i et feiltre (Etter Aven, 2006, s. 57).

For eksempel kan et tog mot tog sammenstøt være en valgt topphendelse (se figur 12). Dersom vi forenkler denne analysen ved hjelp av to basishendelser, kan dette være «lokfører passerer signal i stopp» eller «togekspeditør gir kjøresignal til belagt strekning». Da vil topphendelsen *tog mot tog sammenstøt* inntreffe dersom lokfører passerer signalet i stopp eller togekspeditøren gir kjøresignal til en belagt strekning, gitt at det er et tog på den tilstøtende blokkstrekningen. Feiltreet er konstruert i figur 12, og viser de to basishendelsene som henholdsvis 1 og 2. Den logiske porten «eller» betegner at én av basishendelsene er tilstrekkelig for å utløse topphendelsen.



Figur 12: Enkel feiltreanalyse av tog mot tog sammenstøt.

Figur 12 er en forenklet analyse, og viser kun basishendelser på et førstenivå. En mer avansert analyse ville også kartlagt årsakene til at lokfører passerer signal i stopp og årsakene til at togekspeditøren gir kjøresignal på belagt strekning. Hvor detaljert analysen skal være må veies opp mot hvor nyttig detaljeringen er (Aven, Røed og Wiencke, 2008).

Årsaken til at en feiltreanalyse benyttes i denne studien er for å visualisere hvordan de identifiserte barrierene i figur 11 fungerer i systemet. Feiltreanalysen benyttes kun deskriptivt for å gjøre en kvalitativ analyse av barrierene, inkludert hvordan svikt i barrierene forplanter seg i systemet. Dermed vil det ikke gjøres kvantitative vurderinger omkring sannsynligheten for hver av basishendelsene.

4. Metode

I dette kapittelet redegjøres det for den metodiske fremgangsmåten som har blitt brukt for å besvare problemstillingen med de underliggende forskningsspørsmålene. Det inkluderer en gjennomgang av datainnsamlingen og datagenereringen, samt de valgene som ble tatt vedrørende utvalget av informanter. En kronologisk gjennomgang av forskningsprosessen følger, fra idemyldring i starten frem til sluttproduktet. Deretter vil jeg også reflektere over kvaliteten på den metodiske fremgangsmåten opp mot kvalitetskriteriene pålitelighet, gyldighet og overførbarhet. Metodekapittelet avsluttes med en diskusjon av mulige svakheter og styrker ved den metodiske fremgangsmåten.

Det er et mål for studien å vise transparens omkring den metodiske fremgangsmåten, valg underveis, begrunnelser for disse, samt mulige svakheter og styrker (Tjora, 2017, s. 248). Dette kapittelet har som formål å sikre det.

4.1. Metodisk fremgangsmåte

4.1.1. Forskningsdesign

Studiens forskningsdesign kan betraktes som en abduktiv casestudie, der Gjøvikbanen utgjør casen. Et abduktivt forskningsdesign kombinerer en induktiv og deduktiv tilnærming, ved at forskeren går frem og tilbake mellom empirien og teorien etter hvert som studien utvikler seg (Kovács og Spens, 2005). En ren induktiv tilnærming er å utvikle teori basert på empiri og benyttes ofte i sammenheng med kvalitative studier. En ren deduktiv tilnærming blir ofte ansett som en motsetning, der forsker utformer et sett med hypoteser basert på teori, antagelser og tidligere studier som testes ut på et datamateriale for å se om hypotesene stemmer (Walliman, 2011, s. 17 – 18). Hovedskillet mellom de to tilnærmingene er at den induktive går fra empiri til teori, mens den deduktive går fra teori til empiri. En abduktiv tilnærming kombinerer disse to, med å gå frem og tilbake mellom empiri og teori for å konstruere og utvikle disse parallelt. Ved å anvende et abduktivt forskningsdesign opprettholder studien en utforskende og eksplorerende tilnærming til både teori og empiri, uten å låse seg fast til et bestemt mønster. Det er denne tilnærmingen som ble valgt for denne studien for å være åpen for funn og forklaringer i både teori og empiri underveis.

Avhengig av driftsform, topografi, stasjonsutforminger og togmateriellet varierer togfremføring og barriereutøvelse mellom de ulike strekningene i Norge. Det er derfor kontekstuelle begivenheter, og kan følgelig studeres i den konteksten de utøves for å avdekke viktige aspekter som ikke nødvendigvis lar seg avdekke ved andre tilnærminger. Casestudie er

ifølge Yin (2003) å studere fenomen i sin naturlige kontekst, og er en forskningsstrategi som gir kontekstuell kunnskap om fenomenet som studeres. Dette er derfor en fruktbar tilnærming for å studere togfremføring og barriereutøvelse på jernbanen. Studien er derfor en casestudie, der Gjøvikbanen og togfremføringen på Gjøvikbanens nordre del er casen som studeres.

Ved valg av case ble det utarbeidet noen kriterier som måtte være oppfylt for å kunne besvare problemstillingen. For det første måtte det være en enkeltsporet strekning, ettersom det på disse strekningene ikke eksisterer fysiske barrierer mot tog mot tog sammenstøt. For det andre måtte strekningen være av en overkommelig størrelse, ettersom for store og komplekse strekninger kan bli for omfattende. For det tredje måtte hele eller deler av strekningen driftes med togmelding, ettersom det er barrierestyrt på strekning med togmelding som er gjenstand for denne studien. Med utgangspunkt i kriteriene som ble valgt var det fem banestrekninger som oppfylte kravene. Av disse ble Gjøvikbanen valgt ettersom den har en interessant profil, med grensestasjon mellom fjernstyrt strekning og strekning med togmelding, samt sidebane mot Hønefoss der denne er fjernstyrt. Bane NOR utrykte også i de innledende møtene i høst at Gjøvikbanen var en interessant case, ettersom de ikke hadde en god oversikt over barrierene eller deres ytelse på denne strekningen.

4.1.2. Kvalitativ forskningsmetode

Studien anvender en kvalitativ forskningsmetode for datainnsamling og -generering. Datagenereringen baseres på ti semi-strukturerte intervju med kriteriebaserte informanter fra de ulike yrkesgruppene på Gjøvikbanen, samt Statens Jernbanetilsyn og Bane NOR. Semi-strukturerte intervju er en planlagt, men fleksibel samtale mellom forsker og informant (Kvale og Brinkmann, 2009). Denne intervjuformen benyttes ofte i casestudier, og er en egnet intervjuteknikk i de tilfeller der forskeren vet en del om temaet som undersøkes, men ikke nok til å forutse svarene (Morse og Richards, 2002, s. 94). Gjennom intervjuene ble det vektlagt informantenes erfaring, mening, holdninger og beskrivelse av praksis på Gjøvikbanen, for å danne et bilde av barrierestyrt i praksis.

Datainnsamlingen for studien er en gjennomgang av avvikssystemet Synergi, der alle avviksmeldinger for Gjøvikbanen mellom 1. mai 2015 til 1. mai 2020 ble gjennomgått. Avvikene ble systematisert og kategorisert for å danne et bilde av frekvensen for ulike typer avvik som har forekommet på Gjøvikbanen i normal drift, og som ansees relevante for studien. Funnene fra gjennomgangen har blitt brukt for å underbygge funnene fra intervjuene med informantene.

4.1.3. Forskningsprosess

Prosjektet startet i september 2019 der innledende møter ble avholdt med Bane NOR. Møtene ble avholdt som en plattform for idemyldring rundt relevante tema og problemstillinger for dagens jernbanesystem. Det ble tidlig klart at Bane NOR savnet en metode for evaluering av barriereytelse, og at strekning med togmelding utgjorde et stort usikkerhetsmoment vedrørende dette. Problemstilling har utviklet seg gradvis i tråd med den abduktive tilnærmingen, og ble avgrenset til nåværende form i mars.

Perioden januar og februar ble brukt til å samle inn informasjon om Gjøvikbanen, strekninger med togmelding og jernbanen for øvrig. Samme periode fikk jeg også adgangskort til Bane NORs hovedkontor, lokal PC med tilgang til interne dokumenter og applikasjoner, samt e-post med Bane NOR domene. Dette gjorde det lettere å komme i kontakt med relevante informanter og informasjon som ikke er allment tilgjengelig. Perioden ble også brukt til å undersøke og sammenstille relevant teori som kunne brukes for å belyse empirien jeg senere skulle samle inn, og således besvare problemstillingen.

Mars og april måned ble brukt til å sammenstille relevant teori som kunne belyse empirien som ble samlet inn. Prosessen med å samle inn teori startet i det vide allerede i februar, der ulike teorier innen sikkerhetsstyring, barrierestyring og risikostyring ble vurdert. Samtidig som denne prosessen foregikk, begynte jeg å ha de første intervjuene med informantene. I tråd med det abduktive forskningsdesignet gikk jeg frem og tilbake mellom empiri og teori, og utviklet disse parallelt. På den måten ble valg av teori formet av funnene fra intervjuene, samtidig som teoretiske vinklinger formet måten empirien ble samlet inn og analysert underveis. Datareduksjon og -analyse av empirien ble også gjennomført parallelt med innsamlingen i mars og april (Se kapittel 4.4.). Datagenerering gjennom semi-strukturerte intervju ble ferdig første del av mai.

Mai måned ble brukt til å ferdigstille datareduksjon og -analyse, samt å skrive ut empirien i empirikapittelet. Parallelt med dette begynte analysen av empirien ved hjelp av de teoretiske vinklingene som ble valgt. Dette var en tidkrevende prosess og krevde tilpassing av teori underveis. Teoridelen slik den nå fremstår ble ferdig i løpet av mai måned. For å supplere funnene fra intervjuene, og kartlegge avvik på Gjøvikbanen ble 600 avviksmeldinger i avvikssystemet Synergi fra perioden 1. mai 2015 til 1. mai 2020 gjennomgått og kategorisert. Datagrnnlaget fra denne prosessen ga et godt bilde av hvilke avvik som har forekommet langs Gjøvikbanen de siste fem årene, og underbygge utsagnene til informantene.

Juni måned ble brukt til korrekturlesing og språkvask, kontroll av kilder og referanser, samt små endringer i oppsett.

4.2. Datainnsamling

Jeg har valgt å skille mellom datainnsamling og datagenerering, på bakgrunn av Tjoras (2017) inndeling. Tjora argumenterer for at datainnsamling er innsamling av allerede eksisterende data, i motsetning til datagenerering som genererer data for studiens formål. Sistnevnte har blitt gjort ved bruk av semi-strukturerte intervjuer. Mer om dette i kapittel 4.3.

Datainnsamlingen for studien har bestått av å gjennomgå relevante dokumenter, rapporter og studier om jernbanen som system, samt innrapporterte avviksmeldinger på Gjøvikbanen i avvikssystemet Synergi.

4.2.1. Synergi

Som del av datainnsamlingen har avviksrapporter på Gjøvikbanen i perioden 1. mai 2015 til 1. mai 2020 blitt gjennomgått. Avviksrapportene har blitt rapportert i avvikssystemet Synergi, som er en digital plattform der jernbaneforetak og infrastrukturforvalter kan rapportere inn ulike avvik (Bane NOR, 2020c). I den utvalgte perioden ble det rapportert inn 600 avvik på Gjøvikbanen. Rapportene inneholder avvik av ulik karakter, som «hull i gjerdet», «sammenstøt på planovergang» og «utfall av GSM-R togradio», og er basert på rapporteringer fra det operative personalet som jobber på Gjøvikbanen.

Alle avviksrapportene ble gjennomgått og selektert basert på relevans for studiens problemstilling. Som følge av varierende alvorlighetsgrad og relevans for studien, ble totalt 498 av 600 avviksrapporter ekskludert. Dermed har det kun blitt inkludert avviksrapporter som omhandler de aktuelle barrierene og barriereelementene som er involvert i en slik hendelse. Dette inkluderer GSM-R togradio, FIDO, signalanlegget, togekspeditør, lokfører og togleder, samt andre forhold som er av relevans. Avviksrapporter som omhandler feil i skinnegang og strømanlegg, sammenstøt med dyr og objekter, samt brann langs skinnegangen har blitt ekskludert, da det ikke har noen relevans for tog mot tog sammenstøt. Deretter ble de selekterte avviksrapportene systematisert i en tabell for å kartlegge hvilke avvik med betydning for studiens problemstilling som forekommer oftest på Gjøvikbanen (se tabell 5).

4.2.2. Dokumentanalyse

Dokumentanalysen ble brukt som kilde til casespesifikke dokumenter som omhandlet jernbanens oppbygging av barrierer. Tjora (2017) argumenterer for at dokumentanalyse kan brukes som en sekundærkilde til data, for å supplere primærkilden. I denne studien ble

dokumentene brukt til å besvare det første forskningsspørsmålet om hvilke barrierer som eksisterer på strekninger med togmelding. Interne dokumenter, granskingsrapporter og studier av systemet ble gjennomgått. Det var få av kildene som omhandlet barrierer på jernbanen, og ikke minst strekning med togmelding. De få som var relevante var likevel et godt supplement til informantenes uttalelser. Dokumentanalysen var derfor en begrenset, men svært relevant sekundærkilde til data for å belyse det første forskningsspørsmålet.

4.3. Datagenerering

Datagenereringen har blitt gjennomført ved bruk av semi-strukturerte intervju med informanter involvert i togfremføringen og trafikkstyringen på Gjøvikbanen. Under deler av studien har jeg brukt Bane NORs hovedkontor som arbeidsplass. Ved å bruke Bane NORs hovedkontor som arbeidsplass har jeg fått deltatt i ulike møter, uformelle samtaler og lunsjpauser med ulike mennesker med relevant kompetanse. Dette har gjort at jeg har fått tilgang til en mengde taus kunnskap om jernbanen som system, som ellers ikke er like tilgjengelig gjennom andre kilder. Det har også gjort det lettere for meg å komme i kontakt med informanter i foretaket, Statens Jernbanetilsyn og Vy Gjøvikbanen AS. Kunnskapen jeg har fått ved min tilstedeværelse på Bane NORs hovedkontor har også gjort det lettere å lære seg jernbanen som system, og ikke minst fagspråket. Dette har også gjort det lettere å utarbeide intervjuguider og gjennomføre intervjuene.

Utbruddet av koronaviruset Covid-19 sammenfalt med perioden for datagenerering. Dette fikk konsekvenser for hvorvidt det var mulig å gjennomføre den planlagte metoden for datagenerering. Som en del av datagenereringen var det planlagt å gjennomføre observasjonsstudier, der jeg som forsker skulle være hospitant i førerhuset på toget mellom Oslo S og Gjøvik. Bakgrunnen for denne metoden var å studere arbeidspraksis blant personalet, og samspillet mellom lokfører, ombordansvarlig og togekspeditor. Det var også for å få et innblikk i hvordan stasjonsutformingen, plassering av signaler og krysningspunkt påvirket lokførerne. Dette er kontekstuelle begivenheter som best lar seg avdekke i den konteksten det utspilles (Tjora, 2017, s. 53). Utbruddet av koronaviruset medførte imidlertid at Vy Gjøvikbanen AS iverksatte strenge smittevernstiltak, hvilket gjorde at hospitering i førerhuset ikke lenger mulig. For å kompensere for dette, ble Bane NORs målevognsbilder av strekningen benyttet for å studere stasjonsutforming, plassering av signaler og krysningspunkt.

Smittevernstiltakene til Bane NOR, Vy Gjøvikbanen og Statens Jernbanetilsyn fikk også konsekvenser for intervjuene med informantene. Tiltakene gjorde at informantene i foretakene ikke fikk lov av arbeidsgiver å gjennomføre intervju der begge var fysisk til stede. Det ble også vanskeligere å få informanter til å delta i studien, ettersom flere i utvalget hadde viktig rolle i håndteringen av virusutbruddet i egen virksomhet. Derfor ble enkelte intervjuer utsatt og gjennomført via Skype eller Teams. Perioden for datagenerering ble lengre enn opprinnelig planlagt.

4.3.1. Utvalg

Det benyttes et kriteriebasert utvalg for casestudien av Gjøvikbanen, ettersom det ønskes informanter som kan bidra til forståelse av casen som studeres (Ridder, 2017, s. 282).

Kriteriene for utvalget var å ha informanter som representerte de fire operative yrkesgruppene som er involvert i trafikkstyring og togfremføring på Gjøvikbanen (se kapittel 1.3.1.). Dette utgjør togleder, lokfører, togekspeditør og konduktør, og er listet opp i tabell 3. I tillegg ble det gjennomført et intervju med en informant med en sentral rolle i sikkerhets- og barrierestylingen i Bane NOR, samt en ansatt i Statens Jernbanetilsyn med en sentral rolle i tilsyn med jernbanesektoren. Til sammen har utvalget av informanter inngående praktisk og teoretisk kompetanse på strekning med togmelding, jernbanesektoren og barrierestyling. Samtlige har erfaring fra Gjøvikbanen, og hadde derfor relevant innsikt i togfremføring, trafikkstyring og barrierer på Gjøvikbanen. Dermed var utvalget veldig godt egnet til å belyse de ulike sidene ved Gjøvikbanen som case, og bidra til å besvare problemstillingen med de underliggende forskningsspørsmålene.

Ettersom de fleste i utvalget jobber fast på Gjøvikbanen og har i gjennomsnitt 20 års erfaring i sin rolle, ble informantene av hensyn til anonymitet beskrevet med under eller over 20 års erfaring i *bakgrunn*-kolonnen i tabell 3.

Informant	Aktør	Rolle	Bakgrunn
Informant 1	Bane NOR	Strategisk	>20 års erfaring fra jernbanesektoren
Informant 2	Bane NOR	Togleder	>20 års erfaring som togleder og togekspeditør
Informant 3	SJT	Tilsyn	>20 års erfaring i jernbanesektoren
Informant 4	CargoNet	Lokfører	<20 års erfaring som lokfører
Informant 5	Vy Gjøvikbanen	Lokfører	>20 års erfaring som lokfører
Informant 6	Vy Gjøvikbanen	Lokfører	>20 års erfaring som lokfører
Informant 7	Bane NOR	Togekspeditør	<20 års erfaring som togekspeditør
Informant 8	Bane NOR	Togekspeditør	<20 års erfaring som togleder og togekspeditør
Informant 9	Vy Gjøvikbanen	Konduktør	>20 års erfaring som konduktør
Informant 10	Vy Gjøvikbanen	Konduktør	>20 års erfaring som konduktør

Tabell 3: Oversikt over studiens utvalg av informanter, samt kategorisering av aktør, rolle og bakgrunn.

4.3.2. Intervjuene

For å opprettholde en abduktiv eksplorerende tilnærming til intervjuene, men samtidig avgrense tema til barrierer og ytelsen av disse, ble intervjuene gjennomført på en semi-strukturert måte. Dette er en tilnærming til intervjuene der forskeren på forhånd har kompetanse om temaet for studien, men samtidig setter informanten i en ekspertrolle der vedkommende kan uttale seg fritt innenfor relativt åpne spørsmål (Leech, 2002). Ettersom jeg tidligere har jobbet i Bane NOR og hadde litt innsikt i casen og driftsformen som benyttes på Gjøvikbanen, var dette en egnet fremgangsmåte for intervjuene. Fordelen med denne tilnærmingen er at den tillater en fleksibel intervjusituasjon, der intervjuguiden fungerer som en sjekkliste for forskeren over hvilke tema intervjuet skal dekke. Samtidig så tillater det semi-strukturerte intervjuet digresjoner, dersom forsker opplever disse som fruktbare for studien (Dumay & Qu, 2011). Ettersom studien er en abduktiv casestudie, var det viktig å ivareta den utforskende og fleksible tilnærmingen som betegner en abduktiv forskningsstrategi. Dette ivaretas ved å legge opp til en semi-strukturerte gjennomføringen av intervjuene.

I forkant av intervjuene ble det utarbeidet intervjuguiden. Intervjuguidene var tilpasset hver informant basert på hvilken rolle og erfaring de hadde på Gjøvikbanen. For eksempel var fokuset på intervju av det operative personalet rettet mot praksis, gjennomføring av prosedyrer og arbeid, samt operasjonalisering av barrierer. Intervjuguiden av personalet på det strategiske nivået og de som utøver tilsyn rettet seg i større grad på hvordan de mener barrierene burde utføres, hvilke utfordringer og fordeler som de opplever at eksisterer på en strekning med togmelding, samt samspillet mellom de ulike foretakene som er ansvarlig for barrierefunksjonene. Intervjuguidene hadde likevel overordnede likheter, og forskningsspørsmålene fungerte som overordnede tema i alle intervjuguidene (se vedlegg 2).

4.3.3. Forhold mellom forsker og informant

Jernbanesektoren har et særegent stammespråk, som kan gjøre det vanskelig for utenforstående å få innsikt i hva som beskrives (Bane NOR, 2011; Jernbanedirektoratet, 2017b). I slike sammenhenger er det positivt dersom forsker på forhånd har kjennskaper til faguttrykk og begreper som informantene bruker i intervjusammenheng for å unngå misforståelser (Andersen, 2006). Ettersom jeg tidligere har jobbet i jernbanesektoren som toginformator og i ERTMS-programmet til Bane NOR, hadde jeg på forhånd god kjennskap til de ulike faguttrykkene og begrepene som informantene benyttet seg av under intervjuene. Det gjorde det også lettere for meg å forstå informantenes forklaringer, uten å i stor grad

måtte be om oppklaringer på det som ble sagt. Intervjusituasjonen ble derfor smidigere, og jeg opplevde i større grad en gjensidig respekt og anerkjennelse av meg som forsker.

4.4. Dataanalyse

Dataanalysen er prosessen med å redusere mengden rådata som genereres fra intervjuene, til et mindre og mer håndterlige volum. Det var viktig at denne prosessen ble gjort på en måte som ikke endret innholdet og budskapet i empirien, og at jeg hadde kontroll på hvordan egne forventninger til datamaterialet påvirket denne prosessen.

I denne studien ble det benyttet *empirinær koding* for å redusere datamaterialet til et håndterlig volum. Empirinær koding er å benytte sitater, ord eller uttrykk som eksisterer i transkripsjonen som koder. Kodene som genereres skal gjenspeile et avsnitt eller utsagn fra en informant (Tjora, 2017, s. 195 – 203). På den måten blir datamaterialet redusert til en mengde koder, uten at mine forventninger til datamaterialet påvirket dataanalyseprosessen i alt for stor grad. Deretter ble de empirinære kodene gruppert i temagrupper basert på tema. Prosessen som ble valgt for koding og gruppering gjorde det lettere å skaffe oversikt over empirien, og samtidig finne tilbake til avsnittene og sitatene kodene var basert på.

For å gjennomføre kodingen ble Microsoft Excel brukt. Excel var et effektivt hjelpemiddel, ettersom det var lett å organisere sitater og tekstutdrag i kolonner og rader, og deretter gruppere det etter tema.

4.5. Kvalitetskriterier

4.5.1. Relabilitet

Relabilitet, også omtalt som pålitelighet, omhandler studiens interne logikk og sammenheng gjennom hele studien. En studie har høy grad av relabilitet hvis det er sammenhengen mellom de empiriske funn, det teoretiske perspektivet, analysen og konklusjonen i studien (Tjora, 2017).

For å oppnå høyere grad av relabilitet er det viktig at forsker har kontroll på hvordan vedkommende selv påvirker denne sammenhengen gjennom fortolkning og analyse. Forskers personlige engasjement eller overbevisning kan således påvirke studiens relabilitet på en negativ måte. Jernbanesektoren er en sektor jeg har jobbet i tidligere, og som jeg har god kjennskap til. Samtidig er strekning med togmelding en driftsform jeg ikke hadde erfaring med, hvilket skapte nysgjerrighet gjennom studien. Tjora (2017) argumenterer for at forutgående kunnskap om et tema er en styrke når det gjøres kvalitative studier, og at det kan

hjelpe forskeren med å få tilgang til feltet (s. 235 – 237). Gjennom tidligere jobberfaring har jeg opparbeidet personlige kjennskap til jernbanesektoren og således utviklet et begrepsapparat og kontaktnettverk som gjorde det lettere å få innsikt i sektoren og gjennomføre datainnsamlingen. Min manglende kompetanse på strekning med togmelding har gjort at jeg ikke har hatt noen personlig overbevisning som utgangspunkt vedrørende barrierenes ytelse. Min generelle kompetanse på jernbanen som system og dets fagspråk, kombinert med manglende forutgående kompetanse på togmelding som driftsform opplevdes derfor som et ideelt utgangspunkt. Jeg opplevde også god kontroll over hvordan personlig engasjement kunne påvirke fortolkning og analyse.

Høy grad av reliabilitet innebærer også refleksivitet rundt hvordan empirien ble fortolket, og sitater brukt under studien (Tjora, 2017, s. 236 – 238). Mengden data kvalitativ forskning genererer er stor, og det er derfor umulig å ikke selektere fra dataen. Gjennom selekteringsprosessen og dataanalysen var det derfor viktig å presentere funnene fra intervjuene så virkelighetsnært som mulig, og at sitater ikke ble misbrukt til fordel for personlig overbevisning. Dette ble ivaretatt gjennom den empirinære koding (Se delkapittel 4.4.) og krysskontroll av sitater som omhandlet de samme temaene opp mot de andre informantenes transkripsjoner. På den måten ble informantenes uttalelser presentert på en måte som gjenspeilet deres utsagn, og samtidig sikret reliabilitet gjennom analysen.

4.5.2. Validitet

Validitet handler om hvorvidt svarene forskningen generer, faktisk er svar på spørsmålene studien skal besvare (Tjora, 2017). Høy grad av validitet betegnes ved at studiens problemstilling er besvart, og at den viser til sammenhenger og tolkninger av dataen (Skog, 2010). Innenfor kvalitative studier eksisterer kommunikativ og pragmatisk validitet. Kommunikativ validitet oppnås ved at studiens funn og konklusjon diskuteres med et fagmiljø for å forankre det i en større faglig kontekst, mens pragmatisk validitet måles etter hvorvidt forskningen faktisk fører til endring (Tjora, 2017, s. 232). For å sikre høyere grad av kommunikativ validitet ble funnene og systemforståelsen som ble tilegnet under studien diskutert med fagmiljøet i Bane NOR. Dette bidro til at grunnleggende misforståelser om hvordan togmelding som driftsform fungerte ble korrigert, og eventuelle funn ble satt i en faglig kontekst. Fremgangsmåte og datamateriale ble også diskutert med medstudenter og veileder. Den faglige forankringen som ble oppnådd gjennom disse fora bidro til å sikre høyere grad av kommunikativ validitet.

Den pragmatiske validiteten viser til studiens grunnlag for videre forskning eller mulighet til å skape endring. Gjennom studiens funn ble det avdekket fremtidig sårbarheter ved togmelding som driftsform. Disse ble foreslått som tema for videre forskning, hvilket viser til pragmatisk validitet.

4.5.3. Generaliserbarhet

Generaliserbarhet handler om hvorvidt studien har gyldighet utover de enhetene som har blitt studert (Tjora, 2017, s. 231). Studien er en casestudie av Gjøvikbanens, hvilket gjør at utvalget og dets funn kun representerer casen som studeres. Det er også begrensninger ved den kvalitative metoden for datagenerering, som gjør at funnene ikke kan generaliseres ut over casen som studeres. Det er likevel fellestrekk mellom Gjøvikbanen og andre strekninger i Norge som kjøres med togmelding, ved at driftsform, trafikkregler og sikkerhetssystem er likt. Det gjør at funnene fra casestudien kan gi indikasjon på egenskaper ved togmelding som driftsform, som er gyldige på de øvrige strekningene i Norge med denne driftsformen. En slik generaliserbarhet forstås som en *moderat generaliserbarhet*, der studien har generaliserbarhet i en mer strukturell forstand, der funn fra én studie kan brukes som indikasjon på hva som skjer i en annen studie (Tjora, 2017, s. 243 – 245). Det er likevel egenskaper ved Gjøvikbanen som case, som gjør at funnene kun er representative for Gjøvikbanen. Blant annet det faktum at strekningen kun betjenes av ett togselskap, med det samme mannskapet. Det er ikke tilfelle på de øvrige strekningene.

Studien har også en *vis konseptuell generalisering*, ved at funn fra casen kan benyttes til å utforme hypoteser og teorier (Tjora, 2017, s. 245 – 248). Disse kan testes i studier av andre strekning med togmelding og jernbanesektoren for øvrig.

4.6. Metodiske styrker og svakheter

Som nevnt i kapittel 4.3 sammenfalt perioden med datagenerering med utbruddet i Norge av koronaviruset covid-19. Derfor ble alle intervjuer, med unntak av ett, gjennomført over videokonferansetjenester som Skype og Teams. Dette kan ha fått negativ innvirkning på datagenereringens kvalitet, ettersom kroppsspråk og gestikulering ble utelatt fra kommunikasjonen. Det er derfor mulig at informanten ikke fikk uttrykt seg tilstrekkelig, og at jeg som forsker overså viktig kroppslig kommunikasjon (Tjora, 2017, s. 169 – 171). Dette ble forsøkt kompensert ved å stille oppfølgingsspørsmål der det oppsto uklarheter, samt bruk av video slik at vi fikk visuell kontakt. Informantene opplevde ikke intervju over Skype eller Teams som et problem, og opplevde å få budskapet godt frem.

En annen metodisk utfordring er bruk av avvikssystemet Synergi som datakilde. Utfordringen ved dette er at den ikke er tilgjengelig for personer uten tilgang til systemet, hvilket gjør det vanskelig for en leser å etterprøve funnene. For å kompensere for dette ble funnene diskutert og forankret i fagmiljøet i Bane NOR.

En metodisk begrensning ligger i datamaterialets gyldighet ut over de enheter som er observert. Det er kun benyttet intervjuer, rapporter og innrapporterte avviksrapporter som datagrunnlag. Denne prosessen involverer fortolkning, både fra informantenes sin side og forskeren som skal gjenfortelle den. Det er derfor en mulighet at forsker ikke har klart å tolke og fremstille virkeligheten informantene forteller korrekt. Konklusjonene som trekkes basert på disse datakildene kan kun brukes til å belyse praksis på Gjøvikbanen, hvordan informantene opplever og fortolker dette, samt gi et historisk perspektiv på de mest frekventerte avvikene.

4.7. Etiske problemstillinger

Ved studiens datagenerering ble det nødvendig å samle inn personopplysninger fra informantene som deltok. Personopplysningene som måtte samles inn var lydopptak og bakgrunnsopplysninger som ansenitet og stilling. På bakgrunn av behovet for innsamling av personopplysninger, ble søknad til Norsk Senter for Forskningsdata (NSD) innsendt. Det ble vurdert at studien oppfylte kravene gitt i personvernlovgivningen, og at innsamling og behandling av personopplysningene kunne begynne med referansekode 779726.

Etisk forsvarlig håndtering av informantene innebærer også et tydelig informert samtykke fra deltakerne i studien (Walliman, 2011, s. 45 – 50). Informantene som skulle delta i studien ble derfor tilsendt et samtykkeskjema som beskrev formålet med studien, samt hvordan personopplysningene skulle lagres, brukes og slettes, og hvilke rettigheter de hadde i forbindelse med dette (Se vedlegg 1). Lydopptakene ble kun brukt til transkribering av intervjuene, og deretter slettet permanent. Sitater som kunne brukes til å identifisere informantene eller andre ble ekskludert av hensyn til personvern. Ved fremstilling av datamaterialet ble informantene anonymisert ved bruk av betegnelsene Informant 1 til 10. Det var likevel viktig å få frem hvorvidt informantene tilhørte de fire operative yrkesgruppene som jobber på Gjøvikbanen, ettersom de har ulike forutsetninger for å uttale seg om systemet. Det ble likevel vurdert at det var såpass mange som tilhører de ulike yrkesgruppene, slik at det ikke var mulig å identifisere informantene basert på denne benevnelsen. Informantenes

arbeidserfaring ble i tillegg benevnt som over eller under 20 år, for å sikre tilstrekkelig anonymisering. Kravene til god forskningsetikk ble derfor ivaretatt i studien.

5. Empiri

Følgende kapittel presenterer studiens empiri, som er basert på funnene fra intervjuene med informantene (se tabell 3), dokumentanalysen og gjennomgangen av avviksrapportene i Synergi. Funnene fra intervjuene med de ti informantene danner hovedgrunnlaget for empirien i studien, og innehar også hovedfokuset i dette kapitlet. Dokumentanalysen har blitt brukt for å kartlegge hvilke barrierer som ifølge litteraturen eksisterer på strekning med togmelding, og er kun relevant for å besvare det første forskningsspørsmålet. Resultatene fra gjennomgangen av avviksrapportene i Synergi brukes for å belyse uttalelsene til informantene, og for å gi et innblikk i de vanligste avvikene på Gjøvikbanen nord for Roa. Disse presenteres i et eget delkapittel på slutten av kapitlet. Funnene fra dokumentanalysen og intervjuene er strukturert etter forskningsspørsmålene.

Hvordan er barrierenes ytelse på en jernbanestrekning med togmelding?

F1: Hvilke barrierer eksisterer på strekning med togmelding?

F2: I hvilken grad er de identifiserte barrierene uavhengige?

F3: Hvilke sårbarheter eksisterer i de identifiserte barrierene?

F4: Hvor pålitelige og effektive er barrierene?

Bakgrunnen for struktureringen er at forskningsspørsmålene er satt opp i en logisk og kronologisk rekkefølge. Det første forskningsspørsmålet har som formål å identifisere hvilke barrierer som eksisterer på strekning med togmelding. Dette er et naturlig sted å starte, ettersom det er sentralt å kartlegge hvilke barrierer som eksisterer, før resultatene som omhandler ytelse og uavhengighet presenteres. Barrierene er identifisert gjennom dokumentanalysen og uttalelser fra informantene. Det neste forskningsspørsmålet belyser i hvilken grad de identifiserte barrierene er uavhengige av hverandre. Spørsmål om uavhengighet er sentral å belyse, ettersom det er et grunnleggende prinsipp i barrierestyring og et forsvar i dybden. Det er også naturlig å presentere empiri som omhandler uavhengighetene mellom barrierene, før den konkrete ytelsen til hver barriere presenteres. Det tredje forskningsspørsmålet forsøker å kategorisere hvilke sårbarheter som eksisterer i barrierene. Her vil informantenes syn og opplevelser knyttet til aktiviteter som utgjør barrierefunksjonen legges frem for å belyse forskningsspørsmålet. Det siste forskningsspørsmålet er hvor pålitelige og effektive barrierene er. Ettersom ulykker på jernbanen inntreffer sjeldent, vil informantenes syn på dette tema bli svært relevant.

Avviksrapportene vil bidra til å belyse de vanligste avvikene langs Gjøvikbanen de siste fem årene, og kan knyttes til både uavhengighet, pålitelighet, effektivitet og sårbarhet i barrierene. Derfor legges dette frem i et eget kapittel til slutt.

5.1. Hvilke barrierer eksisterer på strekning med togmelding?

For å belyse dette forskningsspørsmålet har empiri fra intervjuene med informantene, samt dokumenter som omhandler barrierer på strekning med togmelding blitt brukt som datakilde. Første del av delkapittelet omhandler empiri fra intervjuene. Andre del av delkapittelet presenterer funnene fra dokumentene. Siste del av delkapittelet oppsummerer funnene i en tabell. På den måten vil Gjøvikbanens barrierer mot tog mot tog sammenstøt bli tydelig skissert, og danne et godt grunnlag for å belyse de neste forskningsspørsmålene.

5.1.1. Fra intervjuene

Hvilke barrierer som eksisterer på strekning med togmelding er ikke et enkelt spørsmål for informantene å svare på. Samtlige informanter er enige i at lokfører og togekspeditørene spiller en viktig rolle i barrierene. Utover disse gir informantene ulike svar med ulik detaljeringsgrad på hvilke elementer de faktisk anser for å være en barriere.

Ombordansvarlig var ifølge informantene ansvarlig for togfremføring tidligere, ved å kontrollere at signalanlegget lyste grønt før toget fikk lov til å forlate stasjonen. Denne funksjonen er ifølge samtlige informanter fjernet. Dette bekreftes også av dokumenter det ble gitt innsyn i fra Statens Jernbanetilsyn (Statens Jernbanetilsyn, 2020). En nyere endring som følge av innføring av et standardisert europeisk trafikkregelverk (omtalt som TSI-OPE) har gjort at det ikke lenger er nødvendig å ha ombordansvarlig som en del av togfremføringen. Endringen fjerner ombordansvarliges plikt til å forvise seg om at signalet lyser grønt på stasjoner med togmelding. Som informant 2 sier: «På betjente stasjoner er togekspeditørens plikt til å vise signal 'Kjøretillatelse' til ombordansvarlig fjernet som følge av innføringen av den felles europeiske regelen fra TSI-OPE om avgang. Endringen er risikoanalysert i samarbeid med persontogforetakene» (Informant 2). Ettersom ombordansvarlig ikke lenger er medansvarlig under togfremføringen, vil ikke ombordansvarlig som barriere bli vurdert i denne studien. Sitatene fra ombordansvarlige vil likevel bli benyttet som datagrunnlag, ettersom informantene har god erfaring med og innsikt i togmelding som driftsform på Gjøvikbanen.

Togekspeditørene som utveksler togmelding

Den første barrieren er ifølge informantene at lokfører må ha kjøretillatelse fra togekspeditøren i form av grønt lys, eller muntlig tillatelse via GSM-R togradioen før toget kan forlate stasjonen. For at togekspeditøren skal kunne gi kjøretillatelse, utveksles togmelding med togekspeditøren på den tilstøtende stasjonen for å høre om strekningen er fri for tog. Da skal togekspeditøren på den tilstøtende stasjonen se i togmeldingsboken sin, og enten godta eller avvise togmeldingen. Dersom togmeldingen godtas, så bekreftes det at strekningen er fri, og dermed kan lokføreren gi kjøretillatelse. Således fungerer togekspeditøren som en barriere mot at det feilaktig gis kjøretillatelse inn på en belagt strekning.

Så har man jo togmeldingsboka. Der blir det jo ført hele tiden, ankomst og avgang. Det er den på en måte togekspeditøren forholder seg til. Der har man et åpent felt, så vet man at der er ikke strekningen helt klar. Så det føres inn et tidspunkt når det kjøres, og da er jo nabofeltet åpen. Dvs at her er det et tog ute (Informant 8).

Når togekspeditørene har bekreftet at strekningen er fri, og de har utvekslet togmelding seg imellom, kan grønt lys gis til lokfører. Togekspeditøren utgjør derfor ifølge samtlige informanter en barriere mot tog mot tog sammenstøt, ettersom det er togekspeditøren som kontrollerer at strekningen er fri og gir kjøretillatelsen.

Lokfører som forvisser seg om kryssende tog

Samtidig som lokfører er avhengig av å få kjøretillatelse fra togekspeditøren for å forlate stasjonen, gir informantene uttrykk for at det eksisterer en barriere i tillegg til denne. Dersom det er en kryssing planlagt på stasjonen toget skal ha avgang fra, skal lokfører i tillegg til kjøretillatelsen, forvise seg om at det kryssende toget har kommet.

For eksempel ved kryssing av tog, så er det jo føreren som har ansvaret med å forvise seg om at kryssende tog har passert. Så han har det i sin rute at han skal krysse et tog. Så det er jo en barriere (Informant 1).

Dersom lokfører mot formodning har fått kjøretillatelse av togekspeditøren, før det kryssende toget har ankommet stasjonen, vil ikke lokføreren kunne kjøre hvis trafikkregelen etterleves. Dermed er det i utgangspunktet ikke tilstrekkelig å kun få kjøretillatelse hvis lokfører har en kryssing oppsatt i ruten i FIDO. Lokfører må også forvise seg om at kryssende tog har kommet. Dette utgjør ifølge informantene en barriere, ettersom den skjer uavhengig av togekspeditørens vurderinger. «For da er det jo på en måte føreren en barriere i seg selv da, på

kryssinger blant annet med at det er krav om å forvise seg om at kryssende tog har kommet» (Informant 5).

Nødanrop til lokfører

I tillegg til at lokfører må få kjøretillatelse fra togekspeditøren og forvise seg om at det kryssende toget har kommet, så eksisterer det en tredje barriere dersom toget havner på strekning som allerede er belagt av et annet tog. I slike tilfeller er det ifølge informantene en egen prosedyre der togekspeditøren sender nødanrop til lokfører med anmodning om å stanse toget.

Bruke togradioen med den nødanropsfunksjonen er det mest effektive måten å stoppe tog på. Det du oppnår med å sende nødanrop det er jo ikke bare det at du kanskje får snakke med føreren, men alle togene vil redusere hastigheten til det man kaller for halv sikhastighet. Det er at du skal kunne stoppe på halvparten av den strekningen du skal kunne se fremover. (Informant 7).

Flere informanter er enige i hvor viktig denne barrieren er, og enkelte har også erfart at den har blitt brukt:

Så hadde vi en hendelse hvor et tog ikke stoppet på en stasjon eller stoppsignal fordi føreren var eller ja hva skal vi si ... han hadde sovnet rett og slett. Og da ble nødanrop brukt og stoppet toget. (...) Vi kjenner jo gamle ulykker, årsaken til det og hva som kanskje manglet av hjelpemidler eller barrierer. Og det er jo særlig kommunikasjon som er en gammel sak der som var vanskelig veldig lenge. Og veldig mye av reglene var jo bygget opp rundt nettopp det at man ikke kunne snakke sammen. Så den revolusjonen når plutselig alle tog hadde en telefon det gikk an å ringe til, og det også gikk an å sende hverandre melding til. Det er en barriere som har løst veldig mange problemer da, og som vi stoler veldig på da (Informant 4).

På den måten eksisterer det ifølge informantene en barriere ved at togekspeditør kan oppnå verbal kontakt med lokfører, og anmode om å stanse toget.

Nødanrop til togleder

En siste barriere som informantene omtaler er togekspeditørens mulighet til å foreta et nødanrop til togleder. Toglederen vil da foreta en nødfrakopling av kjørestrømmen, slik at togene mister sin trekraft. «Det er jo ikke noe annet du får gjort der. Bortsett fra at togleder slår inn en alarm så strømmen blir tatt» (Informant 6). Samtidig som det omtales av informantene som en barriere, er det enkelte som spekulerer i hvor effektiv nødfrakopling av kjørestrømmen er på å stanse et tog.

Ellers så har man jo sånne ting som nødfrakopling på kontaktledning og sånne ting som kan benyttes. Men jeg vet ikke hvor effektivt det er. Jeg vet ikke hvor mange som ville benytte det heller for å stoppe et tog. Da er det heller nødalarm med togradio som ville blitt benyttet (Informant 8).

Oppsummert eksisterer det ifølge informantene fire barrierer mot tog mot tog sammenstøt. Lokfører som forvisser seg om at det kryssende toget har kommet, togekspeditørene som utveksler togmelding. Tokekspeditøren som foretar et nødalarm til lokfører med anmodning om å stoppe er også en barriere, i tillegg til nødalarm til togleder som tar kjørestrømmen.

5.1.2. Fra dokumentanalysen

Følgende er en oppsummering av funnene fra dokumentanalysen over hvilke barrierer som eksisterer på strekning med togmelding. Det eksisterer ikke en komplett oversikt over hvilke barrierer som eksisterer på strekning med togmelding som er allment akseptert i Bane NOR, og det er få studier av et slikt system. Det er dog ulike dokumenter som omhandler temaet, og som danner datagrunnlaget for denne dokumentanalysen.

Et dokument som har hatt en sentral betydning i utforming av barrierer som krav til sikkerhetsstyring i jernbanen er granskingsrapporten av Åstaulykken, der to tog sammenstøtte på Åsta stasjon (NOU 2000: 30). I forbindelse med granskingen av ulykken utarbeidet Jernbaneverket en oversikt over hvilke barrierer som eksisterer mot tilsvarende ulykker på det norske jernbanenettet. Til tross for at det nå er 20 år siden Åstaulykken, er Gjøvikbanen som system nærmest uendret i forhold til barriereoversikten som jernbaneverket utarbeidet i år 2000. De viktigste endringene er utbygging av GSM-R togradio og FIDO som gir førerne den daglige oppdaterte ruten på det gjeldende kjøremønsteret. Ettersom GSM-R togradio blir omtalt som en egen barriere, og oversikten fra år 2000 viser at Gjøvikbanen har to barrierer, utgjør det i dag til sammen tre barrierer på Gjøvikbanen nord for Roa: Tokekspeditør, GSM-R togradio og signalanlegget (NOU 2000: 30, s. 207).

En studie av barrierer på jernbanen ved tilsvarende tog mot tog sammenstøt fant at det på jernbanestrekninger eksisterer tre barrierer: signalanlegget, ATC og togekspeditøren som ringer lokfører med anmodning om å stanse toget (Albrechtsen og Hokstad, 2003). Ettersom Gjøvikbanen ikke er utbygget med ATC, eksisterer det ifølge denne oversikten kun to barrierer: Signalanlegget og togekspeditøren som ringer lokfører med anmodning om å stanse toget. Sistnevnte barriere er ekvivalent med Åstakommisjonens GSM-R togradio, ettersom det er dette formålet togradioen brukes til i et barrierehenseende.

En risikoanalyse av togekspeditørenes arbeidssituasjon utført av Jernbaneverket (2001) viser også at det eksisterer to barrierer mot et tog mot tog sammenstøt: Lokfører og togekspeditøren. Årsakene til sammenstøt mellom to tog viser seg i all hovedsak å være passering av signal i stopp og at togekspeditør av ulike årsaker gir kjøresignal på belagt strekning (Jernbaneverket, 2001).

5.1.3. Barrierene oppsummert

Oppsummert viser uttalelser fra informantene og resultatene fra dokumentanalysen at det i hovedsak eksisterer fire barrierer på strekning med togmelding mot et tog mot tog sammenstøt (se tabell 4). Den første barrieren er lokføreren som forvisser seg om at kryssende tog har kommet. Dette er en barriere samtlige informanter enses om er viktig, men som ikke er nevnt i noen av dokumentene som ble analysert. Neste barriere er togekspeditørene som utveksler togmelding for å kontrollere at strekningen er fri for tog, før kjøretillatelse gis til lokfører. Hvorvidt togekspeditørene hver for seg kan betegnes som en barriere, eller om de er en barriere til sammen gis det ikke et entydig svar på. Det kreves uansett to togekspeditører for å utveksle en togmelding, hvilket er grunnen til at de kan sies å utgjøre én barriere. Den tredje barrieren er togekspeditøren som foretar nødansrop til lokfører med anmodning om å stanse toget. Dersom dette ikke fungerer, gir informantene uttrykk for at togekspeditøren kan foreta et nødansrop til toglederen som kan frakople kjørestrommen. Barrierene slik de fremkommer fra dokumentanalysen og intervjuene er oppsummert i tabell 4.

Barriere 1	Barriere 2	Barriere 3	Barriere 4
Togekspeditørene utveksler togmelding og kommuniserer et signalbilde til lokfører. Lokfører responderer korrekt på signalbildet.	Lokfører forvisser seg om at kryssende tog har kommet.	Togekspeditør foretar nødansrop over GSM-R togradio til lokfører med anmodning om å stanse.	Togekspeditør foretar nødansrop over GSM-R togradio til togleder, som foretar en nødfrakopling av kjørestrommen.

GSM-R = Global System for Mobile Communications – Railway

Tabell 4: Oppsummering av barrierer fra intervjuene og dokumentstudien.

5.2. I hvilken grad er de identifiserte barrierene uavhengige?

Som illustrert i det foregående delkapittelet viser empiri fra intervjuene med informanter og resultatene fra dokumentanalysen at alle barrierer på Gjøvikbanen innehar menneskelige elementer. Disse barrierene er illustrert i tabell 4, og viser at det er lokfører og togekspeditørene, sammen med togleder som utfører barrierefunksjonene. Det er derfor

sentralt å belyse empiri som omhandler uavhengigheten mellom disse aktørene og de elementene som de benytter seg av. Følgende delkapittel presenterer empiri fra intervjuene med informantene som belyser uavhengigheten mellom barrierene.

Delkapittelet struktureres derfor på en måte som tydelig skisserer uavhengigheten mellom elementene som inngår i barrierene i tabell 4. Det betyr uavhengigheten mellom lokfører og togekspeditøren, samt togekspeditørene seg imellom. Første del omhandler uavhengigheten mellom lokfører og togekspeditøren. Som tabell 4 viser, inngår togekspeditøren og lokføreren i samtlige barrierer på ulike måter, hvilket gjør det viktig å belyse empiri som omhandler disse aktørenes uavhengighet av hverandre. Siste del omhandler togekspeditørenes uavhengighet av hverandre, ettersom det alltid kreves to togekspeditører for å utveksle en togmelding. Kapittelet avsluttes med empiri som belyser andre deler av systemet med tanke på uavhengighet.

5.2.1. Uavhengighet lokfører og togekspeditør

Følgende delkapittelet presenterer empiri som omhandler uavhengigheten mellom lokfører og togekspeditør, og er basert på intervjuene med utvalget av informanter.

Forvisse seg om kryssende tog

Lokfører skal forvisse seg om at kryssende tog har kommet, hvilket ifølge informantene gjør lokfører uavhengig av de to togekspeditørene. Togeekspeditørene og lokførerne utgjør ifølge informant 7 en trekant i måten de samhandler på.

Men det er egentlig en trekantbarriere. Det er barrierer mellom de to togekspeditørene som sender togmelding til hverandre. I tillegg så har du førerne da som i tillegg har et ansvar da. Føreren skal ikke kjøre ut på strekningen før han er sikker på at strekningen er fri for tog (Informant 7).

Sistnevnte er referanse til førerens plikt til å forvisse seg om at kryssende tog har kommet. «Også stiller i tillegg krav til fører på sånne typer strekninger – han skal forvisse seg om at kryssende tog har kommet. Så det føler jeg er en uavhengig barriere ut ifra de to togekspeditørene som utveksler togmeldingen da.» (Informant 8).

Uavhengigheten ligger derfor ifølge samtlige informanter i lokførerens evne og plikt til å forvisse seg om at kryssende tog har kommet. Dette er en tilleggsbestemmelse for strekning med togmelding, og står nedfelt i Trafikkregler for jernbanenettet (TJN) kapittel 6.24 «Føreren skal forvisse seg om at kryssende tog er kommet på kryssingsstasjon før toget kjører fra stasjonen» (Bane NOR, 2019b, s. 10). Dette har ifølge informant 5 en

uavhengighetsskapende effekt. «Og slik er regelverket bygget ut for akkurat det da, når det bare er en togekspeditør på den stasjonen der toget skal krysse så har de dratt inn føreren i regelverket som skal sikre seg. Og da blir på en måte den uavhengigheten» (Informant 5). Kravet om å forvise seg at kryssende tog har ankommet før toget kjører fra stasjonen er ifølge informantene med på å gjøre lokfører som barriere uavhengig av togekspeditøren. «Da vil jo føreren lure ‘hvorforskal jeg kjøre når det er et annet tog på strekningen da?’» (Informant 7).

FIDO er ifølge informantene et viktig element for at lokførere skal kunne forvise seg om at kryssende tog har kommet. FIDO er programmet der de daglige rutene blir lagt inn og kommunisert til det operative personalet. Derfor er lokførerne avhengig av ruten i FIDO for å vite om at det er kryssing på en stasjon eller ikke. Informant 7 beskriver FIDO som en revolusjon på strekninger med togmelding.

«Det som var revolusjon på strekning med togmelding, var jo FIDO-systemet. For da det systemet kom tok det vare på veldig mye av sikkerheten med at det skal være en kunngjøring for et tog. Du kan ikke kjøre tog ut på en strekning uten at du har en kunngjøring til å gjøre det. (...) Det gjør at alle kjøretøy som skal ut på strekning med togmelding må ha et tognummer. Og da er mye av sikkerheten ivaretatt der. Det gjør jo at når det blir kommunisert en togmelding så er det ett tog det gjelder» (Informant 7).

En kunngjøring betyr at et hvert tog som skal kjøre på en strekning får en unik identitet, omtalt som et tognummer. Når toget skal ut på en strekning får det dermed en kunngjøring med tognummeret. Dette gjør det lettere for det operative personalet å kommunisere med hverandre, ettersom hvert tog er identifiserbart gjennom tognummeret i FIDO.

Dersom et ekstra tog settes inn eller det gjøres endringer i kjøremønsteret, så kan lokføreren få en kryssing med et tog på en stasjon. Da vil det dukke opp et varsel i FIDO om at lokføreren har fått en ekstra kryssing.

Så hvis lokføreren er underveis, så piper det i FIDO at han har en ny kryssing. Hvis han da ikke kvitterer for at han har fått en ekstra kryssing på Roa, så ringer togleder. Da får han ikke lov til å kjøre før han har kvitert for det (Informant 9).

På den måten er lokførerne avhengig av rutene i FIDO for å kunne forvise seg om at kryssende tog har kommet.

Lokfører behøver ikke se det kryssende toget

Det er enkelte situasjoner der lokfører ikke behøver å se det kryssende toget for å kjøre fra stasjonen.

«Hvis føreren er usikker eller hvis ikke det toget man skal krysse med ifølge ruten ikke er synlig eller sånne ting, så skal jo togekspeditør ut å gi et ... Enten et sånt skilt, kryssende tog har kommet, eller muntlig underrette om det at kryssende tog har kommet da.» (Informant 8).

Dette er en bestemmelse for togekspeditører som jobber på stasjoner med togmelding. Der kan togekspeditør vise et hvitt sirkelformet skilt med grønt kors for å signalisere til lokfører at det kryssende toget har kommet (Bane NOR, 2019c, s. 60). Dermed kan det være situasjoner der togekspeditør viser et signal til lokfører om at kryssende tog har kommet, uten at lokfører har sett det kryssende toget.

Normalt så møtes jo to tog på en stasjon. Og det står i ruta til toget. At du skal krysse det og det toget. Og da.. og slik som på morgenen så kan det jo være slik at arbeidstoget har vært ute på natta, og kommet inn tidlig ikke sant. Sånn at det kryssende toget er ikke der når du kommer, men du har det i ruta. Da er det opp til føreren å sjekke, hvis ikke togekspeditør kommer med den «kryssende tog» skiva (Informant 5).

Skiltet som signaliserer at kryssende tog har kommet er dermed et signal som togekspeditør kan gi til lokfører om at kryssende tog har ankommet. Dette gis ifølge informantene i situasjoner der stasjonens utforming er slik at man ikke kan se det kryssende toget, eller der toget har kommet inn på stasjonen tidlig. Ifølge informantene er de fleste stasjonene med togmelding langs Gjøvikbanen oversiktlige med tanke på visuell bekreftelse av kryssende tog. «Så er jo stasjonene som Jaren, Eina og Gjøvik, men der er det ikke noe problem. For der ser vi jo togene med egne øyne. Da er det ikke noe tvil, da har kryssende tog kommet.»

(Informant 6) Et unntak er imidlertid Roa, der Hønefossbanen deler seg fra Gjøvikbanen. «Men det er klart, Roa er en sånn stasjon man skal være litt obs på. For vi kjenner jo ikke maskinene som kjører her og der, men der er vi nøye og der er det togekspeditør.» (Informant 6). Informanten referer her til hvorvidt du ser det kryssende toget eller ikke, og medgir at kryssende tog på Roa er vanskelig. Derfor benytter togekspeditøren på Roa seg av dette signalet. «Så når vi kommer på Roa og skal krysse der, så skal togekspeditøren vise den *kryssende tog har kommet* skiva til lokføreren, eller ta det muntlig at tog 62 for eksempel har kommet til Roa» (Informant 9).

Lokfører behøver ikke se signalet

Uavhengighet mellom lokfører og togekspeditøren er ifølge lokførerinformantene vanskelig, ettersom togframføring er et samspill mellom togekspeditør og lokfører. Ifølge Informant 5 tillater regelverket kjøring av tog ut fra en stasjon uten at føreren har sett det grønne lyset. På stasjoner der dette er tilfelle, får lokføreren heller kjøretillatelsen fra togekspeditøren og dvergsignaler. «Føreren nå behøver heller ikke se det grønne lyset på strekning med togmelding. Det klarer seg egentlig at de får kjøretillatelse fra togekspeditør. Men du ser jo dverg-signalene da, og du får da kjøretillatelse fra togekspeditøren» (Informant 5).

Dvergsignaler er små lavtstående hvite signaler, som signaliserer en kjøretillatelse til lokfører ved å danne et bestemt mønster. Lokførerens manglende evne til å visuelt se det grønne lyset kompenseres for ved at togekspeditøren gir kjøretillatelsen muntlig kombinert med dvergsignaler. Dermed er lokfører og togekspeditør i et samspill om kjøring av tog.

Kjøring av etterfølgende tog

Kjøring av etterfølgende tog er situasjoner der to tog kjører etter hverandre i samme retning. Kjøring av etterfølgende tog er ifølge enkelte informanter en situasjon der lokfører ikke er uavhengig av togekspeditøren. «Så har vi noen tilfeller der vi ikke har noen ekstra barrierer. Som for eksempel kjøring av etterfølgende tog. Der har vi jo hatt hendelser ... flere hendelser. For der er det jo togekspeditøren som har ansvaret» (Informant 1).

Samtidig er det ikke alle informantene som er enige i at kjøring av etterfølgende tog medfører svekkelse i sikkerheten. «Det kan jo bli en ulykke, men det er flere ting som må inntreffe. For det første må jo det toget foran deg få stopp på blokkstrekningen foran deg og du skal rekke å ta det igjen.» (Informant 4).

Da skal jo ta igjen det toget som kjørte foran deg før det har kommet til neste stasjon. Og hvis de får en stopp eller noe, så er jo de pålagt selv å varsle. Og hvis de får helt stopp, så skal de jo sette opp stoppsignal på hver side. Så det er jo flere sånne elementer på det å kjøre samme vei som skal kompensere nettopp for den situasjonen da. (Informant 3).

Vurderingene fra informantene viser at de er enige om at det er færre barrierer ved kjøring av etterfølgende tog, ettersom lokfører ikke kan forvise seg om at strekningen er fri og at det første toget har ankommet sin stasjon. Lokfører og togekspeditør er derfor ikke uavhengige når det kommer til kjøring av etterfølgende tog, fordi togekspeditøren er den eneste som kan kontrollere at strekningen er fri via togmelding. Informantene mener samtidig at andre

elementer som ruteplanlegging og varslingsrutiner ved stans gjør lokfører på det fremste toget uavhengig av togekspeditør.

5.2.2. Uavhengighet togekspeditør og togekspeditør

Følgende kapittelet presenterer empiri som omhandler togekspeditørenes uavhengighet av hverandre, og er basert på intervjuene med utvalget.

For å sende en togmelding kreves det ifølge informantene en togekspeditør på hver stasjon. Togekspeditør på stasjon A ringer opp togekspeditør på stasjon B, og spør om strekningen er fri for tog. Dersom strekningen er fri, gir togekspeditør på stasjon A kjøretillatelse til lokføreren om å kjøre til stasjon B. Dersom strekningen ikke er fri, så skal ikke togekspeditøren gi lokføreren kjøretillatelse. Oversikten over strekningen føres i en togmeldingsbok der togekspeditøren fører ankomst og avgangstider til togene i hver sin kolonne. «Der har man et åpent felt, så vet man at der er ikke strekningen helt klar. Så det føres inn et tidspunkt når det kjøres, og da er jo nabofeltet åpent. Det vil si at her er det et tog ute.» (Informant 8). Informanten referer her til feltene i togmeldingsboken, som brukes til å loggføre alle bevegelser inn og ut av stasjonen. Dette er ifølge lokførerinformantene med på å skape en uavhengighet. «Det er to togekspeditører som på en måte skal sikre at det ikke er flere tog som går utpå» (Informant 5).

Uavhengigheten i barrierene ligger i at det alltid må to togekspeditører til for å sende og motta en togmelding. Dersom et tog skal sendes til en stasjon, må det bekreftes av togekspeditøren på neste stasjon at blokkstrekningen er fri, før signalet kan gis til toget. Her ligger det ifølge informantene to uavhengige barrierer. «Så det første togekspeditør ser på i boka, så ser han jo ned der at han ikke har noe ankomstklokkeslett at han ikke har fått noe ankomstklokkeslett i den boka.» (Informant 8). Dersom togekspeditøren prøver å sende et tog, så skal togekspeditøren på neste stasjon motsette seg dette. «Hvis Gjøvik prøver seg på å sende et tog til Jaren, så skal han på Jaren si hmm ... det er jo et tog allerede her. Dem er alltid to.» (Informant 5). Sitatet fra informant 5 underbygges av den ene togekspeditøren:

Og uansett når jeg skal sende togmelding så er det en annen togekspeditør på en annen stasjon som vil si nei, det får du ikke lov til. For jeg har sendt tog i fra min stasjon. Dermed har du jo barrieren der med togmeldingen. For det er to parter som er inne og vurderer. (Informant 7).

Kjøreruter og FIDO

På lik linje med lokførerne, så er togekspeditørene avhengig av å bruke FIDO. Med FIDO kom også kravet om at alle tog må ha en kunngjøring, også omtalt som en rute. «Hvis et

arbeidstog dukker opp for å gjøre en arbeidsoppgave. Så må han skaffe seg rute, før han får lov til å forlate stasjonen» (Informant 9). Dermed er det ikke mulig for togekspeditøren å sende et tog før toget har fått oppsatt rute i FIDO.

Hvis det skal gjøres noen endringer i kjøremønsteret, må togleder gjøre det. «Du får ikke lov å røre det hvis ikke du heter togleder. Tokekspeditør kan ikke si til lokfører at du skal krysse på neste stasjon. Det er helt uhørt. Så den rekka den er streng.» (Informant 3). Dersom kjøremønsteret skal avvike fra det oppsatte rutene, så må lokfører og togekspeditøren varsles av togleder. «Og hvis det blir avvik fra de så må det ut på sånne skriv og sånne ting da. Så jeg føler at de er ganske uavhengige likevel. For fører er jo medvirkende hvert fall når det er kryssinger da.» (Informant 8).

GSM-R

GSM-R togradio er det operative personalets system for å snakke sammen verbalt, og fungerer som en telefon på et lukket nett kun forbeholdt jernbanen. Samtlige informanter er enige om at GSM-R er en viktig innretning:

Det er kun den vi benytter. Det er ikke lov å benytte noe annet. For den er i togsystemet. Det har jo blitt prøvd en vanlig walkie talkie, men den har blitt stoppet av tilsynet. For vi er jo meldt inn i togradiosystemet ikke sant, så når vi går på jobb så legges toget inn i togradiosystemet, så vi også legges inn der (Informant 10).

GSM-R brukes av alle involvert i togfremføringen, og utgjør en viktig funksjon for å få kontakt med hverandre i nødsituasjoner. «Pr. i dag så har vi jo GSM-R nødansropsfunksjonen. togekspeditøren kan ta, toglederen kan ta, lokføreren kan ta det og da går man ut på åpen linje for alle tog som er i område» (Informant 8). Dermed er samtlige av det operative mannskapet avhengig av GSM-R togradio.

5.3. Hvilke sårbarheter eksisterer i de identifiserte barrierene?

I følgende kapittel presenteres funn fra intervjuene som kan belyse hvilke sårbarheter som eksisterer i de identifiserte barrierene. Det er også viktig å belyse hvilke faktorer som reduserer sårbarhetene i systemet, ettersom endringer i disse kan skape økt sårbarhet. Derfor er funn fra intervjuene som omhandler økt og redusert sårbarhet trukket frem.

Redusert kompetanse

Kjøring på strekning med togmelding inngår i grunnopplæring for alle lokførere. «Så har alle førere lik utdanning, og den opplæringen ligger på Norsk Jernbaneskole.» (Informant 5).

Kjøring på strekning med togmelding er i utgangspunktet ikke en spesialkompetanse. «Dette er en del av opplæring for å bli fører, togleder og togekspeditør så dette skal alle kunne. Ikke noe spesialkompetanse for dette.» (Informant 2).

Årsaken til at lokførere og togekspeditører fortsatt får opplæring i denne driftsformen er ifølge informantene at togmelding fortsatt kan bli tatt i bruk som en reserveløsning. «I Norge så må alle ha full opplæring i alle driftsformer fordi Bane NOR forbeholder seg muligheten til å bygge ned en strekning til strekning med togmelding» (Informant 4). Sitatet fra informant 4 bekreftes av informant 7, som selv opplevde å jobbe på strekning med togmelding da det brant i sikringsanlegget på Skotterud stasjon våren 2018 (Bane NOR, 2018c). «Da den godsekspedisjonsbygningen brant, så var også sikringsanlegget der. Da ble det opprettet strekning med togmelding mellom Magnor og Matrand. Så der har jeg og jobbet da det var strekning med togmelding» (Informant 7). Informantenes utsagn referer til en bestemmelse i Trafikkregler for jernbanenettet kapittel 5, der Bane NOR gis muligheten til å midlertidig endre driftsformen til strekning med togmelding (Bane NOR, 2019f, s. 9). Derfor er det også viktig ifølge informantene at alle lokførere og togekspeditører får opplæring og opprettholdt kompetansen på denne driftsformen.

Samtidig er kompetansen på denne driftsformen redusert. Innføring av ERTMS medfører at det over tid vil bli færre strekninger med togmelding. Ifølge informantene vil denne endringen medføre redusert kompetanse på strekning med togmelding, både blant lokførere og togekspeditører.

«Og der jeg tror det er en utfordring for systemet er etter hvert som vi har færre togmeldingsstrekninger. Spesielt blir det jo det når vi på Nordlandsbanen og Gjøvikbanen innfører ERTMS, så blir det jo veldig lite igjen. Så øving og det å ha nok kompetanse på togmelding – ha ryggmargsrefleksene inne kan jo bli en utfordring i en sånn overgangsfase.» (Informant 1).

Redusert kompetanse er ifølge Informant 3 allerede et problem. «Ja, den er redusert. Den har vært redusert lenge. Det har blitt gjort en rekke tiltak fordi man ikke har folk som er oppdaterte på å jobbe på en sånn strekning.» (Informant 3). Problemet med redusert kjøring på togmeldingstrekning er ifølge flere av informantene at du ikke får praktisert kunnskapen på driftsformen. «Ja, det er klart det vil den jo bli. Ting du ikke gjør til daglig vil du jo bli mindre flink til enn ting du gjør til daglig.» (Informant 5).

En sårbarhet på strekninger med togmelding er ifølge informantene at det blir redusert kompetanse på denne driftsformen blant det operative personalet. Det utgjør en sårbarhet for

systemet i overgangsfasen mellom strekning med togmelding og utbygging av ERTMS. Årsaken til det er ifølge informantene at det blir færre strekninger å jobbe på der det operative personalet får praktisert driftsformen. «Alle blir jo opplært i det sånn som det er i dag, men ikke alle kan det godt nok for å si det sånn da. For dem jobber ikke i det daglige med det. For det blir færre som jobber på strekning med togmelding.» (Informant 7).

Fast mannskap – et tveegget sverd

Kjøring på strekning med togmelding foregår i Norge uten ATC. Dermed har føreren ifølge informantene ingen førerstøttesystem som automatisk regulerer hastigheten i henhold til kurvaturer og hastighetsbestemmelser langs strekningen. Det blir dermed opp til lokføreren å lese skilt langs strekningen med de gjeldende hastighetsbestemmelsene.

Det er skiltet med hastighet, men det er som man sier. Lokførerjobben det er 80% å være kjent. Da kjører du mye lettere, da jobber du mye lettere. Det er ikke som bil vet du at du bare kjører også kan du bremse. Du har lange bremsestrekninger for å sette ned farten og sånt vet du (Informant 6).

Det faktum at det er fast mannskap som kjører på Gjøvikbanen er ifølge samtlige informanter en fordel når det ikke er ATC som automatisk regulerer hastigheten. «Nå har vi en fordel på Gjøvikbanen sånn som det er i dag er jo at det er ett togselskap som kjører der, som er et eget togselskap med egne lokfører.» (Informant 1). Dette begrunnes blant annet med at lokfører som barriere er mindre sårbar for påvirkning av eksogene forhold som dårlig sikt. «Du kan ha tåke og tett snøbyger, og da kjører vi med ryggen som vi sier. Vi vet hvor vi er, vi har kjørt her før.» (Informant 6). Dermed er lokfører mindre sårbar for endringer i eksogene forhold, sammenlignet med situasjonen slik den tidligere var der mannskapene roterte på hvilke strekninger de kjørte.

Samtidig advarer informantene mot at man kan bli for komfortabel i jobben, dersom man senker skuldrene. «Men hvis du kjører en strekning, så blir du vant med at det er en måte å kjøre på. Og det kan være en felle at du tror at det er likt i dag som i går» (Informant 5).

Dersom lokføreren blir for godt vant, kan det oppstå passhendelser.

Da kan du senke garden. Det var sånn i går, så det er sånn i dag. Du kan bli rullet inn i en sånn farlig søvn. Du kan være aldri så våken, men menneskehjernen er litt rar den vet du. Du kjører på forventning vet du. (...) Det er menneskehjernen, øynene dine ser, men det er hva du forventer at du skal gjøre (Informant 6).

Forventninger til signaler og hvordan kjøringen skal foregå er derfor en sårbarhet, spesielt hvis lokførerne blir for godt vant til å kjøre på en strekning.

5.4. Hvor pålitelige og effektive er barrierene?

I det følgende delkapittelet presenteres empiri som belyser barrierenes effektivitet og pålitelighet. Empirien er basert på informantenes uttalelser.

Lokfører som barriere isolert sett mer effektiv

Lokførerne trekker frem at mannskaper som jobber på strekning med togmelding blir mer skjerpet grunnet manglende fjernstyring som et sikkerhetsnett. «Så jeg tror førerne blir mer skjerpet når vi ikke har den overvåkingen» (Informant 5). Dette utsagnet bekreftes av en annen lokfører som påstår at F-ATC kan bli en hvilepute for mange lokførere, og at de kan bli mindre skjerpet.

Jeg har alltid sagt at det er en hvilepute. Du har tendenser nå til at nye lokførere nå som går blinde for dem er så opptatt av elektronikk som tar over. De driter på draget rett og slett. Det blir en sovepute. Du er så vant til at elektronikken er der. (Informant 6).

Den skjerpende effekten tilskrives vissheten om manglende førerstøttesystem, sammenlignet med fjernstyrte strekninger. «Man må liksom sikre den opplæringen, at dem forstår at den rollen er litt utvidet når du kjører på en strekning med togmelding.» (Informant 5).

Det bekreftes av en annen informant som beskriver at man tar på seg «en annen hatt» på Roa, før man kjører nordover mot Gjøvik. «Men fra Roa og utover, da skifter vi frakk. Da setter vi på oss en annen hatt kan du si» (Informant 6). Dermed er, ifølge informantene, føreren som barriere isolert sett mer effektiv og pålitelig på strekninger med togmelding, enn de er på fjernstyrte strekningene med ATC.

Fast mannskap øker påliteligheten

Samtlige av de operative informantene påstår at tjenesteutsetting av Gjøvikbanen i 2006 har hatt positiv effekt på sikkerheten. Dette begrunnes med at det nå er et fast mannskap av lokførere som kjører opp og ned strekningen, i stedet for at man ruller på mannskapet og jobber på ulike driftsformer fra dag til dag. Dermed er de som kjører på strekningen bedre kjent med togmelding som driftsform enn andre lokførere som ikke praktiserer det like ofte. «Men jeg tror det er sikrere enn sånn som det var før da, at du fikk mannskap fra strekning med fjernstyring også plutselig var du på strekning uten fjernstyring neste dag.» (Informant 6). Utsagnet støttes av togekspeditørene, som mener fast mannskap reduserer usikkerheten.

«Jeg tror nok det er bedre at folk er godt kjent og jobber profesjonelt i stedet for at det skal være nye folk inn hele tiden. For det skaper en sånn usikkerhet.» (Informant 7).

Det faktum at det er fast mannskap skaper også en tillitt mellom lokførerne og togekspeditørene, ettersom de over tid har blitt godt kjent med hverandre. Denne tilliten er med på å skape et kollegialt forhold på tvers av de ulike foretakene Vy Gjøvikbanen AS og Bane NOR.

Vi kjører jo bare opp og ned her i og med at vi er en egen operatør. Vi kjenner jo alle som er i Bane NOR også. Vi har jo stasjonssteder der og stort sett der som det er folk. Så vi er jo innom der og tar en kaffekopp og sånt da. Det er på en måte veldig sånn kollegialt forhold da (Informant 5).

Det kollegiale forholdet skaper en tillit til hverandres kompetanse, til tross for at de tilhører ulike yrkesgrupper og foretak. «De som kjører på strekningen kjører fast på strekningen, sjeldent noen nye. Alle har god opplæring.» (Informant 8).

Nødanrop

Nødanrop til lokfører med anmodning å stoppe er en barriere informantene gir uttrykk for at er effektiv når den først effektueres.

Bruke togradioen med den nødanropsfunksjonen er det mest effektive måten å stoppe tog på. Det du oppnår med å sende nødanrop det er jo ikke bare det at du kanskje får snakke med føreren, men alle togene vil redusere hastigheten til det man kaller for halv sikthastighet (Informant 7).

Nødanropet går ut på en åpen linje, slik at alle tog som er i nærheten av mottakeren av nødanropet også vil høre hva som blir sagt. Trafikkreglene sier at alle som er i nærheten av toget som mottar nødanropet automatisk skal redusere hastigheten til halv sikthastighet, som tilsvarer maksimalt 40 km/t (Bane NOR, 2019d, s. 3). «Og det gjør at med et nødanrop så får alle togene beskjed om det. Ikke bare det toget du sier skal stoppe. Alle togene går ned til halv sikthastighet» (Informant 7). Dermed er nødanropet som barriere ifølge informantene svært effektivt i å avverge tog mot tog sammenstøt. Barrieren er også godt kjent blant det operative mannskapet. «Så ja, det skal være godt kjent for alle. Og de som utdannes på skolen nå, de er jo veldig drilla i nødanrop og blir veldig godt kjent med det» (Informant 8).

Togekspeditørene som utveksler togmelding

Togekspeditørenes utveksling av togmelding foregår muntlig over GSM-R togradio. Et nyere krav til utveksling av togmelding har ifølge informantene forbedret samhandlingen mellom togekspeditørene. Det nye kravet for samhandling mellom togekspeditørene krever at togekspeditørene bruker bestemte ordlyder og leser tilbake beskjeder som blir gitt.

Den som gir den sier at tog sånn og sånn skal krysses her, også sier den som mottar at da skal tog sånn og sånn holdes tilbake. Så man endrer på en måte på hvordan man svarer, for at man ikke bare blindt gjentar. (Informant 8).

Mal for kommunikasjon og faste ordlyder er derfor viktig for å redusere muligheten for misforståelser og feiloppfattelse mellom togekspeditørene. Dette bidrar ifølge informantene til høyere pålitelighet i kommunikasjonen mellom togekspeditørene, og således evnen deres til å utveksle korrekte togmeldinger.

Ifølge informantene er utveksling av togmelding strengt regulert. Samtlige oppgir at de opplever sikkerheten som god på strekning med togmelding, og at de aldri har opplevd en togekspeditør som har sendt tog fra stasjonen uten å utveksle togmelding med nabostasjonen. «Men jeg har aldri opplevd at det har vært sånn nestenulykke der. Jeg har heller aldri hørt om togekspeditør som har gitt kjøretillatelse uten å utveksle togmelding først heller» (Informant 9). Krav til kommunikasjon og informantenes utsagn viser at de anser togekspeditøren som pålitelig og effektiv barriere.

FIDO har blitt mer pålitelig

FIDO er som tidligere beskrevet et system som det operative mannskapet er avhengig av. FIDO tilbyr kontinuerlig oppdateringer om ruten til hvert tog, hvor de skal krysse og med hvilke tog. Systemet er således viktig for at det operative mannskapet skal kunne utøve sine barrierefunksjoner. Enkelte informanter gir uttrykk for at det var problemer med FIDO da det ble innført i 2015. «I starten av FIDO så vi at det ikke var godt nok da, og det gjorde jo at Bane NOR sjekket hver eneste dag at alt var som det skulle og sånt. Men det tror jeg er på plass nå» (Informant 4). Et annet sitat bekrefter dette. «Jeg har ikke opplevd ... det var litt i begynnelsen, men nå fungerer FIDOen veldig bra. Det er et veldig bra hjelpemiddel der i forhold til den boken vi hadde i gamledager» (Informant 10). Informantene viser at det var problemer i FIDO da det ble innført i starten, men at systemet fungerer bedre nå.

5.5. Avvik i Synergi

Tabell 5 oppsummerer avvik rapportert i avvikssystemet Synergi på Gjøvikbanen i perioden 1. mai 2015 til 1. mai 2020. Resultatene som er oppsummert i tabell 5 viser at det vanligste avviket er feil på GSM-R togradio, etterfulgt av feil i programmet FIDO. De tilfellene der det er feil på GSM-R togradio betyr at GSM-R av ulike årsaker ikke er tilgjengelig.

Primærårsaken til feil i GSM-R togradio er tekniske feil på utstyret som benyttes eller mangelfull dekning. Det er også rapportert inn ni avviksrapporter der årsaken viser seg å være manglende kompetanse på bruk av utstyret. Feilene i FIDO omhandler manglende informasjon om tog, strekning, kvittering av mottatt kjøreordre og hastighetsangivelse langs skinnegangen. Det er fem rapporter på at tog ikke er satt opp med rute, og fem rapporter på at ruten er satt opp på en måte som gjør at togrekkefølgen kan misforstås. Dette er avvik som potensielt kan medføre svekkelse i lokførers evne til å forvise seg om at kryssende tog har kommet, ettersom toget lokfører skal krysse med ikke har oppsatt egen rute. Det er også fem avviksrapporter på at kjøreledningen på strekningen er strømløs, hvilket betyr at togene har mistet sin trekraft.

Resultater av gjennomgang av avviksrapporter i Synergi perioden 1. mai 2015 til 1. mai 2020

Hendelseskategori	Underkategori	Antall hendelser
ATC mangler	Tog kjørte uten ATC	2
Avgangsprosedyre	Kommunikasjon mellom togekspeditør og lokfører	4
Feil på kjøreledningen	Strømløs kjøreledning	5
Feil GSM-R togradio	Kompetanse på bruk av GSM-R	9
	Feil på utstyr	15
	Mangelfull dekning	20
Feil i FIDO	Manglende informasjon om strekning	5
	Manglende informasjon om tog	3
	Manglende kvittering av ordre	7
	Manglende hastighetangivelse	5
	Samme kunngjøring gjentas	1
	Tog mangler i FIDO	5
	Togrekkefølgen kan misforstås	5
Feil på signal	Hastighetsangivelse dekket av snø	4
	Hastighetsangivelse mangler	5
	Kommunikasjonsfeil	2
	Optisk signal nede	4
Passhendelse	Signal falt i stopp	1
Totalt		102

ATC = Automatic Train Control, GSM-R = Global System for Mobile Communications – Railway, FIDO = Filtret distribusjon av operative kunngjøringer

Tabell 5: Avvik rapportert i avvikssystemet Synergi på Gjøvikbanen i perioden 1. mai 2015 til 1. mai 2020

6. Drøfting

I følgende kapittel drøftes de empiriske funnene som ble presentert i forrige kapittelet opp mot oppgavens teoretiske perspektiv. Tidligere forskning brukes også for å belyse funnene, og sette de i en faglig kontekst. Første delkapittel innledes med en analyse av barrierenes oppbygging mot tog mot tog sammenstøt. Analysen gjøres ved hjelp av fremgangsmåten skissert i figur 11 i kapittel 3.3. Deretter benyttes en feiltreanalyse for å analysere hvordan barrieresystemet kan svikte (Aven, Røed og Wiencke, 2008). Disse to analysene vil bidra til å besvare første forskningsspørsmål om hvilke barrierer som eksisterer på strekning med togmelding, samt danne grunnlaget for en diskusjon vedrørende barrierenes uavhengighet.

Neste delkapittel inneholder selve analysen av barrierenes uavhengighet. Etersom empirien viser at samtlige barrierer innehar menneskelige elementer, vil det benyttes teorier som tar for seg uavhengighet i et barrieresystem med menneskelige aktører. I den sammenheng blir det sentralt å kartlegge hvorvidt samme element inngår i flere barrierer, noe som kan skape felles feil (Aven, 2006). Siste delkapittel omhandler barrierefunksjonenes ytelse. Her vil de teoretiske begrepene sårbarhet, effektivitet og pålitelighet bli benyttet for å analysere hver barriere. Drøftingen vil gi et godt grunnlag for å besvare studiens problemstilling, nemlig hvordan barrierenes ytelse er på en jernbanestrekning med togmelding.

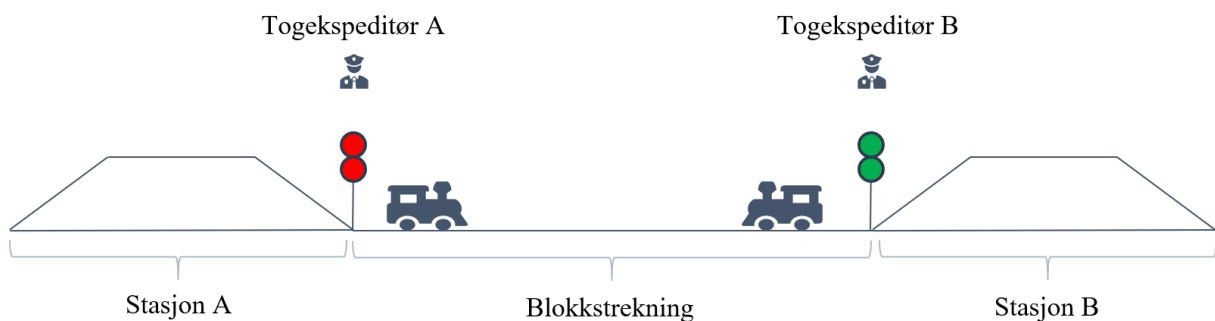
6.1. Oppbygging av barrierene på Gjøvikbanen

Uttalelser fra informantene og funnene i dokumentanalysen viser at det eksisterer fire barrierer mot tog mot tog sammenstøt. Disse ble oppsummert i tabell 4 i kapittel 5. Første barriere er togekspeditørene som utveksler togmelding for å kontrollere at blokkstrekningen er fri for tog før kjøretillatelse gis til lokfører. Neste barriere er lokfører som forvisser seg om at det kryssende toget har kommet. Dersom lokfører passerer et signal i stopp, vil den tredje barrieren være togekspeditøren som foretar et nødalarmer over GSM-R togradio til lokfører med anmodning om å stanse. Dersom det ikke oppnås kontakt, vil en fjerde barriere være nødalarmer over GSM-R togradio fra togekspeditøren til togleder som kan foreta en nødfrakopling av kjørestrommen slik at toget mister sin trekraft.

For å analysere hvordan barrierene er bygget opp for å forhindre et tog mot tog sammenstøt, benyttes den teoretiske fremgangsmåten som ble skissert i figur 11 i kapittel 3.3. Første punktet i analysen er å se på hvilke hendelser som kan utløse sammenstøtet. Som empirien viser er det lokfører, togekspeditør og togleder som er de menneskelige elementene i barrierene. Lokførers ansvarsområde er å vite når toget kan kjøre og når det skal stoppe.

Togekspeditørens ansvarsområde er å vite når det kan gis kjøretillatelse og når toget må holdes igjen på stasjonen. Alle disse oppgavene er sikkerhetskritiske. Togleders arbeidsoppgaver er i større grad knyttet til omlegging av kryssinger, innstilling av tog og å foreta nødfrakopling av kjørestrommen. Selv om omlegging av kryssinger er en sikkerhetskritisk oppgave, er det togekspeditøren sammen med lokfører som har det operative ansvaret for utførelsen av den endrede kryssingen. Togleders rolle er i større grad knyttet til planlegging og utstedelse av ordre. Således er det ingenting togleder kan foreta seg som kan forårsake et tog mot tog sammenstøt på en strekning med togmelding.

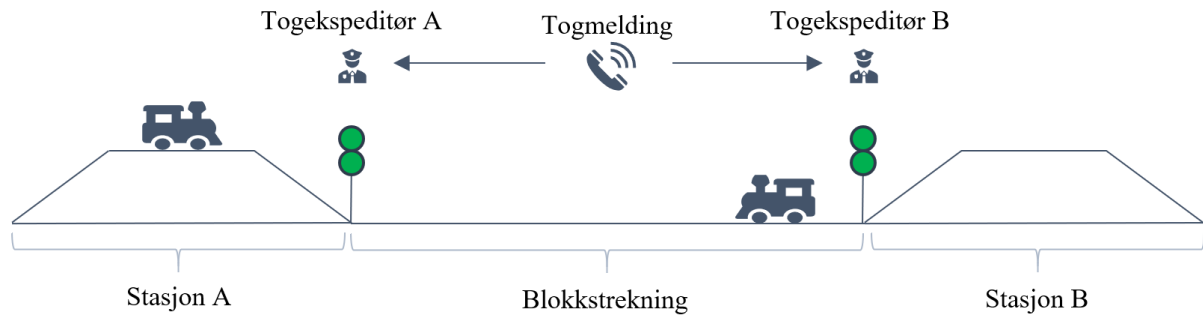
Derfor er det to aktører som har sikkerhetskritiske oppgaver i den forstand at de kan utløse et tog mot tog sammenstøt på strekning med togmelding. Den første aktøren er lokfører som har ansvaret for å forvise seg om at kryssende tog har kommet, samt tolke signalbildet som togekspeditøren gir. En utløsende årsak til et tog mot tog sammenstøt er derfor at lokfører ignorerer signalbildet og forvissningsplikten, og kjører på et signal i stopp. Et slikt scenario er illustrert i figur 13. Her har toget på stasjon A kjørt på et signal i stopp, til tross for at toget fra stasjon B allerede er på blokkstrekningen. Toget havner derfor på en strekning som allerede er belagt av et annet tog, og det kan føre til et tog mot tog sammenstøt. Dette er den første utløsende årsaken, og er identifisert i *utløsende årsak*-kolonnen i tabell 6 under.



Figur 13: Scenario A: Illustrasjon av et tog som passerer et signal i stopp..

Resultatene fra empirikapittelet viser også at togekspeditøren har en sikkerhetskritisk funksjon. Togekspeditøren er den som har ansvaret for å kontrollere at blokkstrekningen til neste stasjon er ledig ved å utveksle togmelding med nabostasjonen. Et scenario som kan lede til et tog mot tog sammenstøt er derfor at togekspeditøren av ulike årsaker gir kjøretillatelse til toget på en belagt blokkstrekning. Et slikt scenario er illustrert i figur 14. Her har et tog allerede fått kjøretillatelse fra stasjon B og forlatt stasjonen. Samtidig gir togekspeditøren på stasjon A kjøretillatelse til toget på sin stasjon, til tross for at strekningen er belagt av toget fra stasjon B. Togene kan derfor havne på samme blokkstrekning og det kan føre til et tog mot

tog sammenstøt. Dette er den andre utløsende årsaken, og er identifisert i *utløsende årsak-* kolonnen i tabell 6.



Figur 14: Scenario B: Illustrasjon av togekspeditør som gir kjøretillatelse til belagt strekning.

Oppsummert er det derfor to utløsende årsaker til et tog mot tog sammenstøt: (1) tog passerer signal i stopp som illustrert i figur 13, og (2) togekspeditør gir kjøretillatelse til belagt strekning som illustrert i figur 14. Disse blir utover i kapittelet referert til som scenario A (figur 13) og scenario B (figur 14). Neste steg i analysen er å kartlegge hvilke kontrollerende barrierer som kan avverge de utløsende årsakene fra å manifestere seg i et tog mot tog sammenstøt. Første steg er de kontrollerende barrierene i scenario A.

Hvis et tog passerer et signal i stopp, så fremkommer det av barrierene identifisert i empirikapittelet, at togekspeditør kan foreta et nødinterop. Nødinteropet kan rettes mot lokfører eller togleder, som alene er tilstrekkelig til å stanse toget. Informantene gir uttrykk for at det er lokfører som får nødinteropet først. Da vil togekspeditøren anmode lokføreren om å stanse toget umiddelbart. Samtidig sier informantene at et nødinterop går ut på en åpen linje, slik at toget som er på vei i motgående retning også vil motta anropet. Trafikkreglene sier at alle som mottar et nødinterop automatisk skal redusere hastigheten til halv sikthastighet, som tilsvarer 40 km/t.

Dersom lokføreren ikke mottar eller responderer på anropet, kan togekspeditøren foreta et nødinterop til toglederen. Toglederen vil da foreta en nødfrakopling av kjørestrømmen. Dette gjør at toget mister sin trekraft og stopper etter hvert. Til sammen utgjør dette to kontrollerende barrierer som kan avverge et tog mot tog sammenstøt.

Det andre scenarioet er scenario B hvor togekspeditøren gir kjøretillatelse til en belagt strekning. Samtlige informanter understreker viktigheten av at lokfører forvisser seg om at kryssende tog har kommet som en kontrollerende barriere. Dersom lokfører har en kryssing oppsatt i ruten sin, skal lokfører ha visuell bekreftelse på at toget har ankommet stasjonen før

vedkommende kan forlate stasjonen. Dette skal skje uavhengig av hvilken kjøretillatelse togekspeditøren har gitt, og utgjør derfor en kontrollerende barriere som kan avverge et sammenstøt.

Oppsummert eksisterer det to kontrollerende barrierer som kan avverge scenario A fra å bli et sammenstøt: Nødanrop til henholdsvis lokfører og togleder, som hver for seg kan stanse toget. For scenario B eksisterer det én barriere: Lokfører som forvisser seg om at kryssende tog har kommet. Neste steg i analysen er å kartlegge hvilke forhindrede barrierer som kan forhindre de uønskede hendelsene fra å oppstå.

Med utgangspunkt i scenario A er det tydelig at det er lokfører som begår en feil ved å passere et signal i stopp. Ved å se på tabell 4 fra empirikapittelet som oppsummerer de ulike barrierene, så utgjør lokfører et sentralt barriereelement i både barriere 1 og 2. Barriere 1 i tabell 4 er togekspeditørene som utveksler togmelding, samt at de kommuniserer et signalbilde til lokfører som responderer korrekt på dette. Korrekt tolking av signalbildet er ifølge informantene en barriere for å forhindre passering av signal i stopp. Dermed er dette en barriere som er tilstrekkelig til å forhindre en passhendelse.

Barriere 2 i tabell 4 er lokførers plikt til å forvise seg om at kryssende tog har kommet. Som uttalelsene fra informantene illustrerer, er dette en barriere de anser som viktig og som lokførerne forsøker å etterleve. Dersom toget har en planlagt kryssing og lokfører etterlever plikten om å forvise seg om at kryssende tog har kommet, vil ikke lokfører passere signalet i stopp. Barrieren er således tilstrekkelig til å forhindre den utløsende årsaken.

Totalt eksisterer det to forhindrede barrierer i scenario A som er tilstrekkelige til å forhindre at lokføreren passerer et signal i stopp. Disse er lokførers plikt til å forvise seg om at kryssende tog har ankommet stasjonen, og korrekt respons på signalbildet fra togekspeditøren gitt at togekspeditøren har gitt riktig signal.

Det neste scenarioet som analyseres er scenario B, der togekspeditøren gir kjøretillatelse til en belagt strekning. I denne utløsende årsaken så er det togekspeditøren som begår feilen, hvilket avgrenser de forhindrede barrierene til dem som inkluderer togekspeditøren.

Funn fra empirien viser at det alltid kreves to togekspeditører for å utveksle en togmelding. Med utgangspunkt i figur 14 er disse togekspeditøren på den avsendende stasjon (togekspeditør B) og togekspeditøren på den mottakende stasjonen (togekspeditør A). Hvis trafikkreglene etterleves skal togekspeditør A ha notert i sin togmeldingsbok at det er et tog på

vei mot hans stasjon, ettersom det antas at togekspeditor B tidligere har utvekslet togmelding da han sendte sitt tog. Dermed utgjør togmeldingsboken en forhindrende barriere mot at togekspeditor A forsøker å sende et tog fra sin stasjon.

Likevel kan togekspeditor A ha glemt å notere det innkommende toget i sin togmeldingsbok, og således anta at toget på sin stasjon skal ha avgang. Før avgang må vedkommende ringe til togekspeditor B for å utveksle togmelding. Da kan togekspeditor B se i sin togmeldingsbok at han tidligere har sendt et tog fra sin stasjon, uten å ha fått bekreftelse på at dette toget har ankommet stasjon A. Dermed er strekningen belagt, og togekspeditor B vil avvise togmeldingen fra togekspeditor A. Dermed utgjør togekspeditor B en forhindrende barriere i dette scenarioet.

Resultatet av den initierende analysen av barrierenes oppbygging i relasjon til de to scenarioene, er oppsummert i tabell 6. Tabellen leses fra venstre mot høyre. Barrierene er benevnt med nummering slik at de kan identifiseres gjennom kapittelet. Et brudd i de forhindrende barrierene (barrieregruppe A) vil utløse den utløsende årsaken som er illustrert i den neste kolonnen. Et eksempel er et brudd i barriere A1 lokfører forvisser seg *ikke* om at kryssende tog har kommet, kombinert med brudd i barriere A2 lokfører leser *ikke* signalbildet korrekt. Dette vil utløse en direkte årsak illustrert i den neste kolonnen, i dette tilfellet *lokfører passerer signal i stopp*. Deretter vil det være de kontrollerende barrierene (barrieregruppe B) som hindrer et sammenstøt, i dette tilfellet nødannrop til henholdsvis lokfører og togleder (barriere B1 og B2). Dersom disse også brytes, vil det oppstå et sammenstøt mellom to tog.

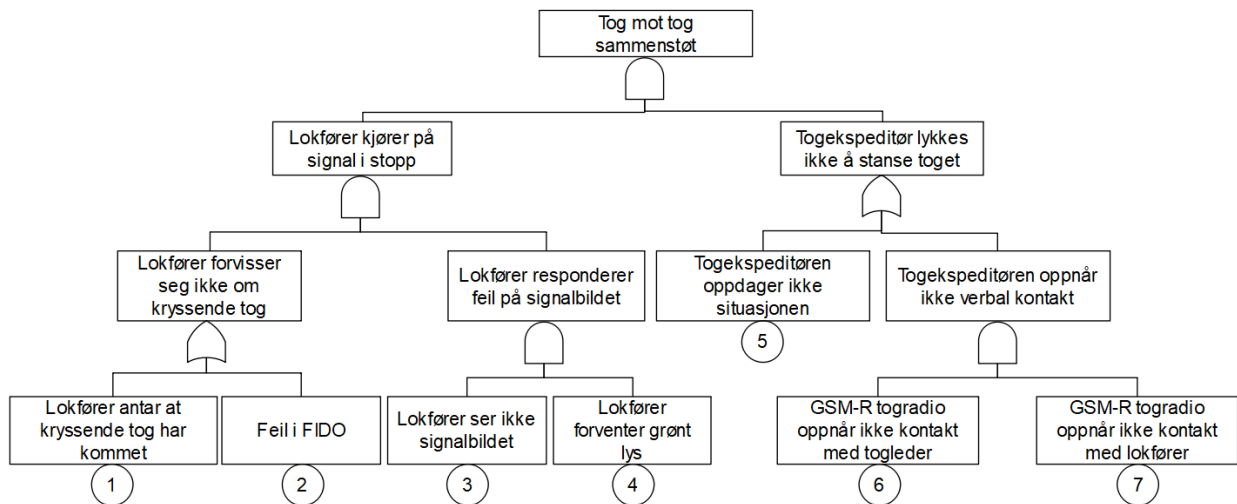
	Forhindrende barrierer (Barrieregruppe A)	Utløsende årsak	Kontrollerende barrierer (Barrieregruppe B)	Topphendelse
Scenario A	1. Lokfører forvisser seg om at kryssende tog har kommet.	Lokfører passerer signal i stopp	1. Togeekspeditør oppdager situasjonen, foretar nødannrop til lokfører med anmodning om å stanse.	Tog mot tog sammenstøt
	2. Lokfører leser signalbildet korrekt.		2. Togeekspeditøren oppdager situasjonen, foretar nødannrop til togleder som foretar nødfrakopling av kjørestrøm.	
Scenario B	3. Togeekspeditør er oppdatert på gjeldende rute, og utveksler derfor ikke togmelding med togeekspeditør på tilstøtende stasjon.	Togeekspeditør gir kjøresignal til belagt strekning	3. Lokfører forvisser seg om at kryssende tog har kommet.	Tog mot tog sammenstøt
	4. Togeekspeditøren på tilstøtende stasjon opplyser om at strekningen ikke er fri. Togmelding utveksles ikke.			

Tabell 6: Sammenstilling av hvilke barrierer som eksisterer mot 'tog mot tog' sammenstøt på Gjøvikbanen nord for Roa.

Resultatene i tabell 6 viser at togeekspeditøren og lokføreren inngår i et overlappende system, der togeekspeditøren er den kontrollerende barrieren dersom lokfører begår feil (Scenario A), og lokfører er den kontrollerende barrieren dersom togeekspeditøren begår feil (Scenario B).

Gjennom den initierende analysen ovenfor har det blitt avdekket hvilke barrierer som eksisterer på Gjøvikbanen nord for Roa. For å kartlegge barrierene på Gjøvikbanen i et operasjonelt henseende, og for å synliggjøre hvordan barrierene henger sammen og potensielt kan svikte, har resultatene i tabell 6 blitt analysert ved hjelp av en feiltreanalyse.

Resultatene fra den forrige analysen viser at det er to direkte årsaker til et tog mot tog sammenstøt. Derfor er det også konstruert to feiltrær for å distingvere mellom de to scenarioene som kan lede frem til et tog mot tog sammenstøt. Feiltrærne benyttes kun deskriptivt for å illustrere ulike kombinasjoner av feil som må inntreffe for at et tog mot tog sammenstøt kan finne sted. Dette gjøres for å illustrere hvilke barrierer som eksisterer i systemet, samt avdekke eventuelle avhengigheter. Det vil ikke knyttes noen kvantitative beregninger rundt sannsynligheten for hver av feilene, da dette ikke er formålet med studien.



Figur 15: Feiltre for scenario A.

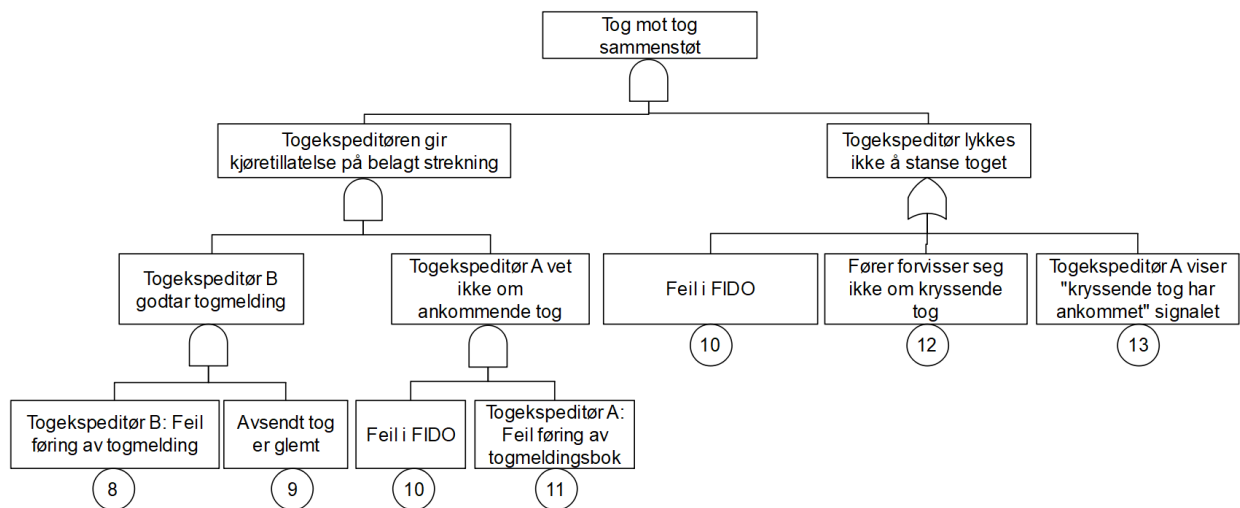
Feiltreanalysen for scenario A (figur 15) tar utgangspunkt i den utløsende årsaken der lokføreren kjører ut fra en stasjon på et signal i stopp. For at lokføreren skal kunne kjøre ut fra en stasjon på et signal i stopp må lokføreren mislykkes i å forvise seg om at kryssende tog har kommet, samt respondere feil på signalbildet fra togekspeditør. For at førstnevnte skal oppstå må lokfører anta at kryssende tog har kommet eller en feil FIDO viser at vedkommende ikke skal krysse tog. For at lokfører skal respondere feil på signalbildet må to årsaker inntreffe samtidig. 1. Lokfører ser ikke signalbilde og 2. Lokfører forventer grønt lys basert på tidligere erfaringer fra strekningen. Det er ifølge flere informanter et uklart signalbilde på Jaren stasjon, som gjør at det benyttes muntlig kjøretillatelse kombinert med dvergsignaler. Muntlig kjøretillatelse kan lettere misforstås, og gjør det derfor mulig på en stasjon som Jaren å kjøre på signal i stopp.

Klein (1989; 2008; 2009) argumenterer for at tidligere erfaring påvirker situasjonsforståelse og beslutningstaking. Hvis lokfører har gjentagende erfaring med at signalet alltid er grønt på et tidspunkt i en bestemt rute, er det mulig å kjøre på rødt lys basert på denne forventningen. Kjøring på forventning er noe informantene gir uttrykk for at er farlig, og at det kan skape sløvheter rundt tolking av signaler. Forventninger til signalbildet er også en hyppig årsak til slike hendelser ifølge Statens Havarikommisjon for Transport (2013, s. 28). Det er likevel ingen funn i avvikssystemet eller uttalelser fra informantene på at dette har skjedd, men samtlige gir uttrykk for at de er klar over faren.

Hvis lokføreren kjører på et signal i stopp, må dette kombineres med at togekspeditøren ikke klarer å avverge situasjonen ved å stanse toget. Som tabell 6 viser, kan en togekspeditør foreta et nødandrop til lokfører eller togleder via GSM-R togradio, der begge er tilstrekkelige

for å stanse toget. Det betyr også at begge nødanropene må mislykkes for at sammenstøtet skal inntreffe. Det er også en mulighet at togekspeditøren ikke oppdager situasjonen, men dette er mindre sannsynlig ettersom togekspeditørene har kontinuerlig visuell kontakt med toget mens det står på stasjonen.

Det neste feiltreet er konstruert for å analysere scenario B (figur 16) der en *togekspeditør gir kjøretillatelse på belagt strekning*. For å tydelig skille mellom barriere B1 og B2 fra tabell 6, distingveres det på om togekspeditøren er vedkommende på den avsendende stasjonen eller den mottakende stasjonen. Togekspeditøren på stasjonen som skal gi avgang til toget benevnes som togekspeditør A. Togekspeditøren på den tilstøtende stasjonen som allerede har sendt et tog, benevnes togekspeditør B.



Figur 16: Feiltre for scenario B.

For at togekspeditør A skal kunne gi kjøretillatelse til en belagt strekning er det flere feil som må oppstå samtidig. For det første må togekspeditør A anta at toget som står på egen stasjon skal ha kjøretillatelse. Ifølge informantene kan togekspeditør A enten kontrollere togmeldingsboken sin eller FIDO for å se om det er et tog som skal krysse på stasjonen sin. En feil i FIDO kombinert med feil føring av togmeldingsboken, kan føre til at togekspeditør A antar at toget skal ha kjøretillatelse. Samtidig uttrykker informantene at det alltid må to togekspeditører til for å utveksle en togmelding, hvilket betyr at togekspeditøren på den tilstøtende stasjonen (togekspeditør B) også må begå feil. Togekspeditør B kan sies å inneha rollen som en *kontrollør*-barriere, der vedkommende skal kontrollere og eventuelt korrigere beslutninger som den andre togekspeditøren foretar seg (Rosness et. al., 2002). Svikt i kontrollør-barrieren kan også være forårsaket av feil føring av togmeldingsboken og at toget som tidligere har blitt avsendt fra egen stasjon er glemt. Da vil togmeldingen fra togekspeditør

A godtas og utveksles tilbake. Dersom disse feilene inntreffer, vil togekspeditør A gi lokfører kjøretillatelse ut fra stasjonen.

Selv om toget har fått kjøretillatelse fra togekspeditør A, skal fortsatt lokfører forvise seg om det kryssende toget. For at denne barrieren skal brytes er det flere ting som kan inntreffe. Kjøreruten kan mangle i FIDO, slik at lokfører ikke vet om det kryssende toget vedkommende skal forvise seg om. Uttalelser fra informantene viser at det tidligere var flere feil i FIDO, men at dette ikke er like vanlig lenger grunnet kvalitetsforbedring av systemet. Alternativt må lokføreren glemme å forvise seg om at det kryssende toget har kommet. En siste mulighet er at togekspeditør A viser signalet *kryssende tog har kommet*-til lokfører. Dette signalet benyttes ikke ofte ifølge informantene, men det er vanlig å benytte på Roa og Eina. Hvis togekspeditøren allerede er overbevist om at det ikke skal krysses tog på stasjonen, er det en mulighet at dette signalet benyttes.

6.2. Barrierenes uavhengighet

Barrierenes uavhengighet er en sentral forutsetning for et vellykket forsvar i dybden (Reason, 1997). Følgende delkapittel drøfter barrierenes uavhengighet av hverandre.

Et aspekt som kan utfordre barrierenes uavhengighet er hvis barrierene kan påvirke hverandre (Aven, 2006). Lokførers plikt til å forvise seg om at kryssende tog har kommet utgjør en barriere i begge de analyserte scenarioene. Ved å se på feiltreet for scenario A er lokførers plikt til å forvise seg om at kryssende tog har kommet, en forhindrende barriere mot å passere et signal i stopp. Her vil lokførers forvissningsplikt utgjøre en uavhengig vurdering som lokfører alltid skal foreta seg før vedkommende forlater stasjonen.

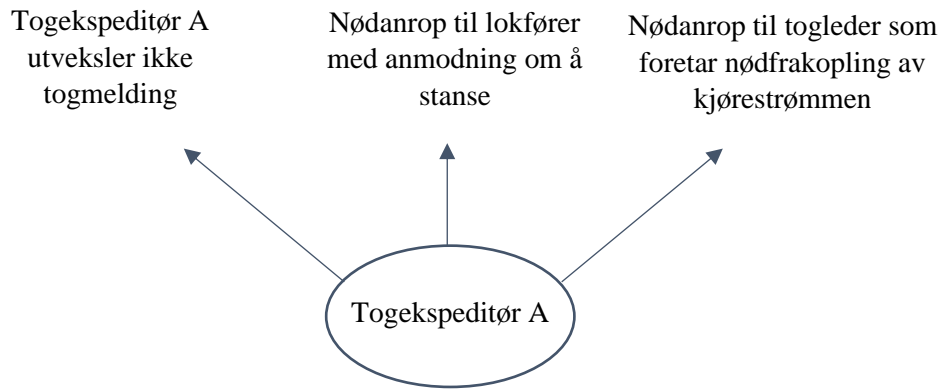
Også i scenario B er lokførers forvissningsplikt en viktig barriere, men her i kontrollerende forstand. Dersom togekspeditøren gir kjøretillatelse til en belagt strekning, skal i prinsippet lokfører fortsatt forvise seg om at kryssende tog har kommet. Samtidig viser uttalelser fra informantene at togekspeditøren kan benytte seg av et *kryssende tog har kommet*-signal. Dette vil signalisere overfor lokføreren at toget vedkommende skal krysse med, allerede har ankommet stasjonen.

Bruken av *kryssende tog har ankommet*-signalet utfordrer derfor uavhengigheten mellom lokførers forvissningsplikt og togekspeditørens situasjonsforståelse. Ved å vise *kryssende tog har ankommet*-signalet, overfører togekspeditøren sin situasjonsforståelse til lokfører, og gjør det vanskelig for lokfører å vurdere situasjonen uavhengig. En rekke informanter påpeker at dette skiltet ofte brukes i situasjoner der arbeidstog har vært ute på natten og kommet inn på

stasjonen før rutetid. Da kan toget bli fjernet eller parkert i en lokstall slik at det ikke står synlig ute på stasjonen. Lokfører kan dermed ikke forvise seg om at det kryssende toget har kommet. Informantene påstår også at skiltet brukes mye på Roa og Eina, ettersom disse stasjonene er uoversiktlige og har sidebaner ut fra hovedtraséen. Bruken av *kryssende tog har ankommet*-skiltet gjør derfor lokfører avhengig av togekspeditøren, som betyr at de ikke kan betraktes som uavhengige barrierer.

Bruken av GSM-R togradio utgjør to viktige kontrollerende barrierer i scenario A. GSM-R togradio er ifølge informantene det eneste tillate utstyret for verbal kommunikasjon på jernbanen og benyttes også ved nødannrop til lokfører og togleder. Begge nødannropene er tilstrekkelig til å stanse toget, ettersom lokfører vil anvende nødbrems og togleder vil foreta en nødfrakopling av kjørestrømmen. Likevel er begge barrierene avhengig av GSM-R togradio som et barriereelement for å effektueres. En feil på GSM-R togradio som gjør at den blir utilgjengelig kan således bryte begge barrierene. Ved å benytte samme barriereelement i begge barrierene, kan én feil bryte begge barrierene. De kan derfor ikke regnes som uavhengige av hverandre (Hansson, 2012; Aven, 2006, s. 120 – 122).

Nødannrop over GSM-R togradio er også en teoretisk mulig kontrollerende barriere i scenario B. Riktignok inkluderes ikke denne i tabellen eller feiltreet ovenfor, fordi denne barrieren har så lav pålitelighet og det er urealistisk at den fungerer i praksis. Dette skyldes avhengigheten som skapes mellom barrierene ved at togekspeditør A har ansvaret for samtlige av dets funksjoner (se figur 17). Dersom togekspeditør A antar at strekningen er fri for tog og utveksler togmelding med togekspeditør B, vil den første barrieren brytes. Tokekspeditøren vil dermed ikke kunne foreta et nødannrop, ettersom det ikke er noen indikasjoner for at det er utrygt å kjøre på strekningen. Det faktum at togekspeditøren inngår som barriereelement i flere barrierer, gjør at barrierene kan påvirke hverandre og dermed ikke regnes som uavhengige i scenario B (Aven, 2006).



Figur 17: Avhengighetene som eksisterer i scenario B for barriereelementet Togekspeditør A.

Oppsummert er det en rekke faktorer som gjør at barrierene på strekning med togmelding ikke alltid kan betraktes som uavhengige. Ifølge Rosness et. al. (2002) skaper organisatoriske faktorer som at mennesker både vedlikeholder, overvåker og utøver barrierefunksjonene avhengigheter. Dette er forenelig med funnene i denne studien.

6.3. Vurdering av ytelsen i barrierene

For å belyse aspekter rundt barrierenes ytelse benyttes de teoretiske begrepene sårbarhet, pålitelighet og effektivitet. Kapitlet struktureres etter barrierene som eksisterer i de to scenarioene, og som ble avdekket gjennom den initierende analysen i tabell 6. De første barrierene som drøftes er de forhindrede og kontrollerende barrierene som eksisterer i scenario A.

6.3.1. Scenario A: Lokfører passerer signal i stopp

Barriere A1: Lokfører forvisser seg om at kryssende tog har kommet.

Kravet til at lokfører skal forvise seg om at det kryssende toget har ankommet stasjonen er en særbestemmelse som kun gjelder strekninger med togmelding (Bane NOR, 2019b, s. 10). Informantene gir uttrykk for at det over tid blir færre strekninger med togmelding. Dermed blir det færre strekninger med denne driftsformen for lokfører å praktisere. Både Flin et. al. (2008) og Klein (1989; 2008; 2009) påstår at mengde erfaring korrelerer med evnen til å beslutte raskt og korrekt i situasjoner. Det er derfor en potensiell sårbarhet at det etter hvert blir redusert kompetanse på strekning med togmelding, ettersom det kan svekke lokførers evne til å forvise seg om det kryssende toget.

Lokførers evne til å forvise seg om det kryssende toget er også avhengig av at kjøreruten står oppsatt i FIDO. Der får lokfører vite hvor, når og med hvilket tog vedkommende skal krysse med. Samtidig viser resultatene fra gjennomgangen i avvikssystemet Synergi, at det har

forekommet tilfeller der det har vært feil i FIDO. Fem av avvikene skyldtes tog som manglet i FIDO og ytterligere fem avvik skyldtes at togrekkefølgen kunne misforstås. Dette er avvik som negativt påvirker påliteligheten til lokførers evne til å forvise seg om kryssende tog, ettersom ruten i FIDO kan inneholde feil. Flere informanter hevder likevel at det ikke lenger er feil i FIDO og at feil var mer utbredt tidligere. Samtlige informanter understreker også en forbedring i sikkerheten som følge av FIDO, sammenlignet med det gamle systemet som var papirbasert.

Informantene gir uttrykk for at effektiviteten i barrieren er tilfredsstillende, ettersom en visuell bekreftelse på det kryssende toget tilsier at strekningen er ledig. Det er likevel noen stasjoner der det ikke er like enkelt å få visuell bekreftelse. Da vil togekspeditøren vise signalet om at kryssende tog har kommet.

Barriere A2: Lokfører leser signalbildet korrekt.

Ytelsen til barrieren er avhengig av lokførers evne til å lese signalbildet korrekt. Ytelsen kan således sees i sammenheng med Hammerl og Vanderhaegens (2012) MTO perspektiv. Her vil lokførers evne til å fungere som barriere blant annet være avhengig av hvor synlig og tilgjengelig lyssignalet er. Informantene gir uttrykk for at signalbildet langs Gjøvikbanen stort sett er tilgjengelig og synlig for lokfører. Det er noen avviksmeldinger i Synergi som viser at signalet har vært dekket av snø, men dette har i hovedsak vært hastighetsangivelse langs strekningen og ikke signalene på stasjonen. Informantene gir likevel uttrykk for at Jaren er en stasjon der signalbildet ikke er synlig fra stasjonen, og at de derfor er avhengig av muntlig kjøretillatelse fra togekspeditøren. Dermed er ikke signalbildet på Jaren pålitelig.

Det er ingen uttalelser fra informantene som tilsier at barrieren er ineffektiv. Korrekt lesing av signaler virker å være en effektiv barriere mot å kjøre ut på en blokkstrekning som er belagt. Likevel er det togekspeditørene som gir grønt lys, hvilket gjør effektiviteten avhengig av at togekspeditøren har utvekslet togmelding med nabostasjonen korrekt.

Informantene tilskriver stort sett barrieren en høy pålitelighet. Påliteligheten tilskrives ifølge informantene det faste mannskapet som kjører på Gjøvikbanen. Fast mannskap medfører høyere grad av ekspertise, som gjør at lokførerne blir bedre til effektiv situasjonsforståelse og beslutningstaking (Klein, 1989; 2008; 2009) Som Nordbakke & Sagberg (2007) argumenterer er manglende erfaring og strekningskompetanse en viktig bidragsyter til nettopp passhendelser. På den måten bidrar lokførernes erfaring til høyere strekningskompetanse, hvilket positivt påvirker deres evne til å etterleve signalbildet. Det er likevel noen informanter

som trekker frem faren ved å ha fast mannskap, vet at de kan opparbeide seg forventninger til signalbildet basert på tidligere erfaringer.

Det er kun rapportert inn én passhendelse på Gjøvikbanen i perioden 1. mai 2015 til 1. mai 2020. Årsaken til denne virker å være et signal som falt i stopp, som betyr at signalfargen feilaktig endret seg fra grønt til rødt, uten at det var andre tog i motgående retning.

Barriere B1: Togekspeditør oppdager situasjonen, foretar nødannrop til lokfører med anmodning om å stanse.

Som feiltre A illustrerer, er et nødannrop fra togekspeditøren til lokføreren avhengig av GSM-R togradio for å effektueres. Resultatene fra gjennomgangen av avvikssystemet Synergi viser imidlertid at GSM-R togradio har vært utilgjengelig 44 ganger i perioden 1 mai 2015 til 1. mai 2020. Utilgjengeligheten skyldes i hovedsak manglende dekning eller feil på utstyret som det operative mannskapet bruker. Det er også noen feil som tilsynelatende skyldes manglende kompetanse på hvordan utstyret brukes. Utilgjengeligheten på GSM-R togradio medfører redusert pålitelighet til nødannrop som barriere generelt, ettersom det eksisterer usikkerheter vedrørende togradioens tilgjengelighet.

Uttalelsene til informantene peker imidlertid på at nødannrop som barriere er svært effektivt hvis den først effektueres. Dette begrunnes med at togekspeditøren oppnår umiddelbar kontakt med toget det gjelder, der lokfører vil anvende nødbrems og stanse. Samtidig vil også nødannropet nå frem til alle togene som befinner seg på Gjøvikbanen, slik at de også mottar budskapet. Trafikkreglene sier at alle som er mottakere av et nødannrop uavhengig av budskap, skal senke farten til halv sikthastighet, noe informantene gir uttrykk for at de er klare over. Dette viser til en barriere med høy effektivitet hvis den først effektueres, men at den er upålitelig og sårbar for svikt som følge av utenforliggende årsaker som redusert dekning, utstysfeil eller manglende kompetanse.

Barriere B2: Togekspeditøren oppdager situasjonen, foretar nødannrop til togleder som foretar nødfrakopling av kjørestømmen.

På lik linje med den foregående barrieren, vil også togekspeditørens nødannrop til togleder være avhengig av GSM-R togradio, og således være upålitelig og sårbar dersom togradioen er utilgjengelig. Nødannrop til togleder benyttes kun hvis det ikke oppnås kontakt med lokfører. Hvis årsaken til at det ikke oppnås kontakt med lokfører er en sentral feil på GSM-R togradio, vil det heller ikke være mulig å oppnå kontakt med togleder. For at barrieren skal kunne

effektueres, må årsaken ligge lokalt i det aktuelle toget og ikke være et sentralt problem på GSM-R nettet. Avviksrapportene viser at årsakene til feil er dekningsproblematikk langs skinnegangen eller utstyret som benyttes, som kan sies å være problemer knyttet til det aktuelle toget eller dets utstyr. Togledersentralen og togekspeditøren er, i motsetning til lokfører, stasjonære. Derfor er ikke avviksrapportene like representative for denne barrierens pålitelighet, ettersom de i stor grad omhandler dekningsbrudd langs skinnegangen eller utstysrfeil. Derfor er påliteligheten ved et nødansrop til togleder antagelig høyere enn til lokfører, ettersom sistnevnte er mer sårbar for lokale dekningsvariasjoner og feil.

Selv om påliteligheten til barrieren antageligvis er høyere, kan togleder som foretar en nødfrakopling av kjørestrømmen være mindre effektiv. Funn fra avvikssystemet i Synergi viser at det i perioden 1. mai 2015 til 1. mai 2020 har vært strømløs kjøreledning fem ganger, uten at disse tilknyttet en nødfrakopling. Ettersom barrieren kun benyttes i de tilfeller der det ikke oppnås verbal kontakt med lokfører, er det rimelig å anta at lokfører ikke nødvendigvis oppfatter tap av trekraft som en indikasjon på fare. Antagelsen er forenelig med Det Norske Veritas' (2011) gjennomgang av prosedyren som peker på det samme. Det er heller ingen informanter som har opplevd at denne barrieren har blitt effektuert, men alle vet at den eksisterer som en mulighet.

Oppsummert kan barrieren sies å ha høyere pålitelighet enn nødansropet til lokfører, men effektiviteten er usikker. Det er ingen informanter som har erfaring med at barrieren har blitt effektuert, og det er heller ingen rapporter fra avvikssystemet i den aktuelle perioden som omhandler dette. Datagrunnlaget viser imidlertid at informantene har lav tillit til barrieren, ettersom de færreste har opplevd at den har blitt effektuert. Lav tillit til barrierens ytelse kan utgjøre en sårbarhet.

6.3.2. Scenario B: Togekspeditøren gir kjøretilatelse til belagt strekning

Barriere A3: Togekspeditør er oppdatert på gjeldende rute, og utveksler derfor ikke togmelding med togekspeditør på tilstøtende stasjon.

Kravet om at togekspeditøren skal utveksle togmelding er, i likhet med lokførers forvissningsplikt, en særbestemmelse på strekninger med togmelding (Bane NOR, 2019f, s. 4). Togekspeditører på jernbanenettet i Norge jobber både på strekninger med og uten togmelding, hvilket gjør at praksisen med utveksling av togmelding ikke nødvendigvis praktiseres av alle togekspeditører. På Gjøvikbanen er imidlertid samtlige togekspeditører stasjonert på stasjoner der de må utveksle togmelding, noe som gjør at de generelt har god

praktisk erfaring med driftsformen. En mulig sårbarhet er likevel den fremtidige kompetansen på strekning med togmelding ettersom det blir færre strekninger med denne driftsformen.

Riktignok påpeker informantene at Bane NOR forbeholder seg retten til å endre driftsform til strekning med togmelding på landets samtlige jernbanestrekninger i en avvikssituasjon. Dette gjør det nødvendig å opprettholde kompetansen. Som Flin et. al. (2008) og Klein (1989; 2008; 2009) påpeker, er det sammenheng mellom erfaring og evne til effektiv situasjonsforståelse og beslutningstaking. Dermed utgjør redusert kompetanse i fremtiden en sårbarhet dersom Bane NOR i fremtiden skulle endre driftsform til strekning med togmelding.

Samtidig som det eksisterer en sårbarhet i fremtiden, uttrykker samtlige informanter tiltro til togekspeditørens ytelse på Gjøvikbanen. Det er ingen som har opplevd feil ved utvekslingen av togmelding, og det foreligger heller ingen avviksrapporter på at dette har skjedd tidligere. Disse funnene indikerer at togekspeditøren på den avsendende stasjonen er en pålitelig barriere. Utveksling av togmelding mellom togekspeditørene har også høy grad av effektivitet. Informantene begrunner dette med at de aldri har opplevd feil ved utveksling av togmelding tidligere, og at mal for kommunikasjon ved utveksling av togmelding reduserer sannsynligheten for misforståelser.

Barriere A4: Togeekspeditøren på tilstøtende stasjon opplyser om at strekningen ikke er fri. Togmelding utveksles ikke.

Togeekspeditøren som mottar togmeldingen og kontrollerer at strekningen er fri, er også en barriere i forbindelse med scenario B. Togeekspeditøren fungerer i denne konteksten som en kontrollør-barriere (jf. figur 10) ved at vedkommende kontrollerer og korrigerer den andre togekspeditørens ordre. Påliteligheten til denne barrieren avhenger blant annet av føringen av togmeldingsboken. Her skal togekspeditøren notere ankomstklokkeslett på toget vedkommende tidligere har avsendt, hvilket betyr at strekningen ikke er ledig dersom det mangler et ankomstklokkeslett på dette toget. Samtlige informanter er enige om at togekspeditørene på Gjøvikbanen er gode til å føre togmeldinger i togmeldingsboken, og at de ikke har opplevd noen feil i togmeldingene. Påliteligheten og effektiviteten til denne barrieren oppleves derfor av informantene som god.

Barriere B3: Lokfører forvisser seg om at kryssende tog har kommet.

Lokfører skal i utgangspunktet, uavhengig av kjøretillatelsen fra togekspeditøren, forvisse seg om at kryssende tog har kommet. Som det ble redegjort for i forbindelse med scenario A,

kapittel 6.3.1., er forvissningsplikten en særbestemmelse på strekninger med togmelding. Derfor er de utfordringer det medbringer med tanke på erfaring og fremtidig redusert kompetanse også gjeldende i denne sammenheng.

Likevel er forvissningsplikten til lokfører som barriere ulik i scenario B sammenlignet med scenario A. Det skyldes at togekspeditøren i scenario B har en situasjonsforståelse som tilsier at det er trygt å kjøre tog på strekningen. Tokekspeditøren kan, ved hjelp av *kryssende tog har ankommet*-skiltet, overføre denne situasjonsforståelsen til lokfører. Dermed er denne barrieren i større grad sårbar for påvirkning fra togekspeditøren. Dette utgjør en sårbarhet, hvilket også kan svekke påliteligheten til barrieren. Effektiviteten til barrieren er likevel like effektiv i scenario B som i scenario A hvis den etterleves korrekt.

6.4. Drøfting oppsummert

Samtlige av barrierene på Gjøvikbanen er avhengige av menneskelig tolkning og handling for å effektueres. I henhold til studiens barriereklassifisering er disse varslende- og organisatoriske barrierer (Hollnagel, 2004). Et slikt barrieresystem kan være like vellykket som et system som kun består av fysiske eller funksjonelle barrierer, men de krever menneskelige operatører med riktig teknisk- og ikke-teknisk kompetanse (Flin et. al., 2008). Den tekniske kompetansen er noe informantene gir uttrykk for at eksisterer blant personalet på Gjøvikbanen, både blant lokførere og togekspeditører. Det illustreres gjennom den høye graden av tillit til hverandres utdanning og kompetanse som henholdsvis lokfører og togekspeditør. Den ikke-tekniske kompetansen har de også høy grad av tillit til, ved at det er et fast mannskap på Gjøvikbanen som kjører togene. Informantene har derfor god innsikt og forståelse for hverandres roller. Det gjør at de samarbeider bedre, og har større forståelse for hvordan de ulike yrkesgruppen fungerer og deres rolle i systemet. Ved å ha fast mannskap får lokførerne god erfaring på strekning med togmelding og de særbestemmelse som gjelder.

Barrierenes oppbygging er ulik i møte med de to scenarioene som ble analysert. Som tabell 6 og feiltreanalysene illustrerer, er det stor variasjon i hvilke barrierer som eksisterer, deres uavhengighet og ytelse ved sammenligning av scenario A og B. I scenario A eksisterer det fire barrierer, sammenlignet med scenario B der det kun eksisterer tre barrierer.

To av disse barrierene scenario A er basert på et nødansrop til henholdsvis lokfører og togleder. Som avviksrapportene viser er det variasjon i GSM-R togradioens tilgjengelighet, hvilket fører til at nødansrop til lokfører kan være upålitelig. I tillegg gir informantene uttrykk for at nødansrop til togleder kun eksisterer teoretisk, og at det derfor er vanskelig for

informantene å uttale seg om denne barrieren. De uttrykker imidlertid lav tillit til barrierens effektivitet. Funnene vedrørende nødalarmer som barriere kan belyses ved Sklets (2006) distinksjon mellom barrierer som krever en utløsende hendelse, og barrierer som ikke gjør det. Barrierer som krever en utløsende hendelse for å utføres kan være mindre pålitelige, ettersom de ikke praktiseres i det daglige. Nødalarmer er en barriere som krever utløsende hendelse for å utføres, og kan således være mindre pålitelige.

Det er også et tidsmessig aspekt ved barrierene som baseres på nødalarmer, ved at de utføres etter at et tog har passert et signal i stopp. Dermed er disse barrierenes effektivitet avhengig av hvor nærme toget i motgående spor er for å suksessfullt avvære sammenstøtet. Således er barrierenes ytelse avhengig av konteksten de opptrer i.

Et annet resultatene fra studien er at barrierene samhandler med hverandre. Et eksempel på dette er togekspeditørene som utveksler togmelding for å bekrefte at strekningen er fri. Dette er et eksempel på samhandling som må utføres for å utøve barrierefunksjonen, og ligger således i kjernen av barrierefunksjonen til togekspeditørene. Måten barrierene fungerer på kan derfor sammenlignes med måten *kontrollør – utøver* barrieren fungerer, gjengitt i figur 10 (Rosness et. al., 2002). Gjennom denne samhandlingen kan togekspeditørene utøve sin kontrollørfunksjon overfor hverandre. Dette gjør de ved å utøve sin funksjon i alle de fire modusene som Rosness et. al. (2002) presenterer: Korrigere hverandres beslutninger om å sende tog, forhindre forberedelsen til det, forhindre en uønsket hendelse ved å ikke utveksle togmelding og iverksette kompensierende tiltak ved å foreta et nødalarmer. Dette viser hvordan kjernen i denne barrierefunksjonen omhandler samhandling mellom en utøver og en kontrollør.

Det samme gjelder også lokfører som skal forvise seg om at kryssende tog har kommet. Dersom man ser på denne barrieren i lys av kontrollør-utøver perspektivet, er lokføreren en kontrollør-barriere overfor togekspeditøren som gir kjøretillatelse i scenario B. Lokfører operer i to av de fire moduser som Rosness et. al. (2002) presenterer: Korrigere beslutningen om å gi kjøretillatelse og forhindre en uønsket hendelse ved å ikke kjøre. Imidlertid utfordrer bruken av *kryssende tog har kommet*-skiltet lokførers evne til å utøve denne barrierefunksjonen.

Samhandlingen mellom aktørene og deres barrierefunksjon som utøver-kontrollør, medfører at barrierene ikke kan betraktes som uavhengige. Implisitt i to mennesker som samhandler er deres gjensidige mulighet til å påvirke hverandre. For eksempel er den ene togekspeditøren

avhengig av at den andre togekspeditøren melder når toget som tidligere ble sendt, har ankommet neste stasjon. Dersom dette ikke gjøres, kan ikke togekspeditøren vite om strekningen er fri. Derfor kan de to togekspeditørene påvirke hverandres barrierefunksjon. Som Aven (2006) argumenterer for, kan ikke to barrierer som påvirker hverandre betraktes som uavhengige.

Oppsummert viser resultatene fra studien at togekspeditøren og lokføreren inngår i et overlappende system av barrierer. Lokfører er kontrollerende barriere hvis togekspeditøren begår feil, og togekspeditøren er kontrollerende barriere hvis lokfører begår feil. På den måten er forsvaret i dybden bygget opp ved at de utgjør et ekstra lag med barrierer for hverandre. Isolert sett er ytelsen til disse barrierene god. Det har ikke oppstått noen passhendelser som følge av at lokfører ikke har etterlevd signalbildet. Det viser at lokfører som barriere har høy grad av ytelse isolert sett. Det er heller ingen som gir uttrykk for at togekspeditørene har begått feil ved å sende et tog på en belagt strekning. Samtlige informanter gir uttrykk for at disse barrierene har høy grad av ytelse, og at det eksisterer en gjensidig tillit til hverandres kompetanse.

Likevel er det avhengigheter mellom lokfører og togekspeditørene som utfordrer hvor uavhengig deres barrierefunksjon er og hvor høy ytelse de har dersom den ene begår feil. Det illustreres blant annet ved at lokførers forvissningsplikt som barriere svekkes, dersom togekspeditøren har gitt kjøretillatelse til en belagt strekning. Svekkelsen skyldes i hovedsak togekspeditørens bruk av signalet *kryssende tog har kommet*. Det samme gjelder togekspeditørens evne til å stanse toget via nødinterop til henholdsvis lokfører eller togleder. Nødinteropet er avhengig av tilgjengelig GSM-R togradio som avviksrapportene fra Synergi viser at kan være upålitelig.

7. Konklusjon

Barrierenes ytelse på en jernbanestrekning med togmelding er i stor grad kontekstuellet betinget. Studien har avdekket at barrierenes oppbygging, uavhengighet og ytelse er forskjellig i møte med de to scenarioene som ble analysert.

7.1. Svar på problemstilling

Hvordan er barrierenes ytelse på en jernbanestrekning med togmelding?

Resultatene fra studien viser at det eksisterer flere barrierer på Gjøvikbanen nord for Roa med varierende grad av uavhengighet og ytelse. Resultatene har blitt produsert gjennom en analyse av to scenarioer. De to scenarioene er *lokfører passerer signal i stopp* (scenario A) og *togekspeditøren gir kjøresignal til belagt strekning* (scenario B). Resultatene fra analysen viser fem interessante funn:

1. Togekspeditørens evne til å foreta et nødinterop blir svekket dersom vedkommende allerede har gitt kjøretillatelse til en belagt strekning. Dette skyldes at det er urealistisk å tenke at togekspeditøren oppdager å ha gitt feil kjøretillatelse, som er en forutsetning for iverksettelse av nødinteropet som en kontrollerende barriere. Det at samme togekspeditør inngår i begge disse barrierene gjør at nødinterop som barriere ikke eksisterer i scenario B.
2. Lokførers evne til å forvise seg om kryssende tog har kommet kan bli redusert dersom togekspeditøren benytter seg av *kryssende tog har kommet*-signalet.
3. Lokfører og togekspeditør inngår i et overlappende system av barrierer, der den ene er en kontrollerende barriere for den andre ved svikt og vice versa.
4. Barrierer som er avhengige av GSM-R togradradio har lavere pålitelighet, ettersom det gjentatte ganger har vært problemer med togradradioens tilgjengelighet.
5. Strekning med togmelding har mange særbestemmelser som ikke eksisterer på de øvrige driftsformene. Resultatene fra studien antyder at det derfor er en fordel med fast mannskap som kjører på slike strekninger. Fast mannskap gjør at lokførerne, togekspeditørene og konduktørene får spesialkompetanse på driftsformen. Dette er ifølge informantene en sikkerhetsmessig fordel ettersom det bidrar til høyere ytelse i barriererefunksjonene de skal utøve.

Det er vanskelig å gi et entydig svar på om barrierenes ytelse er utelukkende god eller dårlig. De forhindrede barrierene bestående av lokfører og togekspeditør har høy ytelse, ettersom de

består av arbeidsoppgaver som utføres kontinuerlig som en del av trafikkstyringen og togfremføringen. Riktignok eksisterer det tvetydigheter rundt hvorvidt fast mannskap er positivt eller negativt for ytelsen. Informantene mener det har en positiv innvirkning på barrierenes ytelse, men at det kan skape forventninger til kjøremønsteret og signalbildet om grønt lys.

Ved utøvelse av de kontrollerende barrierene er ytelsen redusert. Det skyldes i all hovedsak at lokfører og togekspeditør er gjensidig overlappende barrierer, der den ene er den kontrollerende barrieren for den andre ved svikt. Det gjør også at de har en gjensidig mulighet til å påvirke hverandre og dermed ikke kan betraktes som uavhengige.

7.2. Forslag til videre forskning

Gjennom studien har det blitt avdekket fremtidige potensielle sårbarheter i barrierene på en strekning med togmelding. En rekke trafikkregler er særegne for på denne driftsformen, både for lokførere og togekspeditører. Etter hvert som det blir færre strekninger med togmelding utgjør dette en sårbarhet for barrierenes ytelse, ettersom det operative personalet får færre strekninger å praktisere sine særegne arbeidsoppgaver på. Samtidig forbeholder Bane NOR retten til å bygge om en strekning til strekning med togmelding, og dette gjør kompetanse og praktisk erfaring med driftsformen nødvendig. Videre forskning bør derfor rettes mot hvilke sårbarheter manglende kompetanse på denne driftsformen utgjør for barrierene. En problemstilling for Bane NOR i fremtiden kan derfor være hvorvidt de kan godta disse sårbarhetene.

Litteraturliste

- Albrechtsen, E. og Hokstad, P. (2003). An analysis of barriers in train traffic using risk influencing factors. I Bedford, T. & van Gelder, P. H. A. J. M. (Red.), *Safety and Reliability* (vol.2) (s. 25-33). Lisse: Belkema Publishers.
- Alteren, B., Hokstad, P., Moe, D., Sakshaug, K. (2005). *Møte- og utforkjøringsulykker i et barriereperspektiv*. (STF50 A05001). Hentet fra: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmloi/bitstream/handle/11250/2586713/SINTEF%2BRapport%2BSTF50%2BA05001.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Andersen, S. S. (2006). Aktiv informantintervjuing. I *Norsk Statsvitenskapelig Tidsskrift*, 22, 278-298.
- Aven, T. (2006). *Pålitelighets- og risikoanalyse*. (4. utg.). Oslo: Universitetsforlaget AS.
- Aven, T., Boyesen, M., Njå, O., Olsen, K. H., Sandve K. (2004). *Samfunnssikkerhet*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Aven, T., Røed, W., og Wiencke, H. S. (2008). *Risikoanalyse*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Bane NOR. (2011). *Ordforklaringer*. Hentet fra: <https://www.banenor.no/Jernbanen/Jernbanedrift---eit-komplisert-samspel/Ordforklaringer/>
- Bane NOR. (2014a). *Nytt verktøy for bestilling, tildeling og kunngjøring av ruteplan*. Hentet fra: <https://www.banenor.no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2014/Nytt-verktoy-for-bestilling-tildeling-og-kunngjoring-av-ruteplan/>
- Bane NOR. (2014b). *ERTMS for Dummies 1. Grunnleggende funksjonalitet* (ver.1). Hentet fra: <https://www.banenor.no/globalassets/documents/ertms/1-ertms-for-dummies-grunnleggende-001.pdf>
- Bane NOR. (2015). *Togframføringen i Norge er blitt papirløs*. Hentet fra: <https://www.banenor.no/Nyheter/Pressemeldinger/2015/Togframforingen-i-Norge-er-blitt-papirlos/>
- Bane NOR. (2018a). *Vi skaper fremtidens jernbane*. Hentet fra: <https://www.banenor.no/contentassets/4d2f2788335a43d0b2571f0248c6c656/brosjyre-bane-nor---vi-skaper-fremtidens-jernbane.pdf>

- Bane NOR. (2018b). *Togleder*. Hentet fra: <https://www.banenor.no/norsk-jernbaneskole/varekurs/trafikkopplaring/togleder/>
- Bane NOR. (2018c). *Stor utbedringsjobb på Skotterud*. Hentet fra: <https://www.banenor.no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2018/stor-utbedringsjobb-pa-skotterud/>
- Bane NOR. (2019a). *Gjøvikbanen*. Hentet fra: https://orv.banenor.no/tok/doku.php?id=bane:gjovikbanen:gjovikbanen#folded_64529a0d25ed4dfdc89a43978dd87ebd_1
- Bane NOR. (2019b). *Trafikkregler for jernbanenettet (TJN) (Kap. 6)*. Hentet fra: https://orv.banenor.no/orv/lib/exe/fetch.php?media=201806101-1_kap_6_2950291_1_1.pdf
- Bane NOR. (2019c). *Trafikkregler for jernbanenettet (TJN) (Kap. 9)*. Hentet fra: https://orv.banenor.no/orv/lib/exe/fetch.php?media=tjn:kap_8.pdf
- Bane NOR. (2019d). *Trafikkregler for jernbanenettet (TJN) (Kap. 7)*. Hentet fra: https://orv.banenor.no/orv/lib/exe/fetch.php?media=tjn:tjn_kapittel_7_pr_29.8..pdf
- Bane NOR. (2019e). *System for automatisk hastighetsovervåkning / Automatic Train Control Systems*. Hentet fra: http://networkstatement.jbv.no/doku.php?id=vedlegg:system_for_automatisk_hastighetsovervaking
- Bane NOR. (2019f). *Trafikkregler for jernbanenettet (TJN) (Kap. 5)*. Hentet fra: https://orv.banenor.no/orv/lib/exe/fetch.php?media=201806101-1_kap_5_2950290_1_1.pdf
- Bane NOR. (2020a). *Daglige rutegrafer*. Hentet fra: <https://www.banenor.no/Jernbanen/daglige-rutegrafer/>
- Bane NOR. (2020b). *Grafiske togruter, fastlagt rutetermin R19*. Hentet fra: <https://www.banenor.no/globalassets/kundeportal/dokumenter/grafiske-togruter-r19-fastlagt/blad-nr.-5-skoyen---oslo-s---gjovik.pdf>
- Bane NOR. (2020c). *Avvik og hendelser (Synergi)*. Hentet fra: <https://www.banenor.no/kundeportal/trafikkavvikling/avvik-og-hendelser-synergi/>

- Baysari, T. M., McIntosh, A. S. og Wilson, J. R. (2008). Understanding the human factors contribution to railway accidents and incidents in Australia. *Accident Analysis & Prevention*, 40(5), 1750-1757.
- BBC. (2016, 12. Juli). Italy train crash: 'Twenty-three killed' near Bari in collision. Hentet fra: <https://www.bbc.com/news/world-europe-36774059>
- Bento, J. P. (2001). *Menneske - teknologi - organisasjon. Veiledning for gjennomføring av MTO-analyser*. Oversatt av Statoil, kurskompendium for Petroleumstilsynet.
- Brotnov, S., M. (2007). *Railway Driving Operations and Cognitive Ergonomics Issues in the Norwegian Railway: A Systems Analysis*. (Mastergradsavhandling, Universitetet i Oslo). Hentet fra: <https://pdfs.semanticscholar.org/9124/100afe33315de5415fb4c601f2746457861a.pdf?ga=2.183466342.1932161193.1588611524-759332171.1580551963>
- Den Norske Veritas. (2011). *Risikoanalyse av Jernbaneverkets system for nødfrakopling*. (2011 – 1151). Hentet fra: <https://trv.jbv.no/PDF/ref/20.pdf>
- Dumay, J. & Qu, A. Q. (2011). The Qualitative Research Interview. *Qualitative Research in Accounting & Management*, 8(3) 238-264.
- Enehaug, B. (2015). *Den menneskelige faktors betydning i barrierestyring*. (Mastergradsavhandling, Universitetet i Stavanger). Hentet fra: https://uis.brage.unit.no/uis-xmlui/bitstream/handle/11250/2367012/Enehaug_Bente.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Engen, O. A., Kruke, B. I., Lindøe, P. H., Olsen, K. H., Olsen, O. E., & Pettersen, K. A. (2016). *Perspektiver på samfunnssikkerhet*. Oslo: Cappelen Damm.
- Flin, R., O'Connor, P. & Crichton M. (2008). *Safety at the Sharp End: A Guide to Non-Technical Skills*. Boca Raton: Taylor & Francis Group
- Forskrift om sikkerhet i jernbanevirksomhet. (1999). Forskrift om krav til styring og oppfølging av forhold relevant for sikker trafikkavvikling på jernbane herunder sporvei, tunnelbane og forstadsbane m.m. (FOR-1999-12-23-1402). Hentet fra: <https://lovdata.no/pro/#document/SFO/forskrift/1999-12-23-1402>

- Haddon, W. (1980). *The Basic Strategies for Reducing Damage from Hazards of all Kinds*. Hazard Prevention.
- Hammerl, M & Vanderhaegen, F. (2012). Human Factors in the Railway System Safety Analysis Process, i Wilson, R. J., Mills, A., Clarke, T., Rajan, J., Dadashi, N. (red.), *Rail Human Factors around the World: Impacts on and of People for Successful Rail Operations*. (ver. 1). (S. 73-84). Leiden: CRC Press.
- Hansson, S. O. (2012). A Panorama of the Philosophy of Risk. I Roeser, S., Hillerbrand, R., Sandin, P. & Peterson, M (red.). *Handbook of Risk Theory. Epistemology, Decision Theory, Ethics, and Social Implications of Risk*. (s. 27-54). Heidelberg: Springer
- Hollnagel, E. (1999). *Accident Analysis and Barrier Functions*. Hentet fra: https://www.researchgate.net/publication/251559941_ACCIDENT_ANALYSIS_AND_BARRIER_FUNCTIONS
- Hollnagel, E. (2004). *Barriers and accident prevention*. Hampshire: Ashgate Publishing Company.
- Holø, M. R. (2020, 10. Januar). Flere norske togstrekninger mangler automatisk togstans. *NRK*. Hentet fra: <https://www.nrk.no/innlandet/20-ar-etter-asta-er-det-fortsatt-ikke-automatisk-trafikkontroll-pa-alle-togstrekninger-i-norge-1.14848364>
- Hovden, J., Sklet, S., Tinmannsvik, R. K. (2004). I etterpåklokskapens klarsyn: Gransking og læring av ulykker. I Lydersen, S. (red.), *Fra flis i fingeren til ragnarok – Tjue historier om sikkerhet* (s. 163-182). Trondheim: Tapir akademisk forlag.
- International Railway Journal. (2016, 12. Juli). *Italian head-on collision leaves 23 dead*. Hentet fra: <https://www.railjournal.com/regions/europe/at-least-20-dead-in-italian-collision/>
- Jernbanedirektoratet. (2018). *Jernbanestatistikk 2018*. Hentet fra: <https://www.jernbanedirektoratet.no/contentassets/e71b740c9f5d4583aed0c193c11faec7/jernbanestatistikk-2018.pdf>
- Jernbanedirektoratet. (2017a). *Nasjonal standard for utdanning og sertifisering av førere av trekkraftkjøretøy på det nasjonale jernbanenettet*. Hentet fra: <https://lokforerskolen.no/contentassets/4277c195974d4187b0414f8def1ee8c4/2017-03-03-nasjonal-standard-for-utdanning-av-lokomotivforere.pdf>

- Jernbanedirektoratet. (2017b). *Jernbanedirektoratets begrepskatalog* (2. utg.). (201700032-2). Hentet fra:
<https://www.jernbanedirektoratet.no/globalassets/documenter/handboker/kapasitet-og-begrepskatalog/jernbanedirektoratets-begrepskatalog-2017-versjon-2.pdf>
- Jernbanedirektoratet. (2016). *Jernbanestatistikk 2016*. Hentet fra:
<https://www.jernbanedirektoratet.no/contentassets/e71b740c9f5d4583aed0c193c11faec7/jernbanestatistikk-2016.pdf>
- Jernbaneverket. (2014). *Fremtidig utvikling av Gjøvikbanen* (POU-00-A-00151). Hentet fra:
<https://www.banenor.no/contentassets/117b0e6c97b34f17bbbb08668cc66c54/rapport-gjovikbanen.pdf>
- Jernbaneverket. (2012a). *Slik fungerer jernbanen*. Hentet fra:
https://www.banenor.no/contentassets/55a947e1337748beaee3839e8f34f806/slikfungererjernbanen_2012_web_oppsl.pdf
- Jernbaneverket. (2012b). *Stasjonstrukturprosjektet – Gjøvikbanen*. Hentet fra:
https://www.banenor.no/contentassets/43faddfad9054a3887edfe9d490131d6/delrapport_stasjonsstruktur_gjovikbanen.pdf
- Jernbaneverket. (2001). Risikoanalyse av togekspeditørens arbeidssituasjon. Hentet fra:
<https://banenor.brage.unit.no/banenor-xmlui/handle/11250/156106?locale-attribute=no>
- Johannesen, T. (1961). *Sikkerhetstjenesten ved norske jernbaner i de første 100 år, 1854 – 1954*. Hentet fra: <https://banenor.brage.unit.no/banenor-xmlui/handle/11250/155043>
- Kovács, G. & Spens, K. M. (2005). Abductive reasoning in logistics research. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(2), 132-44.
- Kravforskriften til jernbane. (2002). Forskrift om krav til jernbane, herunder sporvei, tunnelbane og forstadsbane m.m. (FOR-2001-12-04-1334). Hentet fra:
<https://lovdata.no/pro/#document/SFO/forskrift/2001-12-04-1334>
- Klein, G.A. (1989) Recognition-Primed Decisions. I *Advances in Man-Machine Systems Research*, 5, 47-92.
- Klein, G. A. (2008). Naturalistic Decision Making. I *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. 50(3), 456-460. Hentet fra:
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1518/001872008X288385>
- Klein, G. A. (2009). *Streetlights and Shadows: Searching for the Keys to Adaptive Decision Making*. Massachusetts: MIT Press.

- Kvale S. & Brinkmann S. (2009). *Det kvalitative forskningsintervju* (2. utg.). Oslo: Gyldendal Akademiske.
- Leech, B. T. (2002). Asking Questions: Techniques for Semistructured Interviews. I *Political Science and Politics*, 35(4), 665-668.
- Lunde, I. K. (2019). *Praktisk krise- og beredskapsledelse* (2. utg.). Oslo: Universitetsforlaget.
- Morse J. M. & Richards L. (2002). *Readme First for a User's Guide to Qualitative Methods*. California: Sage Publications, Inc.
- Myhre, K. (2015). *Hvilke endringer medfører ERTMS for Banesjefen på Gjøvikbanen?* (Mastergradsavhandling, NTNU). Hentet fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2352418>
- Nordbakke, S. & Sagberg, F. (2007). *CREAM analysis of «Signal Passed at Danger (SPAD) events*. (915/2007). Hentet fra: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=12230>
- Norsk Jernbaneskole. (2020). *Togekspeditørutdanning*. Hentet fra: <https://jernbaneskolen.no/min-hovedside/trafikkopplaringene/togekspeditoropplaring>
- NOU 2000: 30. (2000). *Åsta-ulykken, 4. januar 2000 – Hovedrapport*. Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/63997433eade44d28add08dbdd2bf5d2/no/pdfa/nou200020000030000dddpdfa.pdf>
- NOU 2001: 9. (2001). *Lillestrøm-ulykken 5. april 2000*. Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/c912a779f8de4220bebd56e71a0b235f/no/pdfa/nou200120010009000dddpdfa.pdf>
- Rausand, M. & Øien, K. (2004). Risikoanalyse. Tilbakeblikk og utfordringer. I Lydersen, S. (red.), *Fra flis i fingeren til ragnarok – Tjue historier om sikkerhet* (s. 85 – 110). Trondheim: Tapir akademisk forlag.
- Rausand, M. (2014). *Reliability of Safety-Critical Systems*. New Jersey: John Wiley & Sons
- Reason, J. (1997). *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Farnham: Ashgate Publishing Ltd.
- Rejlers Norge AS. (2015). *Rapport – Mulighetsstudie Gjøvikbanen*. Hentet fra: <https://www.oppland.no/Handlers/fh.ashx?MIId1=292&FilId=1260>

- Ridder H. G. (2017). The theory contribution of case study research designs. *Business Research*. 10, 281-305. Hentet fra:
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs40685-017-0045-z.pdf>
- Rosness, R. (2008). *Sikkerhet på skinner? Oppfatninger om sikkerhet på norske jernbaner 1950-2000*. (SINTEF A3144). Hentet fra:
https://www.sintef.no/globalassets/upload/teknologi_og_samfunn/sikkerhet-og-palitelighet/rapporter/sintef-a3144.pdf
- Rosness, R., Grøtan, T. O., Guttormsen, G., Herrera, A., Steiro, T., Størseth, F., Wærø, I. (2010). *Organisational Accidents and Resilient Organisations: Six Perspectives. Revision 2*. (SINTEF A17034). Hentet fra:
https://www.sintef.no/globalassets/upload/teknologi_og_samfunn/sikkerhet-og-palitelighet/rapporter/sintef-a17034-organisational-accidents-and-resilience-organisations-six-perspectives.-revision-2.pdf
- Rosness, R., Skjerve, A. B. M., Alteren, B., Berg, Ø., Bye, A., Hauge, S., ... Aase, K. (2002). *Feiltoleranse, barrierer og sårbarhet*. (STF38 A03404). Hentet fra:
https://www.sintef.no/globalassets/upload/teknologi_og_samfunn/sikkerhet-og-palitelighet/rapporter/stf38-a03404.pdf
- Ryggvik, H. (2004). Jernbanen, oljen, sikkerheten og historien. I Lydersen, S. (red.), *Fra flis i fingeren til ragnarok – Tjue historier om sikkerhet (s. 51 – 66)*. Trondheim: Tapir akademisk forlag.
- Ryggvik, H. (2016). *Sporskifte – Jernbaneverket 1996 – 2016*. Oslo: Press.
- Sklet, S. (2006). Safety barriers: Definition, classification, and performance i *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 19(5), 494-506.
- Skog, O. (2010). *Å forklare sosiale fenomener. En regresjonsbasert tilnærming*. (2 utg.). Oslo: Gyldendal Akademisk
- Skotnes, R. Ø. (2018). Regulering og standardisering av IKT-sikkerhet i kraftsektoren - holdninger, fordeler og ulemper. I P. Lindøe, J. Kringen, & G. S. Braut (Red.). *Regulering og standardisering: perspektiver og praksis (s. 252-268)*. Oslo: Universitetsforlag.

- Sikkerhetsstyringsforskriften. (2011). *Forskrift om sikkerhetsstyring for jernbanevirksomheter på det nasjonale jernbanenettet*. (FOR-2011-04-11-389). Hentet fra:
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-04-11-389>
- Statens Havarikommisjon for Transport. (2004). *Rapport om tre alvorlige jernbanehendelser ved Solberg stasjon og Lier stasjon i tidsrommet 30.11.2003 – 01.12.2003*. (JB RAP.: 14/2004). Hentet fra: <https://www.aibn.no/Jernbane/Rapporter/2004-14>
- Statens Havarikommisjon for Transport. (2011). *Rapport om Jernbaneulykke med vognstamme i utilsiktet drift fra Alnabru til Sydhavna 24. Mars 2010*. (JB 2011/03). Hentet fra: <https://www.aibn.no/Jernbane/Avgitte-rapporter/2011-03>
- Statens Havarikommisjon for Transport. (2013). *Temarapport om passhendelser*. (JB 2013/09). Hentet fra: <https://www.aibn.no/Jernbane/Rapporter/2013-09>
- Statens Havarikommisjon for Transport. (2020a). *Undersøkelse av sammenstøt mellom to tog på Berekvam stasjon, Flåmsbana*. Hentet fra:
<https://www.aibn.no/Jernbane/Undersokelser/19-668>
- Statens Havarikommisjon for Transport. (2020b). *Undersøkelse av dødsulykke ved Storforshei på Nordlandsbanen*. Hentet fra: <https://www.aibn.no/Jernbane/Undersokelser/19-1240>
- Statens Jernbanetilsyn. (2020). *Bane NOR SF - Tilsyn 2019 – Trafikkregler (2019/2857)*. Hentet fra:
<https://einnsyn.no/saksmappe?id=http%3A%2F%2Fdata.einnsyn.no%2Fnoark4%2FSa%2Fkmsmappe--979363974--2857--2019>
- Statens Jernbanetilsyn. (2018). *Revisjon med tema oppfølging av uønskede hendelser knyttet til nødkommunikasjon, herunder GSM-R*. (2018-01). Hentet fra:
https://www.sjt.no/globalassets/02_jernbane/pdf-jernbane/tilsyn/tilsynsrapporter/2018-01.pdf
- Statens Jernbanetilsyn. (2017). *Om regelverket*. Hentet fra:
<https://www.sjt.no/jernbane/regelverk/om-regelverket/>
- Statens Jernbanetilsyn. (2016a). *Bruk av barrierer for jernbanevirksomheter*. Hentet fra:
<https://www.sjt.no/jernbane/veiledning/veiledere/sikkerhetsstyring/bruk-av-barrierer-for-jernbanevirksomheter/>

- Statens Jernbanetilsyn. (2016b). *Kva skjer om ein lokkførar sovnar?* Hentet fra:
[https://www.sjt.no/jernbane/veiledning/sporsmal-og-svar/hva-skjer-om-en-lokforer-
sovner/](https://www.sjt.no/jernbane/veiledning/sporsmal-og-svar/hva-skjer-om-en-lokforer-
sovner/)
- Stranden, R. (2019). *Sikring – En innføring i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal.
- Stene, T. M. (2018). Automation of the rail – removing the human factor? I Haugen, S., Barros, A., van Gulijk, C., Kongsvik, T. & Vinnem, J. E. (red.). *Safety and Reliability – Safe Societies in a Changing World* (s. 1947 – 1957). Boca Raton: CRC Press
- Tinmannsvik, R. K. og Kjellén U. (2018). *Gransking etter hendelser*. Hentet fra:
<https://sikkerhetba.files.wordpress.com/2018/03/siba-granskning-etter-hendelser.pdf>
- Tjora, A. (2017). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Walliman N. (2011) *Research Methods: The Basics*. (1. Utg). Abingdon: Routledge
- Wilson, J. R, Farrington-Darby, T. Cox, G., Bye, R. & Hockey G. R. J. (2007). *The railway as a socio-technical system: human factors at the heart of successful rail engineering*. Hentet fra: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1243/09544097JRRT78>
- Yin R. K. (2003). *Case study research: Design and methods*. (3. Utg.). California: Sage Publications Inc.

Vedlegg 1: Samtykkeskjema

Forespørsel om deltakelse i studie av barrierestyring på jernbanen

Dette er en forespørsel til deg om å delta som informant i et masterprosjekt, der formålet er å gjøre en analyse av barrierestyringen på jernbanen. Prosjektet er en del av min masteroppgave ved Universitetet i Stavanger. Som informant vil du bli bedt om å delta i et uformelt intervju, gjennomført av meg. Omfanget av intervjuet er omtrent 45 minutter. Dette skrevet inneholder informasjon om studien og hva deltakelse innebærer for deg.

Bakgrunn:

I forbindelse med min masteroppgave i samfunnssikkerhet ved Universitetet i Stavanger, skal jeg gjennomføre flere intervjuer med ulike informanter involvert i togfremføring, trafikkstyring, administrering og tilsyn på Gjøvikbanen. Gjennom studien søkes det svar på hvordan ulike aktører i jernbanesektoren forstår, uttrykker og operasjonaliserer begrepet *barriere* på togmeldingsstrekninger, og hvordan dette påvirker sikkerheten på disse strekningene. Studien undersøker ulike nivåer i sektoren fra de regulerende myndighetene til de utøvende aktørene.

Konfidensialitet:

Det etterstrebtes konfidensialitet gjennom studien. Studien er godkjent av Norsk senter for forskningsdata (NSD) og følger NSDs retningslinjer for oppbevaring og sletting av personopplysninger. For å unngå distraksjoner under intervju som følge av notering ønskes det å brukes båndopptaker. Lydklippet på opptaket vil bli transkribert og slettet umiddelbart etter gjennomføringen. Jeg har skrevet under taushetserklæring med Bane NOR på lik linje med øvrige ansatte.

Dine rettigheter

For å etterleve kravet til konfidensialitet vil alle informanter bli anonymisert. Opplysninger gitt under intervjuet som kan identifisere informanten selv eller andre parter vil bli utelatt fra transkripsjonen. Det er frivillig å delta, og som informant har du rett til å trekke deg fra studien uten å oppgi grunn. Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- få slettet personopplysninger om deg,
- få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), og
- å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

Kontaktinformasjon:

For spørsmål eller andre henvendelser, ta kontakt med:

Even Klomsten Andersen

*Masterstudent ved Universitetet i Stavanger
Mail: even.klomsten.andersen2@banenor.no
Tlf: 413 71 606*

Ved å signere på denne erklæringen godtar du at innholdet er lest og forstått, og at opplysningene som har blitt gitt under intervjuet kan benyttes i masteroppgaven frem til prosjektets slutt, ca. juni 2020.

Sted/dato:

Sted/dato:

.....

.....

Sign.:

Sign.:

.....

.....

Even Klomsten Andersen
Masterstudent i Samfunnssikkerhet
Universitetet i Stavanger

Informant

Vedlegg 2: Intervjuguider

Intervjuguide: Statens Jernbanetilsyn

Hvordan er barrierenes ytelse på en jernbanestrekning med togmelding?

F1: Hvilke barrierer eksisterer på strekning med togmelding?

F2: I hvilken grad er de identifiserte barrierene uavhengige?

F3: Hvilke sårbarheter eksisterer i de identifiserte barrierene?

F4: Hvor pålitelige og effektive er barrierene?

Bakgrunn: På bakgrunn av SJTs rolle som tilsynsmyndighet er det i dette intervjuet vektlagt tolkninger og meninger omkring hvordan barrierers ytelse bør realiseres og føres tilsyn med. Dette er vesentlig for å forstå SJTs perspektiv og tilsynspraksis i spørsmål om barriere og barrieretytelse på jernbanen.

Informant: SJT

1. Kan du fortelle litt om din rolle i tilsynet og jernbanesektoren for øvrig?
2. Litt om togmeldingsstrekninger
 - a. Hvordan opplever du sikkerheten på jernbanestrekninger med togmelding?
 - b. Hvordan kan virksomheter ivareta barrierekravet på en slik strekning?
3. Barrieres ytelse og effekt
 - a. Hvordan tenker du en barrieres ytelse og effekt kan måles?
 - b. Hvordan ser dere til at virksomheter etterlever kravet i Sikkerhetsstyringsforskriften om barrierer mot enkeltfeil?
 - c. Opplever dere noen problemer rundt dette som tilsynsmyndighet?
4. I SJTs veileder fra 2016 til virksomheter som er pålagt å ha barrierer mot enkeltfeil medgir dere at barrierer generelt er et problem for flere jernbanevirksomheter, og at det er særlig utfordringer knyttet til forståelse rundt begrepet, mangelfull implementering av krav og manglende systematikk for synliggjøring.
 - a. Er dette et problem som fortsatt eksisterer?
 - b. På hvilken måte?
5. Litt om Bane NOR og Vy Gjøvikbanen AS
 - a. Opplever dere at Bane NOR og Vy Gjøvikbanen AS har god oversikt over sine barrierer?
 - b. På en strekning som Gjøvikbanen nord for Roa er det i stor grad menneskelige barrierer. Hvilke utfordringer utgjør dette for barrierestyringen i motsetning til tekniske barrierer?
 - c. Enkelte barrierer avhenger av et samspill mellom lokfører (Vy) og togekspeditor (Bane NOR) for å fungere. Er dette et problem?
6. Hvilke tiltak mener dere som tilsynsmyndighet kan iverksettes for å forbedre barrierene?
 - a. Hvordan fører dere tilsyn med dette?

Intervjuguide: Strategisk

Hvordan er barrierenes ytelse på en jernbanestrekning med togmelding?

F1: Hvilke barrierer eksisterer på strekning med togmelding?

F2: I hvilken grad er de identifiserte barrierene uavhengige?

F3: Hvilke sårbarheter eksisterer i de identifiserte barrierene?

F4: Hvor pålitelige og effektive er barrierene?

Bakgrunn: Informanter velges ut på bakgrunn av at det strategiske i Bane NOR utformer trafikkplaner, har ansvar for den operative trafikkstyringen og barrierestyringen. De har derfor en viktig rolle med å tolke og utføre kravene til barriere i lovverket. Under Intervjuet vil det bli vektlagt tolkninger og meninger omkring hvordan barrierers ytelse bør realiseres og ytelsen måles.

Informant: Kunde og trafikkdivisjonen, Bane NOR

1. Kan du fortelle litt om din rolle i Bane NOR, og jernbanesektoren for øvrig?
2. Har du vært lenge i Bane NOR?
3. Litt om ulike driftsformer på jernbanen.
 - a. Hvilken driftsform opplever du som tryggest? Og hvorfor?
 - b. Hvordan opplever du sikkerheten på jernbanestrekninger med togmelding? For eksempel Gjøvikbanen.
4. Som infrastruktureier og operativ trafikkstyrer er dere underlagt krav om barrierer, nedfelt i sikkerhetsstyringsforskriften.
 - a. Er dette noe det fokuseres mye på?
 - b. Hvordan jobber dere for å etterleve dette kravet?
 - c. Er dette vanskeligere på en togmeldingsstrekning, der det i større grad er menneskelige barrierer?
 - d. Har dere noen metoder for å måle ytelsen og effekten (kvalitet) på barrierene?
 - e. Enkelte av barrierefunksjonene er et resultat av et samspill mellom Vy og Bane NOR (lokfører og togekspeditør). Hvordan samarbeider dere om dette?
 - f. Hvordan sikrer dere uavhengighet mellom barrierene?
 - g. Hva synes du er det vanskeligste med barrierestyring?
 - h. Opplever dere at SJT fokuserer på etterlevelse av barrierekravet i forskriften?
 - i. Opplever dere at Vy har fokus på barrierestyring?

Intervjuguide togekspeditør

Hvordan er barrierenes ytelse på en jernbanestrekning med togmelding?

F1: Hvilke barrierer eksisterer på strekning med togmelding?

F2: I hvilken grad er de identifiserte barrierene uavhengige?

F3: Hvilke sårbarheter eksisterer i de identifiserte barrierene?

F4: Hvor pålitelige og effektive er barrierene?

Bakgrunn: På bakgrunn av togekspeditørens operative rolle i trafikkstyring er det et større fokus på praksis og operasjonaliseringen av barrierer, enn tolkninger i dette intervjuet. Bakgrunnen for dette er at det vil avdekkes forhold som sier noe om hvordan barrierene faktisk utføres og hvordan den utførende aktøren opplever det, i motsetning til hvordan aktører høyere opp i det sosiotekniske systemet antar at det blir utført.

Informant: Tokekspeditør

1. Hvor lenge har du vært togekspeditør?
2. Hvor lenge har du jobbet på Gjøvikbanen?
3. Hvordan er en vanlig dag på Gjøvikbanen?
4. Hvis vi ser for oss krysninger med tog på Gjøvikbanen
 - a. Er det noen krysningspunkt/deler av strekningen du synes er ekstra uoversiktlig?
 - b. På hvilken måte påvirker det sikkerheten?
 - c. Får lokførere opplysninger om endringer i rutetabell, forsinkelser eller krysningspunkt?
5. Hvordan opplever du samspillet med lokførerne?
 - a. Hvordan kommuniserer dere?
6. Som togekspeditør har du flere prosedyrer å forholde deg til.
 - a. Opplever du disse som oversiktlige?
 - b. Følges disse til punkt og prikke av de involvert i togfremføring og trafikkstyring?
 - c. Er det noen handlinger som gjøres som ikke står nedskrevet i prosedyrer?
 - d. Er det noen prosedyrer du synes er gode, eller som dere er avhengig av å etterfølge?
7. Jernbanen er i dag underlagt krav om barrierer mot at enkeltfeil skal føre til ulykker. Hvis vi tenker oss tog mot tog som en uønsket ulykke.
 - a. Opplever du at barrierene er gode nok for Gjøvikbanen?
 - b. Er det et stort fokus på barrierer i jernbanen?
 - c. Er du kjent med alle barrierene?
8. Dersom et tog skulle passere et signal i stopp, altså ut fra en stasjon.
 - a. Hvordan ville det blitt stanset? (mellom Roa og Gjøvik).
 - b. Har du opplevd dette før?
 - c. Øves det på håndtering av slike hendelser?

Intervjuguide lokfører og konduktør

Hvordan er barrierenes ytelse på en jernbanestrekning med togmelding?

F1: Hvilke barrierer eksisterer på strekning med togmelding?

F2: I hvilken grad er de identifiserte barrierene uavhengige?

F3: Hvilke sårbarheter eksisterer i de identifiserte barrierene?

F4: Hvor pålitelige og effektive er barrierene?

Bakgrunn: På bakgrunn av lokførerens operative rolle i togfremføringen er det et større fokus på praksis og operasjonaliseringen av barrierer, enn tolkninger i dette intervjuet. Bakgrunnen for dette er at det vil avdekkes forhold som sier noe om hvordan barrierene faktisk utføres og hvordan den utførende aktøren opplever det, i motsetning til hvordan aktører høyere opp i det sosiotekniske systemet antar at det blir utført.

Informant: Lokfører

1. Hvor lenge har du vært lokfører?
2. Om Gjøvikbanen
 - a. Hvor lenge har du kjørt på Gjøvikbanen?
 - b. Er det noen krysningpunkt/deler av strekningen du synes er ekstra uoversiktlig eller som du opplever flere endringer i?
 - c. På hvilken måte påvirker det sikkerheten?
 - d. Får du informasjon om omlagte krysninger?
 - e. Hvordan opplever du samspillet med togekspeditøren?
 - f. Synes du det er ubehagelig å kjøre på en strekning uten ATC?
3. Som lokfører må du forholde deg til mange prosedyrer og trafikkregler?
 - a. Opplever du disse som oversiktlige?
 - b. Følges disse til punkt og prikke av de involvert i togfremføring og trafikkstyring?
 - c. Er det noen handlinger som gjøres som ikke står nedskrevet i prosedyrer?
 - d. Er du avhengig av prosedyrene for å utføre jobben din?
4. Bruker dere FIDO?
 - a. Er det ofte feil i FIDO? Altså at et tog faller ut av ruten i FIDO?
 - b. Hva skjer dersom et tog faller ut av ruten i FIDO?
5. Hvordan brukes GSM-R togradio?
 - a. Benyttes den kun under nødsituasjon?
 - b. Benyttes den til all verbal kommunikasjon på jernbanen?
6. Hvor ofte benytter togekspeditøren seg av signalet «kryssende tog har kommet?»
 - a. Hvilke stasjoner er det dette oftest gjøres på?
7. Jernbanen er i dag underlagt krav om barrierer mot at enkeltfeil skal føre til ulykker. Hvis vi tenker oss tog mot tog som en uønsket ulykke.
 - a. Opplever du at barrierene er gode nok for Gjøvikbanen?
 - b. Er det et stort fokus på barrierer i jernbanen?
 - c. Er du kjent med alle barrierene?
 - d. Dersom et tog hypotetisk sett skulle passere et signal i stopp, hvordan ville det blitt stanset?
 - e. Er dette noe du har opplevd eller måtte ta stilling til?