

**SINTEF IKT**Postadresse: Boks 124, Blindern
0314 OsloBesøksadresse: Forskningsveien 1
0373 Oslo

Telefon: 22 06 73 00

Telefaks: 22 06 73 50

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Forberedende beslutningsrisikoanalyse for håndtering av skogbrann i Elverum kommune

FORFATTER(E)

Gyrd Brændeland

OPPDRAAGSGIVER(E)

Midt-Hedmark brann- og redningsvesen IKS

RAPPORTNR.

SINTEF A17367

GRADERING

Åpen

OPPDRAAGSGIVERS REF.

Nils-Erik Haagenrud/ Terje Hansen

GRADER. DENNE SIDE

Åpen

ISBN

978-82-14-04967-1

PROSJEKTNR.

90B261

ANTALL SIDER OG BILAG

62/2

ELEKTRONISK ARKIVKODE

ros_skogbrann_elverum_feb2011.docx

PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.)

Ketil Stølen

VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.)

Jan Håvard Skjetne

ARKIVKODE

DATO

2011-03-07

GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.)

Bjørn Skjellaug, Forskningsjef

SAMMENDRAG

Denne rapporten dokumenterer resultatene av en forberedende beslutningsrisikoanalyse om skogbrann i Elverum. Analysen ble gjennomført våren 2010 som en del av forskningsprosjektet EMERGENCY. Fokusområdet for analysen er geografisk avgrenset til Elverum kommune. Temamessig har analysen har et operativt fokus. Det vil si, gitt en skogbrann: hva er potensialet for nye hendelser med negative konsekvenser som for eksempel spredning av brannen og hvilke risikoreduserende tiltak bør man sette i verk. Hensikten har vært å identifisere hvilke informasjonsbehov som kan oppstå under en skogbrann, og samle inn informasjon til et kartbasert verktøy for å støtte beslutninger under en skogbrann.

Erfaringene fra analysen vil inngå i arbeidet med å utarbeide en generell metode for å samle inn informasjon og kunnskap om risikoer i forkant av krisesituasjoner, og vil som sådan ha nytteverdi utover de faktiske resultatene.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Skogbrann	Forest wild fire
GRUPPE 2	Beslutningsstøtte	Decision support
EGENVALGTE	Risikoanalyse	Risk analysis

Begreper

Antennelighetsgrad:	Mål på hvor lett et prøvelegeme kan antennes av en ekstern varmekilde under angitte prøvingsbetingelser ¹ .
Brannfelt:	Området som brenner.
Brannfront:	Stedet der brannen forflytter seg raskest ¹ .
Dekar:	Enhet for måling av areal. 1 dekar = 1000 m ² .
Defensiv slokking:	Indirekte bekjempelse av skogbrann [25].
DN:	Direktoratet for naturforvaltning.
DSB:	Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.
Flyvebrann:	Antennelse fra glødende eller brennende objekter som fraktes i luften.
Innsatstid:	Tiden fra innsatsstyrken er alarmert til den er i innsats på brann-/skadested ² .
NVE:	Noregs vassdrags- og energidirektorat.
Offensiv slokking:	Direkte bekjempelse av skogbrann [25].
Slokketid:	Tiden fra første utrykningskjøretøy starter slokkingen til brannen er helt slokket ³ .
Toppbrann:	Skogbrann som beveger seg fra trekrone til trekrone, til dels uavhengig av skogbrannen nede på bakken, med normal spredningshastighet 30–40 meter per minutt ¹ .
Vindhastighet ved brannfront:	Vindhastighet målt ved middels høyde av flammene (midflame windspeed).
WFS:	WFS (Web Feature Service) er en ISO standard fra OGC for overføring av geografisk informasjon som vektordata ⁴ . I motsetning til wms (se under), hvor informasjonen overføres som bilde, tilbyr en wfs-tjeneste å dele selve rådataene. Disse kan modifiseres og analyseres videre av mottakeren.
WMS:	WMS (Web Map Service) er en ISO standard fra OGC (OpenGIS Consortium) for visning av geografisk informasjon som kartbilder over Internett ⁵ .

¹ Kollegiet for brannfaglig terminologi, <http://www.kbt.no/> Aksessert 16. november 2010

² <http://oppslagsverket.dsb.no/content/brann-og-eksplosjonsvern/forskrifter/organisering-av-brannvesen/veiledning/6/8/> Aksessert 10. februar 2011.

³ <http://www.lovdata.no/for/sf/sd/td-20060512-0545-002.html> Aksessert 7. februar 2011.

⁴ <http://www.opengeospatial.org/standards/wfs> Aksessert 1. februar 2011.

⁵ <http://www.opengeospatial.org/standards/wms> Aksessert 31. januar 2011.

INNHALDSFORTEGNELSE

Begreper	3
1 Innledning	7
1.1 Deltakere og plan for analysen	7
1.2 Analyseprosessen	8
1.3 Bygge beslutningsstøtteverktøy for innsats under skogbrann	10
2 Objektet for analysen	13
2.1 Fokus og avgrensninger	13
2.2 Aktiva	13
2.3 Konsekvens	14
2.4 Sannsynlighet	15
2.5 Risikoevalueringskriterier	16
3 Identifisere faktorer som påvirker omfanget av en skogbrann	17
3.1 Innledende hendelse	17
3.2 Påvirkningsfaktorer, konsekvenser og sannsynligheter	19
3.2.1 Beregning av konsekvens og sannsynlighet	19
3.2.2 Risikoer for materielle verdier forbundet med den innledende hendelsen	20
3.2.3 Risikoer for liv, helse og miljø forbundet med den innledende hendelsen	24
4 Identifisere faktorer som kan endres	29
4.1 Eksempel: endringer i vindhastighet	29
4.2 Endringer i faktorer som påvirker materielle verdier	31
4.2.1 Nye risikoer for aktiva <i>Skog</i> forbundet med endringer	31
4.2.2 Nye risikoer for aktiva <i>Brannutstyr</i> forbundet med endringer	33
4.2.3 Nye risikoer for aktiva <i>Boliger og hytter</i> forbundet med endringer	34
4.3 Endringer i faktorer som påvirker liv, helse og miljø	35
4.3.1 Nye risikoer for aktiva <i>Mannskap</i> forbundet med endringer	35
4.3.2 Nye risikoer for aktiva <i>Mennesker og dyr</i> forbundet med endringer	39
5 Identifisere risikoreduserende tiltak	41
5.1 Risikoreduserende tiltak for materielle verdier	41
5.2 Risikoreduserende tiltak for liv, helse og miljø	43
5.3 Risikoreduserende tiltak for endringsscenarioer	46
6 Oppsummering og konklusjon	49
7 Referanser	51
Appendiks A Sannsynlighets- og konsekvensfunksjoner	53
Appendiks B Sannsynlighets- og konsekvensfunksjoner for endrede faktorer	61

TABELLER

Tabell 1 Møter	7
Tabell 2 Møtedeltakere	7
Tabell 3 Aktiva	13
Tabell 4 Prioritering av skogtyper	14
Tabell 5 Konsekvenser: Materielle verdier	15
Tabell 6 Konsekvenser: Liv og helse for personer og/eller dyr	15
Tabell 7 Konsekvenser: Miljø	15
Tabell 8 Frekvensverdier	15

Tabell 9 Risikoevalueringskriterier	16
Tabell 10 Påvirkningsfaktorer	53
Tabell 11 Konsekvensfunksjoner	55
Tabell 12 Sannsynlighetsfunksjoner for innledende hendelse	57
Tabell 13 Sannsynlighetsfunksjoner for antatte endringer	61

FIGURER

Figur 1 Forberedende beslutningsrisikoanalyse	9
Figur 2 Forberedende risikoanalyse for kartbasert beslutningsstøtte	10
Figur 3 Elementer i et CORAS-diagram	17
Figur 4 Eksempel på et CORAS-diagram	17
Figur 5 Innledende hendelse med hensyn på aktive skog	18
Figur 6 Høynivå-trusselsscenario <i>Brannen sprer seg</i>	18
Figur 7 Høynivå-trusselsscenario <i>Brannen sprer seg over tid</i>	19
Figur 8 Faktorer som påvirker konsekvensen av en skogbrann	20
Figur 9 Forholdet mellom vindhastighet og utvikling av brannområde	22
Figur 10 Risiko for brannutstyr forbundet med innledende hendelse	23
Figur 11 Risiko for boliger og hytter forbundet med innledende hendelse	24
Figur 12 Risiko for mannskap forbundet med innledende hendelse	25
Figur 13 Flere risikoer for mannskap forbundet med innledende hendelse	26
Figur 14 Risiko for mennesker og dyr forbundet med innledende hendelse	28
Figur 15 Brannhastigheten øker som følge av at vinden øker	29
Figur 16 Brannhastigheten øker som følge av at luftfuktigheten øker	32
Figur 17 Brannhastigheten øker som følge av toppbrann	32
Figur 18 Brann endrer retning	32
Figur 19 Mye røyk hindrer sikten	33
Figur 20 Brann blusser opp	33
Figur 21 Utstyr brenner inne på grunn av endret vindretning	34
Figur 22 Boliger brenner ned som følge av endret vindretning	34
Figur 23 Mannskap skadet som følge av toppbrann	36
Figur 24 Mannskap skadet som følge av endret vindretning	37
Figur 25 Mannskap skadet på grunn av mye røyk	37
Figur 26 Endret vindretning påvirker trusler mot mannskap	38
Figur 27 Endret vindretning påvirker trusler mot mennesker og dyr	39
Figur 28 Risikoreduserende tiltak for skogbrann	41
Figur 29 Risikoreduserende tiltak for boliger og hytter	42
Figur 30 Risikoreduserende tiltak for mannskap	44
Figur 31 Flere risikoreduserende tiltak for mannskap	45
Figur 32 Risikoreduserende tiltak for mennesker og dyr	45
Figur 33 Risikoreduserende tiltak med hensyn på røyk	46
Figur 34 Risikoreduserende tiltak med hensyn på oppblussing av brann	47

1 Innledning

Denne rapporten dokumenterer resultatene av en forberedende beslutningsrisikoanalyse med fokus på skogbrann i Elverum kommune. Analysen ble gjennomført våren 2010 som en del av forskningsprosjektet EMERGENCY⁶. Formålet med analysen har vært å samle inn informasjon og kunnskap om risikoer i en skogbrann, samt om nødvendige tiltak. En sentral del av arbeidet har vært å identifisere faktorer som påvirker risikobildet ved en skogbrann, slik som værforhold, skogtype og egenskaper ved terrenget, samt informasjonskilder som kan benyttes for å skaffe informasjon om disse faktorene. Den kartlagte informasjonen skal brukes til å bygge opp et kartbasert verktøy for å støtte beslutningsprosessen under en skogbrann, særlig i den tidlige fasen av en slukningsoperasjon. Erfaringene fra analysen vil inngå i arbeidet med å utarbeide en generell metode for å samle inn informasjon og kunnskap om risikoer i forkant av krisesituasjoner, og vil som sådan ha nytteverdi utover de faktiske resultatene.

Formålet med EMERGENCY-prosjektet er å utvikle støttesystemer for beredskapssituasjoner. Prosjektet fokuserer spesielt på utfordringer knyttet til mobilitet i dynamiske hendelser, slik som skogbrann. EMERGENCY er et brukerstyrt innovasjonsprosjekt med delvis finansiering av Norges forskningsråd under VERDIKT-programmet. Prosjektet startet november 2008 og har planlagt ferdigstillelse i oktober 2012. Partnere i prosjektet er Locus AS, Geodata AS, Norges Røde Kors, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), Oslo politidistrikt og SINTEF.

1.1 Deltakere og plan for analysen

Analysen ble gjennomført i form av tre arbeidsmøter med deltakere fra Midt-Hedmark brann og redning IKS (MHBR), Glommen skog, landbruksavdelingen hos Fylkesmannen i Hedmark og SINTEF (analyseleder):

Tabell 1 Møter

	Beskrivelse	Dato
1	Identifisere aktiva og sårbarheter	2010-03-18
2	Identifisere risikoer og identifisere tiltak	2010-05-07
3	Estimere risikoverdier	2010-06-17
4	Presentere analyseresultater	2010-12-15

Tabell 2 Møtedeltakere

Navn	Rolle	Tilhørighet	Møter
Roar Kjær	Rådgiver	Fylkesmannen i Hedmark	1,2,3,4
Nils-Erik Haagenrud	Brannsjef	Midt-Hedmark brann- og redningsvesen IKS	1,2,3
Kåre Einar Skogsrud	Beredskap	Midt-Hedmark brann- og redningsvesen IKS	1
Odd Magnar Opgård	Varabranssjef	Midt-Hedmark brann- og redningsvesen IKS	1,3,4
Rigman Pents	110-sentralen	Midt-Hedmark brann- og redningsvesen IKS	1,2,4
Gyrd Brændeland	Forsker	SINTEF	1,2,3,4
Sverre Holm	Regionsjef	Glommen skog	2

⁶ <http://www.sintef.no/Home/Information-and-Communication-Technology-ICT/Cooperative-and-Trusted-Systems--/Projects/EMERGENCY/> Aksessert 1. februar 2011

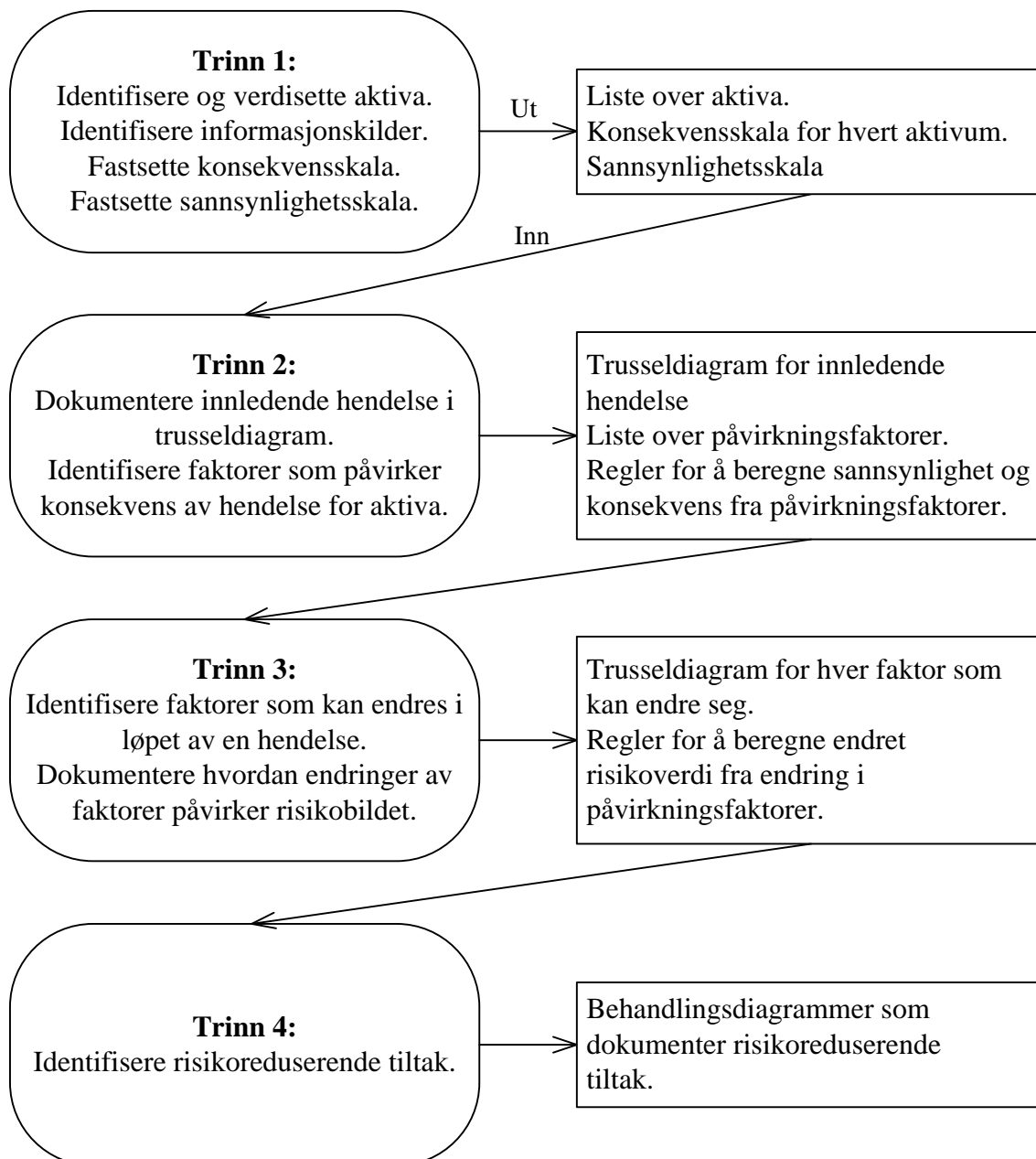
Magne Kristiansen	Avdelingsleder	Midt-Hedmark brann- og redningsvesen IKS	2,3,4
Terje Hansen	Brannsjef	Midt-Hedmark brann- og redningsvesen IKS	4

1.2 Analyseprosessen

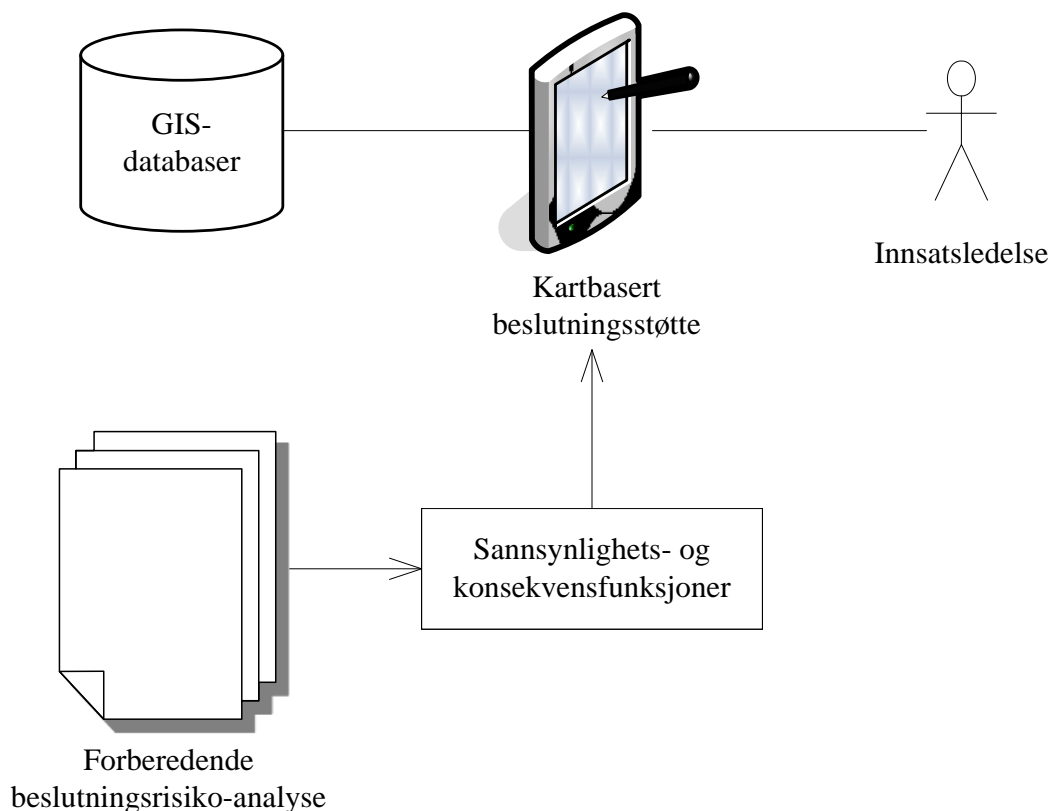
Prosessen omfatter de vanlige elementene i en risikoanalyse slik den er definert i ISO-standarden *Risk management — Principles and guidelines* (ISO 31000:2009(E)) [15] og DSBs veileder for kommunale risiko- og sårbarhetsanalyser [9]. Analysen har imidlertid et mer operativt fokus enn det som er vanlig for en risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS) og er derfor ikke en risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS) i ordinær forstand. For å få fram det operative aspektet har vi kalt det en forberedende beslutningsrisikoanalyse.

Innenfor petroleumsindustrien benyttes en integrert metode for risiko og beredskapsanalyse [20], hvor risikoanalysen benyttes til å etablere fare og ulykkessituasjoner som utgangspunkt for å kartlegge og dimensjonere nødvendige tiltak (beredskapsanalyse). Framgangsmåten som er fulgt i denne analysen er nært beslektet med risiko- og beredskapsanalyse. En forskjell er at vi fokuserer på å samle inn informasjonen som er nødvendig for å håndtere ukjente situasjoner underveis, snarere enn å identifisere en liste med tiltak. Vi har strukturert den forberedende beslutningsrisikoanalysen i 4 trinn, som illustrert i Figur 1.

- **Trinn 1.** På det første møtet identifiseres aktiva som kan berøres av skogbrann. Videre bestemmes skala for konsekvensverdier og sannsynlighetsverdier av uønskede hendelser som skal brukes under selve risikoanalysen. På dette møtet identifiseres også informasjonskilder for geografisk informasjon om aktiva og om faktorer som påvirker forløpet av en skogbrann, slik som matrikkelen og skog og landskap. Resultatet av det første møtet står beskrevet i Seksjon 2.
- **Trinn 2.** Hensikten med trinn 2 er å dokumentere trusselscenarioer relatert til den hendelsen som skal analyseres (dvs. skogbrann) i et trusseldiagram, samt å identifisere hvilke faktorer som påvirker omfanget av hendelsen, slik som værforhold, skogtype og egenskaper ved terrenget i tilfelle skogbrann. Trinn 2 resulterer i trusseldiagrammer som beskriver hvordan en skogbrann kan påvirke hvert av aktivaene identifisert i trinn 1, en tabell med påvirkningsfaktorer og en tabell med regler for å beregne konsekvens og sannsynlighet basert på påvirkningsfaktorer. Resultatet står beskrevet i Seksjon 3 og 4.
- **Trinn 3.** Hensikten med trinn 3 er å analysere potensialet for nye hendelser med negative konsekvenser for de identifiserte aktivaene, gitt at en skogbrann allerede har skjedd. Nye hendelser kan oppstå ved at påvirkningsfaktorer endrer seg. Eksempelvis kan vind og temperatur øke, vinden kan endre retning og intensiteten kan øke dersom brannen går fra det lavere sjiktet av skogen (lav løpebrann) til trekronene (toppbrann). Hver slik mulig endring representerer et trusselscenario i seg selv. Trinn 3 resulterer derfor i et nytt trusseldiagram for hver faktor som kan endre seg, samt en tabell med regler for å beregne endret risikoverdi basert på endring i påvirkningsfaktorer.
- **Trinn 4.** Hensikten med trinn 4 er å identifisere risikoreduserende tiltak, slik som for eksempel hvilke veier det er viktig å hindre at brannen sprer seg. Resultatene av trinn 4 er dokumentert i tiltaksdiagrammer i Seksjon 5.



Figur 1 Forberedende beslutningsrisikoanalyse



Figur 2 Forberedende risikoanalyse for kartbasert beslutningsstøtte

1.3 Bygge beslutningsstøtteverktøy for innsats under skogbrann

Som vist i Figur 2 skal resultatene av analysen inngå i grunnlaget for et kartbasert beslutningsstøtteverktøy for den operative innsatsen under en skogbrann. Med resultatene menes både den innsamlede informasjonen om faktorer som påvirker risikobildet ved en skogbrann, trusseldiagrammene og funksjonene som brukes til å beregne sannsynlighet og konsekvens av nye hendelser, gitt at en skogbrann har oppstått.

En del faktorer som påvirker risikobildet ved en skogbrann, slik som skogtype og egenskaper ved terrenget, svarer til felter i geodatabaser slik som for eksempel SAT_SKOG-basen til Norsk institutt for skog og landskap^{7,8}. SAT-SKOG er et skogkart som gir oversikt over skogressursene og viser informasjon om treslag, alder og volum på et overordnet nivå. Tolkningen av egenskaper ved skogen slik som volum, treslag og alder blir gjort av et program som sammenstiller felldata fra Landsskosgtakseringen med kart og satellittbilder. Satellittbildene som brukes som basis for dagens datasett er tatt i perioden 1999-2007 (i Elverum er alle fra 2007). I de tilfellene hvor informasjonen som ligger i SAT-SKOGs satellittbilder er foreldet i forhold til de aktuelle forholdene i skogen kan man supplere med satellittbilder over det aktuelle området fra wms-tjenesten Norge i bilder⁹. Disse bildene oppdateres hvert 5-6 år gjennom det nasjonale programmet for omløpsfotografering¹⁰.

⁷ <http://www.skogoglandskap.no/> Aksessert 30. april 2010

⁸ <http://kilden.skogoglandskap.no/map/kilden/index.jsp> Aksessert 20. januar 2011

⁹ <http://www.norgebilder.no/> Aksessert 31. januar 2011

¹⁰ http://www.statkart.no/Norge_digitalt/Norsk/Basisdata/Flyfoto+satellittbilder/Omløpsfotografering/ Aksessert 31. januar 2011

Andre faktorer som påvirker risikobildet, slik som vindstyrke, referer til data som ikke kan innhentes på forhånd, men som må innhentes i det en skogbrann oppstår, enten ved hjelp av måleutstyr på stedet eller fra sanntidstjenester slik som værtjenesten til Meteorologisk institutt og NRK (yr)¹¹.

Påvirkningsfaktorene som ble kartlagt i analysen, samt informasjonskildene de er hentet fra, er listet opp i Tabell 10. Informasjonskildene er wms-tjenester som enten er offentlig tilgjengelig, eller så har kommunene tilgang på det gjennom Norge digitalt¹². Et beslutningsstøtteverktøy basert på resultatene av denne analysen vil dermed kunne brukes ikke bare av Elverum kommune, men av alle skogbrannkommuner i Norge.

En wms-tjeneste er en tjeneste for utveksling av geografisk informasjon som kartbilder over Internett. For å kunne benytte den geografiske informasjonen til og regne ut risikoverdier har vi fått tilgang til de geografiske rådataene. En fare ved å duplisere data på denne måten er at dataene beslutningsstøtteverktøyet bruker blir foreldet i forhold til de som finnes tilgjengelige i den opprinnelige tjenesten. For at et beslutningsverktøy som benytter geografisk informasjon skal fungere i praksis er det derfor nødvendig med gode vedlikeholdsrutiner for de datasettene som benyttes. Faren for at data foreldes blir mindre dersom de tilbys gjennom wfs-tjenester, da dette gir tilgang på rådataene direkte. Det er imidlertid ingen av de dataene som er samlet inn under analysen som per i dag tilbys gjennom wfs-tjenester.

¹¹ <http://www.yr.no/> Aksessert 11. januar 2011

¹² http://www.statkart.no/?_to=914; Aksessert 9. november 2010

2 Objektet for analysen

Formålet med analysen er å identifisere hvilken informasjon som trengs for at innsatsledelsen skal kunne vurdere sannsynligheten for nye hendelser med negative konsekvenser for aktiva, gitt at en skogbrann allerede har inntruffet.

Risiko defineres som produktet mellom sannsynligheten for at en uønsket hendelse skjer og konsekvensen av hendelsen. For å kunne vurdere risikoverdien av en hendelse må man identifisere de verdier som skal beskyttes og definere konsekvensverdier med hensyn på de identifiserte aktivaene og sannsynlighetsverdier for hendelser. I denne seksjonen dokumenteres identifiserte aktiva og sårbarheter, samt informasjonskilder som kan benyttes for å skaffe geografisk informasjon om de ulike objektene. I tillegg presenteres sannsynlighets-, konsekvens- og risikoverdier som benyttes i analysen.

2.1 Fokus og avgrensninger

Fokusområdet for analysen er geografisk avgrenset til Elverum kommune. Temamessig har analysen et operativt fokus. Det vil si, gitt en skogbrann: hva er potensialet for nye hendelser med negative konsekvenser som for eksempel spredning av brannen og hvilke risikoreduserende tiltak bør man sette i verk.

Analysen har ikke sett på hvordan skogbrannfaren kan forebygges eller på hvordan skogbrannberedskapen bør organiseres. Disse temaene har vært fokus for en Risiko- og sårbarhetsanalysen for Midt-Hedmark brann- og redningsvesen IKS 2010 som blant annet resulterte i en Beredskapsplan for skogbrann[18]. Organisering av innsatsledelsen i brannvesenet beskrives i Veiledning om enhetlig innsatsledelsessystem (EIS) [10].

Arbeidsgruppen for Skogbrannberedskap har også utarbeidet en rapport som inneholder forslag til tiltak med sikte på å forebygge skogbrann [5].

2.2 Aktiva

Vi operer med tre kategorier for aktiva: "Liv og helse", "Miljø" og "Materielle verdier", basert på MHBRs egne kategorier [19]. Under risikoanalysen ble det identifisert flere aktiva innenfor hver kategori. De identifiserte aktivaene er listet opp i Tabell 3. I forbindelse med identifiseringen av aktiva ble det også identifisert informasjonskilder for geografisk informasjon om aktiva for de aktivaene hvor dette finnes. De identifiserte informasjonskildene for aktivaene er listet opp i kolonne tre i Tabell 3.

Tabell 3 Aktiva

Kategori	Aktiva	Kilde
Liv og helse	Slokningsmannskap	
	Sivilbefolkning	
	Husdyr	
	Frivillige	
	Truede arter/ Sårbar fauna	Direktoratet for naturforvaltning
	Naturreservat	
	Drikkevannskilder	
Materielle verdier	Skog (alder, volum, type)	Skog og landskap, Norge i bilder.

Kategori	Aktiva	Kilde
Materielle verdier	Hytter, bebyggelse	Norge digitalt geoNorge InnlandsGIS
	Kulturminner Verneverdige bygninger	Askeladden
	Brannutstyr	

2.3 Konsekvens

Arbeidsgruppe Skogbrannberedskap anbefaler i sin rapport [5] at kost-nytte vurderinger og strategier for slokking utarbeides som et samarbeid mellom brannfaglige myndigheter, skogbruksnæring, kommunale myndigheter, landbruksmyndigheter og miljøvernmyndigheter. En kost-nytte vurdering kan for eksempel være om man skal la brann i skog med lav verdi få noe areal, for å vinne tid som kan brukes til å forsterke og bygge branngater [25]. Dette kan særlig være aktuelt ved store branner som er vanskelig å slukke direkte. For å kunne gjøre denne typen vurderinger kreves at man har en idé om risikoen forbundet med offensiv slokking og dermed la noe av skogen brenne, versus risikoen forbundet med å forsøke direkte slokking og risikere å mislykkes. Formålet med å definere konsekvensskalaer slik vi har gjort i Tabell 5 til Tabell 7 er å knytte ulike konsekvensverdier slik som *Lite farlig* og *Katastrofal* opp til konkrete verdier for de aktivaene som kan stå på spill ved en skogbrann. Dette er en forutsetning for å kunne prioritere innsatsen der hvor ulike verdier står på spill. Konsekvensverdier for aktiva i kategoriene ”Materielle verdier”, ”Liv og helse” og ”Miljø” og i tabellene nedenfor er definert av MHBR [19]. I kategorien ”Materielle verdier” har vi også gitt anslag på hva beløpene omtrent svarer til i form av skogareal og antall hytter.

Siden ulike skogtyper kan ha ulik verdi, kan også konsekvensen av at skog brenner være ulik for ulike typer skog. For å kunne ta høyde for dette i definisjonen av konsekvensskalaen for aktiva *Skog* har vi derfor utarbeidet en tabell for prioritering mellom ulike skogtyper ut i fra alder og bonitet (Tabell 4). Alder på skogen svarer til gjennomsnittsalder av trærne i et avgrenset område (polygon) i kartet. Bonitet og treslag angir henholdsvis den dominerende bonitetsklassen og det dominerende treslaget innenfor et polygon. Polygonene varierer i størrelse fra 0,1 til snaut 30 hektar. Ved lik prioritet, prioriteres furu foran gran. Prioriteringene er basert på en vurdering foretatt av Regionsjef Sverre Holm i Glommen skog. Prioritet 1 svarer til høy verdi på skogen, mens prioritet 3 svarer til lav verdi.

Tabell 4 Prioritering av skogtyper¹³

Alder	Bonitet		
	Særs høy 15	Middels - Høy 13 - 14	Lav 12
Eldre skog (> 45 år)	1	1	1
Eldre ungskog (30-45 år)	1	2	2
Ungskog (15-30 år)	2	2	2
Hogstflate (0-15 år)	3	3	3

¹³ Furu prioriteres foran gran ved lik hogstklassen

Tabell 5 Konsekvenser: Materielle verdier¹⁴

Konsekvens	Materielle verdier	Skog ¹⁵	Hytter
Lite farlig	Mindre skader på materiell opp til NOK 1 mill.	<= 160 dekar skog	<1
Farlig	Betydelig skade på materiell opp til NOK 10 mill.	<= 1600 dekar skog prioritet 1-2 eller <= 16 000 dekar skog prioritet 3	1-10
Meget farlig	Alvorlig skade på materiell opp til NOK 100 mill.	<= 16 000 dekar prioritet 1-2 eller > 16000 skog prioritet 3	10-100
Katastrofalt	Store materielle ødeleggelser over NOK 100 mill.	> 16 000 dekar skog prioritet 1-2	> 100

Tabell 6 Konsekvenser: Liv og helse for personer og/eller dyr

Konsekvens	Liv og helse
Lite farlig	Ingen eller få personskader eller skade på dyr
Farlig	Antall omkommet = 1 person og/eller > 50 dyr
Meget farlig	Antall omkommet = 2-4 personer og/eller > 100 dyr
Katastrofalt	Antall omkommet => 4 personer og/eller > 250 dyr

Tabell 7 Konsekvenser: Miljø

Konsekvens	Miljø
Lite farlig	Ingen eller små skader på miljøet
Farlig	Betydelige konsekvenser
Meget farlig	Store konsekvenser med behov for tiltak
Katastrofalt	Regionale konsekvenser

2.4 Sannsynlighet

For å kunne prioritere innsatsen og vurdere ulike hendelser opp mot hverandre, er det nødvendig ikke bare å ha en formening om dens konsekvens, men også om hvor sannsynlig den er. En sannsynlighet kan angis som en frekvens, det vil si antall ganger en hendelse inntreffer i løpet av et bestemt tidsrom, eller et tall mellom 0 og 1. I denne rapporten har vi i all hovedsak brukt frekvensverdier basert på MHBRs definisjon [19]. Frekvensverdiene er listet opp i Tabell 8. Frekvensverdiene er oppgitt i intervaller, noe som gjør at de kan brukes til å angi sannsynlighet der man ikke er helt sikker på verdien men må gjøre et anslag. Vi har delt verdien "Sannsynlig" som opprinnelig var definert som en gang mellom hvert år og hvert 10. år i to: "Sannsynlig" og "Mulig". Årsaken til den nye inndelingen er å oppnå en mer finkornet inndeling av risikonivåene.

Tabell 8 Frekvensverdier

Sannsynlighet	Beskrivelse
Lite sannsynlig	Sjeldnere enn en gang hvert 50. år
Mindre sannsynlig	En gang mellom 10 og 50 år
Mulig	En gang mellom hvert 5. år og hvert 10. år
Sannsynlig	En gang mellom hvert år og hvert 5. år
Meget sannsynlig	Mer enn en gang hvert år

¹⁴ I Froland brant 22 hytter og ca 27 000 dekar skog, hvorav 19 000 dekar produktiv skog [5].

¹⁵ Gjennomsnittlig brannfeltstørrelse på 90-tallet var 20 dekar [29].

2.5 Risikoevalueringskriterier

Risikoevalueringskriterier er kriterier for å evaluere hvorvidt en gitt risiko, det vil si kombinasjonen av konsekvens og sannsynlighet av en uønsket hendelse, er akseptabel, bør vurderes eller er uakseptabel. For eksempel hvis hendelsen *Hus brenner* er vurdert til å ha konsekvens *Meget farlig*, og denne hendelsen er vurdert til å ha sannsynlighet *Mulig* dersom en gitt situasjon oppstår, så vil den risikoen dette utgjør være uakseptabel og særskilte tiltak må vurderes, i henhold til risikoevalueringskriteriene i Tabell 9. Tabellen opererer med tre verdier angitt med hvitt, lysegrått eller mørkegrått. De ulike fargene skal forstås som følger:



Risiko vurderes å være akseptabel og medfører ikke behov for iverksetting av særskilte tiltak.



Risiko vurderes å være akseptabel, men det må vurderes om særskilte tiltak bør iverksettes for å redusere sannsynlighet eller konsekvens.



Risiko vurderes å være uakseptabel, og det må vurderes hvilke særskilte tiltak som kan iverksettes for å redusere risiko.

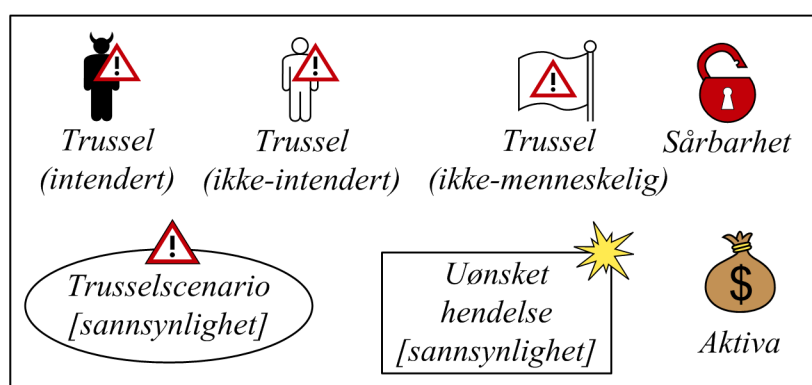
Tabell 9 Risikoevalueringskriterier

Sannsynlighet	Konsekvens				
	Lite sannsynlig	Mindre sannsynlig	Mulig	Sannsynlig	Meget sannsynlig
Lite farlig					
Farlig					
Meget farlig					
Katastrofalt					

3 Identifisere faktorer som påvirker omfanget av en skogbrann

I denne seksjonen presenteres resultatene av arbeidet med å identifisere faktorer som påvirker omfanget av en skogbrann, slik som værforhold, skogtype og egenskaper ved terrenget, og skogbrannens konsekvenser for aktivaene identifisert i Seksjon 2.2

Den innledende hendelsen beskrives i et CORAS trusseldiagram. Figur 3 viser de ulike elementene i et trusseldiagram: trussel (intendert, ikke-intendert, ikke-menneskelig), sårbarhet, trusselscenario, uønsket hendelse og aktiva.



Figur 3 Elementer i et CORAS-diagram

Et trusseldiagram kan brukes til å beskrive hvordan ulike trusler utnytter sårbarheter for å initiere trusselscenarioer og uønskede hendelser, og hvilke aktiva som berøres. Figur 4 viser et eksempel på et CORAS-diagram. Diagrammet illustrerer hvordan en tyv utnytter sårbarheten *Åpent vindu* til å klatre inn gjennom vinduet og stjele smykker.

I eksemplet er trusselen en tyv som begår en intendert handling, men en trussel kan også være ikke-intendert, for eksempel ved at noen begår en feil. En trussel kan være et menneske, men trenger ikke å være det. I en skogbrann vil for eksempel vær og vind også kunne være trusler.



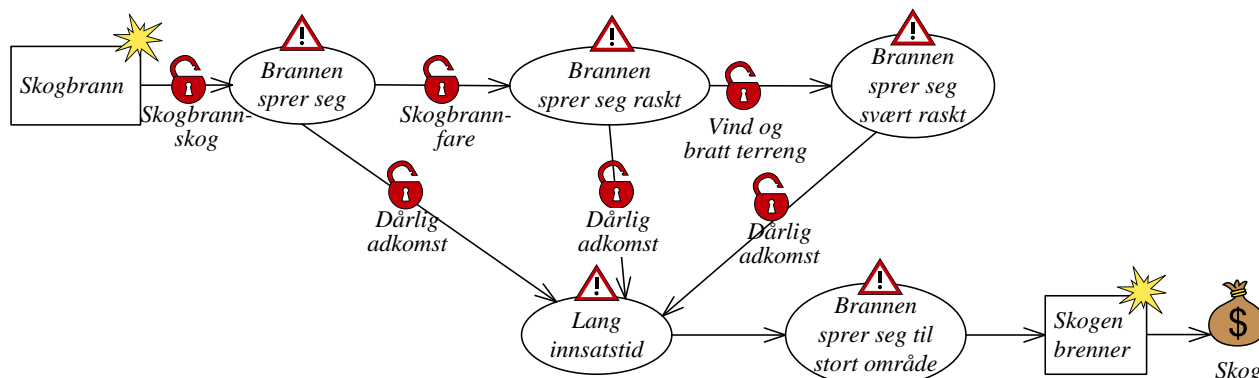
Figur 4 Eksempel på et CORAS-diagram

En pil fra en trussel til et trusselscenario eller en uønsket hendelse kalles for en initieringsrelasjon. En pil fra et trusselscenario til et annet trusselscenario eller en uønsket hendelse kalles for en leder-til-relasjon. En pil fra en uønsket hendelse til et aktivum kalles for en konsekvensrelasjon.

3.1 Innledende hendelse

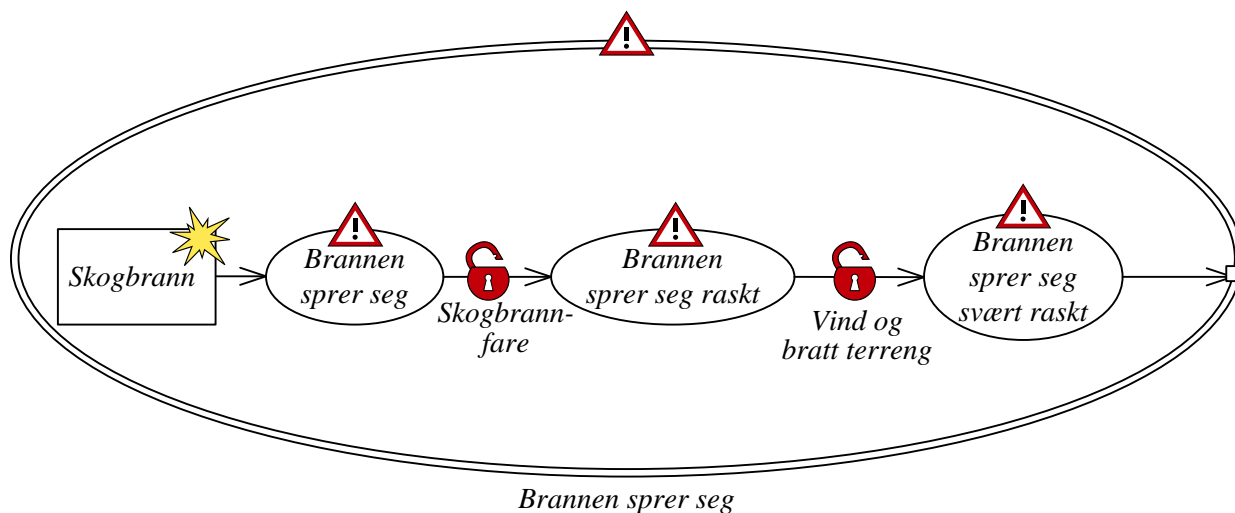
Figur 5 viser risikobildet for aktiva *Skog* gitt at en skogbrann har oppstått. Siden fokuset for denne analysen er at en skogbrann allerede har skjedd, så er startpunktet i diagrammet som viser det innledende scenarioet, en uønsket hendelse, og ikke en trussel. Den uønskede hendelsen *Skogbrann* kan lede til trusselscenarioet *Brannen sprer seg* via sårbarheten *Skogbrannskog*. Med skogbrannskog menes ungskog av furu, som vokser på grunnlendt mark i hellende terreng [25].

Hvis det i tillegg er høy skogbrannfare på det tidspunktet skogbrannen oppstår kan *Brannen sprer seg* lede til trusselscenarioet *Brannen sprer seg raskt*. Og videre, hvis det i tillegg er sterk vind kan det føre til at brannen sprer seg ennå raskere uttrykt ved scenarioet *Brannen sprer seg svært raskt*.

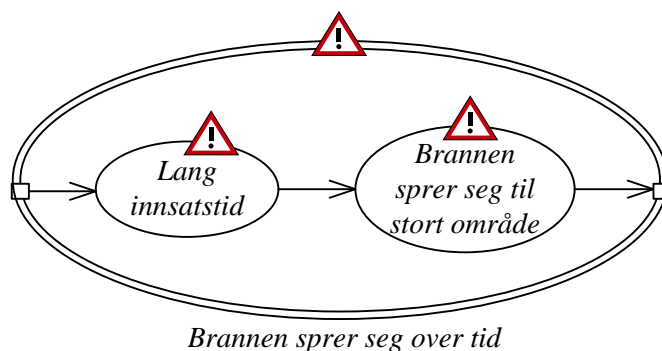


Figur 5 Innledende hendelse med hensyn på aktive skog

Hvor omfattende skadene blir, avhenger også av hvor lang tid det tar før slukningsmannskapet er på plass. Empiriske undersøkelser foretatt i Sverige viser at i gjennomsnitt fører 5 minutter lengre utrykningstid til 42% økning i brannfeltstørrelse [16]. For hvert av trusselscenarioene som beskriver ulike nivå av spredningshastighet går det derfor en pil via sårbarheten *Dårlig adkomst* til trusselscenarioet *Lang innsatstid*. Kombinasjonen av spredningshastighet og varighet av brannen gir det totale omfanget angitt ved trusselscenarioet *Brannen sprer seg til stort område*. Dette scenarioet leder til den uønskede hendelsen *Skogen brenner*. Pilen fra den uønskede hendelsen *Skogen brenner* til aktivumet *Skog* illustrerer at denne hendelsen skader skogen. Hvor stort tapet er, avhenger både av omfanget av brannen og verdien av skogen. Hastigheten og omfanget av skogbrannen berører også flere av de andre aktivaene i tillegg til skogen. Dette betyr at deler av trusseldiagrammet i Figur 8 går igjen i flere av de andre diagrammene. Vi har derfor valgt å skille den delen som går igjen ut i to såkalte høynivå-scenarier vist i Figur 6 og Figur 7. Høynivå-scenarierne *Brannen sprer seg* og *Brannen sprer seg over tid* ser ut som trusselscenarier, men har dobbel grense.



Figur 6 Høynivå-trusselsscenario *Brannen sprer seg*



Figur 7 Høynivå-trusselsscenario *Brannen sprer seg over tid*

3.2 Påvirkningsfaktorer, konsekvenser og sannsynligheter

I denne seksjonen presenteres faktorer som påvirker omfanget av den innledende hendelsen og konsekvensene for aktivaene. Påvirkningsfaktorene brukes i funksjoner som beregner sannsynlighets- og konsekvensverdier i et diagram. Sannsynlighetsestimater kan oppgis i et diagram enten som en funksjon eller en konkret verdi i henhold til skalaen definert i Tabell 8. Vi bruker funksjoner med senket skrift for å vise hvilken type funksjon det er snakk om i henhold til følgende konvensjon: Den første bokstaven angir hva funksjonen beregner; f for sannsynlighet og k for konsekvens. Den delen av funksjonsnavnet som står med nedsenket skrift angir hvilken sannsynlighet eller konsekvens det er snakk om. Vi bruker \rightarrow når vi refererer til den betingede sannsynligheten på relasjon mellom to scenarioer eller hendelser. I Figur 10 er for eksempel relasjonen som leder fra trusselsscenarioet *Brann sprer seg* til *Brann ute av kontroll* tildelt sannsynlighetsfunksjonen $f_{BS \rightarrow BU}$. Dette skal forstås som at sannsynligheten for trusselsscenarioet *Brann ute av kontroll* gitt at scenarioet *Brann sprer seg* har inntruffet, beregnes av funksjonen $f_{BS \rightarrow BU}$. Definisjonen står i Tabell 12. Faktorer som hører til samme element i et diagram grupperes i bokser med et informasjonstegn øverst i høyre hjørne i boksen.

Som nevnt svarer de fleste påvirkningsfaktorene til felter i geodatabaser. Faktoren $F1$: *Treslag* i Figur 8 svarer for eksempel til feltet *Treslag* i SAT_SKOG-basen til Norsk institutt for skog og landskap¹⁶. Faktorer som ikke kan innhentes på forhånd, slik som vindstyrke, må innhentes i det en skogbrann oppstår, enten ved hjelp av måleutstyr på stedet eller fra sanntidstjenester.

3.2.1 Beregning av konsekvens og sannsynlighet

Konsekvensen av den innledende hendelsen beregnes som en funksjon av de identifiserte påvirkningsfaktorene. Sannsynligheten for den innledende hendelsen *Skogbrann* er 1.0, siden utgangspunktet i diagrammet er at en skogbrann allerede har oppstått.

Estimering av sannsynligheten for hendelser som berører andre aktiva enn skog kan ikke alltid gjøres kun på bakgrunn av påvirkningsfaktorer. For eksempel avhenger trusselsscenarioet *Brann ute av kontroll* av spredningshastigheten, som vi kan beregne på bakgrunn av kunnskap om vind, skogbrannfare og så videre, mens sannsynligheten for at dette scenarioet leder til hendelsen *Mannskap fanget inne i brannen* (se Figur 12) er vanskeligere å anslå. Vi har vurdert sannsynligheten for at en skogbrann kommer ut av kontroll til å være *Meget sannsynlig* dersom spredningshastigheten er over 30 meter per minutt og brannen foregår i kroneskiktet (Toppbrann) (se Seksjon 3.2.2). Hittil har denne formen for intense branner inntruffet svært sjelden i Norge [25]. Skogbrannfaren generelt er imidlertid forventet å øke som en følge av klimaendringene [5] og dermed også faren for mer intense branner. Fordi toppbrann har inntruffet sjelden finnes det lite historiske data i Norge for å vurdere sannsynligheten for skader på mannskap i en brann med høy intensitet. Erfaringer fra skogbranner i Nord-Amerika tilsier at ulykker skjer typisk ved brå og

¹⁶ <http://www.skogoglandskap.no/> Aksessert 30. april 2010

uventede endringer i brannoppførsel, slik som for eksempel en brå økning i spredningshastigheten [7]. Sannsynligheten for at scenarioet *Brann ute av kontroll* leder til *Mannskap fanget inne i brannen* er vurdert til å være *Mulig*, det vil si en gang mellom hvert 5. og hvert 10. år. Ifølge Arbeidstilsynets statistikk over meldte yrkesskader fra 2003-2008 ble i snitt 1.2 per 100 personer i yrkesgruppen Offentlig administrasjon, forsvar og sosialforsikring, som også omfatter brannvesenet, skadet i brann eller eksplosjon per år i denne perioden¹⁷. Statistikken sier imidlertid ikke noe om i hvilken type situasjoner skaden skjedde.

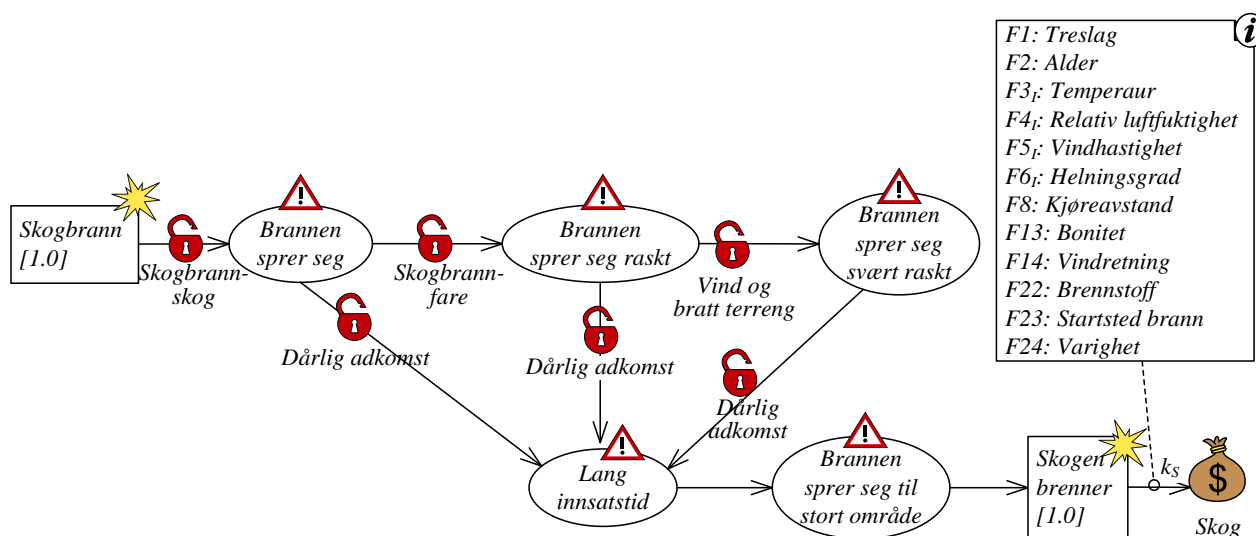
I de tilfellene hvor vi ikke har historiske data er frekvensverdiene gitt på bakgrunn av subjektive vurderinger og skjønn hos analysedeltakerne. Som nevnt i Seksjon 2.4 bruker vi intervaller av frekvensverdier. Dette gjør det mulig å gi et estimat av en sannsynlighet i situasjoner hvor man ikke er helt sikker på verdien. Disse frekvensestimaterne kan brukes som en hjelp for innsatsleder til å vurdere og å rangere risikoer, selv om de ikke gir eksakte verdier.

3.2.2 Risikoer for materielle verdier forbundet med den innledende hendelsen

I denne seksjonen presenteres trusseldiagrammer som illustrerer risikoer som berører materielle verdier forbundet med den innledende hendelsen. Trusseldiagrammene er strukturert med hensyn på aktivaene *Skog*, *Brannutstyr*, *Boliger* og *Hytter* identifisert i Tabell 3. Analysedeltakerne har ikke vurdert trusselscenarioer relatert til skogbrann som kan føre til skade på kulturminner eller verneverdige bygninger, da dette ble vurdert å være lite relevant i forhold til skogbrann.

Risiko for aktiva *Skog* forbundet med innledende hendelse

Figur 8 viser det samme risikobildet som i Figur 5 med faktorene som påvirker omfanget og konsekvensen av skogbrannen angitt i diagrammet.



Figur 8 Faktorer som påvirker konsekvensen av en skogbrann

Beregning av sannsynlighet for hendelser som berører aktiva *Skog*

Sannsynligheten for den uønskede hendelsen *Skogen brenner* er den samme som sannsynligheten for skogbrann ved oppstart av hendelsen, det vil si 1.0. Begrunnelsen for dette er at når en skogbrann først har oppstått så vil noe skog brenne.

¹⁷ <http://www.arbeidstilsynet.no/seksjon.html?tid=207044> Aksessert 19. oktober 2010

Beregning av konsekvens for hendelser som berører aktive Skog

Funksjonen k_s beregner konsekvensen av den uønskede hendelsen *Skogen brenner*. Konsekvensen avhenger av størrelsen på området som brenner og verdien av skogen i det området som brenner ned. Verdien av skogen tilsvarende prioriteten i henhold til Tabell 4. Den beregnes ut i fra faktorene *F2: Alder* og *F13: Bonitet*.

Anderson har utviklet en modell som viser forventet form og størrelse på et brannområde beregnet ut i fra forventet spredningsdistanse og vindhastighet [3]. Han viste at man får en tilnærmet modell for brannområdet når vindretningen er konstant, ved å kombinere to ellipser. Flere brannmodelleringsverktøy baserer seg på Andersons modell for å beregne brannområde [4, 11, 21, 28]. Brannmodelleringsverktøyene FARSITE [11] og BehavePlus [4] benytter en forenkling av Andersons modell [2] med bare en ellipse istedenfor to. Figur 9 illustrerer denne modellen.

Den svarte prikken nederst i ellipsen i Figur 9 markerer startsted for brannen. Som vist i figuren så øker forholdet mellom spredningsdistanse og bredden på brannområdet, når vindhastigheten øker. Det innebærer at for en gitt spredningsdistanse blir det totale arealet som brenner ned mindre enn for høyere vindhastigheter. Rothermel har forenklet ellipsemodellen ytterligere til støtte for beregning av forventet omfang av en brann ute i felten [22]. I henhold til Rothermels modell kan lengde/bredde-ratio beregnes av formelen:

$$\frac{D}{B} = 1 + 0.56U \quad (1)$$

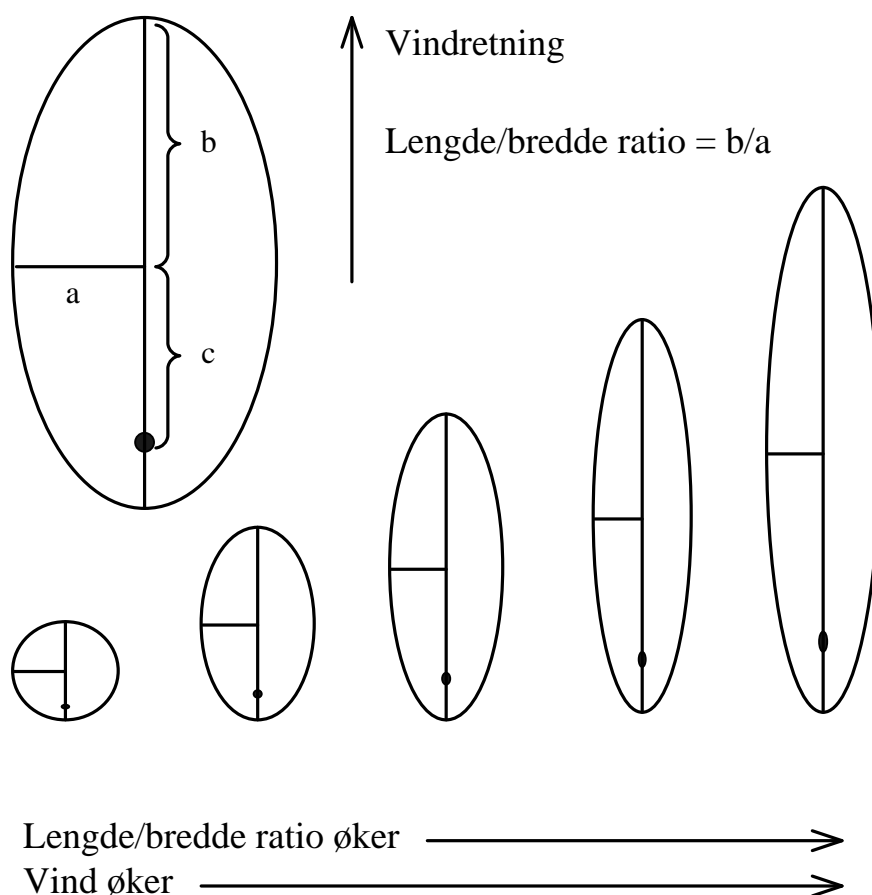
hvor D er spredningsdistanse i vindretningen i meter, fra brannens startsted når man ser bort i fra spredning bakover, B er maksimum bredde av ellipsen og U er vindhastighet i meter per sekund målt ved middels flammehøyde¹⁸. Ved å sette inn (1) i formelen for arealet av en ellipse, kan man beregne det totale arealet av brannområdet som følger:

$$Ar = \frac{\pi D^2}{4 + 1.9 * U} \quad (2)$$

Denne formelen gir en tommelfingerregel for å beregne forventet brannareal, gitt informasjon om vindhastighet og forventet spredningsdistanse. Det faktiske brannarealet kan avvike fra formelen som følge av variasjoner i terrenget eller i vindstyrke og retning.

Spredningsdistanse fås ved å kombinere forventet spredningshastighet med antall timer brannen sprer seg i den hastigheten [21]. Den forventede spredningshastigheten beregnes ut i fra en rekke faktorer, slik som treslag, alder, helningsgrad på terrenget, vindhastighet og så videre. Funksjonene som beregner spredningshastighet er definert i Tabell 11. Funksjonene er delvis basert på Appendix B i NWGCs (National Wildfire Coordinating Group) håndbok i brannslukking [21] og FLAME [7]. FLAME er et verktøy for å forutsi endringer i spredningsraten til en skogbrann på kort sikt. Dette er særlig viktig med hensyn på å vurdere risiko for redningsmannskap. FLAME inngår i NWGCs kursopplegg for brannmenn.

¹⁸ Formelen er skrevet om fra henholdsvis miles per hour og miles til meter per sekund og meter.



Figur 9 Forholdet mellom vindhastighet og utvikling av brannområde¹⁹

NWGCs håndbok gjør bruk av tabeller og regneark for å beregne estimert oppførsel av en skogbrann, i form av blant annet spredningshastighet, basert på en rekke ulike faktorer. Metoden er basert på Roetherms klassiske modeller for beregning av skogbrannoppførsel [1, 23] og bruker Albinis klassifisering av brennstoffmodeller. En brennstoffmodell beskriver en mengde egenskaper ved brennstoffet slik som treslag, bonitet, alder og størrelse, som til sammen har en karakteristisk oppførsel ved brann. Sammenhengen mellom en brennstoffmodell og dens oppførsel under en skogbrann er basert på empiriske studier [1]. Albinis klassifisering er utarbeidet med hensyn på Nord-Amerika og er ikke direkte overførbart til norske forhold.

For å kunne gjøre beregninger som er relevante for norske skogtyper har vi basert oss på resultatene av en empirisk studie om skogbrannoppførsel til norsk gran (*picea abies*) og furu (*pinus sylvestris*) i Finland [26]. Denne studien er relevant for Norge, da skogen i Norge har tilsvarende sammensetning (70 % av skogen i Norge består av gran og furu [17], og 80 % av skogen i Finland [12]). På den andre siden består Finland av mye flatmark mens det norske landskapet er mer kupert, særlig langs kysten. Siden topografi også påvirker spredningshastigheten er heller ikke den finske studien direkte overførbart til norske forhold. Estimaterne av brannareal som gjøres på bakgrunn av funksjonene definert i Tabell 11 kan gi en pekepinn på forventet brannareal, men representerer ikke nøyaktige verdier.

Den finske studien har blant annet sett på sammenhengen mellom type brennstoff (gran, furu) og fuktigheten i brennstoffet og testet i hvilken grad den finske skogbrannfareindeksen [14] klarer å forutsi variasjon i fuktigheten. En skogbrannfareindeks gir et estimat av skogbrannfare basert på

¹⁹ Kilde: FARSITE [11].

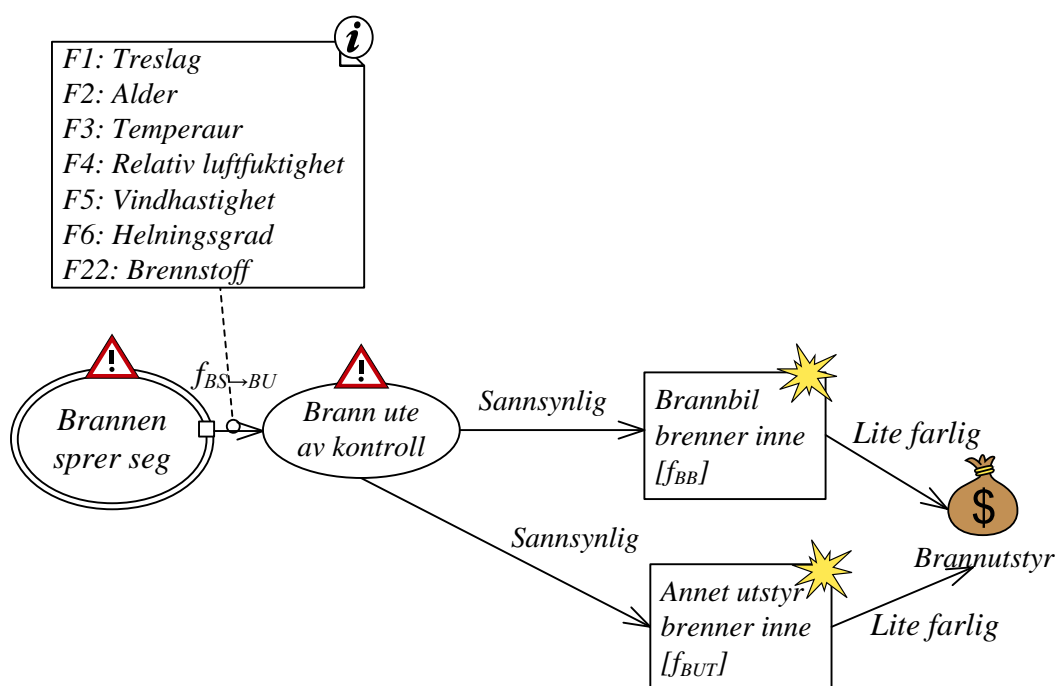
værdata, som temperatur, luftfuktighet og nedbørsmengde siste 14 dager, men tar ikke høyde for lokal variasjon i skogtype. Den finske studien har også foretatt eksperimentelle skogbranner for å sjekke antellighetsgraden til ulike skogtyper.

Den finske studien fant at hvorvidt skogen er furudominert eller grandominert har stor betydning både for antennelighetsgraden av brennstoffet og fuktigheten i brennstoffet. Studien anbefaler derfor at værbaserte skogbrannfareindekser, slik som for eksempel den norske, suppleres med informasjon om lokale skogtyper ved hjelp av for eksempel satellittbilder. Funnene i den finske studien støttes av erfaringer i Norge som tilsier at den typiske skogbrannskogen er ungskog av furu på grunnlendt mark i hellende terreng [25].

Beregningene i NWGCs håndbok bruker mange ulike faktorer som input. Noen av disse faktorene kan gjøres tilgjengelig for et beslutningsverktøy gjennom eksisterende GIS-databaser mens andre kun kan fås gjennom målinger på stedet hvor en skogbrann oppstår. For at verktøyet skal være mulig å bruke i praksis har vi valgt å bruke forenklete beregningsmodeller som baserer seg på færre faktorer, der slike finnes tilgjengelig. FLAME-verktøyet gjør for eksempel noen forenklinger ved å fokusere på de viktigste drivkreftene for endringer på kort sikt: effektiv vindhastighet, brennstoff og fuktighet i brennstoff. FLAME trenger derfor færre faktorer enn NWGCs håndbok. Vi bruker også en forenklet funksjon for å beregne fuktighet i brennstoff kun ved hjelp av temperatur og relativ luftfuktighet, basert på nyere forskning innen dette feltet [24].

Risiko for aktive *Brannutstyr* forbundet med innledende hendelse

Figur 10 viser risikoer for aktive *Brannutstyr* som følge av den innledende hendelsen. Hvis brannen sprer seg svært raskt kan scenarioet *Brannen sprer seg* lede til trusselsscenarioet *Brann ute av kontroll*. Dette scenarioet beskriver den situasjonen at brannen har fått så stor hastighet og omfang at den er vanskelig å kontrollere for slukningsmannskapet. Hvor vanskelig det er å bekjempe en skogbrann påvirkes av spredningshastigheten, ildens intensitet, været og forekomsten av glødebrann [13]. Ildens intensitet henger blant annet sammen med brenselstoffet. En toppbrann (kronebrann) vil for eksempel ha høyere intensitet enn en lav løpebrann.



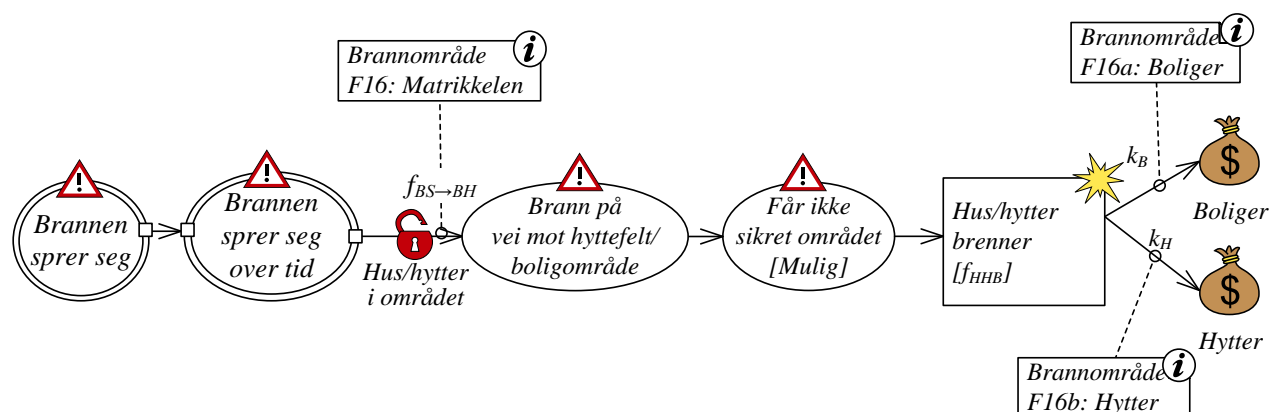
Figur 10 Risiko for brannutstyr forbundet med innledende hendelse

Trusselscenarioet *Brann ute av kontroll* kan lede til de to hendelsene *Brannbil brenner inne* og *Annet brannutstyr brenner inne*. Relasjonene fra *Brann ute av kontroll* til disse uønskede hendelsene har fått tildelt sannsynlighetsverdien *Sannsynlig*. Dette skal forstås som at *hvis* brannen er ute av kontroll, så estimeres sannsynligheten for scenarioet *Brannbil brenner inne* til å være en gang mellom hvert år og hvert 5. år, i henhold til definisjonene i Tabell 8. Begge relasjonene fra de to uønskede hendelsene *Brannbil brenner inne* og *Annet brannutstyr brenner inne* har fått tildelt konsekvensverdiene *Lite farlig* da vi vurderer at tap av utstyr ikke vil overgå 1 million kroner. Vi har allikevel valgt å skille ut det at en brannbil brenner inne som en egen hendelse, da en brannbil er mer verdifull enn annet utstyr.

Risiko for aktiva *Boliger og hytter* forbundet med innledende hendelse

Figur 11 viser risikoer for aktiva *Boliger og Hytter* som følge av den innledende hendelsen. Funksjonen $f_{BS \rightarrow BH}$ beregner sannsynligheten for trusselscenarioet at scenarioet *Brannen sprer seg over tid* leder til scenarioet *Brann på vei mot hyttefelt/boligområde*. Denne avhenger av at det er hytter og/eller boliger i det området hvor brannen er på vei. Disse dataene for gitte koordinater kan fås fra matrikkelen og vi har derfor knyttet faktorene *F16 Matrikkelen* og *Brannområde* til dette trusselscenarioet. Faktoren *Brannområde* er en funksjon av en rekke faktorer definert i Tabell 10. Av hensyn til lesbarheten av diagrammene har vi valgt å referere til *Brannområde* istedenfor å liste opp alle faktorene som dette avhenger av.

Trusselscenarioet *Brann på vei mot hyttefelt/boligområde* kan lede til trusselscenarioet *Får ikke sikret området* og videre derfra til den uønskede hendelsen *Hus/hytter brenner ned*. Dette kan for eksempel skje dersom det legger seg røyk over området. Vi anslår dette scenarioet til å ha sannsynlighet *Mulig*, det vil si at det kan skje en gang mellom hvert 5. og hvert 10. år. Konsekvensen av den uønskede hendelsen *Hus/hytter brenner ned* for aktivaene *Boliger og Hytter* avhenger av hvor mange boliger og hytter som blir berørt, noe som også kan fås fra matrikkelen.



Figur 11 Risiko for boliger og hytter forbundet med innledende hendelse

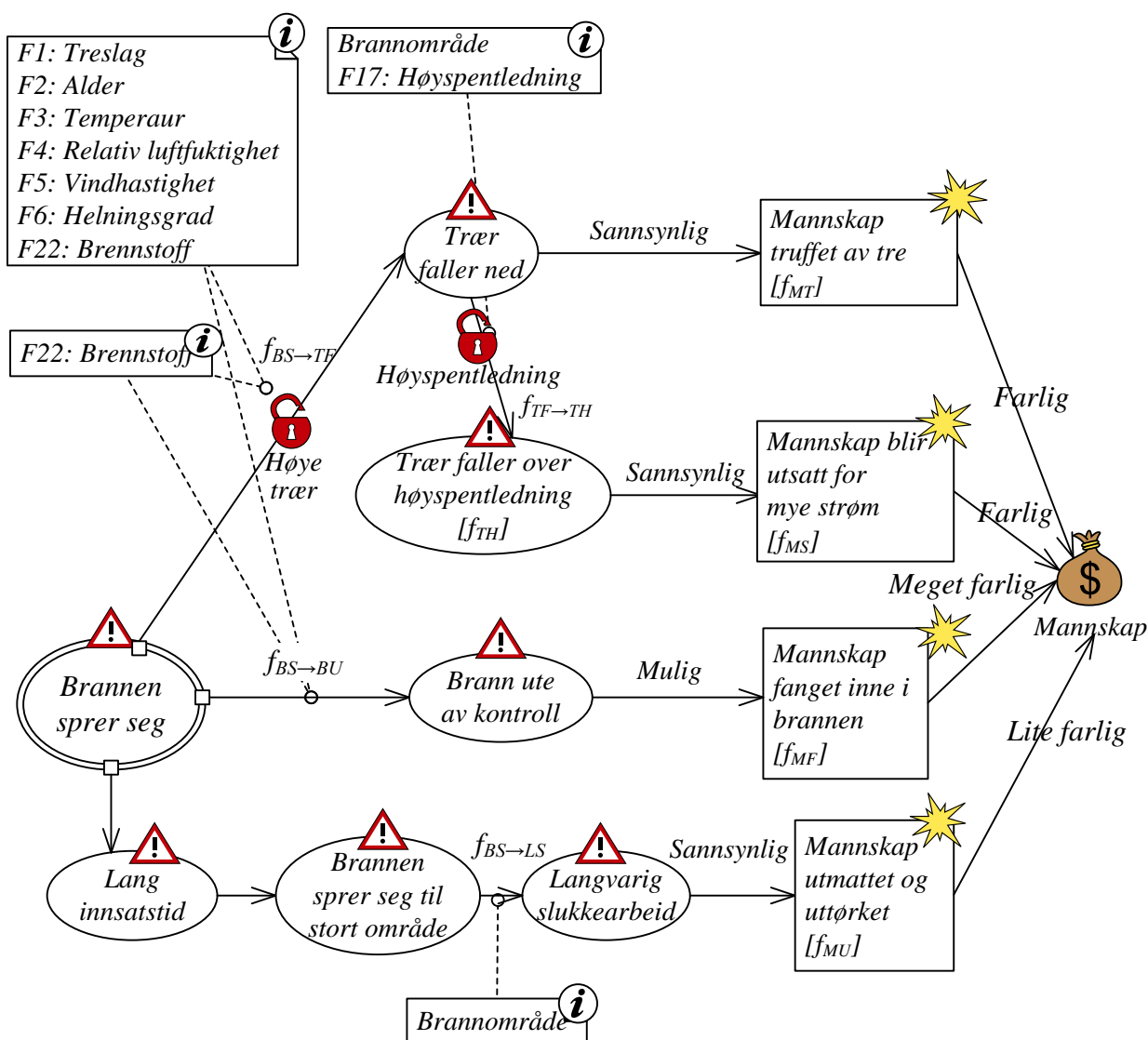
3.2.3 Risikoer for liv, helse og miljø forbundet med den innledende hendelsen

I denne seksjonen presenteres trusseldiagrammer som illustrerer konsekvensen av den innledende hendelsen for aktivaene i kategorien liv og helse: *Mannskap*, *Sivilbefolkning*, *Husdyr* og *Frivillige* og miljø: *Sårbar fauna*.

Risikoene i forbindelse med den innledende hendelsen for aktiva *Mannskap* er fordelt på to trusseldiagrammer i Figur 12 og Figur 13.

Risiko for aktiva *Mannskap* forbundet med innledende hendelse

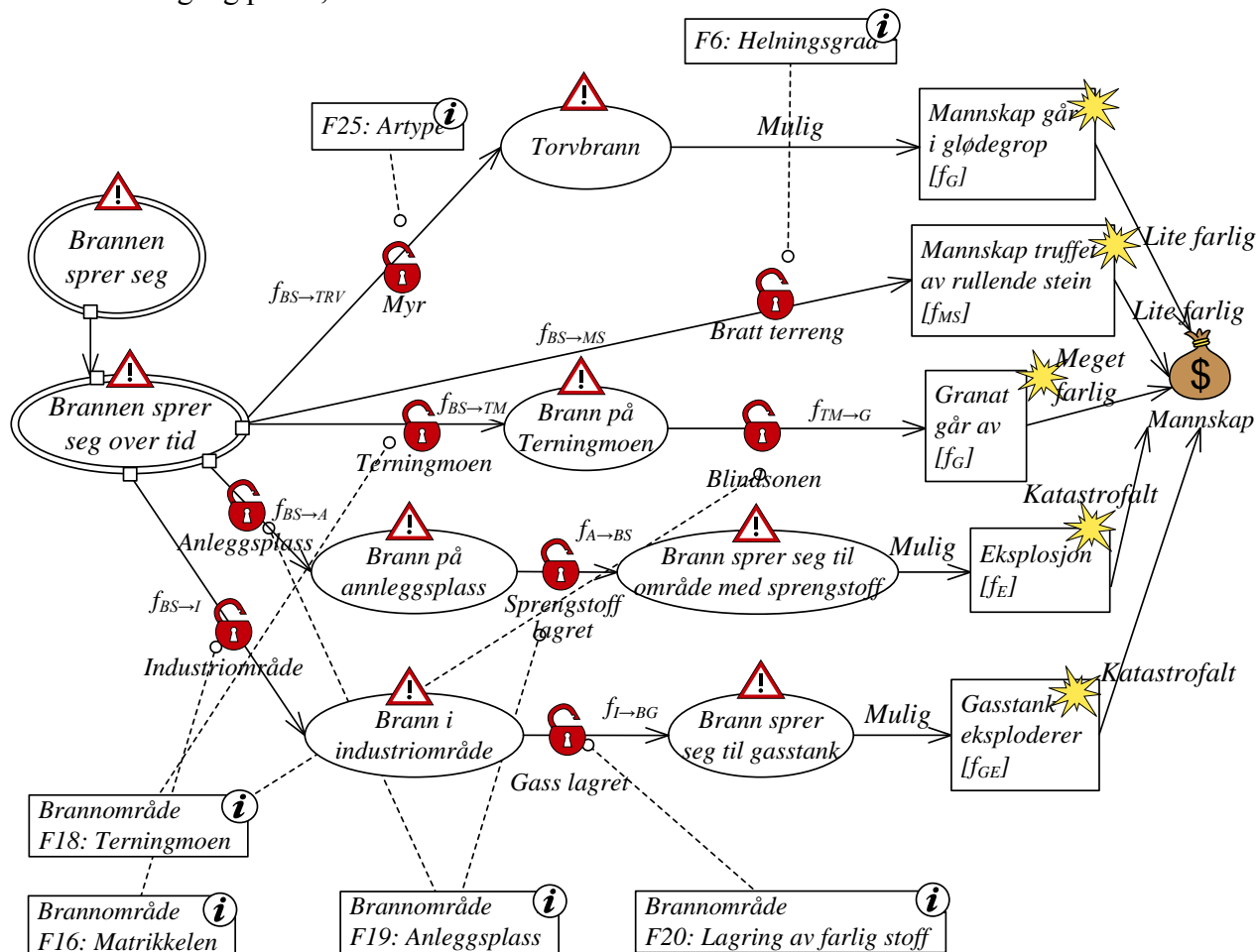
Høynivå-scenariot *Brannen sprer seg* i Figur 12 kan lede til trusselscenariot *Trær faller ned*. Sannsynligheten for at dette skal skje, angitt ved funksjonen $f_{BS \rightarrow TF}$ (se Tabell 12 Sannsynlighetsfunksjoner for innledende hendelse Tabell 12), avhenger av høyden på trærne og intensiteten på brannen. Siden datasettene våre ikke dekker høyden på trærne så bruker vi indikatoren *F2: Alder*, som en indikator på hvor høye trærne er. Som tidligere nevnt avhenger ildens intensitet blant annet av typen brenselstoff, men også av spredningshastigheten. Spredningshastigheten avhenger igjen av en rekke faktorer som beskrevet over. Scenariot *Trær faller ned* kan igjen lede til den uønskede hendelsen *Mannskap truffet av tre* og til trusselscenariot *Trær faller over høyspentledning*. Vi har tildelt sannsynlighetsverdien *Sannsynlig* til relasjonen fra *Trær faller ned* til *Mannskap truffet av tre*. Sannsynlig til relasjonen fra *Trær faller ned* til *Mannskap truffet av tre*.



Figur 12 Risiko for mannskap forbundet med innledende hendelse

Sannsynligheten for at *Trær faller ned* leder til *Trær faller over høyspentledning* beregnes som en funksjon av faktoren *F17: Høyspentledning*. Trusselscenariot *Trær faller over høyspentledning* kan lede til den uønskede hendelsen *Mannskap blir utsatt for mye strøm*. Vi har tildelt sannsynlighetsverdien *Sannsynlig* til relasjonen fra *Trær faller over høyspentledning* til *Mannskap blir utsatt for mye strøm*. Vi har vurdert det som *Sannsynlig* at mannskap kan bli fanget inne i brannen hvis brannen kommer ut av kontroll.

Trusselscenarioet *Brannen sprer seg til stort område* i Figur 12 kan lede til trusselscenarioet *Langvarig slukkearbeid*. Sannsynligheten for at dette skal skje er en funksjon av arealet som er forventet å brenne. Vi har anslått at sannsynligheten for at *Brannen sprer seg til stort område* leder til trusselscenarioet *Langvarig slukkearbeid* vil være *Meget sannsynlig*, det vil si det vil skje oftere enn en gang per år, hvis arealet som er forventet å brenne er 800 dekar eller mer.



Figur 13 Flere risikoer for mannskap forbundet med innledende hendelse

Figur 13 viser flere typer hendelser som kan føre til skade på aktiva *Mannskap*.

Trusselscenarioene og den uønskede hendelsen som høynivå-scenariot *Brannen sprer seg over tid* kan lede til i Figur 13 er særlig knyttet til at brannen foregår på eller i nærheten av spesielle steder slik som Terningmoen, en anleggs plass, et industriområde eller en myr. Sannsynligheten for at scenarioet *Brannen sprer seg over tid* leder til disse scenarioene er derfor alle funksjoner av faktorer som viser hvorvidt det aktuelle området faktisk har disse egenskapene.

Trusselscenariot *Torvbrann* kan lede til den uønskede hendelsen *Mannskap går i glødegrop*. Vi har tildelt sannsynlighetsverdien *Mulig* til relasjonen fra *Torvbrann* til *Mannskap går i glødegrop*, som svarer til en gang mellom hvert 5. år og hvert 10 år, i henhold til definisjonene i Tabell 8.

Trusselscenariot *Brann på Terningmoen* kan lede til hendelsen *Granat går av* dersom brannen sprer seg til blindsonen. Sannsynligheten for at dette skal skje beregnes derfor som en funksjon av faktoren *S11: Kart over Terningmoen.*, som vil kunne fortelle hvor blindsonen er i forhold til brannen.

Trusselscenariot *Brann på anleggs plass* kan lede til trusselscenariot *Brann sprer seg til område med sprengstoff* dersom brannen beveger seg mot et område med sprengstoff. Sannsynligheten på

relasjonen mellom de to scenarioene beregnes som en funksjon av faktoren *F12: Kart over vegarbeid*. Scenarioet *Brann sprer seg til område med sprengstoff* kan igjen lede til den uønskede hendelsen *Eksplasjon*. Vi har anslått sannsynligheten for at dette skal skje til å være *Mulig*.

Trusselsscenarioet *Brann i industriområde* kan lede til trusselsscenarioet *Brann sprer seg til gasstank* dersom brannen beveger seg mot et område med gasstank. Sannsynligheten på relasjonen mellom de to scenarioene beregnes som en funksjon av faktoren *F13: Lagring av farlig stoff*. Scenarioet *Brann sprer seg til gasstank* kan igjen lede til den uønskede hendelsen *Gasstank eksploderer*. Vi har anslått sannsynligheten for at dette skal skje til å være *Mulig*.

Beregning av konsekvens for hendelser som berører aktive *Mannskap*

De uønskede hendelsene *Mannskap truffet av tre* og *Mannskap blir utsatt for mye strøm* har begge fått tildelt konsekvensen *Farlig*, da vi anser at disse i verste fall kan føre til tap av høyst ett menneskeliv. Den uønskede hendelsen *Mannskap fanget inne i brannen* har fått tildelt konsekvensen *Meget farlig*. Hendelsen *Mannskap utmattet og uttørket* har fått tildelt konsekvensverdien *Lite Farlig*.

De uønskede hendelsene *Mannskap går i glødegrop* og *Mannskap truffet av rullende stein* har begge fått tildelt konsekvensen *Lite farlig*, da vi anser at disse kan føre til skade på mennesker, men ikke til tap av liv. Den uønskede hendelsen *Granat går av* har fått tildelt konsekvensen *Meget farlig*. Hendelsen *Eksplasjon* har fått tildelt konsekvensen *Katastrofal*, siden det her er ment en eksplosjon med mannskap i området og likeledes hendelsen *Gasstank eksploderer*.

Risiko for aktive *Mennesker og dyr* forbundet med innledende hendelse

De innledende hendelsene i trusseldiagrammet i Figur 14 tilsvarer de innledende hendelsene i Figur 11 som viser risikoer for *Boliger* og *Hytter*. I Figur 14 fokuserer vi på hvilke hendelser med konsekvenser for aktive *Sivilbefolkning* og *Husdyr* som kan forårsakes av trusselsscenarioet *Brann på vei mot hyttefelt/boligområde*. Vi har også lagt til at trusselsscenarioet *Brannen sprer seg over tid* kan lede til trusselsscenarioet *Brann på vei mot beiteområde med dyr*, dersom det er et beiteområde eller sårbar fauna i nærheten.

Trusselsscenarioet *Brann på vei mot hyttefelt/boligområde* kan lede til trusselsscenarioet *Mannskap kommer ikke til*. Det at mannskapet ikke kommer til kan for eksempel skje dersom det legger seg røyk over området. Vi anslår dette scenarioet til å ha sannsynlighet *Mulig*, det vil si at det kan skje en gang mellom hvert 5. og hvert 10. år. Trusselsscenarioet *Mannskap kommer ikke til* kan igjen lede til den uønskede hendelsen *Får ikke evakuert*.

Trusselsscenarioet *Brann på vei mot beiteområde med dyr/sårbar fauna* kan lede til trusselsscenarioet *Får ikke sikret området*. Vi anslår dette scenarioet til å ha sannsynlighet *Mulig*. Trusselsscenarioet *Får ikke sikret området* kan igjen lede til den uønskede hendelsen *Beiteområde/sårbar fauna ødelegges*.

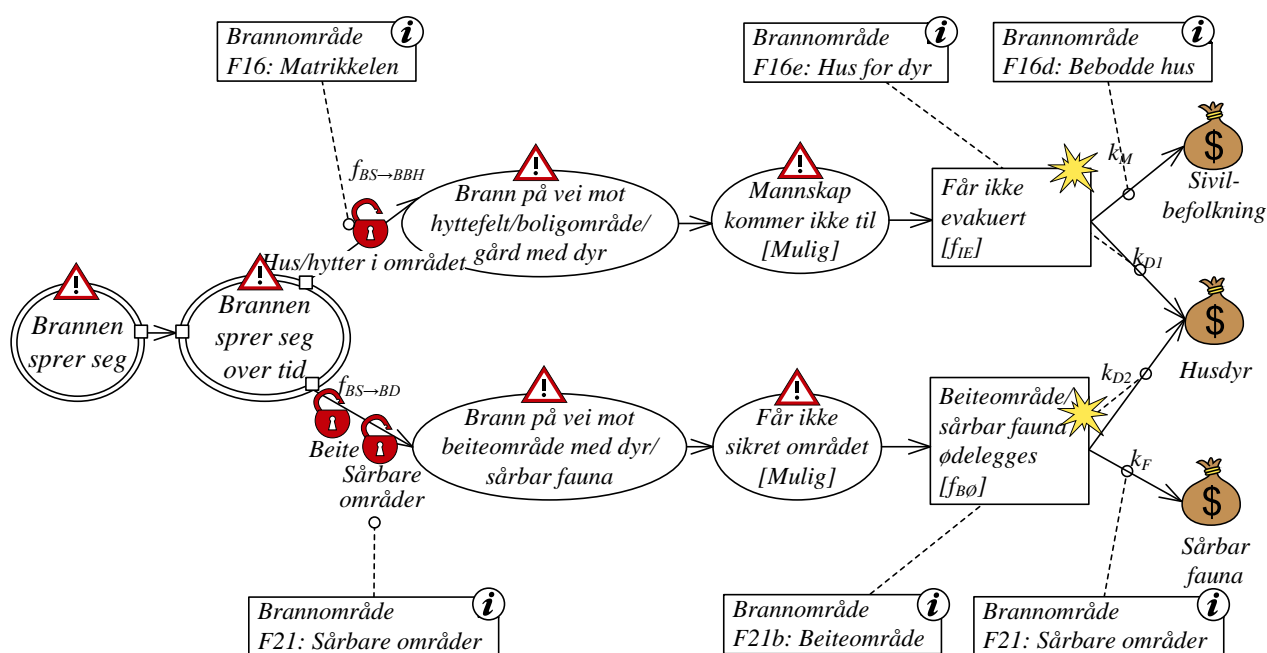
Beregning av konsekvens for hendelser som berører aktive *Mennesker og dyr*

Konsekvensen av de uønskede hendelsene *Får ikke evakuert* og *Beiteområde/sårbar fauna ødelegges* avhenger av hvor mange boliger og hytter som blir berørt, hvor mange mennesker og dyr som befinner seg i husene og om det er beitedyr eller sårbar fauna i området. Funksjonene som beregner konsekvensen av hendelsen *Får ikke evakuert* tar data fra Matrikkelen²⁰ som argumenter. Matrikkelen er Norges offisielle eiendomsregister. Den inneholder en oversikt over eiendommer og bygninger, samt blant annet informasjon om hva slags type bygning det dreier seg om; enebolig hus for dyr etc. Den inneholder ikke informasjon om hvor mange som bor i en bolig

²⁰ <http://www.statkart.no/nor/Matrikkel/> Aksessert 31. januar 2011.

eller hvor mange dyr som finnes i et fjøs. For å kunne beregne konsekvensen av hendelsen *Får ikke evakuert* for aktivaene *Sivilbefolkning* og *Husdyr* har vi derfor anslått at brann i bolig kan berøre fire personer eller flere, mens brann i hus for dyr kan berøre mellom 50 og hundre dyr. For mer nøyaktige data til beregning av disse konsekvensene kan man supplere med folkeregisteret (antall beboere i et hus) og med data fra Landbruksforvaltningens informasjonsbase²¹ som i visse tilfeller kan inneholde informasjon om antall dyr.

Konsekvensene av hendelsen *Beiteområde/sårbar fauna ødelegges* for aktivaene *Husdyr* og *Sårbar fauna* beregnes ut i fra påvirkningsfaktorene *F21b: Beiteområde* og *F21: Sårbare områder*. Faktoren *F21: Sårbare områder* er tilgjengelig gjennom wms-tjenesten Naturbase²² til Direktoratet for Naturforvaltning. Kartdataene i Naturbase kan også lastes ned og gjøres tilgjengelig for et beslutningsstøtteverktøy for skogbrann. Naturbase inneholder også informasjon om beiteområde for elg. Vi har foreløpig ikke funnet data som viser beiteområde for husdyr. Default-verdien til denne faktoren er derfor satt til *Ukjent* i Tabell 10.



Figur 14 Risiko for mennesker og dyr forbundet med innledende hendelse

²¹ <https://www.slf.dep.no/no/> Aksessert 31. januar 2011.

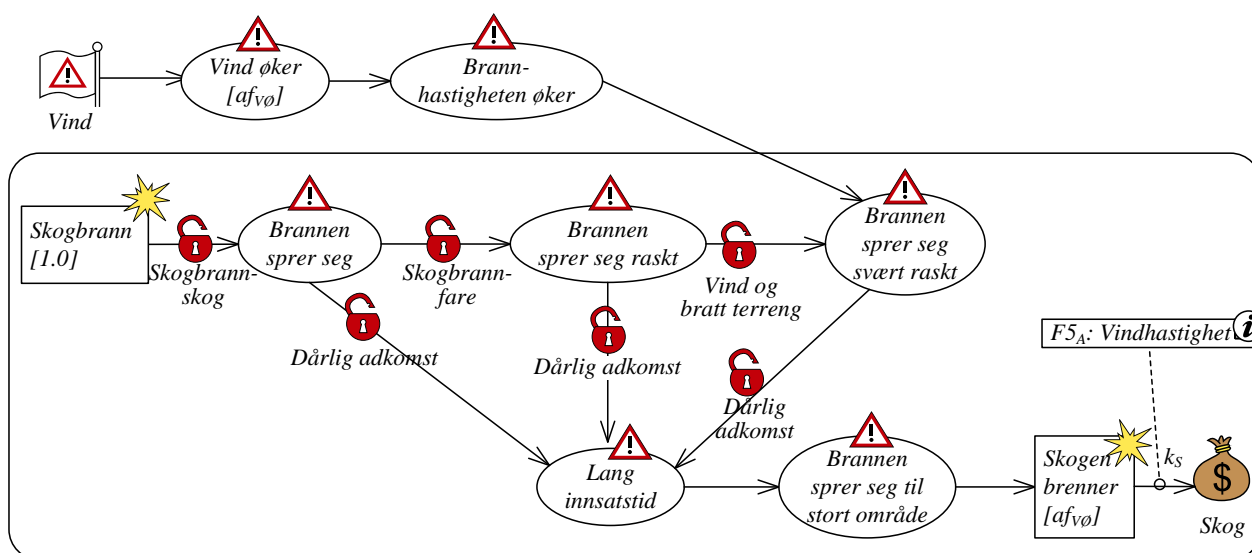
²² <http://www.dirnat.no/kart/naturbase/> Aksessert 31. januar 2011.

4 Identifisere faktorer som kan endres

I denne seksjonen presenteres resultatene av arbeidet med å identifisere potensialet for nye risikoer, gitt at en skogbrann allerede har oppstått. Det er flere usikkerhetsmomenter knyttet til hvordan omfanget av en skogbrann utvikler seg over tid, fordi faktorene som påvirker omfanget kan endre seg: Vind og temperatur kan øke, vinden kan endre retning og intensiteten kan øke dersom brannen går fra det lavere sjiktet av skogen (lav løpebrann) til tretronene. Videre er en skogbrann mobil av natur og faktorene som påvirker omfanget av skogbrannen kan endres ettersom skogbrannen forflytter seg til nye områder. Vi bruker trusseldiagrammer til å beskrive hvordan endringer i enkelte av faktorene som ble identifisert i forrige seksjon påvirker potensialet for nye risikoer.

4.1 Eksempel: endringer i vindhastighet

Ifølge FLAME [7] er effektiv vindhastighet den viktigste faktoren for spredningshastigheten. Figur 15 illustrerer et scenario hvor brannhastigheten øker som en følge av at vinden øker. Funksjonen som beregner den nye spredningshastigheten fra endringen i vindhastighet står i Tabell 13. For å synliggjøre at det dreier seg om en endring i en påvirkningsfaktor i forhold til situasjonen ved starten av brannen har vi delt diagrammet i to ved hjelp av et avrundet rektangel. Den delen av diagrammet som er innenfor rektangelet viser situasjonen ved oppstart av skogbrannen. Denne delen av diagrammet er lik som i Figur 5. Den delen av diagrammet som er utenfor rektangelet viser antakelsen om at vindhastigheten øker på et tidspunkt fram i tid. Funksjonen som beregner konsekvensen av hendelsen *Skogen brenner*, k_S er den samme som før, men den initiale vindhastigheten gitt ved påvirkningsfaktoren $F5_I$: *Vindhastighet* byttes ut med den antatte vindhastigheten $F5_A$: *Vindhastighet*.



Figur 15 Brannhastigheten øker som følge av at vinden øker

Hvis spredningshastigheten øker, så øker også arealet som brenner ned og konsekvensen av brannen for skogen blir større. En endring i vindhastigheten medfører dermed en endring i risikobildet med hensyn på aktive skog. Den nye risikoverdien for aktive skog fås ved å kombinere den antatte sannsynligheten for at vindhastigheten øker med den endrede konsekvensen for aktive skog. Den endrede konsekvensen fås ved å sette den nye spredningshastigheten inn i funksjonen som beregner konsekvensen av skogbrann for aktive Skog (k_{USI}) i Tabell 11. Vindhastigheten er den eneste faktoren som endrer seg i Figur 15. $F5_I$ står for vindhastighet ved oppstart (I er forkortelse for Innledende hendelse) og $F5_A$ står for antatt vindhastighet på et senere tidspunkt. Den nye verdien $F5_A$, og den antatte sannsynligheten for den

nye verdien, må settes manuelt av innsatsleder. Sannsynligheten for at vinden øker kan for eksempel baseres på informasjon fra meteorologisk institutt. I et eventuelt beslutningsstøtteverktøy kan man også se for seg at verktøyet foreslår sannsynligheter basert på automatisk oppdaterte værvarsler.

Anta at alarmsentralen får melding om at det er observert en skogbrann klokken 09.00 på morgenen. Brannvesenets kartbaserte verktøy viser at område hvor brannen er observert er relativt flatt og at skogen består hovedsakelig av furu i alderen 15-30 år (ungskog og eldre ungsog). Anta også at værtjenesten til meteorologisk institutt og NRK viser en vindhastighet i området på 1 meter per sekund. Ved å sette disse verdiene inn i funksjonen som beregner spredningshastighet i Tabell 11 får vi at forventet spredningshastighet er snaut 7.6 meter per minutt. For å kunne anslå hvor stort brannfeltet vil være ved ankomst kan vi gange spredningshastigheten med innsatstiden, gitt at brannen ble rapportert inn med en gang den startet. Det observerte brannområdet ligger 18 kilometer unna nærmeste brannstasjon. Det er vanlig å beregne innsatstid for en kasernert brannstasjon²³ som 1 minutt fra alarmering til utkjøring + kjøretid + 1 minutt fra ankomst brannsted til det er vann på brannslangen og klar til slukking²⁴. Kjørehastighet beregnes som 60 km/t. Det vil si at total innsatstid blir 20 minutter. Til sammen gir dette en spredningsdistanse på snaut 138 meter. Hvis vi setter inn disse verdiene i formelen for å beregne forventet brannareal (2) får vi at størrelsen på brannfeltet blir litt over 10 dekar, som er godt under grensen for konsekvensverdien *Lite farlig*, selv om skogen har prioritet 1.

Når innsatsledelsen kommer fram til brannen viser det seg at brannen må ha holdt på en stund før den ble rapportert og brannarealet er noe større enn forventet. Basert på sine observasjoner anslår innsatsleder brannarealet til å være cirka 20 dekar. Han må nå vurdere om det er behov for å kalle inn ekstra ressurser. Meteorologisk institutt melder at vinden er forventet å øke utover dagen og innsatsleder ønsker derfor å få et estimat på omfanget av brannen hvis vinden øker til liten bris (3 meter per sekund) i løpet av den neste halvtimen. For å finne den nye spredningsraten må han først finne ut hva dette svarer til i effektiv vindhastighet. Effektiv vindhastighet er vindhastigheten målt ved middels flammehøyde modifisert for effekten av helningsgraden på terrenget [7]. Hvis vi antar at terrenget er uforandret vil den nye effektive vindhastigheten dermed svare til økning i vindhastigheten målt ved flammehøyde. Hvis vindhastigheten øker til 3 meter per sekund, vil den nye spredningshastigheten kunne komme opp i $7.6 * (3/1)^{1.2} \approx 28.4$ meter per minutt i henhold til FLAME-modellen for effekt av vindhastighet på spredningshastigheten [7]. Det vil si at spredningsraten kan komme opp på nivå med en høy løpebrann og dermed bli vanskeligere å få under kontroll for slukningsmannskapet. Hvis brannen får spre seg med denne hastigheten i 20 minutter til blir spredningsdistansen 568 meter og brannfeltet øker med 104 dekar (dvs. brannarealet blir 124 dekar totalt). Etter en time med denne spredningshastigheten kan brannarealet komme opp i 960 dekar som innebærer at konsekvensen av skogbrannen øker fra *Lite farlig* til *Farlig* for skog med prioritet 1. Hvis vi antar at sannsynligheten for den antatte økningen i vindhastighet er *Mulig*, så betyr det at risikoverdien går fra akseptabel til må vurderes. Innsatsleder bør derfor vurdere om mannskapene på stedet er tilstrekkelig til å bekjempe brannen innen en time eller om det er nødvendig å tilkalle forsterkninger.

Når vindhastigheten øker påvirkes også alle trusselsscenarioer og uønskede hendelser som avhenger av den. For eksempel påvirker vindhastigheten sannsynligheten for at trusselsscenarioet *Brannen sprer seg* leder til trusselsscenarioet *Brann ute av kontroll* i Figur 10. Det vil si, påvirkningsfaktoren *F5: Vindhastighet* er en viktig parameter i funksjonen som beregner sannsynligheten for leder-til-relasjonen mellom de to scenarioene. Trusselsscenarioet *Brann ute av kontroll* leder igjen til de uønskede hendelsene *Brannbil brenner inne* og *Annet utstyr brenner*

²³ Brannstasjon med personell i vakt.

²⁴ Kilde: Varabrannsjef Eivind L. Rake i Brannvesenet Sør-Rogaland IKS.

inne. Dette innebærer at hvis vindhastigheten øker, så øker også den estimerte sannsynligheten for disse hendelsene. Scenarioet *Brann ute av kontroll* leder også til den uønskede hendelsen *Mannskap fanget inne i brannen* i Figur 12, så økt vindhastighet påvirker også sannsynligheten til denne hendelsen.

4.2 Endringer i faktorer som påvirker materielle verdier

I denne seksjonen presenteres trusseldiagrammer som viser effekten av endringer i påvirkningsfaktorer for aktivaene i kategorien materielle verdier: *Skog*, *Brannutstyr*, *Boliger og Hytter*. For å slippe å gjenta hele trusseldiagrammet fra Figur 5 i diagrammene som viser mulige endringer bruker vi høynivåscenarioene *Brannen sprer seg* og *Brannen sprer seg over tid* beskrevet i Figur 6 og Figur 7 i diagrammene.

4.2.1 Nye risikoer for aktiva *Skog* forbundet med endringer

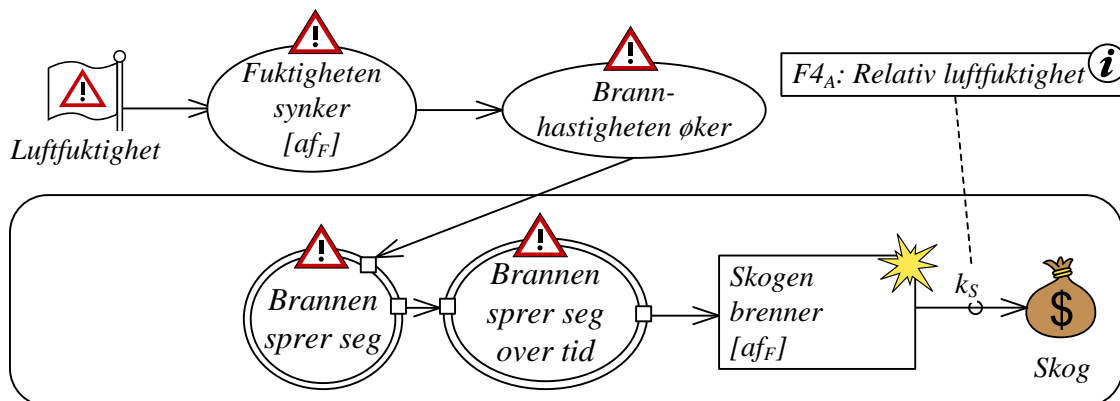
Vi har laget ett trusseldiagram for hver endring i en faktor som kan påvirke risikobildet for aktiva skog. I tillegg til vindhastighet er fuktigheten i brennstoffet en viktig faktor med hensyn på spredningshastigheten. Fuktigheten i brennstoffet påvirkes blant annet av den relative luftfuktigheten. Ifølge FLAME [7] kan man bruke som en generell tommelfingerregel at den prosentvise økningen i spredningshastighet vil være omtrent dobbelt så høy som den prosentvise nedgangen i relativ luftfuktighet. Figur 16 illustrerer det scenarioet at brannhastigheten øker som en følge av at den relative luftfuktigheten synker. Funksjonen som beregner den nye spredningshastigheten fra endringen i den relative luftfuktigheten står i Tabell 13.

Figur 17 illustrerer det scenarioet at brannhastigheten øker som en følge av at brannen går fra lavere marksjikt til toppbrann hvor brannfronten kan komme opp i en hastighet på 40 m/min [6, 25]. Toppbrann skjer sjelden i Norge [25]. Sannsynligheten for at en toppbrann skal inntreffe henger sammen med verdiene til faktorene *F3: Temperatur*, *F4: Relativ luftfuktighet*, *F5: Vindhastighet* og *F6: Helningsgrad*. Faren er størst i skog av blandet alder, etter langvarig tørke og ved sterk vind. Hvis forholdene ligger til rette for toppbrann og den relative luftfuktigheten i tillegg synker til under 20 %, øker risikoen for toppbrann betraktelig [7].

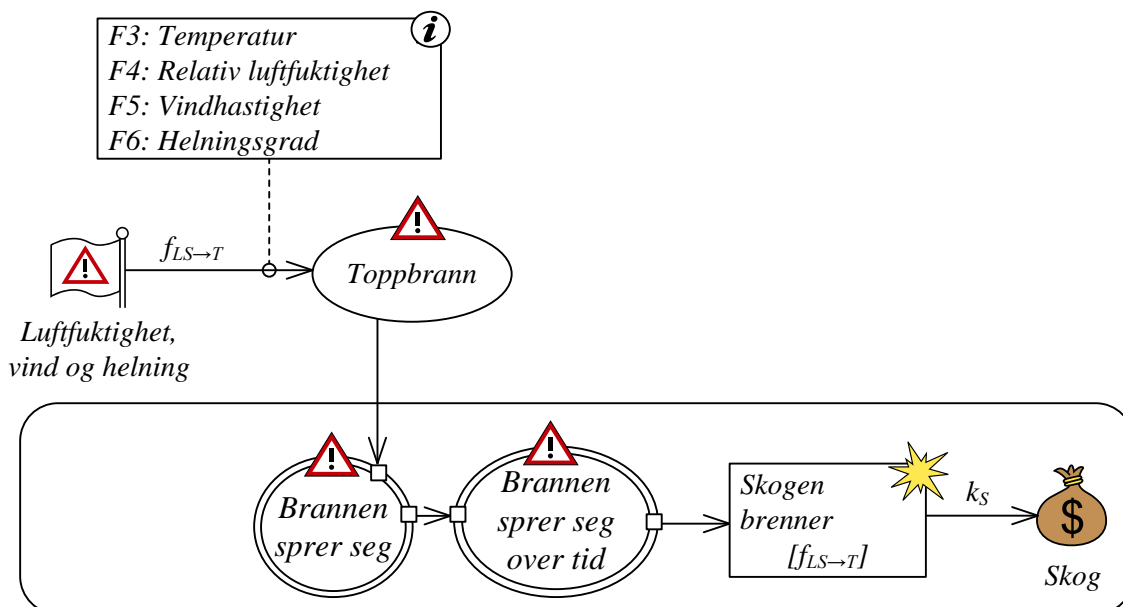
Figur 18 viser hvordan trusselsscenarioet *Brann endrer retning på grunn av vind* kan påvirke risikobildet. Dette scenarioet kan lede til trusselsscenarioet *Slokketid øker pga ressurser på feil plass* som igjen kan føre til at det totale arealet skog som brenner ned øker. I endringsscenarioet vist i Figur 18 er det fire nye variable som kan settes manuelt av innsatsleder under en skogbrann: *F14_A: Vindretning*, *F24_A: Varighet*, sannsynligheten for trusselsscenarioet *Brann endrer retning på grunn av vind*, af_R og sannsynligheten for at dette scenarioet leder til trusselsscenarioet *Slokketid øker pga ressurser på feil plass*, $af_{BR \rightarrow IO}$. Ved å sette ulike verdier for disse variablene kan endringsscenarioet i Figur 18 gi opphav til flere ulike nye scenarioer. For eksempel, hvis innsatsleder tror det kan være en sannsynlighet for at vinden endrer, men har tatt høyde for dette med hensyn på plassering av ressurser, så kan han nulle ut scenarioet *Slokketid øker pga ressurser på feil plass* ved å sette $af_{BR \rightarrow IO}$ lik 1.0 og, *F24_A: Varighet* lik 0.

Figur 19 viser hvordan trusselsscenarioet *Mye røyk hindrer sikten* kan lede til trusselsscenarioet *Slokketid øker pga røyk* som igjen kan lede til scenarioet *Brannen sprer seg til stort område* og dermed øke omfanget av hendelsen *Skogen brenner*.

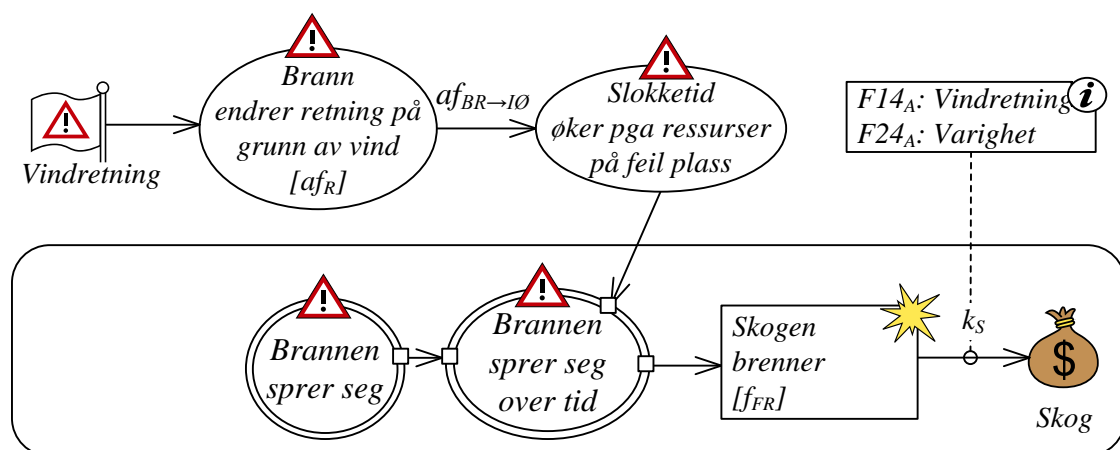
Figur 20 viser et mer langsiktig scenario hvor utgangspunktet er at det tar mer enn et døgn å slukke skogbrannen. Når temperaturen øker på morgenen kan det føre til at fuktigheten i brennstoffet synker og dermed at spredningshastigheten øker. Dette er angitt ved trusselsscenarioet *Brann blusser opp*. Hvis vinden også øker kan spredningshastigheten øke ytterligere.



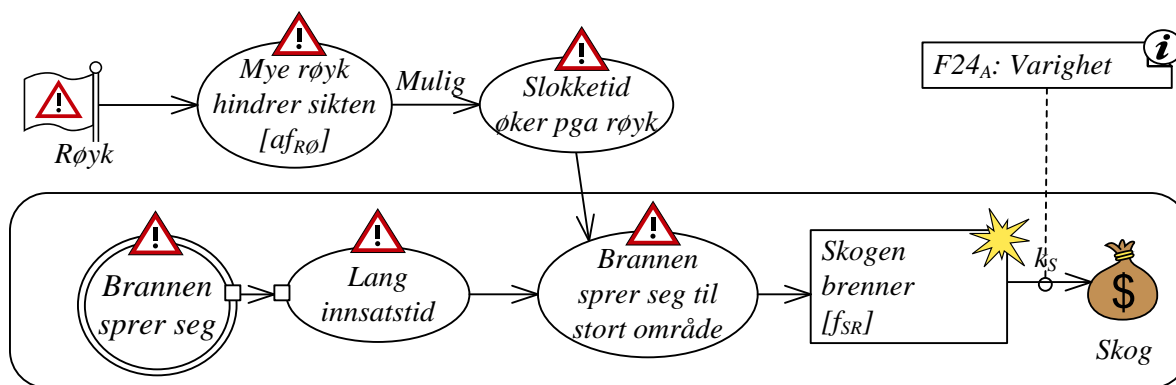
Figur 16 Brannhastigheten øker som følge av at luftfuktigheten øker



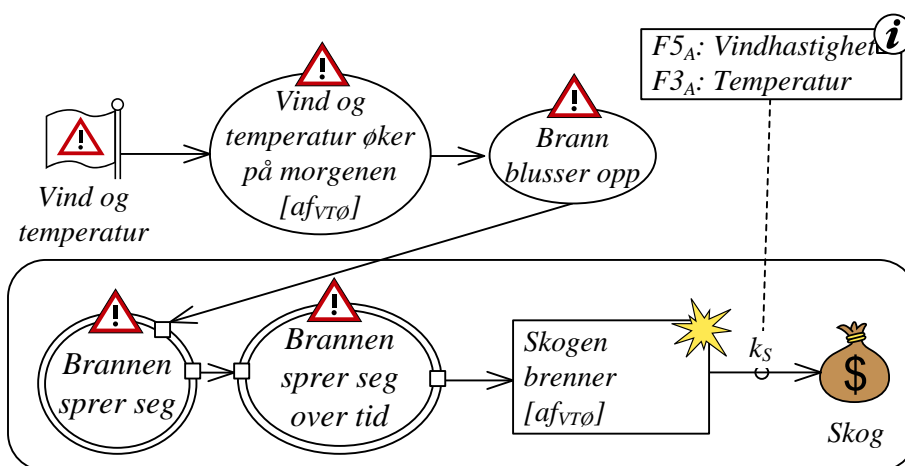
Figur 17 Brannhastigheten øker som følge av toppbrann



Figur 18 Brann endrer retning



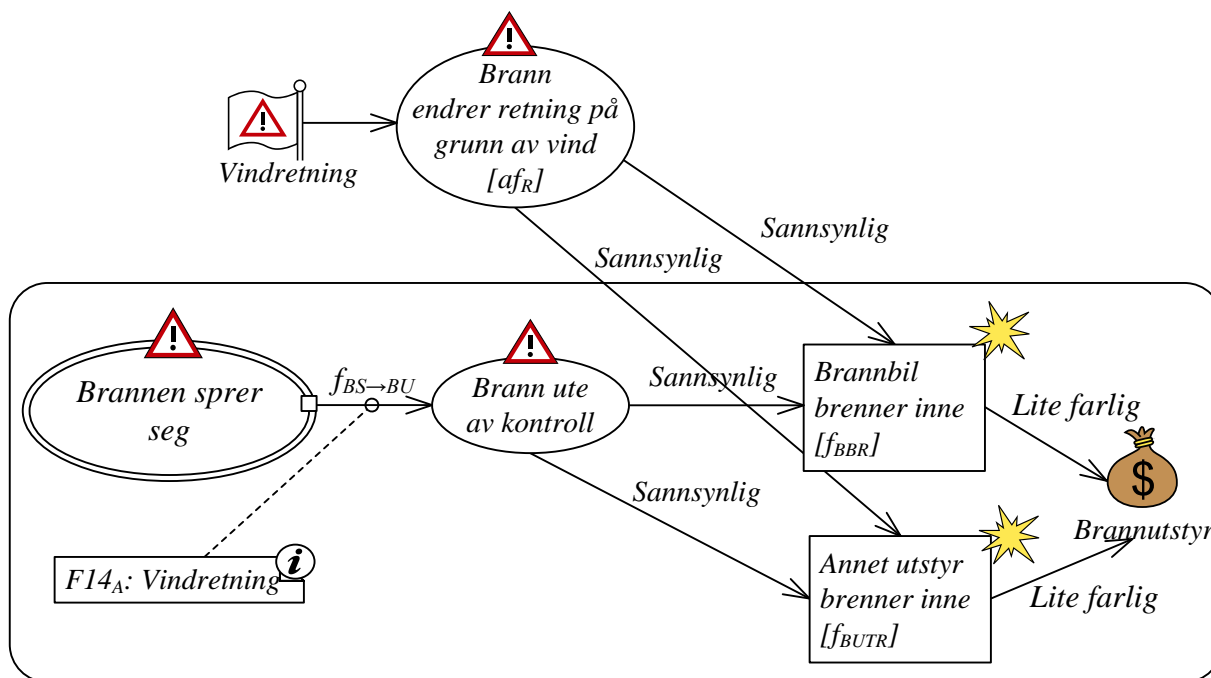
Figur 19 Mye røyk hindrer sikten



Figur 20 Brann blusser opp

4.2.2 Nye risikoer for aktive Brannutstyr forbundet med endringer

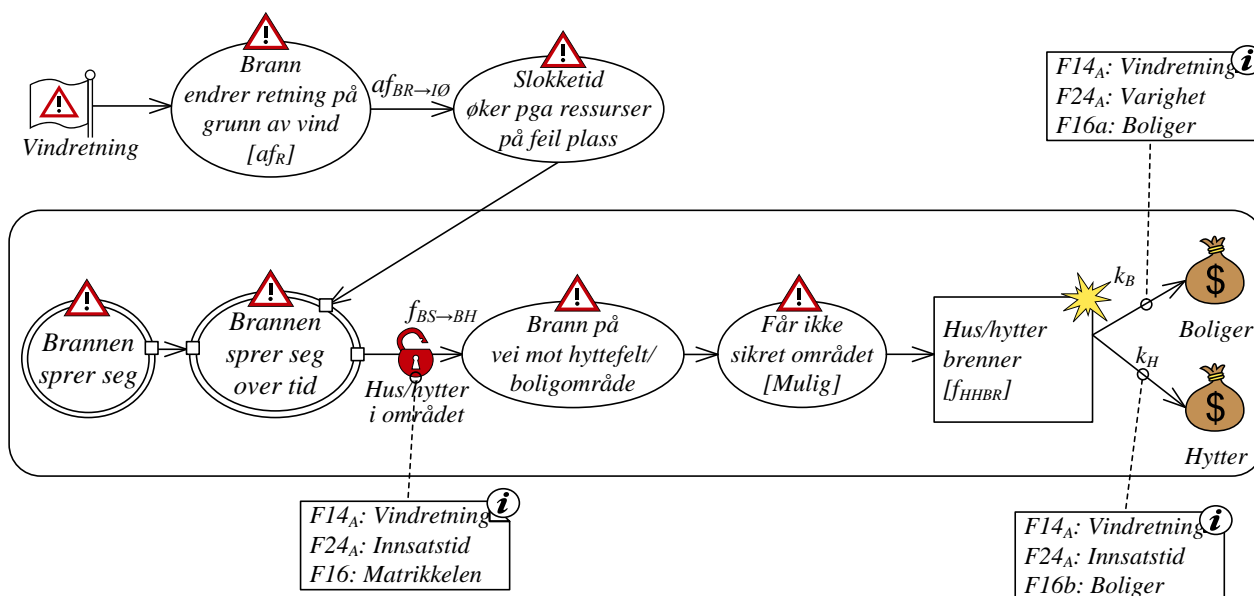
Det at påvirkningsfaktorer endrer seg kan også påvirke de andre aktivaene i tillegg til skog. Figur 21 viser et endringsscenario for aktive Brannutstyr. Den delen av diagrammet som er innenfor det avrundede rektangelet er den samme som i Figur 10, mens den delen av diagrammet som er utenfor rektangelet viser antakelsen om at vinden endrer retning på et tidspunkt fram i tid. Dette trusselscenarioet kan igjen øke sannsynligheten for at brannutstyr brenner inne.



Figur 21 Utstyr brenner inne på grunn av endret vindretning

4.2.3 Nye risikoer for aktive *Boliger og hytter* forbundet med endringer

Figur 22 viser hvordan endret vindretning kan påvirke risikonivået for aktive *Boliger og hytter*. Trusselscenarioet *Brann endrer retning på grunn av vind* kan lede til trusselscenarioet *Slokketid øker pga ressurser på feil plass* som igjen kan føre til at det totale området som berøres øker. I tillegg kan trusselscenarioet *Brann endrer retning på grunn av vind* føre til at brannen beveger seg mot et hyttefelt eller boligområde og dermed øke sannsynligheten for den uønskede hendelsen *Hus/hytter brenner ned*. På samme måte som i Figur 18, er det i endringsscenarioet vist i Figur 22 er fire nye variable som kan settes manuelt av innsatsleder under en skogbrann: *F14_A: Vindretning*, *F24_A: Varighet*, sannsynligheten for trusselscenarioet *Brann endrer retning på grunn av vind*, *af_R* og sannsynligheten for at dette scenarioet leder til trusselscenarioet *Slokketid øker pga ressurser på feil plass*, *af_{BR→IØ}*.



Figur 22 Boliger brenner ned som følge av endret vindretning

4.3 Endringer i faktorer som påvirker liv, helse og miljø

I denne seksjonen presenteres trusseldiagrammer som viser effekten av endringer i påvirkningsfaktorer for aktivaene i kategorien liv og helse: *Mannskap, Sivilbefolkning, Husdyr og Frivillige* og miljø: *Sårbar fauna*.

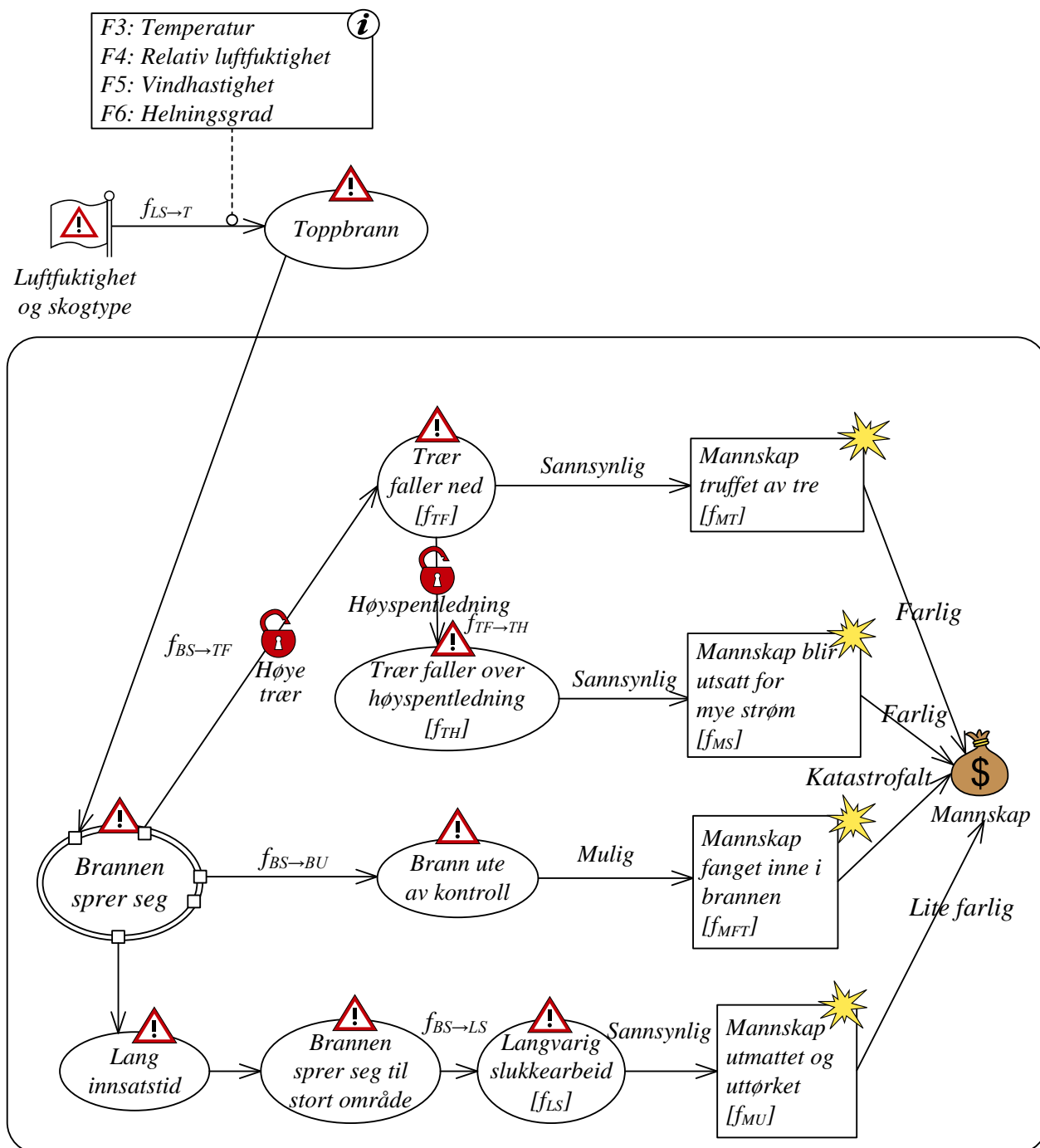
4.3.1 Nye risikoer for aktive *Mannskap* forbundet med endringer

Trusselscenarioet *Toppbrann* kan føre til økt spredningshastighet og dermed øke sannsynligheten for at mannskap brenner inne og for at mannskap blir utmattet og uttørket, som vist i Figur 23. I tillegg kan økt spredningshastighet øke sannsynligheten for at trær faller ned og dermed for at høyspentledninger faller ned, dersom det er høyspentledninger i området som brenner.

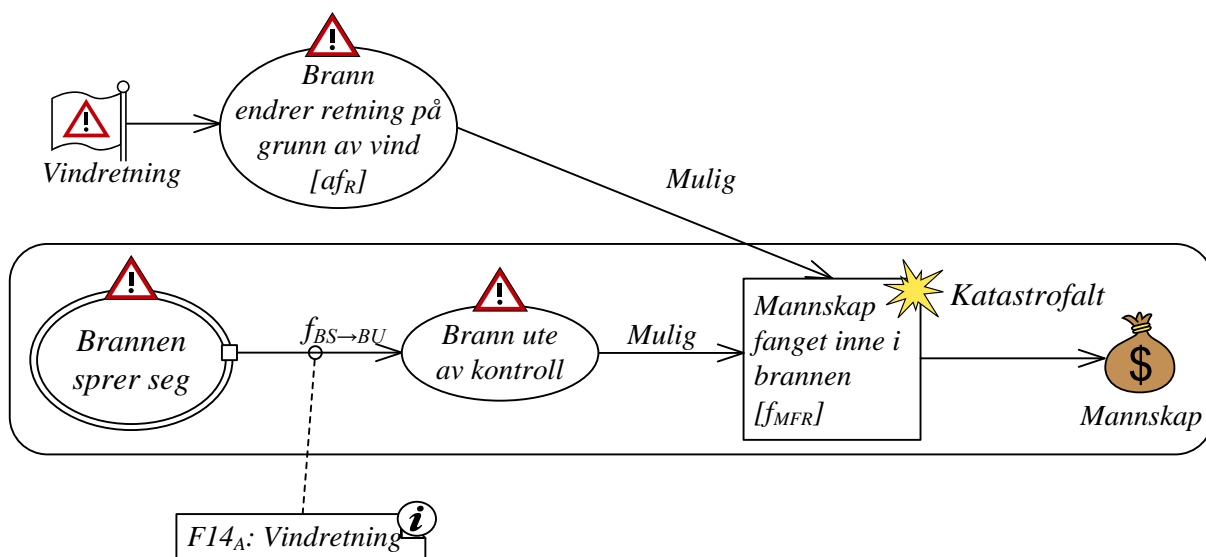
Trusselscenarioet *Brann endrer retning på grunn av vind* påvirker risikonivået til hendelsene vist i Figur 12, på samme måte som for *Brannutstyr*, ved at sannsynligheten for at mannskap fanges inne i brannen øker. Dette er vist i Figur 24.

Trusselscenarioet *Mye røyk hindrer sikten* kan lede til trusselscenarioet *Mannskap går seg bort pga røyk* som igjen kan øke sannsynligheten for den uønskede hendelsen *Mannskap fanget inne i brannen*.

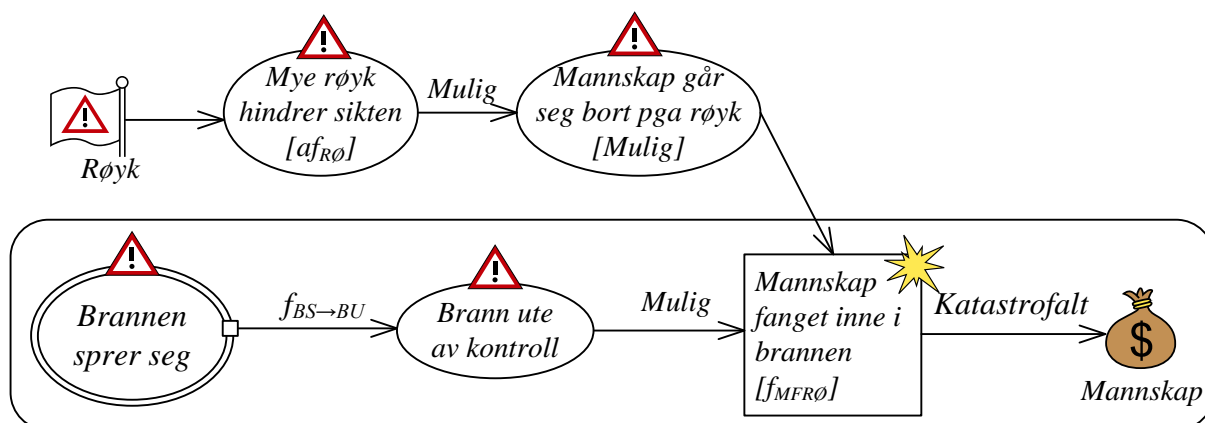
Når det gjelder de andre hendelsene som berører mannskap, vist i Figur 13, så kan endret vindretning øke sannsynligheten for disse ved at brannen beveger seg mot potensielt farlige områder, slik som blindsonen på Terningmoen, eller et område med sprengstoff på en anleggsplass. Dette er vist i Figur 26.



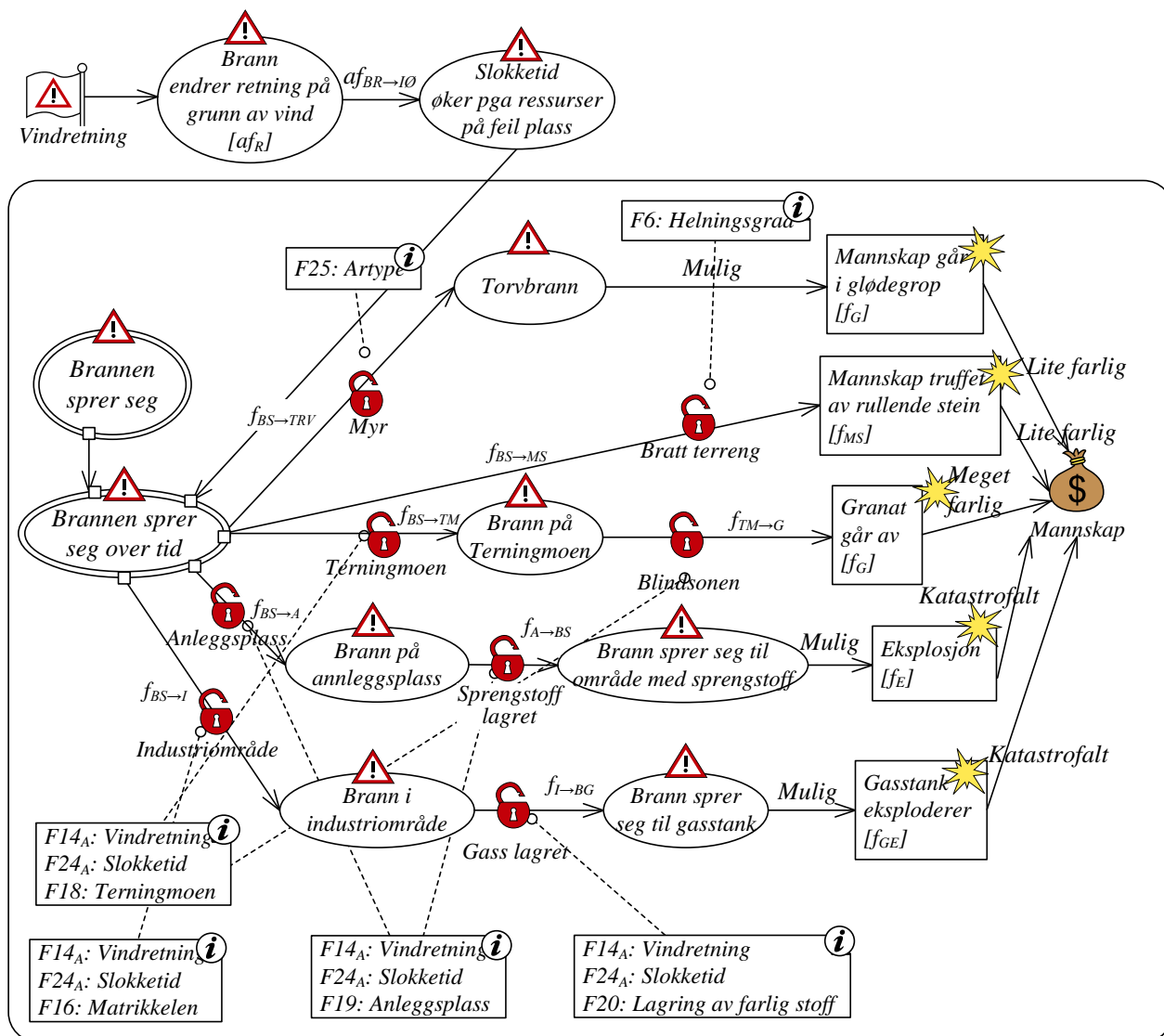
Figur 23 Mannskap skadet som følge av toppbrann



Figur 24 Mannskap skadet som følge av endret vindretning



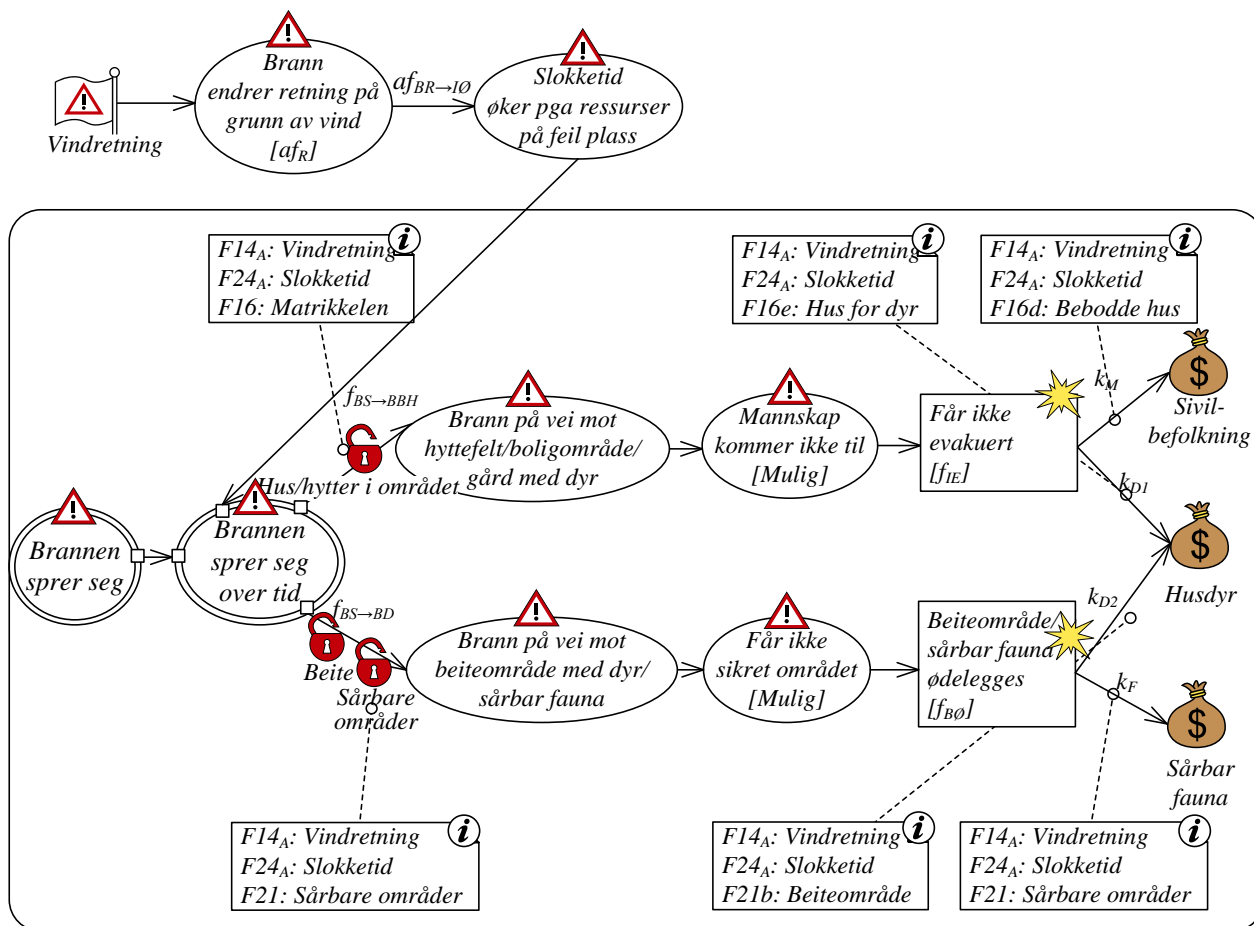
Figur 25 Mannskap skadet på grunn av mye røyk



Figur 26 Endret vindretning påvirker trusler mot mannskap

4.3.2 Nye risikoer for aktive *Mennesker og dyr* forbundet med endringer

Figur 27 viser hvordan det at vinden endrer retning kan påvirke risikonivået for aktivaene *Sivilbefolkning*, *Husdyr* og *Sårbar fauna*. Den viktigste effekten av trusselscenarioet *Brann endrer retning på grunn av vind* for disse aktivaene er at det kan endre sannsynligheten for at brannen beveger seg mot et hyttefelt/boligområde eller mot et beiteområde med dyr. Sannsynligheten for og konsekvensen av de uønskede hendelsene i Figur 27 beregnes forøvrig på samme måte som i Figur 14.



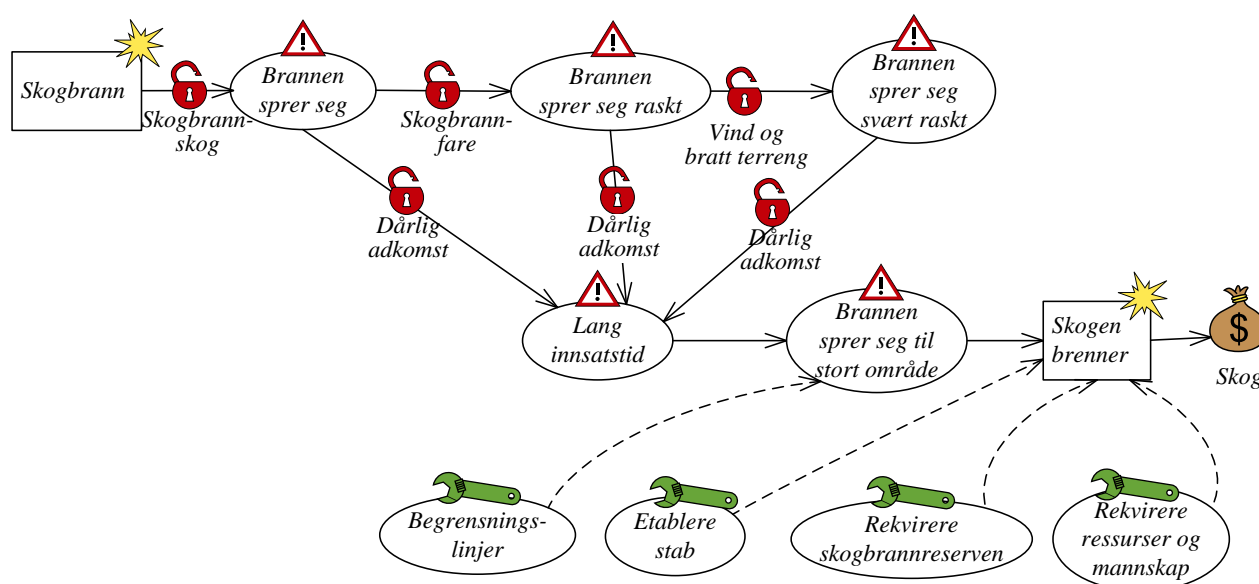
Figur 27 Endret vindretning påvirker trusler mot mennesker og dyr

5 Identifisere risikoreduserende tiltak

I denne seksjonen dokumenteres resultatet fra arbeidet med å identifisere risikoreduserende tiltak. I og med at denne analysen har et operativt fokus, så har vi kun fokusert på tiltak som er aktuelle gitt at en skogbrann allerede har skjedd. Tiltak med sikte på å forebygge skogbrann er utenfor den temamessige avgrensningen til denne analysen. For en liste over tiltak med sikte på å redusere risikoen for skogbrann henvises det til rapporten fra Arbeidsgruppe for Skogbrannberedskap [5]. Et tiltak som også kan være verdt å nevne er forslaget fra den finske studien som er beskrevet i Seksjon 3.2.2 om å bruke satellittbilder eller annen informasjon som viser skogtype, i kombinasjon med skogbrannfareindeks for å gi et mer presist bilde av stedsavhengig skogbrannfare.

5.1 Risikoreduserende tiltak for materielle verdier

Et risikoreduserende tiltak er et tiltak for å minke sannsynligheten for eller konsekvensen av en uønsket hendelse (eller begge deler). I CORAS illustreres et risikoreduserende tiltak som en oval med en grønn skiftenøkkel. Figur 28 viser risikoreduserende tiltak for den uønskede hendelsen *Skogen brenner*. Denne figuren viser det samme trusseldiagrammet som i Figur 5, med risikoreduserende tiltak relatert til et trusselscenario og en uønsket hendelse.



Figur 28 Risikoreduserende tiltak for skogbrann

Risikoreduserende tiltak identifiseres vanligvis for hendelser som er vurdert å ha et uakseptabelt risikonivå. I en skogbrannsituasjon er risikonivået ikke kjent på forhånd, men må vurderes fortløpende av innsatsleder. De tiltakene som er foreslått er derfor ment å være veiledende og må vurderes i en gitt situasjon med hensyn på det aktuelle risikonivået.

I henhold til Midt-Hedmark brann og redningsvesens beredskapsplan for skogbrann [18] skal innsatsleder lede slokningsinnsatsen i tråd med prinsippene for enhetlig innsatsledelse: Observere, bedømme, beslutte, gi ordre [10]. Under en operasjon skal innsatsleder kontinuerlig vurdere hvorvidt det skal settes i verk offensiv slokking (direkte bekjempelse) eller defensiv slokking. Defensiv slokking kan være aktuelt ved store branner hvor det er vanskelig å slokke brannen

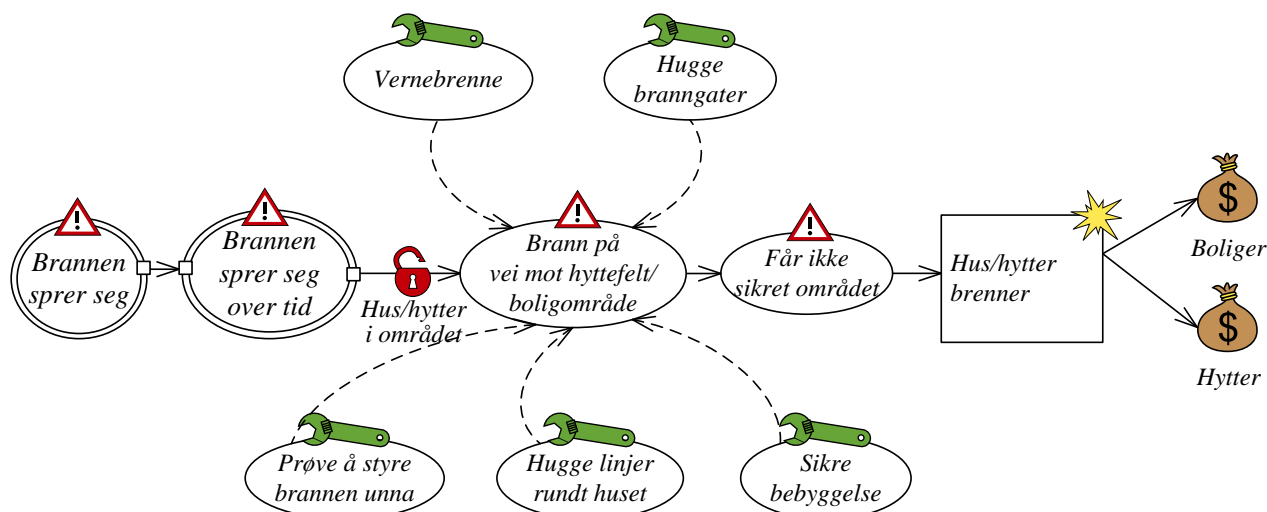
direkte. Ved defensiv sløkking prøver man å begrense brannen til et bestemt område [25]. Dette kan gjøres ved å lage begrensningslinjer.

I Figur 28 har vi relatert tiltaket *Begrensningslinjer* til trusselscenarioet *Brannen sprer seg til stort område*. Dette trusselscenarioet leder til de uønskede hendelsene *Skogen brenner*. Målet med dette tiltaket er å begrense omfanget av den uønskede hendelsen *Skogen brenner*.

Trusselscenarioet *Brannen sprer seg til stort område* går igjen i mange av de andre trusseldiagrammene gjennom høynivåscenariot *Brannen sprer seg over tid*. Tiltak for å redusere sannsynligheten for *Brannen sprer seg til stort område* retter seg derfor mot alle hendelser som påvirkes av dette scenarioet.

Dersom den uønskede hendelsen *Skogen brenner* får en høy risikoverdi, kan innsatsleder vurdere om det bør settes stab, om det bør rekvireres ekstra mannskap og ressurser (for eksempel skogbrannhelikopter) og om skogbrannreserven bør rekvireres. Disse tiltakene er dokumentert i trusseldiagrammet i Figur 28 og er alle relatert til den uønskede hendelsen *Skogen brenner*.

Figur 29 viser risikoreduserende tiltak for hendelser med konsekvenser for aktiva *Boliger og Hytter* som er dokumentert i trusseldiagrammet i Figur 11. Dersom en skogbrann beveger seg i retning av et bolig- eller hyttefelt kan man forsøke å styre brannen unna, eller å beskytte bebyggelsen ved å hugge branngater, vernebrenne eller sikre bebyggelsen på annen måte. Disse tiltakene er relatert til trusselscenarioet *Brann på vei mot hyttefelt/boligområde* i Figur 29. Tiltakene har som mål å redusere sannsynligheten for den uønskede hendelsen *Hus/hytter brenner ned*, som trusselscenarioet *Brann på vei mot hyttefelt/boligområde* kan lede til.



Figur 29 Risikoreduserende tiltak for boliger og hytter

5.2 Risikoreduserende tiltak for liv, helse og miljø

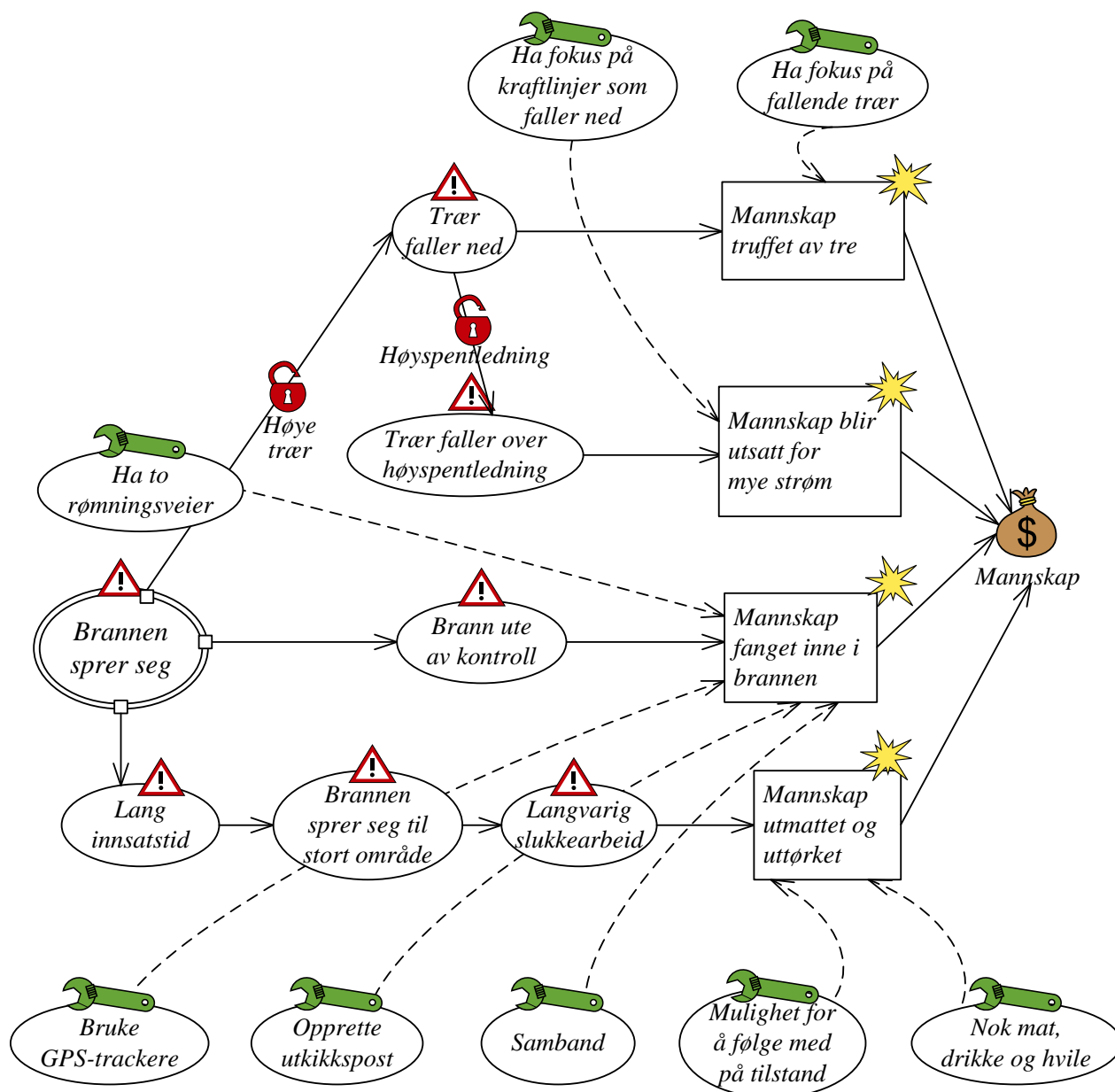
Figur 30 viser risikoreduserende tiltak for hendelser med konsekvenser for aktiva *Mannskap* som er dokumentert i trusseldiagrammet i Figur 12. For å unngå (reducere sannsynligheten for) de uønskede hendelsene *Mannskap truffet av tre* og *Mannskap blir utsatt for mye strøm*, så gjelder det generelt å ha fokus på fallende trær og kraftlinjer som faller ned [18].

For å unngå den uønskede hendelsen *Mannskap fanget inne i brannen* skal det alltid være to rømningsveier ved skogbrann [18]. Opprettelse av utkikkspost og rask etablering av godt samband er også tiltak som kan redusere sannsynligheten for denne hendelsen. Et annet forebyggende tiltak som ble foreslått av risikoanalysedeltakerne er å bruke GPS-trackere på mannskap for å holde oversikt over hvor de er.

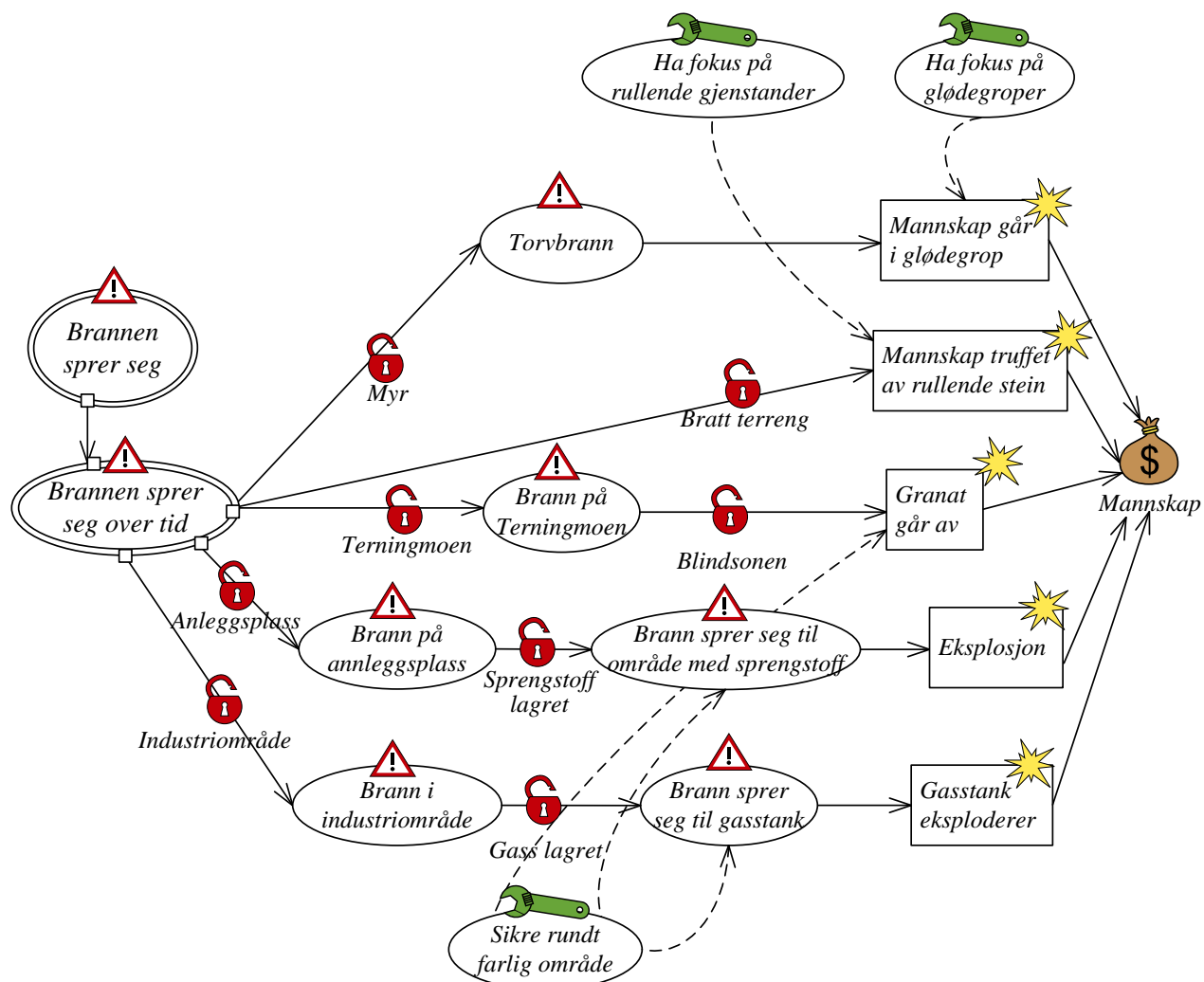
For å unngå at mannskap blir utmattet og uttørket er det viktig med nok mat, drikke og hvile [18]. Hvis brannen er intens kan det være en fare for at mannskap blir uttørket selv om de har fått drikke og hvile underveis. Et mulig tiltak for å unngå dette er å bruke sensorer på slokkemannskap som rapporterer om tilstanden deres. Dette tiltaket er kalt *Mulighet for å følge med på tilstand*.

Figur 31 viser risikoreduserende tiltak for de hendelsene med konsekvenser for *Mannskap* som er dokumentert i trusseldiagrammet i Figur 13. For å unngå de uønskede hendelsene *Mannskap går i glødegrop* og *Mannskap truffet av rullende stein*, så gjelder det generelt å ha fokus på glødegroper og rullende gjenstander [18]. Hvis brannen nærmer seg et spesielt farlig område, slik som blindsonen på Terningmoen, et område med sprengstoff på en anleggs plass eller en gasstank er det viktig å sikre rundt det farlige området.

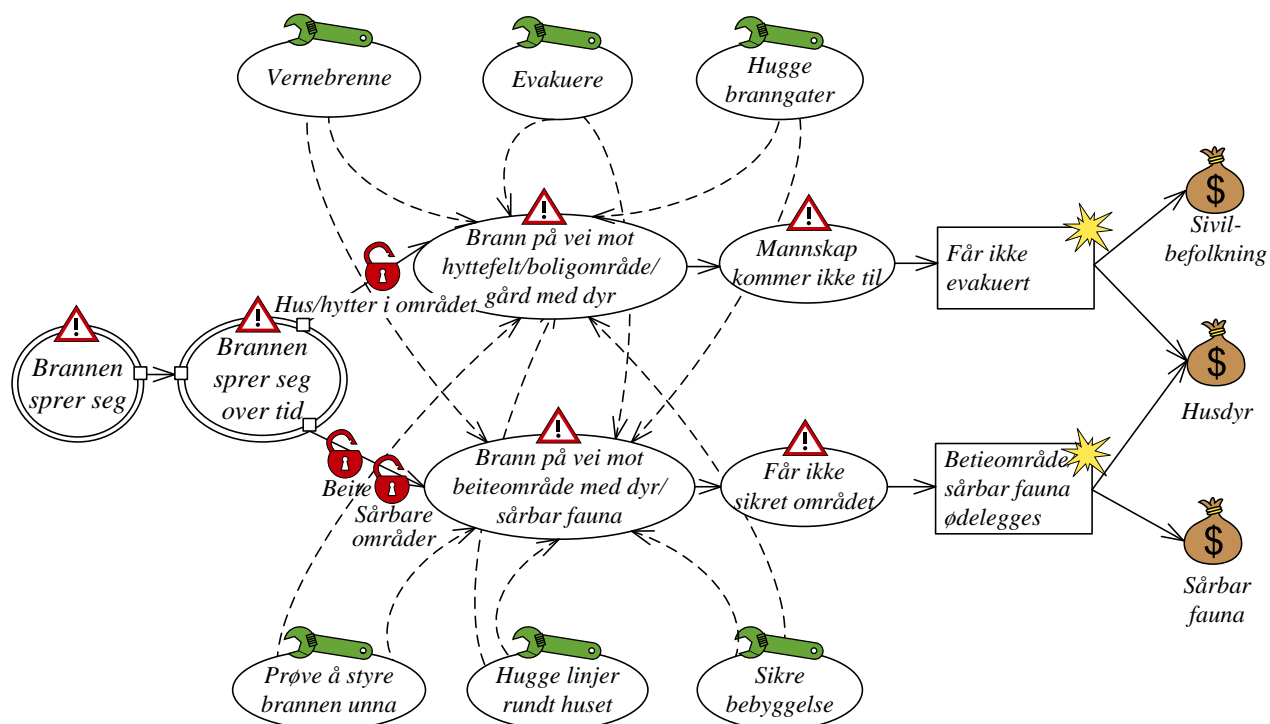
Figur 32 viser risikoreduserende tiltak for hendelser med konsekvenser for mennesker og dyr som er dokumentert i trusseldiagrammet i Figur 14. Tiltakene er stort sett de samme som de risikoreduserende tiltakene for boliger og hytter. Hvis brannen nærmer seg et område hvor det er mennesker eller dyr, så må innsatsleder også vurdere om det skal evakueres. Dette er særlig viktig hvis det er en mulighet for at man ikke klarer å styre brannen unna eller beskytte områdene på annen måte.



Figur 30 Risikoreduserende tiltak for mannskap



Figur 31 Flere risikoreduserende tiltak for mannskap



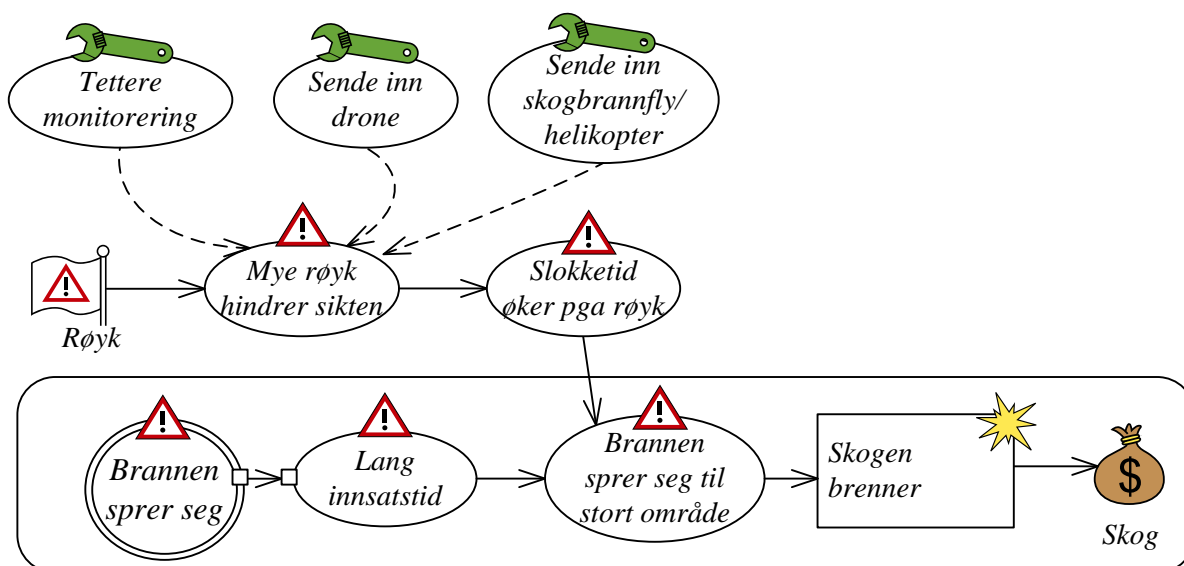
Figur 32 Risikoreduserende tiltak for mennesker og dyr

5.3 Risikoreduserende tiltak for endringsscenarioer

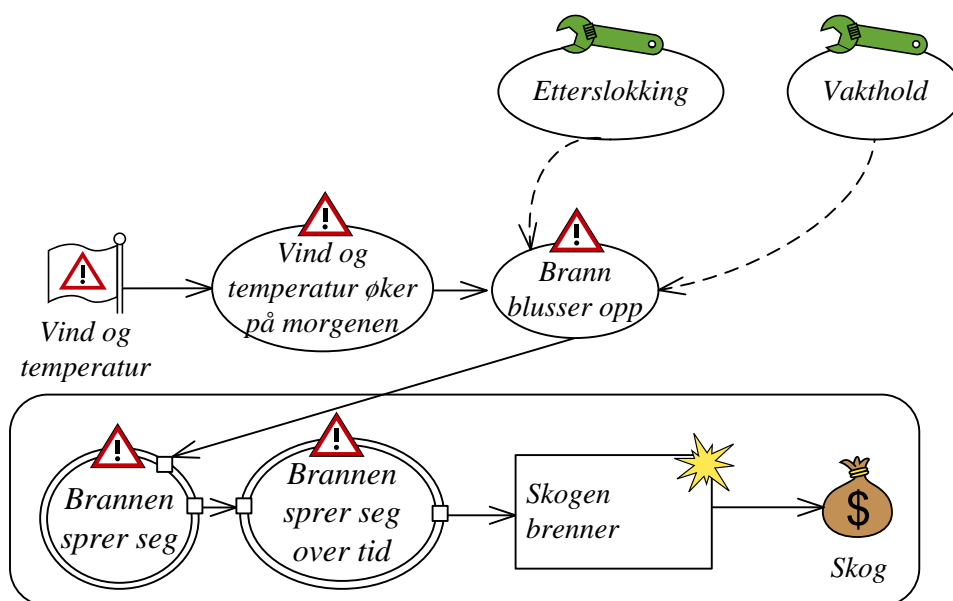
Det risikoreduserende tiltaket som er rettet mot trusselscenarioet *Brannen sprer seg til stort område* gjelder også for alle endringsdiagrammene hvor disse forekommer. Vi har kun identifisert ekstra tiltak for to av endringsdiagrammene som er dokumentert i Seksjon 4.

Tiltaksdiagrammet i Figur 33 viser risikoreduserende tiltak med hensyn på trusseldiagrammet i Figur 19. Som nevnt i Seksjon 3.2.2 er innsatstiden kritisk for hvor stort omfanget av en skogbrann blir. Det kan derfor få store konsekvenser dersom brannvesenet ikke finner fram til skogbrannen på grunn av mye røyk. Mulige risikoreduserende tiltak dersom det er mye røyk er å bruke skogbrannfly eller helikopter for å finne brannen fra lufta. En annen mulighet er å sende inn en drone. Disse tiltakene er relatert til trusselscenarioet *Mye røyk hindrer sikten* i Figur 33. Målet med tiltakene er å begrense omfanget av den uønskede hendelsen *Skogen brenner*. Tiltaket *Tettere monitorering* er også relatert til trusselscenarioet *Mye røyk hindrer sikten*. Dette er et forebyggende tiltak, men vi har tatt det med her, da det kan brukes i perioder hvor skogbrannfaren er høy.

Tiltaksdiagrammet i Figur 34 viser risikoreduserende tiltak med hensyn på trusseldiagrammet i Figur 20. Dette diagrammet viser hvordan en langvarig skogbrann kan blusse opp igjen dersom vind og temperatur øker på morgenen. For å unngå at brannen blusser opp er det viktig med etterslokking og vakthold som vist i Figur 34.



Figur 33 Risikoreduserende tiltak med hensyn på røyk



Figur 34 Risikoreduserende tiltak med hensyn på oppblussing av brann

6 Oppsummering og konklusjon

Denne rapporten dokumenterer resultatene av en forberedende beslutningsrisikoanalyse om skogbrann i Elverum som ble gjennomført våren 2010. Hensikten med analysen har vært å identifisere hvilke informasjonsbehov som kan oppstå under en skogbrann, og samle inn informasjon til et kartbasert verktøy for å støtte beslutninger under en skogbrann.

Analysen har fokusert på hvilke nye risikoer som kan oppstå gitt at en skogbrann allerede har skjedd. Det vil si: Hvilke verdier kan stå på spill og hvilke faktorer påvirker sannsynligheten for og konsekvensen av hendelser med negative konsekvenser (eksplosjon, menneske fanget i brann etc.). Faktorer som påvirker risikobildet er for eksempel meteorologiske data, informasjon om trafikkflyt, eiendomsregister (matrikkelen) eller informasjon om lagring av farlig gass.

Data for flere av de påvirkningsfaktorene som har blitt identifisert er tilgjengelige gjennom geodatabaser slik som SAT_SKOG-basen til Norsk institutt for skog og landskap²⁵. Disse dataene har blitt samlet inn underveis i analyseprosessen. Målet er å tilrettelegge informasjonen i et kartbasert verktøy på forhånd, slik at den kan gjøres raskt tilgjengelig for innsatsledelsen og dermed redusere usikkerheten knyttet til utfallet av ulike beslutninger.

Noen faktorer slik som vindstyrke referer til data som ikke kan innhentes på forhånd, men som må innhentes i det en skogbrann oppstår, enten ved hjelp av måleutstyr på stedet eller fra sanntidstjenester. Slike faktorer må mates inn manuelt i et eventuelt beslutningsstøtteverktøy.

Datagrunnlaget som er samlet inn i løpet av analysen er for det meste enten offentlig tilgjengelig, eller så har kommunene tilgang på det gjennom Norge digitalt²⁶. Et beslutningsstøtteverktøy basert på resultatene av denne analysen vil dermed kunne brukes ikke bare av Elverum kommune, men av alle skogbrannkommuner i Norge.

Neste steg i henhold til prosessen beskrevet i Figur 2 blir å utvikle en prototyp for et støtteverktøy, som anvender reglene definert i Tabell 11, Tabell 12 og Tabell 13. Gitt at det skjer en skogbrann i Nordskogbygda i Elverum, så skal verktøyet kunne indikere risikonivået ved å bruke reglene på dataene om treslag og så videre for de aktuelle koordinatene i kartet og aktuelle værddata. Verktøyet må kunne visualisere risikonivå på en måte som er nyttig og enkel å forstå for innsatsledelsen.

Takksigelser

Denne rapporten ble utarbeidet med støtte fra Norges forskningsråd gjennom forskningsprosjektet EMERGENCY 187799 (Mobile decision support in emergency situations). Jeg ønsker å takke Midt-Hedmark brann- og redningsvesen IKS for å ha bidratt med sin faglige kompetanse i forbindelse med risikoanalysen som denne rapporten dokumenterer resultatet av. Videre vil jeg takke tidligere Brannsjef Nils-Erik Haagenrud i Midt-Hedmark brann- og redningsvesen IKS, Overingeniør Roar Kjær ved Landbruksavdelingen hos Fylkesmannen i Hedmark, Regionsjef Sverre Holm i Glommen skog, Varabrannsjef Eivind L. Rake ved Brannvesenet Sør-Rogaland, statsmeteorolog Håkon Mjelstad ved Meteorologisk institutt, Seniorrådgiver Karen Lie i Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), Kristian Bording, DSB og forsker Jan Håvard Skjetne ved SINTEF IKT for å ha bidratt med nyttige innspill og kunnskap innen sine respektive fagområder. Dessuten takker jeg Norges vassdrags- og energidirektorat, Elverum kommune og Statens landbruksforvaltning for hjelp med å skaffe til veie relevante datasett. Jeg vil

²⁵ <http://www.skogoglandskap.no/>; Aksessert 30. april 2010

²⁶ http://www.statkart.no/?_to=914; Aksessert 9. november 2010

også takke Geodata generelt, og Teknisk rådgiver Tore Jensen i Geodata spesielt, for veiledning og innspill med hensyn på analyse av geografisk informasjon.

7 Referanser

1. F.A. Albini, *Estimating wildfire behaviour and effects*. 1976, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain forest and range experiment station, General Technical Report INT-30.
2. M.E. Alexander, *Estimating the length-to-breadth ratio of elliptical forest fire patterns*, in *Proceedings of the 8th Conference on Fire and Forest Meteorology*. 1985. p. 287-304.
3. H.E. Anderson, *Predicting wind-driven wild land fire size and shape*. 1983, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain forest and range experiment station, General Technical Report INT-305.
4. P.L. Andrews, *BehavePlus fire modeling system: past, present, and future*, in *Proceedings of the 7th Symposium on Fire and Forest Meteorological Society*. 2007. p. 23-25.
5. Arbeidsgruppe skogbrannberedskap. *Skogbrannberedskap og håndtering av den senere tids skogbranner i Norge*, 2008.
6. K. Baug, *Skogbrann*. 2007, Universitetet i Agder.
7. J. Bishop. *Technical background of the FireLine Assessment Method (FLAME)*. in *The fire environment - innovations, management, and policy*. 2007: Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
8. I. Bjørdal and K. Bjørkelo, *AR5 KLASSIFIKASJONSSYSTEM, Klassifikasjon av arealressurser. Håndbok fra Skog og landskap*. 2006, Skog og landskap.
9. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. *Veileder for kommunale risiko og sårbarhetsanalyser*, 1994.
10. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. *Veiledning om enhetlig innsatsledelsessystem*, 2009.
11. M.A. Finney, *FARSITE: Fire Area Simulator-Model Development and Evaluation*. 1998, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Research Paper RMRS-RP-4.
12. Finnish Forest Research Institute. *Finnish Statistical Yearbook of Forestry*, 2009.
13. A. Granström, *Framtidens skogsbränder. Ändrad brandrisk genom förändrad skogsskötsel*. 1998, Räddningsverket.
14. M. Heikinheimo, *Status of forest fire risk assessment and services in the Nordic countries*, in *Report to NOSC 8 meeting*. 2002, NORDMET Steering Committee (NOSC).
15. ISO. *Risk management — Principles and guidelines*, 2009.ISO 31000:2009(E)
16. H. Jaldell, *Tidsfaktorns betydelse vid räddningsinsatser -- en oppdatering av en samhällsekonomisk studie*. 2004, Räddningsverket.
17. J.Y. Larsson and G. Hysten, *SKOGEN I NORGE. Statistikk over skogforhold og skogressurser i Norge registrert i perioden 2000 – 2004*. 2007, Norsk institutt for skog og landskap.
18. Midt-Hedmark brann- og redningsvesen IKS. *Beredskapsplan - skogbrann*, 2010.
19. Midt-Hedmark brann- og redningsvesen IKS. *Risikobegrepet – risikovurdering*, 2010.
20. NORSOK. *Risiko- og beredskapsanalyse*, 2001.Z-013 N
21. National Wildfire Coordinating Group (NWGC). *NWGC Fireline Handbook, Appendix B, Fire behaviour*, 2006.PMS 410/2, NFES 2165
22. R. Rothermel, *Predicting behavior and size of crown fires in the northern Rocky Mountains*. 1991, USDA Forest Service, Intermountain Research Station, Research Paper INT-438.
23. R.C. Rothermel, *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*. 1972, Department of Agriculture, Intermountain Forest and Range Experiment Station, RP-INT-115.
24. J.J. Sharples, R.H.D. McRae, R.O. Weber, and A.M. Gill, *A simple index for assessing fuel moisture content*. *Environmental Modelling & Software*, 2009. **24**: p. 637-646.

25. P. Sindre, *Skogbrann - vern og slokking*, Skogbran Forsikringsselskap Gjensidig.
26. H. Tanskanen, *Fuel conditions and fire behaviour characteristics of managed Picea abies and Pinus sylvestris forests in Finland*, in *Department of Forest Ecology, Faculty of Agriculture and Forestry*. 2007, University of Helsinki.
27. H. Tanskanen, A. Granström, A. Venäläinen, and P. Puttonen, *Moisture dynamics of moss-dominated surface fuel in relation to the structure of Picea abies and Pinus sylvestris stands*. Forest Ecology and Management, 2006. **226**: p. 189-198.
28. S.W. Taylor, R.G. Pike, and M.E. Alexander, *Field Guide to the Canadian Forest Fire Behavior Prediction, Fbp System*. 1997: University of British Columbia Press.
29. B.-H. Øyen, *Skogbrann i Norge de siste 200 år*. 1998, Oppdragsrapport fra Norsk institutt for skogforskning nr 8/98.

Appendiks A Sannsynlighets- og konsekvensfunksjoner

Tabell 10 gir en oversikt over alle påvirkningsfaktorene identifisert i Seksjon 3. De to første kolonnene i tabellen viser identifikator for hver faktor og en beskrivelse av hva faktoren er. Domene angir en mengde av verdier som faktoren kan ha for eksempel er s domenet til faktoren *F1 Dominerende treslag* og mengden av alle heltall er domenet til faktoren *F16a Boliger*. Kilde angir hvilken informasjonskilde de geografiske datasettene kan hentes fra. For noen av faktorene har vi også angitt enhet, slik som meter per sekund (m/s) eller dekar. Da er det implisitt at domenet er heltallene. For noen av faktorene har vi også oppgitt en startverdi. Denne er tatt med av beregningsmessige hensyn, for at det skal være mulig å beregne risikoverdi i de tilfellene noen verdier ikke er kjent ved brannens start.

Tabell 10 Påvirkningsfaktorer

Id	Beskrivelse	Domene	Kilde	Enhet	Start-verdi
<i>F1</i>	<i>Dominerende Treslag</i>	{Grandominert, Furudominert, Barblanding, Blanding, Lauvdominert}	SAT_SKOG ²⁷ Kilden ²⁸		
<i>F2</i>	<i>Alder</i>	{Hogstflate (0-15), Ungskog (15-30), Eldre ungskog (30-45), Eldre skog (> 45)}	SAT_SKOG Kilden		
<i>F3</i>	<i>Temperatur</i>		Temperaturmåler	°C	
<i>F4</i>	<i>Relativ luftfuktighet</i>	{0,...,100}	Luftfuktighetsmåler	%	
<i>F5</i>	<i>Vindhastighet</i>		Vindmåler Meteorologisk institutt	m/s	0 m/s
<i>F6</i>	<i>Helningsgrad</i>	{0,...,100}	Norge digitalt ²⁹ Kilden	%	0 %
<i>F7</i>	<i>Veistandard</i>	{Kjørbar, Ikke kjørbare}	Fylkesmannen		
<i>F8</i>	<i>Kjøreavstand</i>		Kart	km	
<i>F9</i>	<i>Avstand til vann</i>		Kart	m	
<i>F13</i>	<i>Bonitet</i> ³⁰	{Lav, Middels - Høg, Særs høg}	SAT_SKOG Kilden		
<i>F14</i>	<i>Vindretning</i>	{0°, ..., 360°}	Vindmåler, Meteorologisk institutt	°	Udefinert
<i>F16</i> ³¹	<i>Matrikkelen</i>		Matrikkelen ³²		
<i>F16a</i>	<i>Boliger</i>	Heltall			
<i>F16b</i>	<i>Hytter</i>	Heltall			
<i>F16c</i>	<i>Industri-område</i>	{Ja, Nei}			
<i>F16d</i>	<i>Bebodde hus</i>	Heltall			

²⁷ <http://www.skogoglandskap.no/> Aksessert 30. april 2010

²⁸ <http://kilden.skogoglandskap.no/map/kilden/index.jsp> Aksessert 20. januar 2011

²⁹ http://www.statkart.no/Norge_digitalt/Norsk/Basisdata/Hoydedata/ Aksessert 1. februar 2011.

³⁰ Faktorene *F10*, *F11* og *F12* er ikke lenger med, så her mangler det derfor tre rader i tabellen.

³¹ Faktor *F15* er ikke lenger med, så her mangler det derfor en rad i tabellen.

³² <http://www.statkart.no/nor/Matrikkel/> Aksessert 31. januar 2011.

Id	Beskrivelse	Domene	Kilde	Enhet	Start-verdi
<i>F16e</i>	<i>Hus for dyr</i>	Heltall			
<i>F17</i>	<i>Høyspent-ledning</i>	{Ja, Nei}	NVE Atlas ³³		
<i>F18</i>	<i>Terningmoen</i>	{Ja, Nei}	Forsvaret		
<i>F18b</i>	<i>Blindsonen</i>	{Ja, Nei}	Forsvaret		
<i>F19</i>	<i>Anleggs plass</i>	{Ja, Nei}	Statens vegvesen		
<i>F19b</i>	<i>Sprengstoff lagret</i>	{Ja, Nei}	Statens vegvesen		
<i>F20</i>	<i>Lagring av farlig stoff</i>	{Ja, Nei}	DSB		
<i>F21</i>	<i>Sårbare områder</i>	{Ja, Nei}	Naturbase, DN		
<i>F21b</i>	<i>Beiteområde</i>	{Ja, Nei, Ukjent}	Kilde mangler		Ukjent
<i>F22</i>	<i>Brennstoff</i>	{marksjikt, krone}	manuell		mark-sjikt
<i>F23</i>	<i>Startsted brann</i>		manuell	et polygon	
<i>F24</i>	<i>Varighet av brannen</i>		funksjon	minutter	<i>innsats-tid</i>
<i>F25</i>	<i>Artype</i>	{Fulldyrka jord, Overflatedyrka jord, Innmarksbeite, Skog, Myr, Åpen fastmark, Vann, Snøisbre, Samferdsel, Bebyggd, Ikke kartlagt}	Felles Kartdatabase AR5 ³⁴ Kilden		
<i>F26</i>	<i>sprednings-hastighet ratio</i>		funksjon		0

Tabell 11 og Tabell 12 viser henholdsvis funksjonene som beregner konsekvensen av uønskede hendelser og funksjonene som beregner sannsynligheter for hendelser, scenarioer og relasjoner. Den første kolonnen fra venstre angir navnet på funksjonen, mens den andre angir selve funksjonsdefinisjonen. Den tredje kolonnen angir hvilke påvirkningsfaktorer og delfunksjoner som benyttes. I noen tilfeller er funksjonsdefinisjonene hentet fra eksterne kilder [1, 7, 21, 26]. Kilden er da angitt i fjerde kolonne fra venstre.

Konsekvensen av en uønsket hendelse beregnes som en funksjon av verdiene i det området som berøres av skogbrannen (*Brannområde*). *Brannområde* er en mengde datasett som består kun av felter med koordinater innenfor det området som er forventet å brenne. Som tidligere nevnt benytter vi en elliptisk modell for å beregne størrelsen på brannen i likhet med brannmodelleringsverktøyene BehavePlus [4] og FARSITE [11]. I tillegg til å vite hvor stort areal som kan brenne, er det nødvendig å vite omtrent hvor dette arealet er, for å kunne si noe om konsekvens. Det vil si, i hvilken retning brannen beveger seg. Hvis vindretning ikke er kjent ved

³³ <http://arcus.nve.no/website/nve/viewer.htm> Aksessert 1. februar 2011

³⁴ AR5 er et nasjonalt klassifikasjonssystem og kartdatasett som beskriver arealressursene [8].

oppstart av en brann, så vil *Brannområde* beregnes ved å lage en buffer rundt startsted for brann med forventet spredningsdistanse som radius. Hvis vindretningen er kjent vil *Brannområde* være en rettet ellipse ut i fra brannens startsted. Dette er en forenkling i forhold til virkeligheten, men vil kunne gi en pekepinn på risikonivået for en brann ved brannens oppstart. Ofte vil heller ikke nøyaktige koordinater for brannen være kjent i det alarmen går. For å kunne beregne forventet konsekvens av brannen må man da gjøre en antakelse om hvor omtrent startstedet er, som kan justeres etter hvert. Selve funksjonen som beregner koordinatene til en rettet ellipse i et kart er ikke tatt med her. Vi forutsetter at denne vil være definert som en del av et kartbasert beslutningsstøtteverktøy (Figur 2).

For å finne verdien av aktiva skog i *Brannområde* tar vi snittverdien av skogen innenfor dette området. Verdien bestemmes av skogtypens prioritet, definert i Tabell 4. Når funksjonen *prioritet* i Tabell 11 bruker påvirkningsfaktor *F2 Alder*, menes snittverdien av denne faktoren i *Brannområde*. Dette gjelder også for de andre funksjonene som refererer til påvirkningsfaktorer.

Tabell 11 Konsekvensfunksjoner

Funksjon	Definisjon	Faktorer	Kilde
<i>Brannområde</i>	hvis <i>F14</i> = Udefinert: <i>Buffer</i> ellers <i>Brannretningsområde</i>	<i>F14</i>	
<i>Buffer</i>	<i>LagBuffer(F23, spredningsdistanse)</i>	<i>F23</i> , <i>spredningsdistanse</i>	
<i>Brannretnings- -område</i>	<i>LagEllipse(F23, spredningsdistanse, F14, Vindhastighet ved brannfront)</i>	<i>F14, F23</i> , <i>spredningsdistanse</i> , <i>Vindhastighet ved brannfront</i>	
<i>k_S</i>	hvis <i>Brannområde</i> ≤ 160 dekar: Lite farlig hvis (160 dekar < <i>Brannområde</i> ≤ 1600 dekar og prioritet ≤ 2) eller (1600 dekar < <i>Brannområde</i> ≤ 16000 og prioritet = 3): Farlig hvis (1600 < <i>Brannområde</i> ≤ 16000 og prioritet ≤ 2) eller (<i>Brannområde</i> > 16 000 dekar og prioritet = 3)) Meget farlig hvis <i>Brannområde</i> > 16 000 dekar og prioritet ≤ 2: Katastrofalt	<i>Brannområde</i> , <i>prioritet</i>	
<i>prioritet</i>	hvis <i>F2</i> = Hogstflate: 3 hvis (<i>F2</i> = Ungskog) eller (<i>F2</i> = Eldre Ungskog og <i>F13</i> < Særs høy): 2 hvis (<i>F2</i> = Eldre skog) eller (<i>F2</i> = Eldre ungsog og <i>F13</i> = Særs høy): 1	<i>F2</i> , <i>F13</i>	Glommen skog
<i>sprednings- distanse</i>	<i>spredningshastighet</i> × <i>F24</i>	<i>sprednings- hastighet</i> , <i>innsatstid</i>	NWGC [21]
<i>innsatstid</i>	<i>kjøretid</i> + 2	<i>kjøretid</i>	
<i>kjøretid</i>	<i>F8</i> (minutter)	<i>F8</i>	
<i>sprednings-</i>	<i>initiell spredningshastighet</i> ×	<i>initiell sprednings-</i>	

Funksjon	Definisjon	Faktorer	Kilde
<i>hastighet</i>	<i>spredningshastighet ratio</i>	<i>hastighet, spredningshastighet ratio</i>	
<i>initiell spredningshastighet</i>	hvis <i>skogtype</i> = Pinus_0 og <i>Vindhastighet ved brannfront</i> ≤ 1.1 og <i>fuktighet i brennstoff</i> ≤ 11: 0.5 meter/min hvis <i>skogtype</i> = Pinus_15 og <i>Vindhastighet ved brannfront</i> ≤ 0.3 og <i>fuktighet i brennstoff</i> ≤ 13: 0.4 meter/min hvis <i>skogtype</i> = Pinus_30 og <i>Vindhastighet ved brannfront</i> ≤ 0.2 og <i>fuktighet i brennstoff</i> ≤ 11: 1.1 meter/min hvis <i>skogtype</i> = Pinus_45 og <i>Vindhastighet ved brannfront</i> ≤ 1.1 og <i>fuktighet i brennstoff</i> ≤ 15: 1.9 meter/min hvis <i>skogtype</i> = Picea_0 og <i>Vindhastighet ved brannfront</i> ≤ 0.5 og <i>fuktighet i brennstoff</i> ≤ 14: 0.3 meter/min hvis <i>skogtype</i> = Picea_15 og <i>Vindhastighet ved brannfront</i> ≤ 0 og <i>fuktighet i brennstoff</i> ≤ 45: 0.7 meter/min hvis <i>skogtype</i> = Picea_4060 og <i>Vindhastighet ved brannfront</i> ≤ 4 og <i>fuktighet i brennstoff</i> ≤ 11: 0 meter/min	<i>skogtype, fuktighet i brennstoff, Vindhastighet ved brannfront</i>	Tanskanen [26]
<i>skogtype</i>	hvis <i>F1</i> = Furudominert og <i>F2</i> = Hogstflate: Pinus_0 hvis <i>F1</i> = Furudominert og <i>F2</i> = Ungskog: Pinus_15 hvis <i>F1</i> = Furudominert og <i>F2</i> = Eldre ungskog: Pinus_30 hvis <i>F1</i> = Furudominert og <i>F2</i> = Eldre skog: Pinus_45 hvis <i>F1</i> = Grandominert og <i>F2</i> = Hogstflate: Picea_0 hvis <i>F1</i> = Grandominert og <i>F2</i> = Ungskog: Picea_15 hvis <i>F1</i> = Grandominert og <i>F2</i> ≥ Eldre ungskog: Picea_4060	<i>F1, F2</i>	Tanskanen [26]
<i>fuktighet i brennstoff</i> ³⁵	hvis <i>skogtype</i> = Pinus_0 eller hvis <i>skogtype</i> = Pinus_15 eller hvis <i>skogtype</i> = Pinus_30 eller hvis <i>skogtype</i> = Pinus_45 eller hvis <i>skogtype</i> = Picea_0: <i>FMI</i> hvis <i>skogtype</i> = Picea_4060: $467.4 \cdot \exp(-0.378 \cdot FFI)$	<i>skogtype, FFI</i>	[24, 27]
<i>FFI</i>	hvis <i>FMI</i> = 11%: > 6 hvis 11% ≤ <i>FMI</i> ≤ 14%: 5-5.9	<i>FMI</i>	[14]

³⁵ Sharples forenklete indeks (FMI) har vist seg å passe bra på brennstoffmodeller som omfatter furu, og for ungskog av gran [24], men mindre bra for eldre granskog. Vi bruker derfor Tanskanens formel for beregning av fuktighetsinnhold i gran for denne tretypen [27].

Funksjon	Definisjon	Faktorer	Kilde
	hvis $15\% \leq FMI \leq 19\%$: 4-4.9 hvis $20\% \leq FMI \leq 25\%$: 3-3.9 hvis $26\% \leq FMI \leq 32\%$: 2-2.9 hvis $FMI \geq 33\%$: 1-1.9		
<i>FMI (indeks for fuktighet i brennstoff)</i>	$10-0.25 \times (F3-F4)$	$F3, F4$	Sharples [24]
<i>Vindhastighet ved brannfront</i>	$0.25 * F5$ målt 6 meter over bakken (Norge: 10 meter ³⁶) ved lav løpebrann $0.5 * F5$ ved toppbrann	$F5$	FLAME [7], NWGC[21]
<i>sprednings-hastighet ratio</i>	hvis $F22_A = F22_I$: $(EV_A/EV_I)^{1.2}$ ellers: $(\alpha_A / \alpha_I) (EV_I)^{(\beta_A - \beta_I)} (EV_A / EV_I)^{\beta_I}$	$F22, EV$ (effektiv vindhastighet)	FLAME [7]
<i>Brennstoff-koeffisient</i>	hvis $F22 = \text{marksjikt}$: $\alpha_M = 1.03$, $\beta_M = 1.213$ hvis $F22 = \text{krone}$: $\alpha_K = 4.87$, $\beta_K = 1.146$	$F22$	FLAME [7]
<i>effektiv vindhastighet</i>	hvis $F6 \leq 20\%$: <i>Vindhastighet ved brannfront</i> hvis $F6 = 20\%-40\%$: <i>Vindhastighet ved brannfront</i> + 0.45 m/s hvis $F6 = 40\%-60\%$: <i>Vindhastighet ved brannfront</i> + 0.89 m/s hvis $F6 = 60-80\%$: <i>Vindhastighet ved brannfront</i> + 1.34 m/s hvis $F6 > 80\%$: <i>Vindhastighet ved brannfront</i> + 2.24	$F6$	FLAME [7]
k_B	Antall boliger i Brannområde*2,5 mill NOK ³⁷	$F16a$, <i>Brannområde</i>	
k_H	Antall hytter i Brannområde*1 mill NOK	$F16b$, <i>Brannområde</i>	
k_M	hvis antall bebodde hus i Brannområde > 0: Katastrofalt ellers Lite farlig	$F16d$, <i>Brannområde</i>	
k_{D1}	hvis antall hus for dyr i Brannområde > 0: Farlig ellers Lite farlig	$F16e$, <i>Brannområde</i>	
k_{D2}	hvis beiteområde i Brannområde = Ja: Lite farlig	$F21b$, <i>Brannområde</i>	
k_F	hvis sårbar fauna i Brannområde = Ja: Lite farlig	$F21$, <i>Brannområde</i>	

Tabell 12 Sannsynlighetsfunksjoner for innledende hendelse

Funksjon	Definisjon	Faktorer	Kilde
----------	------------	----------	-------

³⁶ <http://www.yr.no/nyheter/1.6715223> Akseptert 20. august 2010

³⁷ <http://www.ssb.no/boligstat/> Akseptert 16. november 2010

Funksjon	Definisjon	Faktorer	Kilde
$f_{BS \rightarrow BU}$	<p>hvis <i>spredningshastighet</i> > 30 meter/min og $F22 = \text{krone}$: Meget sannsynlig</p> <p>hvis <i>spredningshastighet</i> > 30 meter/min: Sannsynlig</p> <p>hvis $10 < \text{spredningshastighet} \leq 30$: Mulig</p> <p>hvis <i>spredningshastighet</i> ≤ 10: Mindre sannsynlig</p>	<i>spredningshastighet</i> , $F22$	
f_{BB}	$f_{BS \rightarrow BU} * \text{Sannsynlig}$		
f_{BUT}	$f_{BS \rightarrow BU} * \text{Sannsynlig}$		
$f_{BS \rightarrow BH}$	<p>hvis $F14 \neq \text{Udefinert}$: (hvis <i>antall bygninger i Brannretningsområde</i> > 0: Meget Sannsynlig</p> <p>hvis <i>antall bygninger i Brannområde</i> > 0: Sannsynlig</p> <p>hvis <i>antall bygninger i Brannområde</i> > 0: Sannsynlig)</p> <p>ellers: Lite sannsynlig</p>	$F14$, <i>Brannområde</i> , <i>Brannretningsområde</i>	
f_{HHB}	$f_{BS \rightarrow BH} * \text{Mulig}$		
$f_{BS \rightarrow TF}$	<p>hvis $F2 \leq \text{Hogstflate}$: Lite sannsynlig</p> <p>hvis $F2 \leq \text{Ungskog}$: Mindre sannsynlig</p> <p>hvis $F2 \leq \text{Eldre ungsog}$: Mulig</p> <p>hvis $F2 = \text{Eldre skog}$ og <i>spredningshastighet</i> > 30 meter/min og $F22 = \text{krone}$: Meget sannsynlig</p>	$F2$, <i>spredningshastighet</i> , $F22$	
$f_{TF \rightarrow TH}$	<p>hvis $F14 \neq \text{Udefinert}$: (hvis (<i>høyspentledning i Brannretningsområde</i> = Ja: Meget Sannsynlig)</p> <p>ellers hvis (<i>høyspentledning i Brannområde</i> = Ja: Sannsynlig))</p> <p>ellers (hvis (<i>høyspentledning i Brannområde</i> = Ja: Sannsynlig)</p> <p>ellers Lite sannsynlig)</p>	$F14$, <i>Brannområde</i> , <i>Brannretningsområde</i>	
f_{TH}	$f_{BS \rightarrow TF} * f_{TF \rightarrow TH}$		
f_{MT}	$f_{BS \rightarrow TF} * \text{Sannsynlig}$		
f_{MS}	$f_{TH} * \text{Sannsynlig}$		
f_{MF}	$f_{BS \rightarrow BU} * \text{Mulig}$		
$f_{BS \rightarrow LS}$	<p>hvis <i>Brannområde</i> ≤ 160 dekar: Mindre sannsynlig</p> <p>hvis $160 < \text{Brannområde} \leq 1600$ dekar: Mulig</p> <p>hvis $1600 < \text{Brannområde} \leq 16000$ dekar: Sannsynlig</p> <p>hvis <i>Brannområde</i> > 16000 dekar: Meget sannsynlig</p>	<i>Brannområde</i>	
f_{MU}	$f_{BS \rightarrow LS} * \text{Sannsynlig}$		
$f_{BS \rightarrow TRV}$	<p>hvis $F25 = 60$ (Myr): Meget sannsynlig</p> <p>ellers: 0</p>	$F25$	

Funksjon	Definisjon	Faktorer	Kilde
f_G	$f_{BS \rightarrow TRV} * \text{Mulig}$		
$f_{BS \rightarrow MS}$	hvis $F6 \geq 30\%$ Mulig ellers Lite sannsynlig	$F6$	
f_{MS}	$f_{BS \rightarrow MS}$		
$f_{BS \rightarrow TM}$	hvis $F14 \neq \text{Udefinert}$: (hvis (<i>Terningmoen i Brannretningsområde</i> = Ja: Meget Sannsynlig) ellers hvis (<i>Terningmoen i Brannområde</i> = Ja: Sannsynlig)) ellers (hvis (<i>Terningmoen i Brannområde</i> = Ja: Sannsynlig) ellers Lite sannsynlig)	$F18$, $F14$, <i>Brannområde</i> , <i>Brannretningsområde</i>	
$f_{TM \rightarrow G}$	hvis $F14 \neq \text{Udefinert}$: (hvis (<i>Blindsonen i Brannretningsområde</i> = Ja: Meget Sannsynlig) ellers hvis (<i>Blindsonen i Brannområde</i> = Ja: Sannsynlig)) ellers (hvis (<i>Blindsonen i Brannområde</i> = Ja: Sannsynlig) ellers Lite sannsynlig)	$F18$, $F14$, <i>Brannområde</i> , <i>Brannretningsområde</i>	
$f_{BS \rightarrow A}$	hvis $F14 \neq \text{Udefinert}$: (hvis (<i>Anleggsplass i Brannretningsområde</i> = Ja: Meget Sannsynlig) ellers hvis (<i>Anleggsplass i Brannområde</i> = Ja: Sannsynlig)) ellers (hvis (<i>Anleggsplass i Brannområde</i> = Ja: Sannsynlig) ellers Lite sannsynlig)	$F19$, $F14$, <i>Brannområde</i> , <i>Brannretningsområde</i>	
$f_{A \rightarrow BS}$	hvis $F14 \neq \text{Udefinert}$: (hvis (<i>Sprengstoff lagret i Brannretningsområde</i> = Ja: Meget Sannsynlig) ellers hvis (<i>Sprengstoff lagret i Brannområde</i> = Ja: Sannsynlig)) ellers (hvis (<i>Sprengstoff lagret i Brannområde</i> = Ja: Sannsynlig) ellers Lite sannsynlig)	$F19b$, $F14$, <i>Brannområde</i> , <i>Brannretningsområde</i>	

Funksjon	Definisjon	Faktorer	Kilde
$f_{BS \rightarrow I}$	hvis $F14 \neq$ Udefinert: (hvis (<i>Industriområde i Brannretningsområde</i> = Ja: Meget Sannsynlig) ellers hvis (<i>Industriområde i Brannområde</i> = Ja: Sannsynlig)) ellers (hvis (<i>Industriområde i Brannområde</i> = Ja: Sannsynlig) ellers Lite sannsynlig)	$F16c$, $F14$, <i>Brannområde</i> , <i>Brannretningsområde</i>	
$f_{I \rightarrow BG}$	hvis $F14 \neq$ Udefinert: (hvis (<i>Lagring av farlig stoff i Brannretningsområde</i> = Ja: Meget Sannsynlig) ellers hvis (<i>Lagring av farlig stoff i Brannområde</i> = Ja: Sannsynlig)) ellers (hvis (<i>Lagring av farlig stoff i Brannområde</i> = Ja: Sannsynlig) ellers Lite sannsynlig)	$F20$, $F14$, <i>Brannområde</i> , <i>Brannretningsområde</i>	
f_G	$f_{BS \rightarrow TM} * f_{TM \rightarrow G}$		
f_E	$f_{BS \rightarrow A} * f_{A \rightarrow BS} * \text{Mulig}$		
f_{GE}	$f_{BS \rightarrow I} * f_{I \rightarrow BG} * \text{Mulig}$		
$f_{BS \rightarrow BBH}$	hvis $F14 \neq$ Udefinert: (hvis (<i>beboede hus i Brannretningsområde</i> > 0: Meget Sannsynlig) ellers hvis (<i>beboede hus i Brannområde</i> > 0: Sannsynlig)) ellers (hvis (<i>beboede hus i Brannområde</i> > 0: Sannsynlig) ellers Lite sannsynlig)	$F16d$, $F14$, <i>Brannområde</i> , <i>Brannretningsområde</i>	
f_{IE}	$f_{BS \rightarrow BBH} * \text{Mulig}$		
$f_{BS \rightarrow BD}$	hvis $F14 \neq$ Udefinert: (hvis (<i>Sårbare områder i Brannretningsområde</i> = Ja: Meget Sannsynlig) ellers hvis (<i>Sårbare områder i Brannområde</i> = Ja: Sannsynlig)) ellers (hvis (<i>Sårbare områder i Brannområde</i> = Ja: Sannsynlig) ellers Lite sannsynlig)	$F21$, $F14$, <i>Brannområde</i> , <i>Brannretningsområde</i>	
$f_{B\emptyset}$	$f_{BS \rightarrow BD} * \text{Mulig}$		

Appendiks B Sannsynlighets- og konsekvensfunksjoner for endrede faktorer

Tabell 13 viser funksjonene som beregner de nye verdiene basert på endringer i påvirkningsfaktorene. Den første kolonnen fra venstre angir navnet på funksjonen, mens den andre angir selve funksjonsdefinisjonen. Den tredje kolonnen angir hvilke påvirkningsfaktorer og delfunksjoner som benyttes. I noen tilfeller er funksjonsdefinisjonene hentet fra eksterne kilder [6, 7]. Kilden er da angitt i fjerde kolonne fra venstre.

Tabell 13 Sannsynlighetsfunksjoner for antatte endringer

Funksjon	Definisjon	Faktorer	Kilde
$spredningshastighet_{NF}$	$(F4_I - F4_A) * 2$ (økning i ROS som funksjon av endring i relativ fuktighet)	$F4_I, F4_A$	FLAME [7], s. 20, 38
f_{FR}	$af_R * af_{BR \rightarrow IO}$		
$f_{LS \rightarrow T}$	hvis $FMI \leq 11\%$ og $F4 \leq 20$: Mulig hvis $FMI \leq 11\%$ og $F6 \geq 30\%$ og $F5 \geq 8$ meter/sekund og $F4 \leq 35$: Sannsynlig hvis $FMI \leq 11\%$ og $F6 \geq 30\%$ og $F5 \geq 8$ meter/sekund og $F4 \leq 20$: Meget sannsynlig	$F3, F4, F5, F6$	FLAME [7], Skogbrann [6]
$f_{R \rightarrow ST}$	hvis $F14 \neq$ Udefinert: (hvis (Skogtype i Brannretningsområde = Pinus_30: Meget Sannsynlig) ellers hvis (Skogtype i Brannområde = Pinus_30: Sannsynlig)) ellers (hvis (Skogtype i Brannområde = Pinus_30: Sannsynlig) ellers Lite sannsynlig)		
f_{ST}	$af_R * \text{Mulig}$		
f_{SR}	$af_{R\emptyset} * \text{Mulig}$		
f_{BBR}	$(f_{BS \rightarrow BU} * \text{Sannsynlig}) + (af_R * \text{Sannsynlig}) - (f_{BS \rightarrow BU} * \text{Sannsynlig}) * (af_R * \text{Sannsynlig})^{38}$		
f_{BUTR}	$(f_{BS \rightarrow BU} * \text{Sannsynlig}) + (af_R * \text{Sannsynlig}) - (f_{BS \rightarrow BU} * \text{Sannsynlig}) * (af_R * \text{Sannsynlig})$		
f_{HHBR}	$af_R * af_{BR \rightarrow IO} * f_{BS \rightarrow BH} * \text{Mulig}$		
f_{TF}	$f_{LS \rightarrow T} * f_{BS \rightarrow TF}$		
f_{MFT}	$f_{LS \rightarrow T} * f_{BS \rightarrow BU} * \text{Mulig}$		
f_{LS}	$f_{LS \rightarrow T} * f_{BS \rightarrow LS}$		
f_{MFR}	$f_{BS \rightarrow BU} * \text{Mulig} + af_R * \text{Sannsynlig} - f_{BS \rightarrow BU} * \text{Mulig} * af_R * \text{Sannsynlig}^{39}$		
$f_{MFR\emptyset}$	$f_{BS \rightarrow BU} * \text{Mulig} + af_{R\emptyset} * \text{Mulig} - f_{BS \rightarrow BU} * \text{Mulig} * af_{R\emptyset} * \text{Mulig}$		
f_{TRV}	$af_R * af_{BR \rightarrow IO} * f_{BS \rightarrow TRV}$		
f_{MS}	$af_R * af_{BR \rightarrow IO} * f_{BS \rightarrow MS}$		
f_{TM}	$af_R * af_{BR \rightarrow IO} * f_{BS \rightarrow TM}$		
f_A	$af_R * af_{BR \rightarrow IO} * f_{BS \rightarrow A}$		

³⁸ Her antar vi at brannhastigheten er statistisk uavhengig av retningen på vinden.

³⁹ Her antar vi at brannhastigheten er statistisk uavhengig av retningen på vinden

Funksjon	Definisjon	Faktorer	Kilde
f_I	$af_R * af_{BR \rightarrow IO} * f_{BS \rightarrow I}$		
f_{IER}	$af_R * af_{BR \rightarrow IO} * f_{BS \rightarrow BBH} * \text{Mulig}$		
$f_{B\emptyset R}$	$af_R * af_{BR \rightarrow IO} * f_{BS \rightarrow BD} * \text{Mulig}$		