

## Brannskallsikring i tett trehusmiljø

**Nils Martin Tobias**  
**Jarnskjold**

Bygg- og miljøteknikk (2-årig)

Innlevert: mai 2015

Hovedveileder: Harald Landrø, BAT

Medveileder: Geir Jensen, COWI AS

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for bygg, anlegg og transport





## Forord

Oppgaven er avsluttende for masterstudium innen bygg- og miljøteknikk ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU). Tidsrammene for prosjektet spenner seg over perioden fra 14. januar til 10. juni 2015.

Med bakgrunn i brannen som fant sted i Lærdal 19. januar 2014, er det valgt å ta for seg problematikken angående spredning av brann over store avstander som følge av gnistregn. Vind i kombinasjon med brann er ikke et ukjent fenomen som vil kunne føre til uforutsigbar spredning både i tette trehusmiljø og i naturlig vegetasjon. Det er derfor ønskelig gjennom oppgaven å kartlegge tiltak i tillegg til å etablere et verktøy som kan indikere faren for denne type spredning og dermed også gjøre fenomenet forutsigbart.

Det er ikke investert i laboratoriske tester og oppgaven baserer seg derfor på et litteraturstudium i tillegg til erfaringsbaserte forskningsintervjuer, som blir grunnlaget for resultatene lagt frem i denne rapporten.

Jeg ønsker å benytte anledningen til å takke min eksterne veileder i COWI AS v/ Geir Jensen som har vært til god hjelp under hele prosjektet.

En takk rettes også til Guttorm Gullaksen, Kjell Inge Sanden, Anne Steen-Hansen, Trond Grindheim, Espen Iversen, Gaute Johnsgaard, Morten Sortland, Odd A. Rød og Reidar Kvigne som lot seg intervju og bidro til løsning av oppgaven.

## Sammendrag

Brannspredning forårsaket av gnister eller flyvebrann er et lite belyst problem, tross for at denne formen for spredning står for over 50% av all brannspredning. Den største utfordringen ved denne formen for brannspredning er at den er svært uforutsigbar hvor en antennelse ofte ikke oppdages før en etablert brann har rukket å oppstå. Spredningsformen har et potensiale til å spre seg over store avstander slik den eksempelvis gjorde i Lærdal natt til den 19. januar 2014. Etter dette ble det et økende fokus på beredskap og aktiv slukking, fremfor passive tiltak og løsninger. Passive tiltak og løsninger kan derimot vise seg å være både effektive og kostnadsbesparende.

Klima er i dag mye omdiskutert i media og man skal ikke se bort ifra at ekstremvær bidrar til å øke faren for denne type brannspredning. Både USA og Australia opplever flere slike branner i løpet av et år. Kun et fåtall av disse utvikler seg til større konflagrasjonsbrann, noe som igjen er en fare for tett bebyggelse. Slike branner blir referert til som «Wildland Urbane Interface Fires» (WUI Fires) og er et økende problem for disse landene. Blant annet har The National Institute of Technology and Standards (NIST) i USA, etablert en komite som har satt i gang et forskningsprogram knyttet til temaet. Hensikten er å utvikle nye verktøy og tilegne ny kunnskap som innhentes verden over.

Ettersom Norge har flere tette trehusmiljøer og flere verneverdige områder, vil denne oppgaven være ment å belyse brannspredning i tett trehusmiljø. Videre vil oppgaven utrede sårbare konstruksjonsdeler og passive tiltak, samt etablere et verktøy for å vurdere sikkerhetsnivået mot ytre brannpåkjenning. Det blir stilt spørsmål om hvilke faktorer som er av betydning for ytre brannspredning og hvilke passive tiltak som kan bidra til redusere spredningsfaren. Denne type brannspredning er i større grad et problem i både USA og Australia. Det rettes et søkelys mot disse landenes kunnskapsstatus med hensyn til forebygging og bekjempelse av områdebranner. Dette for videre å trekke ut det som er relevant for norske forhold.

I tillegg til et litteraturstudium er Lærdalbrannen brukt som case supplert med kvalitative forskningsintervjuer av personer som var på stedet under brannen. Intervjuene belyser sårbarheter i brannskallet og faktorer som har innvirkning på eksponeringsgraden. I hovedsak var det kombinasjonen av sterk vind, tørke og brann som førte til den hyppige brannspredningen. Trehusbebyggelsen i Lærdal skiller seg ikke spesielt ut fra andre norske trehusmiljøer og det er derfor heller ikke unaturlig at en tilsvarende hendelse vil kunne gjenta seg andre steder.

Ettersom tema er et større problem i utlandet enn i Norge, er det naturlig å se nærmere på forskning fra disse landene. Et studium gjennomført i USA indikerer at gnister fra naturlig vegetasjon har en gjennomsnittlig størrelse på  $0,15\text{cm}^2$ , der den største andelen av gnister og glør er relativt små ( $<0,5\text{cm}^2$ ). I motsetning til dette studiet, spredte Lærdalsbrannen seg i større grad direkte fra bygg til bygg. Studiet vil likevel være relevant ettersom den påpeker hvilken fare selv små gnister utgjør.

Ut fra resultatene fra kartleggingen av gnisters størrelse, har man utviklet en gnistgenerator hvor man videre har testet ulike konstruksjonsdeler i en vindtunnel. Disse forsøkene beviser at gnister som trenger seg inn under eksempelvis takteking vil være i stand til å antenne konstruksjonen. Nettinger med maskevidde på 2mm vil i stor grad bidra til å redusere faren for inntrengning og antennelse. Videre ble også fasader, takfot og vinduer testet. Glipper og sprekker er svært sårbare for påkjenningen. I tillegg beviser testene at risikoen ved at lettantennelig materialer akkumuleres på tørre steder, vil øke faren for antennelse av bygget.

Det har vært nødvendig å definere hva som menes med et brannskall, for videre å påpeke sårbarheter i dette. Brannskallet er det ytterste materialsjiktet til bygningen, hvor lufteventiler i grunnmur, luftespalter i underkant av kledning og i takfot, samt dreneringspalter over vinduer og dører er de mest utsatte og kritiske områdene i skallet. Tette og slette overflater er også av betydning for å redusere faren for antennelse. Brannskallet er videre delt inn i ulike brannskallelementer; dekker, tak, yttervegger, grunnmur, dører og vinduer. Hvert element er rangert ift. sannsynlighet for antennelse, konsekvensen av en lokal etablert brann i overflaten, spredningsfare til andre elementer og brannskallets gjennombrenningstid i minutter.

Viktige løsninger for å sikre et kontinuerlig brannskall og samtidig opprettholde tilstrekkelig ventilering blir presentert. Deriblant er dette alternativer som massive, ventilerende og klassifiserte brannstoppere. Enkelte produkter i dag evner momentant å stoppe direkte flammepåkjennning, hindre gnister fra å trenge inn under brannskallet, i tillegg til at de opprettholder tilstrekkelig ventilering og lufting av konstruksjonen. Et kort underkapittel vil også ta for seg minimumskrav til lufting hvor det blant annet avdekkes at kravet til luftespalte i bunn og topp av fasaden ikke nødvendigvis trenger å være større enn 4mm.

Ved kartlegging av utenlands kunnskapsstatus blir blant annet regelverk fra California og Australia tatt for seg. California setter i dag krav til utførelse av tak og ventilering, yttervegger og beskyttelse av dekker. I alle luftespalter settes det krav til bruk av ubrennbare nettinger med maskevidde på 3-6mm. Den Australske standarden har noe strengere krav vedrørende luftespalter hvor største maskevidde på nettingen ikke skal være større enn 2mm. I tillegg har Australia etablert en enkel beregningsmodell for å kategorisere bygninger ved hjelp av BAL-verdier (bushfire attack levels) som videre gir spesifikke minstekrav til bygningsskallet.

Lærdalbrannen er brukt som case og det er gjennomført totalt 9 intervjuer oppsummert i eget kapittel. Det er valgt ut 7 personer både fra brannvesenet og private personer som var på stedet under brannen. Et intervju er også gjennomført med Bergen brannvesen, da de har ansvaret for flere verneverdige områder i byen deres. Det siste intervjuet er gjennomført med forsikringsselskapet Gjensidige som i stor grad engasjerer seg i branntematikken. Det påpekes blant annet at gnister og spredning av brann i større grad gikk direkte fra bygg til bygg, fremfor via annen vegetasjon. Takkonstruksjonen avdekkes å være det brannskallelementet som i størst grad blir utsatt for påkjennningen. Bergen har i dag et stort fokus på beredskap og det er utarbeidet strategier for plassering av slukkemannskap, samt samarbeid med nærmeste brannstasjoner. De fokuserer i mindre grad på passive tiltak eksempelvis knyttet til brannskallet.

Det er i oppgaven utarbeidet en indeksmetode som rangerer de ulike eksponeringsfaktorene og brannskallelementene. Metoden setter disse i et system som både er transparent og oversiktlig. Resultatene vil gi en indikasjon på hvilken grad bygget vil være utsatt for ytre brannpåkjenning. Det er en enkel form for komparativ analyse som også belyser og indikerer utfordringer vedrørende eksponeringsgraden og brannskallets robusthet. Det er ved bruk av metoden gjennomført tre beregningseksempler hvor resultatene er ment å indikere ytterpunktene, i tillegg til å gi en indeksverdi for et typisk norsk trehus. Grip Stavkirke, hvor det allerede er utarbeidet brannskallsikring, fikk ut ifra metoden den beste risikoindeksen med en verdi på 1,46. Derimot fikk et uthus på Nordstrand i Oslo den dårligste risikoindeksverdien med en score på 0,69.

De ulike faktorene for eksponeringsgraden har blitt kartlagt. Disse er også satt i system og rangert i indeksmetoden med et gitt vektall:

1. *Klima*; sammensatt av potensielle vindhastigheter og brannfareindeks i området. Vekttall 18%.
2. *Vernesoner*; tar for seg nærliggende naturlig vegetasjon rundt bygget. Vekttall 12%.
3. *Spredningstrinn*; indikerer faren for at brann lavt i terrenget sprer seg høyere opp i annen vegetasjon før videre spredning. Vekttall 6%.
4. *Branngater av ulike slag*; som både reduserer den brennbare flaten rundt bygget i tillegg til å være i stand til å stoppe punktbranner fra videre spredning. Vekttall 6%.
5. *Stell av vekster i hage*; hvor det tas hensyn til stell og plassering av ulike vekster. Vekttall 6%.
6. *Utendørs brannhygiene*; som går på vedlikehold av hage, rydding av møbler takrenner etc. Vekttall 11%.
7. *Brennbare ekstremiteter*; håndterer gjerder, busker eller hekker som står i direkte tilknytning til bygget. Vekttall 11%.
8. *Beliggenhet*; påpeker betydningen av flate tomter og faren ved en kombinasjon av mye vind og brann i skrånet terreng. Vekttall 12%.
9. *Andre byggverk i vernet sone*; hvor bygningstetthet vil øke faren for spredning av brann. Vekttall 18%.

Videre for brannskallet er det valgt å fokusere på sannsynlighet for antennelse av bygget, konsekvensen av en lokal etablert brann i brannskallelementet og brannskallelementets gjennombrenningstid i minutter. Disse ligger til grunn for karakterisering av de ulike brannskallelementene som videre er satt i system i indeksmetoden og gitt et vektall:

1. *Materialer*; håndterer både materialvalg og gjennombrenningstid. Denne må etableres for hvert av brannskallelementene og vil enten kunne bidra eller redusere motstandsevnen. Vektingen avhenger av brannskallelementet.
2. *Dekker*; utsettes for både gnistregn ovenfra og fra siden. Dette kan videre medføre direkte antennelse av dekket og/eller antennelse av brennbart materiale i underkant. Slike dekker har potensiale for å lede en brann inn til bygget. Vekttall 18%.
3. *Tak*; er det elementet som er mest utsatt for flyvebranner. Her er lufting av kalde loft og undertak svært sårbare. I tillegg er tettheten i tekkingen, gjennombrenningstiden og materialvalg avgjørende. Vindskier er også en del av dette brannskallelementet og har potensiale for å fange gnister. Vekttall 28%.
4. *Yttervegger*; er sårbare for antennelse ved rue overflater, som er preget av slitasje og sprekker. En luftet kledning vil være i større fare for antennelse, enn en tett kledning. Dette som følge av mulighet for antennelse i luftespalter, noe som vil føre til en uoversiktlig og rask brannspredning. Vekttall 18%.
5. *Grunnmur*; avhenger av høyde, materialvalg og tetthet. En konflagrasjon på bakkenivå vil ha potensiale til å spre seg opp og inn under kledning. I tillegg vil hull og ventilering av grunnmur ekstra sårbare for gnister som har potensiale til å antenne brennbart materiale i eksempelvis kryperom. Vekttall 14%.
6. *Dører*; er sårbare for gnister som kan trenge seg gjennom glipper mellom dørblad og dørkarm, men også inn i ubeskyttede dreneringsspalter i luftede kledninger. Vekttall 9%.

7. *Vinduer*; vil i tillegg til faren ved antennelse i glipper og åpninger slik som for dører, også være i fare for å knuse som følge av strålingsvarme eller direkte flammekontakt. Vekttall 13%.

Det vil være behov for videre arbeid og dybdestudie innen de ulike faktorene og parameterne som har blitt kartlagt i oppgaven. Videre testing av fasader med totrinnstetning vil også være relevant.

# Innholdsfortegnelse

Forord .....	1
Sammendrag .....	2
1. Innledning.....	9
1.1 Bakgrunn .....	9
1.2 Problemstilling.....	11
1.3 Formål.....	11
1.4 Avgrensning og målgruppe.....	11
1.5 Samarbeidspartnere .....	12
1.6 Rapportens oppbygning .....	12
1.7 Definisjoner av begreper og terminologi .....	13
2. Metode .....	14
2.1 Valg av forskningsmetode .....	14
2.1.1 Kvantitativ metode .....	14
2.1.2 Kvalitativ metode .....	15
2.2 Valgt forskningsmetode for oppgaven .....	15
2.2.1 Gyldighet .....	16
2.2.2 Pålitelighet.....	16
2.2.3 Objektivitet.....	17
2.2.4 Generaliserbarhet .....	17
2.3 Litteraturstudie.....	17
2.4 Indeksmetoden.....	17
2.5 Kritisk refleksjon i forhold til valgt metode .....	17
3. Brannen i Lærdal .....	19
3.1 Brannen i Lærdal januar 2014 .....	19
3.1.1 Brannspredningen .....	20
3.1.2 Brannhindrende tiltak .....	22
3.1.3 Anbefalte tiltak.....	23
3.2 Brannen i Flatanger .....	23
4. Karakterisering av gnistrer .....	25
4.1 Angora brannen.....	25
4.2 Innhenting av data.....	26
4.3 Resultater .....	27
5. Antennelse som følge av gnistregn og bygningskonstruksjonens sårbarhet.....	28

5.1 Takkonstruksjoner .....	28
5.1.5 Takkonstruksjon i ulike vinkler .....	29
5.1.6 Akkumulering av barnåler og brennbart materiale i takrenner .....	30
5.2 Brannskallets ventilasjonsåpninger .....	30
5.3 Fasadekledning og sårbarhet .....	31
5.4 Takfot.....	33
5.5 Vindu .....	35
5.6 Kritisk refleksjon for testene utført av NIST .....	36
6. Brannskallet.....	37
6.1 Yttervegger .....	38
6.1.1 Kledningen.....	38
6.1.2 Luftet kledning.....	39
6.1.3 Ikke luftet kledning.....	40
6.2 Tak og takfot.....	40
6.3 Grunnmur .....	42
6.4 Ytterdører og vinduer.....	42
6.5 Svalganger, terrasser, verandaer og balkonger.....	43
6.6 Oppsummering av brannskallet .....	43
7. Løsninger for å sikre et kontinuerlig brannskall .....	46
7.1 Massive brannstopp .....	46
7.2 Klassifiserte ventilerende brannstoppere .....	46
7.3 Ventilerende brannstopp som kun evner å forsinke spredningen.....	47
7.4 Krav til ventilasjon og drenering i luftede kledninger .....	47
8. Regelverk for brannskallsikring i utlandet.....	49
8.1 California building code chapter 7A [SFM] 2007: Materials and construction methods for exterior wildfire exposure .....	49
8.1.1 Roof and Attic ventilation.....	49
8.1.2 Exterior walls .....	50
8.1.3 Beskyttelse av beleg, gulv og undergulv (Decking, floors and underfloor protection) .....	50
8.2 Australian Standard AS3959 - 2009: Construction of buildings in bushfireprone areas.....	50
9. Forskningsintervjuer.....	54
9.1 Resultater fra intervjuene .....	55
9.1.1 Bergen og deres verneverdig områder .....	58
9.2 Egen refleksjon .....	58

10. Konflagrasjon og flyvebrann, indeksmetoden.....	60
10.1 Eksponeringer.....	60
10.1.1 Klima E1 .....	61
10.1.2 Vernesone E2.....	63
10.1.3 Spredningstrinn E3 .....	64
10.1.4 Branngater E4.....	65
10.1.5 Stell av vekster i hage E5 .....	66
10.1.6 Utendørs brannhygiene E6.....	67
10.1.7 Brennbare ekstremiteter E7 .....	69
10.1.8 Beliggenhet E8.....	70
10.1.9 Andre byggverk i vernet sone E9.....	71
10.1.10 Vanningsanlegg .....	72
10.2 Brannskallelementer .....	72
10.2.1 Materialer C1.....	73
10.2.2 Dekker B1 (terrasser, veranda, balkonger, svalganger etc.) .....	75
10.2.3 Tak B2 .....	77
10.2.4 Yttervegger B3.....	78
10.2.5 Grunnmur B4.....	80
10.2.6 Dører B5.....	81
10.2.7 Vinduer B6.....	82
10.3 Endelig karaktersetting.....	83
11. Beregningseksempler .....	85
12. Konklusjon .....	97
13. Anbefalinger og videre arbeid .....	99
14. Listehenvvisning.....	100
14.1 Figurliste .....	100
14.2 Tabelliste .....	101
14.3 Vedleggsliste.....	102
14.4 Referanseliste.....	103



## 1. Innledning

Brann i kombinasjon med vind kan være en utfordring for brannvesen og slukkearbeid. Spredningsformen er uforutsigbar og kan spre seg over store områder, noe som vil kreve at brannmannskapet er i stand til å mobilisere seg raskt og riktig for kunne håndtere situasjonen.

Denne spredningsformen er ikke ukjent, men det har heller ikke vært mange tilfeller av slike branner i Norge. Brannene som fant sted i Lærdal og Flatanger vil kanskje bli sett på som to usedvanlige tilfeller, ettersom de er de eneste vi kjenner til i nyere tid.

I dag er det økt fokus på bruk av tre i tette bymiljøer, dette er en ny vending siden murtvang ble innført i Christiania i 1624, etter flere branner i byen [2]. Klimadebatter og klimaendringer er stadig et tema i media og det er utarbeidet flere rapporter som indikerer dette. Man skal derfor heller ikke se bort ifra en økende fare for denne type spredning i tette trehusmiljøer.

### 1.1 Bakgrunn

Brannen i Lærdal som brøt ut lørdag kveld den 18. januar 2014, har vekket oppsikt og satt sine spor i samfunnet. Det gikk ingen menneskeliv tapt, men hele 60 bygninger ble skadet og 42 av dem totalskadd. Denne brannen er den største tettsted/bybrannen i Norge siden andre verdenskrig og det er den største i fredstid siden 1923 [3]. Et økende fokus på effektivisering gjenspeiler seg i utredninger og rapporter skrevet for direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB).

Rapporten til SP Fire Research AS "Hva kan vi lære av brannen i Lærdal i januar 2014? Vurdering av brannspredningen" tar for seg 3 ulike problemstillinger og utfordringer til spredning av brann [4]:

1. Flyvebrann
2. Varmestråling
3. Direkte flammekontakt

Disse tre blir utredet ut fra et litteraturstudium og det blir videre foreslått tiltak uten nødvendigvis å vurdere effektiviteten av disse. Det finnes mye kunnskap i dag vedrørende varmemestråling og spredning som følge av dette. På dette område har man godt utviklede beregningsmodeller, noe som gjør oss i stand til å velge riktige løsninger og tiltak for å redusere faren for spredning. Disse tiltakene er ofte enkle og gjennomførbare. Derimot har man hatt lite fokus på flyvebranner, og det finnes få dokumenterte løsninger og anerkjente tiltak som vil kunne bidra til å redusere risikoen for spredning av brann.

Flyvebranner er definert av Kollegiet for Brannfaglig Terminologi (KBT) [5]:

*"Varme partikler som transporteres i luften og faller ned og antenner brennbare materialer. Antennelse av brann på annet sted enn primærbrannområdet, som følge av at et varmt nok materiale med tilstrekkelig energi forflytter seg fra primærbrannen."*

Videre i kommentaren står det følgende:

*Kreftene som flytter partiklene kan være brannens termiske krefter, vind, annen strømming av røyk eller gasser eller tyngdekraften. Kan opptre både utvendig og inne i bygninger.*

Ved mye vind og ugunstige forhold vil avstandene mellom bygninger være uvesentlig og det er derfor stor sannsynlighet for brannspredning over større områder, noe som vi så i Lærdal. Det er dokumentert punktbranner på avstander opptil 33km som følge av denne spredningsformen [6]. Det er derfor ønskelig gjennom denne oppgave å kartlegge enkle og gode passive tiltak som kan bidra til å redusere risikoen for spredning som følge av flyvebranner. Potensialet er at flere hus kan bli stående igjen, at huseiere har styring på tiltakene selv og at samfunnet kan bruke vesentlig færre kroner på beredskap og heller bruke mer på kosteffektiv innsats.



Figur 1: Cedar fire San Diego [7]



Figur 2: Oversiktsbilde av brannen i Lærdal [8]

Det er interessant å se oversiktsbilder hvor det kun står igjen enkelte hus midt blant de andre nedbrente; Figur 1: Cedar fire San Diego [7] og Figur 2: Oversiktsbilde av brannen i Lærdal [8], er to eksempler på dette. Det kan diskuteres om enkelte hus tilfeldig motstår konflagrasjon, men det er ikke usannsynlige at brannfaglig forutsigbare detaljer kan ha påvirket utfallet i stor grad.

Den sterke vinden var avgjørende for brannen i Lærdal. I diskusjonen til SPFR sin rapport, kommer det frem at de fleste enkeltbrannene ser ut til å ha startet som følge av flyvebrann. Det er også observert ut i fra bildemateriell at svært mange hus ble antent høyt oppe under taket, ikke lavt som ved en brann som starter via vegetasjon på bakkenivå. Videre påpeker brannsjef i Årdal/Lærdal at det gikk svært kort tid fra glør spredte seg mot et hus, til huset var fullstendig overtent [4]. Dette kan antyde at det finnes kritiske punkter i et bygningsskall, noe som vil være interessant for videre forskning.

The National Institute of Standards and Technology (NIST) [9] jobber med å redusere risikoen for brannspredning i "Wildland-Urban Interface Fires" (WUI Fires). De har etablert en komite og satt i gang et forskningsprogram på området. Målet med programmet er å utvikle førstegenerasjon verktøy for å forbedre risikohåndtering og utbedre omstendighetene i WUI utsatte områder. Denne spredningsformen omhandler i hovedsak spredning fra vegetasjon til urbane strøk, men har sine likhetstrekk i form av at spredningen i hovedsak skjer som følge av flyvebranner.

Som nevnt innledningsvis, skjedde spredningen av brannen i Lærdal over store avstander, vel å merke så er ikke Lærdal definert som en by, men et tettsted. Allikevel spredte brannen seg raskt og var i størrelsesorden en bybrann. I dag jobber de aller fleste branningeniører tett opp mot VTEK10 med preaksepterte løsninger. Kravet til 8 meter mellom boliger og hus er stort sett akseptert i fagmiljøet. Brannen i Lærdal og forskningsprogrammet satt i gang i USA, påpeker faren for at spredning av brann kan skje over langt større avstander. Derfor er man nødt til å finne gode enkle og kosteffektive løsninger som kan redusere risikoen for spredning av brann som følge av flyvebranner.

Det er nå over et år siden Lærdalbrannen og det vil være viktig å gjennomføre intervjuer så raskt som mulig slik at detaljene rundt brannen ikke blir glemt. I det tidsrommet som er gitt i en masteroppgave vil dette være gjennomførbart.

Statusoversikter fra SPFR og COWI peker på kunnskap i inn- og utland som har stort potensiale for kosteffektiv brannsikkerhet mot flyvebranner og konflagrasjon slik som i Lærdal og Flatanger. Men i Norge framstår dette som fragmentert kunnskap og som heller ikke er implementert i regelverk eller etablert praksis.

Dette er bakgrunnen for oppgaven og grunnlaget for problemstillingen som er etablert i kapittel 1.2 Problemstilling.

## 1.2 Problemstilling

Oppgaven er bygget på følgende problemstillinger:

*Hvilke faktorer, parametere og tiltak er av betydning for spredning av brann forårsaket av flyvebranner og hvordan kan dette knyttes til en metode for å estimere risiko vedrørende videre brannspredning?*

Det er også ønskelig å se på hva som er kunnskapsstatus med hensyn til forebygging og bekjempelse av områdebranner i henholdsvis USA og Australia. For videre å trekke ut det som kan være relevant for norske forhold.

Videre i kapittel 1.3 Formål, redegjøres det for formålet med oppgaven.

## 1.3 Formål

Formålet med oppgaven er å kartlegge viktige faktorer og ulike tiltak, i tillegg til å etablere en risikoindeksmetode som et verktøy for å estimere risikoen vedrørende spredning som følge av flyvebrann. Indeksmetoden baseres på faktorene og parameterne som er blitt kartlagt gjennom studiet. Effekten av tiltak og risikoverdien, vil basere seg på analyse og refleksjon gjort på grunnlag av litteraturstudie og forskningsintervjuene.

Oppgaven vil kunne belyse enkle tiltak som har betydning for den allmenne sikkerhet ved spredning av områdebranner. Myndighetene har i dag et stort fokus på beredskap og effektivisering av brannvesen. Ved den andre siden vil det være til samfunnets interesse å finne ut om dette er det rette fokusområdet, eller om det finnes andre løsninger som kan være enklere og kostnadseffektive.

Dette temaet er svært omfattende og av den grunn har det vært behov for å begrense oppgaven. Kapittel 1.4 Avgrensning og målgruppe vil videre ta for seg begrensningene som er gjort og hvem som er målgruppen.

## 1.4 Avgrensning og målgruppe

Kartlegging av regelverk i USA og Australia er valgt ettersom denne type brannspredning er i større grad et problem i disse landene. Det rettes et søkelys mot kunnskapsstatus med hensyn til forebygging og bekjempelse av områdebranner. I denne kartleggingen vil det kun være interessant å se nærmere på det som er relevant for norske forhold, eventuelt også peke på ulikheter.

Det er videre valgt å fokusere på flyvebranner og passive tiltak i tilknytning til dette. Av den grunn vil oppgaven ikke gå i dybden vedrørende spredning av brann som følge av varmestråling. Dette området er allerede godt kjent og det finnes godt utviklede regnemodeller for å kunne beregne og sikre oss mot denne type brannspredning. Man kan allikevel ikke se bort fra at varmestråling er bidragsgivende i en kombinasjon med flyvebranner. Oppgaven er derfor nødt til å ta det med i betraktning uten nødvendigvis å gå i dybden.

Spredning av brann som følge av flyvebranner vil avhenge av eksponeringsgrad og bygningens sårbarhet. Det finnes allerede endel arbeid gjort i utlandet og som tar for seg eksponeringsgraden. Av den grunn er det valgt å ha et større fokus på bygningsskallet og de tiltakene som kan bidra til å redusere risikoen for antennelse og spredning.

Oppgaven begrenses til å se på problematikken ift. trehus tilsvarende den bebyggelsen som er i Lærdal. Som nevnt innledningsvis, hvor vi i nyere tid har økt fokus på bruk av tre i bymiljøer, kan det allikevel tenkes at noen av resultatene vil være relevant for denne type bebyggelse.

Målgruppen for oppgaven er branntekniske rådgivere som kan benytte seg av indeksmetoden som et grunnlag og redegjørelse for prosjektering ifm. brannsikring av trehusmiljøer. Det er også ønskelig at kartleggingen vil bli tatt videre av kommende masterstudenter, som med utgangspunkt i denne oppgaven kan ta for seg de ulike tiltakene eller faktorene for videre forskning og dybdestudie.

## 1.5 Samarbeidspartnere

Ettersom prosjektet spenner seg over siste semester på NTNU, har det vært viktig med gode samarbeidspartnere for veiledning og motivasjon ved skriving av oppgaven.

Geir Jensen i COWI AS har lang ferdsl i dette temaet og har vært en viktig støttespiller for gjennomføringen. Han har også fungert som ekstern veileder under hele prosjektet.

COWI er et av Norges ledende rådgivende ingeniørselskap med over 1100 medarbeidere. Med kompetanse innen teknikk, miljø og samfunnsplanlegging, basert på markedsområdene bygninger industri og energi, miljø og samfunn, samferdsel og vann [10].

Dette har vært et viktig samarbeid og bidratt til effektivt og spennende oppgaveløsning.

## 1.6 Rapportens oppbygning

Rapporten er bygget opp med 13 hovedkapitler hvor første del tar for seg valg av forskningsmetode, etterfulgt av et vidt litteraturstudium og kartlegging av erfaringer både fra utlandet og ifm. brannen i Lærdal.

Videre som en viktig del av besvarelsen vil kapittel 6. Brannskallet definere bygningsskallet og hvilke detaljer som anses å være viktig for brannsikringen. Dette kapittelet etterfølges av ulike løsninger og utenlands regelverk som har betydning for å utbedre og/eller effektivisere brannskallet.

Kapittel 9. Forskningsintervjuer vil redegjøre og oppsummere forskningsintervjuene, før siste del av oppgaven samler alle funnene og setter dem i system ved hjelp av en indeksmetode.

Helt til sist i oppgaven presenteres konklusjonen etterfulgt av et kapittel med forslag til videre arbeid.

## 1.7 Definisjoner av begreper og terminologi

Flyvebrann*	<p>Varme partikler som transporteres i luften og faller ned og antenner brennbare materialer. Antennelse av brann på annet sted enn primærbrannområdet, som følge av at et varmt nok materiale med tilstrekkelig energi forflytter seg fra primærbrannen.</p> <p>Omfatter alle vindbåren brann, gnister, varme uforbrente og underventilerte gasser, flammer.</p> <p><b>Kommentar:</b> Kreftene som flytter partiklene kan være brannens termiske krefter, vind, annen strømming av røyk eller gasser eller tyngdekraften. Kan opptre både utvendig og inne i bygninger.</p>
Konflagrasjon*	Meget stor brann som har en flammefront bestående av bygninger og/eller vegetasjon, som beveger seg i en bestemt retning og som strekker seg over naturlige eller skapte brangater som veier o.l.
Flammekast	Vindstyrt brennende gass som treffer hus eller annet brennbart og er i stand til å antenne dette. Er og ser ut som flammer som flyttes av vinden.
Crown fire flame attack	Trekroner i brann tas av vind og blir til flammekast mot hus og annet brennbart.
Direkte flamme treff	Flammer som direkte berører brennbart materiale
Trehus	Et hus eller bygg hvor de bærende konstruksjoner er av tre.
WUI	Wildland-Urban Interface, er et område hvor topografi, vegetasjon, lokale værforhold og hoved vindretning resulterer i et potensiale til antennelse av bygninger i området fra flammer og gnister produsert av vegetasjonen i området.
Wildfire Exposure	Er en kombinasjon av strålingsfluks, konvektiv varme, direkte flammekontakt og brennende partikler produsert av vegetasjonsbrann som treffer en bygning og dens nærliggende miljø.
SFM 12-7A-1	(California) Fire Resistive Standard for Exterior Wall siding and Sheathing
SFM 12-7A-2	(California) The minimum design, construction and performance standards set forth herein for exterior windows
NFPA 252	Standard methods of fire tests of door assemblies
NFPA 257	Standard on fire test for window and glass block assemblies
Section 715	California Code of Regulations: Opening protectives
Glowing combustion (glødende forbrenning)	Forbrenning av materiale uten synlige flammer. En ekstern varmekilde som får materialet til å gløde, men hvis varmekilden fjernes vil forbrenningen ikke fortsette.
Smoldering combustion (Ulmebrann)	Forbrenning av materiale uten synlige flammer og har egenskapene til å holde seg selv gående uten en ekstern kilde (self-sustainable). Oppstår i materialer som evner å danne et karbon/kull lag og gjelder som oftest for porøse cellulose materialer med mye oksygen tilgjengelig. Temperaturen vil ligge rundt 600°C.
Naturlig vegetasjon	Vegetasjon som vokser vilt i naturen under norske klimatiske forhold.

\*Kilde: Kollegiet for Brannfaglig Terminologi [5]

## 2. Metode

Ved valg av riktig forskningsmetode for oppgaven, vil problemstillingen stå sentralt. Det vil være viktig å ha en formening om hva man ønsker å oppnå og på hvilken måte man skal gå frem for et best mulig resultat med høy gyldighet.

Ettersom prosjektet søker å kartlegge tiltak og faktorer, er det valgt å gjennomføre et litteraturstudium i tillegg til forskningsintervjuer.

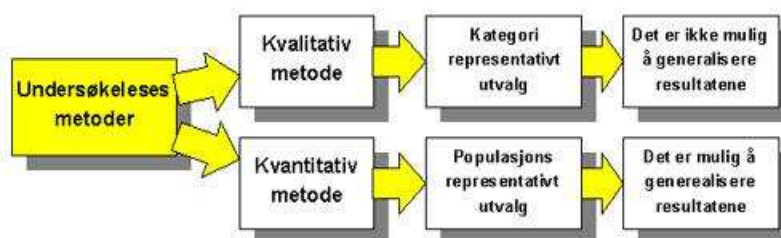
"Gode intervjuprosjekter har det man kan kalle pragmatisk og kommunikativ validitet – de er gyldige fordi de lærer oss noe om menneskers livsverden, og fordi de påvirker teoriutviklingen og tenkningen vår og dessuten hvordan vi handler innenfor bestemte områder" [11].

Kapittel 2.1 Valg av forskningsmetode vil redegjøre for ulike forskningsmetoder og teknikker, før endelig valg av blir fastslått i kapittel 2.2 Valgt forskningsmetode for oppgaven.

### 2.1 Valg av forskningsmetode

Det er flere faktorer som spiller inn ved valg av riktig forskningsmetode. Man er nødt til å benytte en metode som er effektivt til det enkelte formålet, som passer med tiden man har til rådighet, ambisjonsnivå og om man sikter til et bredt eller spisset resultat.

Hovedsakelig har vi to typer undersøkelsesmetoder som baserer seg på ulike intervjueteknikker, se Figur 3: Undersøkelsesmetoder [12]. Disse er utredet i de to underliggende delkapitlene 2.1.1 og 2.1.2.



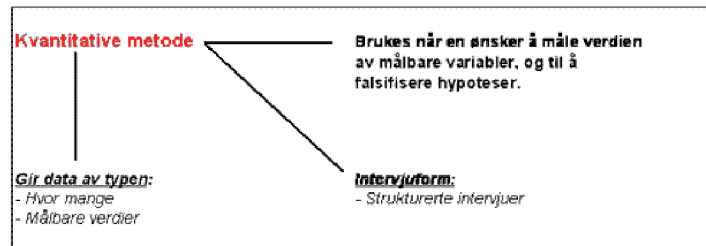
Figur 3: Undersøkelsesmetoder [12]

#### 2.1.1 Kvantitativ metode

Hovedhensikten til en kvantitativ metode er å trekke beslutning om en hel populasjon ut i fra mindre grupper (målgrupper) [13].

Kvantitativ metode baserer seg på en standardisert metode for datainnsamling, hvor variablene uttrykkes i tallverdier. Denne metoden fører til målbar informasjon, som kan brukes til analyse og statistiske modeller. Det er viktig å belyse at tall og statistikk alene ikke er selvforklarende. Derfor står en grundig tolkning av resultatene sentralt i en kvantitativ forskningsmetode [14, 15]. En enkel modell for kvantitativ metode er illustrert i Figur 4: Enkel modell av kvantitativ metode [13].



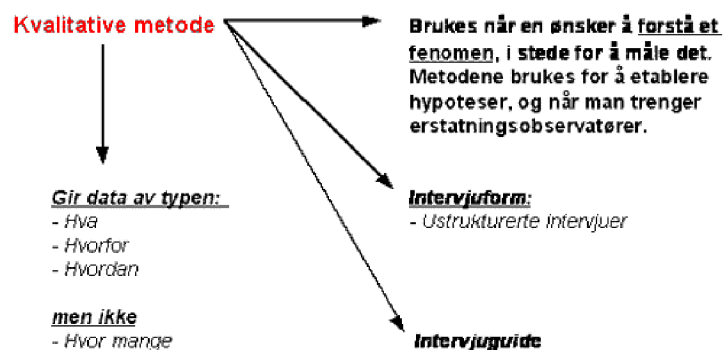


Figur 4: Enkel modell av kvantitativ metode [13]

### 2.1.2 Kvalitativ metode

Kvalitativ metode er å utvikle forståelse av fenomener som er knyttet til personer og situasjoner i deres sosiale virkelighet [16]. Metoden brukes for å oppfatte hvordan noe gjøres, sies eller oppleves, og dette knyttes til menneskets opplevelse, oppfatning og erfaring. Man legger fokuset på kvaliteten hos den enkelte, fremfor kvantiteten hos mangfoldet [11].

Kvalitativ metode er ofte basert på en intervjuguide, dvs. en oversikt over de problemområdene som skal avdekkes, og ikke et tradisjonelt spørreskjema som benyttes ved den kvantitative metoden [12].



Figur 5: Enkel modell av kvalitativ metode [12]

Den kjennetegnes ved at man utformer spørsmål knyttet til valgt problemstilling og som deretter stilles til de utvalgte intervjuobjektene. Metoden brukes når man ønsker å forstå et fenomen og gir data av typen hva, hvorfor og hvordan. Svarene er i større grad åpne for refleksjon og tolkning enn resultatene man får ved kvantitative forskningsintervjuer. En enkel modell av metoden er illustrert i Figur 5: Enkel modell av kvalitativ metode [12].

## 2.2 Valgt forskningsmetode for oppgaven

Brannskallsikring er pr. dags dato et lite utbredt begrep og passive tiltak har ikke vært et fokusområde for å sikre bygninger mot flyvebranner. Av den grunn vil det være begrenset med muligheter for datainnsamling. Ved å gjennomføre et kvalitativ forskningsundersøkelse vedrørende branneksponeering fra omkringliggende omgivelser, vil man kunne innhente informasjon om spesielle problemområder, muligheter vedrørende tiltak og effektiviteten av disse basert på kvaliteten hos den enkelte, framfor kvantiteten hos mangfoldet.

Det må utarbeides en intervjuguide, hvor hensikten er å skape et ryddig og målrettet intervju. Det vil være hensiktsmessig at intervjuobjektene blir kjent med problemstilling og spørsmålene i forkant, slik at de kan sette seg inn oppgaven og forberede gode og relevante svar.

Intervjuguiden skal standardiseres for de intervjuobjektene som tilsynelatende har den samme erfaringen, slik at man enklere kan trekke ut forskjeller og likheter. Med standardisering menes at spørsmålene og situasjonen er de samme for alle intervjuene [17]. Dette vil i denne sammenheng gjelde for de objektene som var tilstede under brannen i Lærdal. For de andre intervjuobjektene som ikke har den samme erfaringen, vil det ikke være hensiktsmessig å benytte seg av en standardisert intervjuguide, da spørsmålene i ikke vil treffe like godt gitt i en annen situasjon. Av den grunn må det utarbeides egne intervjuguides i disse tilfellene.

Det er ønskelig å gjennomføre intervjuene pr. tlf. Dette er en metode som vil kunne gi rask respons, konkrete svar, i tillegg til å kunne nå personer hvor avstander er av vesentlig betydning.

For å kunne gjennomføre gode intervjuer, må det redegjøres for og fokuseres på gyldigheten (validitet), pålitelighet (reliabiliteten), objektiviteten og generaliserbarheten til forskningsresultatene. Disse begrepene er utdypet i underkapitlene 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3 og 2.2.4.

### 2.2.1 Gyldighet

Det vil være viktig å ha en god og tydelig formening om hva en ønsker å måle. På den måten vil man være i stand til å luke ut irrelevant informasjon, slik at man sitter igjen med et godt beslutningsgrunnlag. Gyldighet er en betegnelse på hvor godt man klarer å måle det man har til hensikt å måle [18].

I forbindelse med den kvalitative undersøkelsen ligger validiteten i om intervjuene omhandler det en ønsker å undersøke, og om intervjuobjektene innehar relevante erfaringer og kunnskap om temaet.

### 2.2.2 Pålitelighet

Det vil bli gjennomført flere kvalitative intervjuer i undersøkelsen. Det er vesentlig at intervjuene er uavhengig av hverandre. På denne måten vil man kunne sikre pålitelighet slik at dataen blir godt egnet til å belyse problemstillingen. Pålitelighet er knyttet til hvorvidt undersøkelsen representerer den virkelige situasjonen. Begrepet tar med andre ord for seg hvordan undersøkelsen er gjennomført [19].

Gyldighet og pålitelighet er avgjørende for et godt forskningsresultat. De er illustrert i Figur 6: Sammenhengen mellom gyldighet og pålitelighet [19].



Figur 6: Sammenhengen mellom gyldighet og pålitelighet [19]

Det vil være vanskelig å vurdere påliteligheten til den valgte metoden, dette som følge av at spørsmålene i større grad vil være åpne ved en kvalitativ undersøkelse enn ved en kvantitativ undersøkelse. Svarene gitt til de ulike spørsmålene vil kunne endres over tid, som følge av at intervjuobjektene har tilegnet seg ny kunnskap om temaet, endret mening eller har tilnærmet seg nye erfaringer.



### 2.2.3 Objektivitet

Kvalitativ forskning baserer seg på slutninger som er trukket utfra erfaringer og innehavende kunnskap til intervjuobjektet. Det er derfor stor sannsynlighet for at svarene er påvirket av egne holdninger og meninger vedrørende temaet.

Det vil av den grunn være viktig å intervju flere objekter fra ulike instanser slik at man samlet får et bedre og bredere grunnlag til å trekke slutninger og svare på problemstillingen.

### 2.2.4 Generaliserbarhet

"Generaliserbarhet betyr graden av hvordan man kan bruke resultatene for å forutse resultatene i andre situasjoner. Generaliserbare resultater er et tegn på god ekstern validitet" [20].

Som et verktøy for å kunne generalisere resultatene i dette studie, er det valgt å utarbeide en indeksmetode for å beskrive risikoen ved denne type problemstilling i tilsvarende trehusmiljøer i Norge.

## 2.3 Litteraturstudie

Det vil bli gjennomført et litteraturstudie og kartlegging av kunnskap i utlandet knyttet opp mot problemstillingen i oppgaven. Formålet er å innhente allerede etablert kunnskap og forskning på område som også er relevant for norske forhold.

Rapporter skrevet i etterkant av Lærdalbrannen vil legge et grunnlag for både videre intervjuer, i tillegg til å underbygge og belyse problemet.

Andre artikler og tester både i Norge og i utlandet vil kunne bringe nyttig og representativ informasjon om temaet.

## 2.4 Indeksmetoden

Et av hovedmålene med prosjektet er å etablere en indeksmetode som sier noe om risikoen for spredning av flyvebrann i et område eller for enkelte bygninger. Metoden tar for seg alle faktorene og parametere funnet gjennom litteraturstudiet og intervjuer. Den setter disse i system og muliggjør en enkel kalkulasjon av risikonivået.

Grunnen til at det er valgt å bruke en indeksmetode, er at denne formen for klassifisering tar mye mindre tid og kan benyttes av de fleste branningeniører eller rådgivere. Andre metoder vil kunne ta lengere tid, i tillegg til at det vil kreve spesialister innen både brannsikkerhet og risikoanalyse ved gjennomføring.

Metoden åpner for muligheten til å velge løsninger der hvor det er mest hensiktsmessig å gjennomføre tiltak. Man er allikevel pliktet å følge minstekravene gitt i TEK10 og man bør alltid etterstrebe en høy sikkerhet, samtidig som minimumskravene er etterfulgt.

Indeksmetoden er kun et røft estimat på sikkerheten til enkelte bygg, og er derfor kun et verktøy blant mange andre som kan være til hjelp til å designe brannsikre byggverk i et område.

## 2.5 Kritisk refleksjon i forhold til valgt metode

Ettersom det er valgt å gjennomføre kvalitative forskningsintervjuer, vil det i ettertid være vanskelig å sette konkrete tallverdier og rangere funnene. Det er derfor viktig å kunne knytte flere intervjuer

opp mot hverandre i tillegg til å benytte seg av relevant litteratur som kan underbygge likheter og utdype ulikheter. God refleksjon vil være grunnlaget for resultatene som til sist blir satt inn i en indeksmetode.

Det er også enkelte utfordringer knyttet til det å gjennomføre intervjuer over telefon. Spørsmålene er nødt til å være korte og konsise, ettersom en samtale over telefon ikke bør ta for lang tid. Dette grunnet i at man ikke har kontroll over omgivelsene til korrespondenten, som i gitte tilfeller kan frarøve ens oppmerksomhet.

Det er også en ulempe vedrørende muligheten for visuell framstilling og forklaring av spørsmål og svar. Noe som kan føre til misforståelser og en viss usikkerhet av svarene som gis. Av den grunn vil det være svært viktig å etterprøve svarene ved å stille oppfølgende spørsmål som vil kunne fange misforståelser og føre til utredning og oppklaring av svaret som var gitt i første omgang.

Det vil være viktig å formulere spørsmålene på en slik måte at de ikke er ledende eller at intervjuobjektet svarer på en måte som han/hun anser som strategisk riktig [21]. Det vil med stor fordel velges objekter som ikke er politisk engasjert eller på en annen måte frykter at strategisk ukorrekte svar vil føre til å gjøre han/hun sin samfunnsposisjon sårbar.

Ved å gjennomføre en kvalitativ forskningsundersøkelse vil det blir vanskelig å si noe konkret om effekten av ulike tiltak. Ettersom denne metoden ikke baserer seg på eksakte tallverdier, men på erfaringer, observasjoner og oppfatning. I videre studier oppfordres det derfor til å gjennomføre laboratoriske tester eller kvantitative studier som konkret er ute etter å tallfeste effekten av ulike tiltak.

Når det gjelder indeksmetoden er det viktig å være klar over at det er fullt mulig å misbruke metoden, ettersom man kan oppnå en god risikoklasse, selv om enkelte parametere har fått et svært dårlig score. Som et eksempel fra indeksmetoden til Björn Karlsson [22], kan man gi mye poeng til branddeteksjon, mens man gir lite eller ingen poeng til alarmsystemet. Dette fører til et system som oppdager brannen, men uten varslings og er av den grunn uakseptabelt. Dette er selvfølgelig bare mulig hvis man virkelig ønsker å misbruke metoden.

### 3. Brannen i Lærdal

I 2014 hadde vi to svært alvorlige og store branner i Norge, den ene er kjent som brannen i Flatanger og den andre i Lærdal. Det er en vesentlig forskjell mellom disse to brannforløpene og spredningsformen. I Flatanger kan spredningen i større grad beskrives som konflagrasjon i spredt bebyggelse, mens brannen i Lærdal som er et tettere trehusmiljø, i større grad spredte seg ved flyvebranner fra bygg til bygg. Det er derfor valgt å ta utgangspunkt i brannen i Lærdal beskrevet i kapittel 3.1 Brannen i Lærdal januar 2014, dette kapittelet er etterfulgt av muligheter vedrørende brannen i Flatanger i kapittel 3.2 Brannen i Flatanger.

#### 3.1 Brannen i Lærdal januar 2014

Hendelsesforløpet og beskrivelsen er hentet fra arbeidet gjennomført av SP Fire Research og rapporten de utarbeidet "Hva kan vi lære av brannen i Lærdal i januar 2014? Vurdering av brannspredningen" [4].

Lærdal er et nedbørfattig sted hvor vinden oftest kommer fra øst og er i stor grad turbulente på grunn av de bratte dalsidene.

Huset hvor brannen startet skal ha vært bygget på 1950-tallet.

Det ble observert brannspredning ved stråling, gnister, flammekontakt og spredning langs bakken via vegetasjon. Gresset var veldig tørt, noe som gjorde at brannen spredte seg raskt i høyt gress. Den sterke vinden og turbulensen tok med seg brennende gjenstander av forskjellig størrelser som førte til det man beskriver som gnistregn.

"Husene ble antent fra utsiden og det gikk veldig fort fra antennelse til de sto i full fyr. Gnistregnet tok seg i mange hus, inn under taket og ofte i mønet" [4]. Ettersom takkonstruksjonen er tenkt å luften ut i mønet, må det stilles spørsmål ved om det var her gnistene trakk inn i konstruksjonen. Eller om det var her man først ville kunne se at taket var antent, ettersom røyk og flammer dras med luftstrømmen og i første omgang stikker ut av spalter for utlufting.

Ettersom vinden var svært turbulent og stadig skiftet retning, virket det som brannen spredte seg helt tilfeldig. Det var ikke en brannfront som beveget seg fremover. Brannmannskapet regnet med at idrettsbanen vil fungere som en branngate på 190m, men det tok ikke lang tid før man oppdaget at brannen hadde spredt seg over på andre siden.

Det var flere privatpersoner som bidro i slukkearbeidet, og tappet vann ved hjelp av hageslanger. Vann-nettet i Lærdal var ikke dimensjonert for belastningen, i tillegg til at vannpumpene til høydebassenget stoppet en kort tid. Det ble forøvrig hentet vann fra elven og fjorden.

Avinor bidro med å legge et tung slukkeskum på husene som et tiltak for å hindre videre spredning av brannen. Gyllevogner ble brukt for å fukte bakken rundt husene og sivilforsvaret bidro blant annet med å fukte husvegger med vann.

I følge brannsjefen i Årdal/Lærdal gikk det svært kort tid fra glør spredte seg mot bygninger til bygningen ble antent og deretter overtent.

### 3.1.1 Brannspredningen

Oversikt over brannspredningen i Lærdal er gitt i Figur 7: Oversiktskart over brannspredningen, med tidsangivelser [4].



Figur 7: Oversiktskart over brannspredningen, med tidsangivelser [4]

Brannspredningen er indikert med piler hvor de brede pilene viser brannspredningsvei til bygninger som brant ned. Smale piler viser brannspredningsvei til bygningene som ble skadet. Pilenes start indikerer hvilket bygg brannen spredte seg fra og pilens slutt indikerer hvilket bygg brannen spredt seg til. Stiplede piler er i større grad usikre enn heltrukne.

Brannvesenet i Lærdal rykket ut 22:54 hvor det var meldt brann i Kyrkjeteigen 8. Det var her brannen startet. Brannen spredte seg svært raskt og ca. kl 23:00 brant det også i Kyrkjeteigen 6 og 10. Når klokken ble kl 23:15 hadde brannen rukket å spre seg via et uthus og til Kyrkjeteigen 4. Etter kun en times tid hadde brannen spredt seg til svært mange bygg, noe som indikerer den store utfordringen de hadde med å begrense brannspredningen. Før kl 00:24 hadde gnister spredt brannen vestover og antent bygninger på andre siden av idrettsbanen.

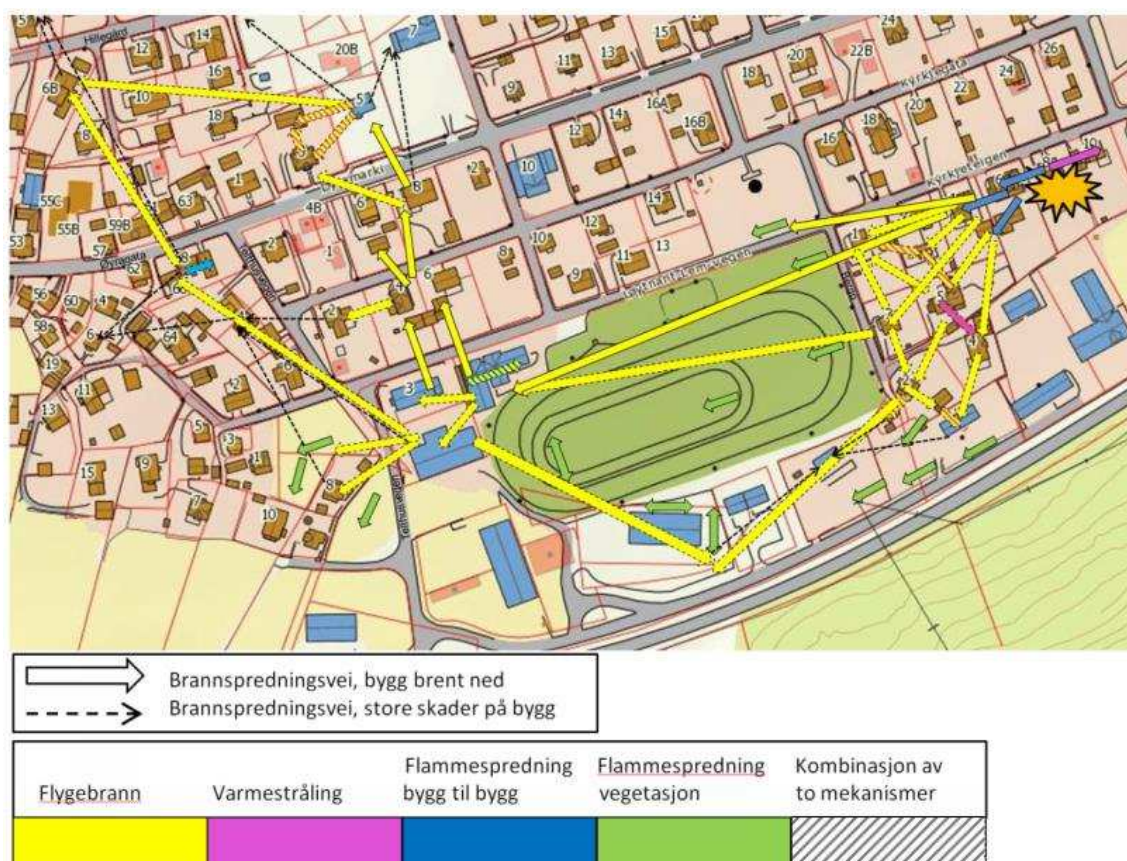
Det bemerkes også at det ved 4 tiden ble rapportert et branntilløp på torvtaket til kulturhuset som ligger 200m nordvest for brannspredningens kartutsnitt. Denne ble slukket av sivilforsvaret som var i nærheten for å fylle vann. Kl 06:34 var den siste bygningen utbrent som var et uthuset på tomta til Øyramarki 3, nord for den vestre enden av idrettsbanen.

Ved slukking ble det blant annet brukt slukkespyd, eller at man tok bort deler av takledninger for å komme bedre til og for å lufte ut. Denne metoden ble spesielt brukt ved slukking av brannen i Øyramarki 11 og 12 og påpeker utfordringene ved slukking av branntilløp i spalter, hulrom og under klimaskjermer.

Som påpekt tidligere i oppgaven fordret brannen i Lærdal omfattende tap og skader på bygninger. Totalt brant 42 bygninger ned til grunnen, derav 17 bolighus, 13 av disse bebodd på



branntidspunktet, 5 garasjer, 10 uthus og 10 andre bygninger som forsamlingshus, idrettshus, skytterhus, næringsbygg, annekts etc. [23]. Utover dette rapporterer SPFR et ukjent antall bygg skadet av brannrøyk eller fukt.



Figur 8: Antennelsesmekanismer [4]

Figur 8: Antennelsesmekanismer [4], illustrer godt i hvilken grad flyvebranner var dominerende for spredning av brannen i Lærdal. Vi kan se ut ifra kartet at direkte flammespredning bygg til bygg og varmestråling antas i hovedsak å gjelder for de 4 første byggene i brannstartområdet, i tillegg til enkelttilfeller utover i forløpet. Resterende antenner skjedde i hovedsak som følge av flyvebranner eller som en kombinasjon av flyvebrann i tillegg til en annen form for påkjenning.

Vinden tok med seg små og store brennende gjenstander og gnister som antente vegetasjon og bygninger. Det ble også observert brannsøyler som stod opp fra brennende bygninger og spredte seg med vinden slik at de traff andre bygg direkte. Vinden brakte ikke bare glør og brennende gjenstander med seg, men bidro også til tilførsel av oksygen til de uforbrente branngassene som kom fra de brennende bygningene. Dette kalles flammekast, hvor uforbrente varme gasser trenger ut av røyksøylen, blander seg med ren luft og deretter antennes.



Figur 9: Skade på gjerde i østre enden av idrettsbanen [4]

Figur 9: Skade på gjerde i østre enden av idrettsbanen [4], understreker flyvebrannen sin evne til å starte ulme- eller glødebranner i vannrette treflater. Vinden i dette tilfellet er nok en avgjørende faktor i tillegg til materialet og fuktinnhold.

SP Fire Research har i sin kartlegging ikke funnet konkrete eksempler på bygningsbranner som startet på grunn av spredning via vegetasjon. Gjennom arbeidet de utførte og gjennomgang av bildemateriell, kommer det frem at svært mange hus ble antent høyt oppe under taket og ikke lavt som brannspredning via vegetasjon burde tilsi. De påpeker at tilstanden til tomter og hus har hatt storinnvirkning på og framskyndet antennelse, brannspredning og brannutvikling.

Det kommer også frem fra rapporten at bildemateriale tilsier at antennelsen ser ut til å ha startet øverst på gavlveggen, innunder takutstikk og bak vindskier. Det antas at det også kan ha vært soner med resirkulasjon av luft i slike områder, som har evnet å samle gnister.

### 3.1.2 Brannhindrende tiltak

Innsatspersonell viser til at innsats fra privatpersoner har hatt en positiv effekt og bidratt til å kontrollere brannspredningen.

I Kyrkjeteigen 2, som er avbildet innledningsvis i oppgaven, Figur 2: Oversiktsbilde av brannen i Lærdal [8], beskriver øyevitner at vinden oppførte seg merkelig rundt dette huset og at alt av glør ble kastet over og landet på motsatt side. Dette kan ha sammenheng med at huset hadde en valmet takkonstruksjon og av den grunn kan ha gitt mindre motstand mot vinden fra øst, enn hva gavl med saltak ville ha gjort. I tillegg var hulrommene til taktekkingen dekket til og raftekassen var horisontal og uten glipper mellom trebordene. Det må også nevnes at det ble lagt innsats i å sette opp en vannvegg for å beskytte dette huset, i tillegg til de konstruksjonsmessige detaljene som er blitt nevnt. Huset var det eneste som stod igjen på den søndre siden av gaten.

Andre tiltak som ble gjort; raking rundt husene for å slå ut glør og gnister som spredte seg med vinden fra brennende bygninger, samt bruk av gyllevogner for å fukte større områder og slukke glohauger etter bygninger som var brent ned. Disse tiltakene i tillegg til privates bidrag i å slukke glør

og gnister har mest sannsynlig bidratt til å redusere antennelser via vegetasjon og gress langs bakken.

### 3.1.3 Anbefalte tiltak

Disse anbefalingene gir SP Fire Research huseierne i sin konklusjon i rapporten [4]:

Begrense muligheter for at flyvebranner og glør kan få feste i konstruksjonen, eller trenge inn i bygningen:

- Tette igjen hulrom under vindskier og inn til loft.
- Tette igjen hulrom under takplater og takstein.
- Vedlikeholde kledningen så den ikke har sprekker som glør kan feste seg i (f.eks. ved maling).
- Ha netting i ventiler.
- Montere fuglebånd eller annet beslag i takkonstruksjon.

Brannhygiene:

- Holde det ryddig rundt huset.
- Unngå vegetasjon inntil veggen.
- Gress bør holdes kort i perioder med langvarig tørt vær.

Mer omfattende tiltak som kan vurderes ved nybygging og ombygging av hus:

- Takutstikk bør være tette mot flyvebranner og ha en utforming som ikke fører til ansamling av glør ved brann i sterk vind (takutstikk bør ikke være for lange og ikke ha for stor vinkel).
- Det finnes produkter (ventiler, lister) som hindrer brannspredning gjennom raftekasser og i luftet kledning, disse bør installeres av fagfolk.
- Taktekkingen bør være av en type som hindrer at flyvebranner trenger inn i takkonstruksjonene.
- Utskifting av eldre ettlagsvinduer til vinduer som motstår varmestråling bedre (f.eks. vindu med flere lag glass).

De peker på en rekke tiltak som virker riktige i denne sammenheng og ut ifra undersøkelsen de har foretatt seg i etterkant av brannen. De har allikevel ingen formening om hvilke tiltak som anses som mer viktig enn andre.

## 3.2 Brannen i Flatanger

Det har ikke vært tid til særskilt å vurdere utendørs brann og spredning i spredt trehusmiljø og vegetasjon. Brannen i Flatanger er god eksempel på dette og kan være nyttig å se nærmere på og vurdere opp mot de resultatene som er redegjort i denne oppgaven.

Her kan det være interessant å se nærmere på følgende forskjeller:

- Klimatiske forhold
- Topografi
- Brensel og vegetasjon
- Brannhygiene
- Type bebyggelse og plassering i terrenget

Spesielt for denne brannen er at beboere ble tidlig evakuert før brannfronten nådde frem til husene deres. Evakueringen startet tidlig som følge av at gasser og røyk ble tatt med vinden, hvilket gjorde det farlig å oppholde seg i området. Dette førte til at husene ble overlatt til seg selv og mange steder ble det ikke gjort aktive tiltak for å redde bebyggelsen. Man kan derfor stille spørsmål ved hvorfor de husene som sto igjen klarte seg bedre enn andre nærliggende hus.

I de neste kapitlene 4 og 5, vil nyere forskning på gnister og antennelsesegenskaper bli presentert. Karakterisering av gnister i kapittel 4 er et av de viktigste kartleggingene som er gjort av gnistregn og er også grunnlaget for gnistregngeneratoren presentert i kapittel 5.



## 4. Karakterisering av gnistrer

Som det var nevnt innledningsvis, så snakkes det om 3 ulike måter en brann kan spre seg på. Oftest ser man på spredning som følge av stråling eller direkte flammekontakt mellom bygg, men som blant annet brannen i Lærdal påpeker, kan en brann spre seg over store avstander som følge av flyvebranner. Dette skjer ved at gnistrer eller brennende partikler blir tatt med av vinden og kan forplante seg i brennbar materiale foran flammefronten.

I over 40 år har man forsket på og prøvd å forstå hvor store avstander slike flyvebranner kan spre seg over. Man har ikke tidligere hatt fokus på ulike konstruksjonsdeler, materialer og dens sårbarhet for denne type påkjenning. Nye bevis for at flyvebranner er en viktig faktor for spredningen [24], har ført til et økt fokus på temaet. Blant utfordringene er å kvantifisere påkjenningen og kunne beskrive hvor mange gnistrer, størrelser, varighet og avstand som vil kunne forårsaker antennelse [25].

Ved å karakterisere påkjenningen som følge av flyvebrann, vil man i større grad være i stand til å finne gode tiltak som kan bidra til å øke robusthet og dermed også redusere tap ved denne type påkjenning. Karakterisering av gnister med opprinnelse fra naturlig vegetasjon er gjennomført i artikkelen "Characterizing Firebrand Exposure from Wildland-Urban Interface (WUI) Fires" av Samuel L. Manzello og Ethan I. D. Foote. Denne tar utgangspunkt i brannen i Angora 2007 [25]. Dette arbeidet har blant annet bidratt til utviklingen av en gnistregngenerator "NIST Dragon", som er i stand til å distribuere glødende gnistrer. Dette apparatet kombinert med en vindtunnel gjør det mulig å generere det som til sammenligning er en flyvebrann produsert fra brennende vegetasjon. For første gang har man klart å avdekke ulike konstruksjonsdeler sin sårbarhet ved denne type påkjenning, som videre har lagt grunnlag for byggetekniske standarder.

Rapporten utarbeidet av Mazello og Ethan vil bli presentert i det kommende kapittelet 4.1 Angora brannen.

### 4.1 Angora brannen

Forplantning og utbredelse av flyvebrann er dominert av været, sammensetning og tilstanden til både brenselkilden og destinasjonen, samt brannens intensitet. For brannen i Angora var det en kald front som beveget seg gjennom Lake Tahoe Basin og var dominerende for værforholdene i området. Værforholdene i det tidspunkt brannen traff bebyggelsen, er rapportert med en luftfuktighet på 10% RH, lufttemperatur på 27°C, vindhastighet mellom 4.5 - 6.7m/s og vindkast opp til 13m/s. Fuktigheten i brenselet var ekstremt lavt for området på denne tiden av året, den lå på 9% for død vegetasjon og 73% for levende vegetasjon [25].

I Lærdal var det til sammenligning registrert vindkast på mellom 12.2 – 15.2m/s, den relative luftfuktigheten RH lå i tidsrommet 16 – 18.januar jevnt på 31 – 33% og en lufttemperatur på 1 – 0°C [4]. Høy lufttemperatur gjør lufta i stand til å holde på mer fuktighet. RH sier noe om forholdet mellom mettet luft og mengde vanddamp lufta holder på. Selv om det kan se ut som at lufta i Lærdal var fuktigere ettersom den hadde en høyere RH, kan dette gi et feilaktig bilde, ettersom også lufttemperaturen var lavere.

Bygningene i Angoraområdet var relativt spredt med avstander på mellom 10 – 100m. Typisk for de bygningene som klarte seg gjennom brannen, og som ble ansett som representative for de ødelagte husene, hadde kledning i tre, dekker i tre og 80 – 90% antennelsesmotstandsdyktige tak [25].

## 4.2 Innhenting av data

For å kunne estimere størrelsen på gnistene ble det innhentet data ved å observere og måle størrelsen til svimerker på utsatte konstruksjoner og gjenstander i området. Spesielt interessant var ulike plastikkmaterialer hvor glør og gnistrer hadde smeltet hull. Et av de viktigste funnen var en trampoline som ikke var gått tapt i brannen, men som var gjennomhullet etter påkjeningen av gnistregnet. Funnene fra Angora brannen ble sammenlignet med tidligere forskningsdata for å sikre gyldighet.

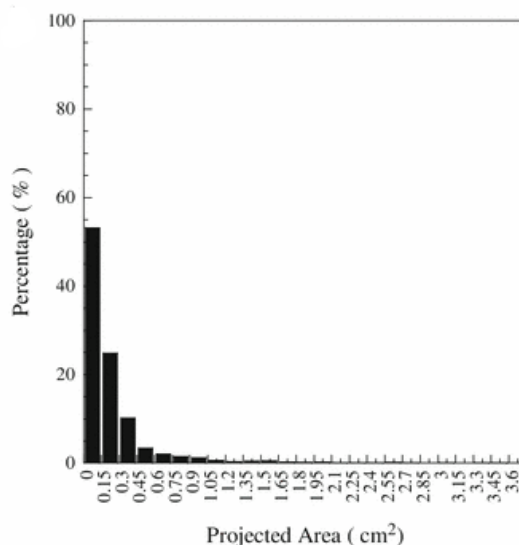


Figur 10: Trampolineduken som et av de viktigste funnen for å estimere påkjening av gnistregn

Påkjening på trampolinen kom fra et dusin hus og flere trær, det antydes spesielt en klynge på 6 – 12 bartrær som stod 6.1 – 15.2m unna, hvor gnistene ble tatt med vinden og landet på trampolineduken [25]. Trampolineduken er avbildet i Figur 10: Trampolineduken som et av de viktigste funnen for å estimere påkjening av gnistregn.

### 4.3 Resultater

Trampolinen som var på 10.5m<sup>2</sup> hadde 1800 smeltede hull, som tilsvarer 170hull/m<sup>2</sup>. Det største hullet i duken var på 10,25cm<sup>2</sup>, mens 85% av alle hullene var mindre enn 0.5cm<sup>2</sup>. Distribusjonen av de ulike størrelsene på gnistene som traff duken er gitt i Figur 11: Distribusjon av brennmerkene i trampolineduken [25].



Figur 11: Distribusjon av brennmerkene i trampolineduken [25]

Disse resultatene ble videre brukt til å utvikle en gnistgenerator, som i kombinasjon med en vindtunnel har bidratt til videre forståelse og forskning innen brannsikkerhet mot flyvebranner. Det er et viktig steg for å klare å simulere en påkjenning som tilsvarer virkeligheten. Generatoren er blitt kalt "NIST Dragon" og står i "NIST Dragon's LAIR" forskningscenter i Japan.

Størrelsen på gnistene som er blitt vurdert å være viktig ift. WUI, spenner seg fra 30.5cm<sup>2</sup> til mindre enn 0.16cm<sup>2</sup>. Den empiriske dataen i Figur 11: Distribusjon av brennmerkene i trampolineduken [25], påpeker at den største andelen av gnistrer og glør er relativt små (<0.5cm<sup>2</sup>) og at det er disse som spiller en betydelig rolle for eksponeringen [25].

Det er viktig påpeke at det ikke har blitt funnet nok bevis tilknyttet gnistregner generert av brennende bygninger eller konstruksjoner. Men basert på øyevitner i et casestudie av Angora brannen, ble det rapportert at et stort antall hus brant ned som følge av gnistrer generert av andre brennende bygninger fremfor brennende vegetasjon [26].

Det er derimot ikke til å legge skjul på at gnister er av stor betydning for spredning av brann. En undersøkelse gjort av Blanchi og Leonard [27], hvor de var på utkikk etter antennesårsaker etter brannen i Duffy i Australia i 2003. De identifiserer at 50% av antennesaken var forårsaket av gnister alene, 35% av gnister i kombinasjon med varmestråling, mens bare 10% var forårsaket av varmestråling alene. Dette underbygger resultatene fremlagt av SPFR ifm. kartlegging av antennesårsak i Lærdal.

## 5. Antennelse som følge av gnistregn og bygningskonstruksjonens sårbarhet.

Brann i bygninger forårsaket av interaksjon mellom brennbar vegetasjon og urbane områder, er referert til i USA som "Wildland-Urband Interface fires" (WUI Fires), og er rapportert som et stort internasjonalt problem i blant annet Australia, Hellas, Portugal, Spania og USA. I Norge har vi i nyere tid hatt to svært alvorlige storbranner i Lærdal og Flatanger. Lærdal spredte seg forholdsvis fra bygg til bygg, mens Flatangerbrannen hovedsakelig hold seg til den naturlige vegetasjonen i området. Tilsynelatende tilsier bevisene fra slike branner i utlandet, at flyvebranner eller også gnistregn er den største årsaken til denne brannspredning. Årsaken til at det har vært utfordrende å rangere sårbarheten til ulike konstruksjonsdeler utsatt for gnistregn, er grunnet manglende utvikling av generaliserbare og gode simuleringsmetoder som samsvarer med virkeligheten. "Building Research Institute (BRI)" i Japan har i samarbeid med NIST, etablert en fullskala vindtunnel utstyrt med en gnistgenerator. Forskningscenteret har gjennomført forsøk og et parametrisk studie med fokus på takkonstruksjoner, bygningsventiler, fasader, raft og vinduer. Dette kapitlet vil ta for seg de forsøkene som til nå er gjennomført og dokumentert i [28].

Gnistregngeneratoren er designet for å produsere gnistrer som samsvarer med en virkelig WUI og har mulighet til å sende ut et kontinuerlig gnistregn på opp til 6min av gangen, med en hastighet på  $10\text{m/s} \pm 10\%$ . Spredning av brann som følge av gnistregn over store avstander antas å ikke ha synlig flammer, derfor vil man i første omgang kun få en ulmebrann, som videre utvikler seg til en brann med synlige flammer.

### 5.1 Takkonstruksjoner

Takkonstruksjoner er sårbar for små gnistrer som trenger seg inn under taktekkingen, for deretter å akkumulere og antenne konstruksjonen. I forsøkene gjort av Manzello [28], ble det tatt for seg ulike oppsett av takkonstruksjoner, som deretter ble eksponert for et simulert gnistregn. Ulik sammensetting av OSB plater, takpapp og takstein ble testet, illustrert i Figur 12: Takkonstruksjon utsatt for gnistregn, uten fuglebånd eller takpapp [28].



Figur 12: Takkonstruksjon utsatt for gnistregn, uten fuglebånd eller takpapp [28]

Resultatene fra forsøkene er videre oppsummert og satt inn i Tabell 1: Observasjoner og testresultater fra de ulike takkonstruksjonene.

Tabell 1: Observasjoner og testresultater fra de ulike takkonstruksjonene

Takkonstruksjonens sammensetting	Observasjoner og resultater fra testen
OSB plater i bunn med takstein over, testet både med og uten fuglebånd. Takpappen ble valgt bort for å tilnærme en aldrende eller værutsatt konstruksjon.	<p>Det ble observert at gnistene ble blåst under taksteinen, gnistene samlet seg på ulike steder og førte videre til en ulmebrann i OSB platene. Det ble dannet glødene hull i platene og til sist synlige flammer.</p> <p>Samme konfigurasjon ble testet, men nå med påmontert fuglebånd. Selv om fuglebåndet var tilstede, trengte gnistene seg inn under taksteinen og startet en ulmebrann i OSB platene. Ulmebrannen gikk aldri videre over til en synlig flamme.</p>
OSB plater i bunn, deretter takpapp for fuktsikring og tilslutt takstein. Testet både med og uten fuglebånd	<p>Eksperimentet ble i første omgang utført uten fuglebånd. Gnistene var i stand til å brenne flere hull i takpappen, samt starte en ulmebrann i OSB platene under. Ulmebrannen var ikke intens nok til å brenne hull på OSB platene og den gikk aldri over til en synlig brann.</p> <p>Det ble deretter montert fuglebånd, som resulterte i at takpappen ikke ble antent i det hele tatt og av den grunn var OSB platene uberørt av påkjenningen.</p>
Som i forestående forsøk, men nå med tørre barnåler og løv under taksteinen. Her ble det også montert fuglebånd.	<p>Selv ved montering av fuglebånd, vil det kunne akkumulere barnåler eller annet antennelig materiale under taksteinen.</p> <p>Det ble funnet at dette ville resultere i antennelse av takkonstruksjonen, uavhengig av oppbygning og konfigurasjon.</p>
Takkonstruksjon med glipper og åpninger i mellom taksteinene, for en mest mulig virkelighetsfull tilnærming av en takkonstruksjon utsatt for slitasje over tid.	Antennelse under taksteinen ble observert, med eller uten takpapp eller fuglebånd. Dette resultatet indikerer at hvis glipper eller åpninger i taksteinen eksisterer vil en antennelse forekomme forholdsvis raskt og enkelt.

### 5.1.5 Takkonstruksjon i ulike vinkler

Det ble også testet flate takkonstruksjoner og konstruksjoner med ulike vinkler som vist i Figur 13: Takkonstruksjoner med vinkel, henholdsvis 60, 90 og 135 grader [28]. OSB plater satt sammen i en vinkel på 60°, resulterte i en akkumulering av gnister i renna, som igjen startet en ulmebrann og til sist brente hull på platene, før videre antennelse i form av synlige flammer. Ved 90° vinkel, oppstod det her også en ulmebrann, men ingen antennelse i form av synlige flammer. Til sist testet man med en vinkel på 135° som gav ingen form for antennelse av OSB platene.

Den samme testen ble også gjort, nå med takpapp eller asfalt plater over OSB platene. Ved 60° og 90° vinkel, fanget konstruksjonen opp flere gnister, som førte til at asfalt platene smeltet. Det ble derimot ikke observert noen form for antennelse.



Figur 13: Takkonstruksjoner med vinkel, henholdsvis 60, 90 og 135 grader [28]

### 5.1.6 Akkumulering av barnåler og brennbart materiale i takrenner

Til sist ble det montert en takrenne på en takkonstruksjon utført med OSB plater i bunn, deretter takpapp og singel som overflatemateriale. I takrenna ble det lagt barnåler, løv og annet materiale som er ment å tilsvare naturlig akkumulering av brennbar vegetasjon.

Ved påkjenning av gnistregn startet det først en ulmebrann som intensiverte og til sist utløste en brann med synlige flammer. Asfaltsingelen smeltet i det samme den ble eksponert for flammene, men brannen forble i takrenna og spredte seg ikke utover takkonstruksjonen. Forsøket er illustrert i Figur 14: Antennelse i takrenne som følge av gnistregn [28].



Figur 14: Antennelse i takrenne som følge av gnistregn [28]

## 5.2 Brannskallets ventilasjonsåpninger

Ventilasjonsåpninger eller andre sår i brannskallet er spesielt utsatt for gnister, som kan trekkes inn på kalde loft, under kledning, inn i kryperom i grunnmur eller inn under taktekingen. Disse stedene har som hensikt å hindre fuktskader. Det er også her sannsynlighet for akkumulering og oppsamling av antenkelige materialer som støv, løv, barnåler etc. Derfor er det viktig å finne gode løsninger som ikke hindrer ventilasjonsåpningenes funksjon, men allikevel er i stand til å redusere faren for at



gnister trenger inn under brannskallet. En kjent løsning er å benytte seg av nettinger, men man har ikke hatt noen formening om maskevidden og betydningen av den.

Av den grunn ble gnistregngeneratoren brukt til å studere i hvilken grad gnistre trenger igjennom nettinger med ulike maskevidde. En konstruksjon på 3.6 x 3.04 x 3.05m, konstruert med kalsiumsilikatplater (ubrennbart materiale) ble plassert 7.5m nedstrøms fra gnistgeneratoren. Midt i konstruksjonen ble det sparret ut og gjort plass til en netting. Maskeviddene som ble testet var på henholdsvis 5.72mm, 2.74mm, 2.0mm, 1.55mm, 1.35mm og 1.04mm. Bak netting ble det plassert fire ulike materialer for å se om gnistene var i stand til å penetrere nettingen og deretter antenne materialet som lå bak. Materialene som ble plassert bak, var av papir, bomull og en smal spalte konstruert av OSB og tre. Resultatene fra forsøket er gitt i Tabell 2: Oppsummering av fullskala test for netting med ulik maskevidde [28].

**Tabell 2: Oppsummering av fullskala test for netting med ulik maskevidde [28]**

Mesh (mm)	Paper	Cotton	Crevice	Crevice with paper
5.72	SI to FI	SI	SI	SI to FI (Paper) SI (OSB)
2.74	SI to FI	SI	SI	SI to FI (Paper) SI (OSB)
2.0	SI to FI	SI	NI	SI to FI (Paper) SI (OSB)
1.55	SI	SI	NI	SI (Paper) SI (OSB)
1.35	SI	SI	NI	NI
1.04	Two tests: NI One test SI	Two tests: NI One test SI	NI	NI

NI – No ignition; SI – Smoldering ignition; FI – Flaming ignition

Selv om det ble observert antennelse i lettantennelig materiale, ser man nytten ved bruk av netting i luftespalter og sjikt i bygningskonstruksjonen. Disse resultatene førte til en endring i California's regelverk kapittel 7A, hvor man gikk fra krav til 6mm maskevidde ned til 2mm.

### 5.3 Fasadekledning og sårbarhet

I Juni 2010 ble det holdt en konferanse for å finne ut hvilke typer fasadekonfigurasjoner, takutstikk og vinduer som ville være mest interessant å teste mot påkjening av gnistregn. Utfra dette møtet ble det bestemt å teste et innadvendt hjørne med ulike kledningstyper, ettersom man ønske å se om gnistene ble fanget. Testen er illustrert i Figur 15: Innadvendt hjørne kledd med vinyl [28].

Konstruksjonen var konstruert med bindingsverk i tre og uten isolasjon. Det var heller ikke noe form for tottrinnetting, derav ingen luftespaltet mellom vindsperre og kledningen. Utenpå stenderverket ble det montert OSB plater, dekket med Tyvek fuktsperre (i Norge har vi luftespalte og vindsperre fremfor fuktsperre) og til sist kledningen. Det ble valgt fire typer fasadekledninger: Vinyl, polypropylen og til sist både ubehandlet og behandlet Cedar Shingle. Det påpekes at det ikke ble gjennomført en tørkeprosess før monteringen av Cedar Shingelen i eksperimentet. Det ble valgt å teste for vindhastigheter på 7m/s og 9m/s, ettersom disse vindhastighetene viser seg å være i stand til å bære med seg gnistene som bli generert av generatoren.

For eksperimentet med Vinyl, både med vindhastigheter på 7 og 9m/s, smeltet gnistene kledningen og lagde hull i Tyvek duken. Antennelsen av OSB platene ble kun observert med vindhastig på 9m/s og når kledningen var tørr. Dette førte videre til gjennombrenning av OSB platene som igjen antente stenderverket bak.



Figur 15: Innadvendt hjørne kledd med vinyl [28]

Ved testing av polypropylen, ble det observert smelting av både kledningen og Tyvekduken, men ingen antennelse av OSB platene for noen av vindhastighetene.

Fordi det var utfordrende å tørke kledningen av ubehandlet Cedar Shingle, ble testen gjennomført med 11% fuktinnhold. Gnistregngeneratoren har kun mulighet til å produsere gnistregn i 6min av gangen og testen ble derfor gjentatt 3 ganger etter hverandre med 10min opphold i mellom. Etter første forsøk, ble det ikke observert noen form for antennelse, ettersom fuktinnholdet var for høyt. Etter det tredje forsøket ble det derimot observert antennelse i bunn av konstruksjonen, som beviser at kontinuerlig påkjennelse av gnistrer vil kunne antenne en relativt fuktig kledning.

Brannimpregnerte Cedar Shingle, testet mot påkjennning av gnistregn. "California Code of Regulation" kapittel 7A, tillater bruk av denne type takteking og den skal tilsvare klasse B, testet ift. ASTM E108. Etter flere forsøk, var det ingen form for antennelse av materialet.

Det ble til sist også testet om lett antennelig materialer og barnåler plassert i bedd foran fasaden ville ha noe påvirkning på antennelsen. Her ble det benyttet både et innadvendt hjørne samt en flat vegg. Gnistene startet en ulmebrann i barnålene og i rusket som lå i forkant av konstruksjonen. Videre gikk dette over i antennelse med synlige flammer, som var i stand til å smeltet vinylen og startet en ulmebrann i OSB platene. Dette til tross for at OSB platene på dette tidspunktet var fuktige. Det samme resultatet gjaldt også for den ubehandlede Cedar Shingle. For den brannimpregnerte Cedar Shingle'n oppstod det ingen form for antennelse, hverken i tekkingen selv eller OSB platene under. Testen er illustrert i Figur 16: Figurene viser antennelse i barnåler og rusk foran konstruksjonen som videre antenner kledningene (vinyl til venstre og Cedar Shingle til høyre) [28].





Figur 16: Figurene viser antennelse i barnåler og rusk foran konstruksjonen som videre antenner kledningene (vinyl til venstre og Cedar Shingle til høyre) [28]

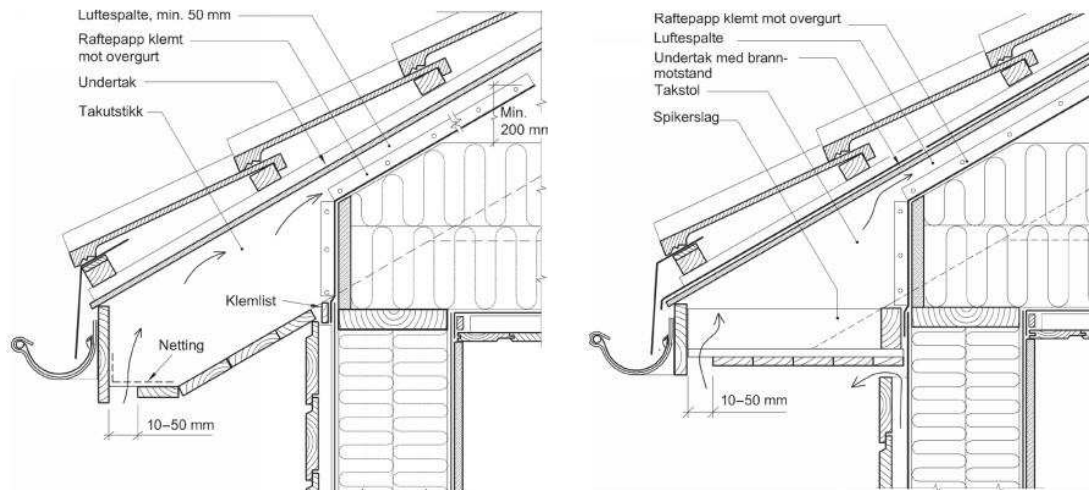
## 5.4 Takfot

Et interessant spørsmål og fenomen som er verdt å se nærmere på, er om gnister hoper seg opp eller samler seg rett under takfoten. For Norge som også i USA er det hovedsakelig to typer utforminger og utførelse av takfot som er vanlig. Takbjelkene trekkes utover og forbi vegggen for å danne den bærende konstruksjonen til raftet. I de fleste tilfeller bokser man disse inn, men det er også vanlig å la disse være synlige. Fordi man har antatt at den åpne konstruksjonsutførelsen er mest sårbar for gnistpåkjenning, er det også denne man har tatt for seg i forsøkene illustrert i Figur 17: Åpen takfot med og uten ventilering [28].



Figur 17: Åpen takfot med og uten ventilering [28]

Det må derimot bemerkes at man i Norge enten konstruerer takfoten slik at drenering og lufting av takkonstruksjon går ut i takfoten sammen med lufting av kledningen, eller ved å skille disse to fra hverandre som vist i Figur 18: Til venstre: overgang mellom yttervegg og tak med takstoler og kaldt, luftet loftsrom. Til høyre: Takfot med delvis underkledning og lufting [29]. En slik utlufting vil i større grad være eksponert for gnister som treffer ytterst på takfoten, fremfor ventiler som er plassert god oppunder takfoten slik det er illustrert og gjennomført forsøk på i Figur 17: Åpen takfot med og uten ventilering [28].

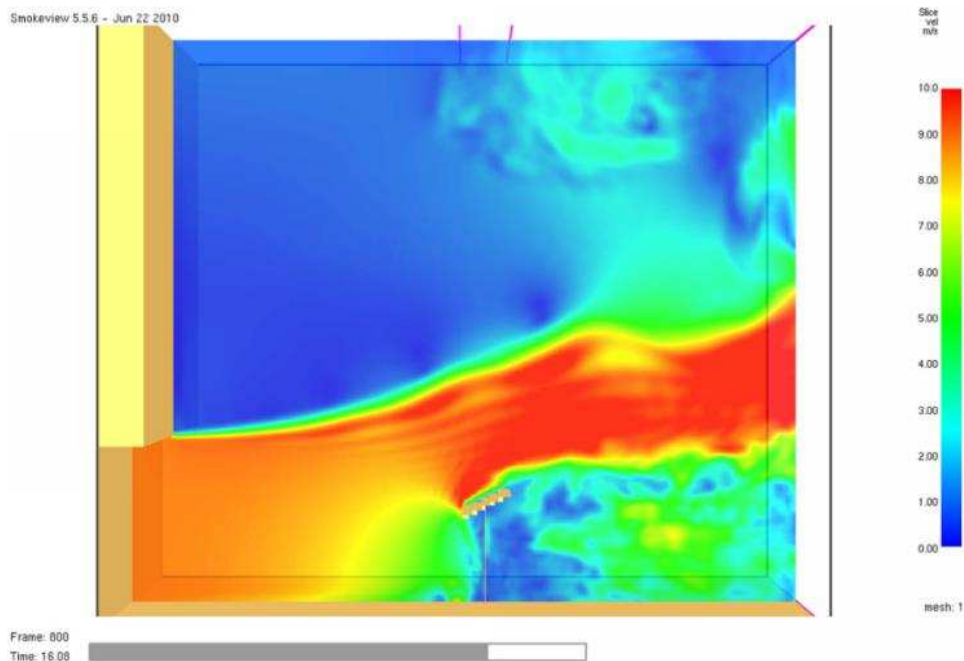


Figur 18: Til venstre: overgang mellom yttervegg og tak med takstoler og kaldt, luftet loftsrom. Til høyre: Takfot med delvis underkledding og lufting [29]

Takfoten stakk 122cm ut og ble montert på en 2.44 x 2.44m vegg. Et utstikk på 122cm tilsvarer et overheng på 61cm. Fordi eksperimentet gikk ut på å se i hvilken grad det samlet seg gnister under takfoten, ble konstruksjonen satt sammen av OSB plater med naturlig fuktinnhold. Takbjelkene hadde senter til senter avstand på 406mm.

Halvparten av forsøkene ble gjort på en takkonstruksjon uten ventiler, mens på de resterende forsøkene ble det montert ventiler som også ble beskyttet av en netting med maskevidde 2.75mm. Denne maskevidden ble valgt etter anbefalinger gitt i California's WUI code 2010 [28].

For konstruksjonen uten ventiler ble det ikke observert en oppsamling av glødende gnister under takfoten med vindhastigheter på 7 og 9m/s. For å få en bedre forståelse av hvorfor dette ikke var tilfellet, ble det gjort en simulering av konstruksjonen med påkjenning av vind ved hjelp av Fire Dynamics Simulator (FDS). Resultatet av simuleringen er vist i Figur 19: FDS simulering av luftstrømninger rundt en takfot [28], og man kan tydelig se at veggen i tilknytning til taket resulterer i at luftstrømningen stagnerer foran veggen og under takfoten. Rett under takfoten er luftstrømningene tilnærmet lik 0m/s. Etersom gnistene blir fraktet med vinden, vil de ikke kunne bevege seg inn under takfoten hvor luftstrømmen står stille. Derimot ser vi at ytterst på takutstikker treffer luften takfoten med hastigheter på godt over 7m/s, noe som påpeker viktigheten av plasseringen til ventiler i takfot.



Figur 19: FDS simulering av luftstrømninger rundt en takfot [28]

Ved montering av ventiler i takfoten, ble det registrert  $10 \pm 1$  gnister som traff ventilene ved en luftstrømning på 7m/s. Ved en økning på vindhastigheten til 9m/s, ble det registrert  $28 \pm 2$  gnister. Dette er svært lite sammenlignet mot antall gnister som ble kastet mot veggen. FDS simuleringen, observasjonene gjort under testing av takfoten og de foregående testene for ulike fasadekledninger, påpeker alle at det svært liten grad vil forekomme akkumulering av gnister under takfot. Gnisten vil falle mot bakken foran konstruksjonen noe som tilsier at dette er det mest kritiske området.

## 5.5 Vindu

Man har også spekulert i om gnister som samler seg i og rundt vinduskarmer er i stand til å knuse vinduet. Det ble derfor konstruert en fasade, med kledning i Vinyl og et vindu på 91 x 91cm som vist i Figur 20: Vegg, åpen takfot og vindu utsatt for gnistregn [28].



Figur 20: Vegg, åpen takfot og vindu utsatt for gnistregn [28]

Konstruksjonen ble utsatt for gnistregn med vindhastigheter på 7 og 9m/s. Ved vindhastighet på 7m/s ble det observert at gnistene traff veggen og akkumulerte i vinduskarmen, noe som på forhånd var antatt. Derimot førte ingen av forsøkene til at vinduet knuste.

Det må påpekes at konstruksjonen forsøkene ble gjort på, ikke har en luftet kledning. Man kan derfor ikke si noe om i hvilken grad et vindu, bygget med dreneringsspalte i over og underkant vil være utsatt for gnistregn.

## 5.6 Kritisk refleksjon for testene utført av NIST

For brannen i Lærdal og flere WUI branner i USA, har man observert at flyvebranner kan være tilstede i flere timer og med vindhastigheter eller vindkast over 9m/s. Fasadene som ble testet samsvarer i liten grad med norske byggeprinsipper ift. trefasader med totrinnstetting. Testene påpeker allikevel kritiske områder i bygningsskallet. Det mangler også tester vedrørende grunnmur og kryperom, men testen av fasade og plassering av brennbart rusk i forkant i sammenheng med testing av de ulike nettingene, illustrerer allikevel faren for spredning i denne konstruksjonsdelen. Det påpekes i rapporten at det er behov for videre forskning på ulike dekker og verandaer og at man har utviklet en gnistgenerator som er i stand til å produsere gnistregn i en tidsperiode på mer enn 6 minutter av gangen [28]. Det er også nødvendig å kartlegge gnister produsert av brennende bygninger, ettersom gnistregngeneratoren er basert på gnister produsert av brennende vegetasjon.

Testen ble også gjennomført på ulike deler av et bygg og ikke i en fullskala test. Det kan tenkes at vind som skaper et lufttrykk i forkant av konstruksjonen i tillegg til et vakuum i bakkant kan ha en effekt på luftrømninger og innsug av gnister i hulrom og luftespalter. I tillegg ville det også vært interessant å se nærmere på akkumulering av gnister på lesiden av bygget, eller om det også kan oppstå turbulente områder som samler gnistene og holder intensiteten oppe nært bygget over lengere tid.

Det savnes også test av gavlvegger, hvor tilslutning til tak ofte er en utfordring og hvor det i mange tilfeller oppstår glipper inn til loft. I tillegg vil man ikke her ha en skrå flate som presser vinden oppover, men i stedet en skarp overgang fra vindskiene til taket. Vindskier så vel som slitte takstein, er også i stand til å fange gnister. Utforming og materialbruk ved bygging av disse er også av interesse og savnes i testene.

Det må også stilles spørsmål ved valg av fasade og testoppsett, hvor det er valgt et innadvendt hjørne. Fra FDS simuleringen, ser vi tydelig at bevegelser i luft vil stagnere under takutstikket. Det kan spekuleres i om man vil få den samme effekten i et innadvendt hjørne, hvor lufta stagnerer og gnistene derfor faller raskere til bakken. Ved å teste på en større flate, hvor vinden har mulighet til å trekke seg til siden, vil gnistene kanskje ha større mulighet for bli med denne luftstrømmen som igjen kan føre til at gnister fester seg i ujevnheter i kledningen.

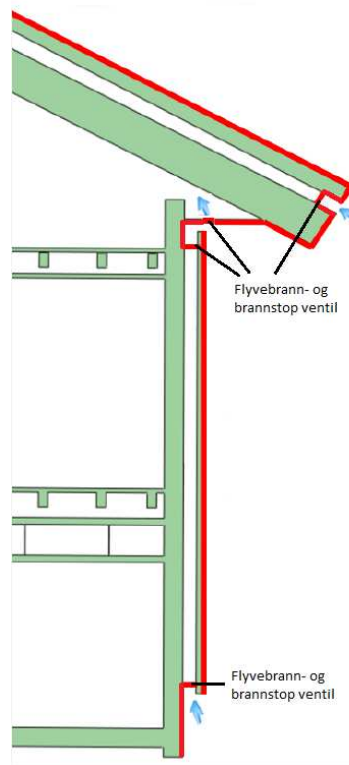
Videre i kapittel 6. Brannskallet vil det bli sett nærmere på brannskallet og de ulike delene som anses å være spesielt utsatt for gnister. Hensikten er å etablere begrepet "brannskall" og hva som menes med det. Kapittelet vil deretter bli etterfulgt av regelverk både fra USA og Australia, hvor det allerede er etablert praksis å inkorporere passive sikringstiltak ved bygging av nye bygg i spredningsutsatte områder.



## 6. Brannskallet

Det vil være viktig å definere brannskallet og dens funksjon. Når vi prater om brannskall så snakker vi om de omsluttende bygningsmaterialene som kler den bærende konstruksjonen til bygget. Klimaskall er et begrep som er godt kjent, men det er viktig å kunne skille mellom disse to begrepene og være klar over forskjellene. De to begrepene beskriver forskjellige funksjoner og derfor vektlegger detaljer og utforming ulikt.

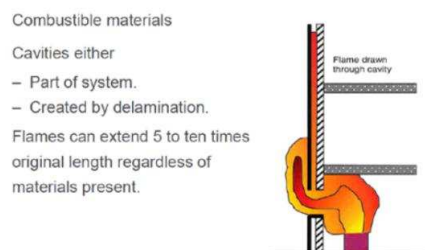
Når det gjelder brannskallet snakker vi om det ytterste sjiktet som omslutter konstruksjonen, i motsetning til klimaskallet som ofte kan ha flere sjikt og flere trinn. Vi er her opptatt av utformingen av bygningens ytterste sjikt, og evnen dette har til å motstå ytre brannpåkjenninger. Hvis en brann evner å trenge seg igjennom brannskallet vil det være økt sannsynligheten for at man ikke lenger er i stand til å få kontroll på brannen. Brannskallet er illustrert i Figur 21: Illustrasjon av brannskallet ved luftet kledning, modifisert utfra [30], og er et kontinuerlig skall fra bakkenivå som omslutter hele bygget.



Figur 21: Illustrasjon av brannskallet ved luftet kledning, modifisert utfra [30]

Det er avgjørende at brannskallet er intakt og kontinuerlig. Sprekkdannelser i panelet, ujevnheter, plassering av luftkanaler og geometrisk utforming vil ha betydningen for brannskallets sårbarhet. Enkelte ledd kan være utfordrende å gjøre noe med, men utbedringer vil i hovedsak være viktigst der hvor brannskallet er mest utsatt. Det vil si at mindre betydningsfulle ledd ikke nødvendigvis er nødt til å være like robuste som de meste betydningsfulle. Kartleggingen i oppgaven vil belyse disse nærmere og det vil bli utarbeidet en indeksmetode hvor det blir foreslått vektning av ulike faktorer og ledd som har innvirkning for både påkjenningen og brannskallet.

Branner i hulrom er uforutsigbare, vanskelig å oppdaget og de kan utvikle seg raskt eller over tid. Derfor er de en stor utfordring for brannmannskapene. Branner i hulrom sprer seg raskere enn ved et standard brannforløp. Brannspredningshastigheter på 2-8m/min, er blitt registrert i slike hulrom og luftespalter [30]. I vertikale hulrom som vi ofte har i fasader, kan en brann spre seg 5-10 ganger rasker enn spredningen på utsiden av kledningen, illustrert i Figur 22: Spredning av brann i luftespalte [31].



Figur 22: Spredning av brann i luftespalte [31]

Dette illustrerer viktigheten av å etablere et kontinuerlig brannskall som ikke tillater svikt enkelte steder som igjen vil føre til hurtig spredning bak skallet.

## 6.1 Yttervegger

I Norge bygges vanligvis trehus i dag med to trinnstetting. Vi har også i noen få tilfeller, i eldre bygninger som eksempelvis kirker, ikke luftet kledning, noe som utelukker spredning via hulrom. Man må allikevel være oppmerksom på at eldre bygg kan ha fått setningskader eller lignende, som fører til skeive vegger eller at kledningen ikke lenger ligger tett mot bygningskonstruksjonen. Dette vil selvfølgelig øke faren for hurtig spredning som vil være vanskeligere å få kontroll over.

### 6.1.1 Kledningen

Kledningen utgjør en stor del av brannskallet og brannmotstanden er i hovedsak definert utfra tykkelsen til panelet. Dette forutsetter ensidig påkjenning og at brannen ikke har spredt seg i hulrom eller sprekker bak. Tabell 3: Examples of European K classes for wood-based panels and solid wood panelling [32], lister opp brannmotstanden til ulike materialer som kan benyttes som kledning.

Tabell 3: Examples of European K classes for wood-based panels and solid wood panelling [32]

Product	EN product standard	Product details	Min. mean density kg/m <sup>3</sup>	Min. overall thickness mm	End use condition	K class
Particle board	EN 13986	Tongue and groove	600	10	Wall and ceiling covering	K <sub>2</sub> 10
Particle board	EN13986	-	600	12	Wall and ceiling covering	K <sub>2</sub> 10
Plywood	EN13986	-	450	12	Wall and ceiling covering	K <sub>2</sub> 10
OSB	EN13986	-	600	10	Wall and ceiling covering	K <sub>2</sub> 10
Hardboard/mediumboard	EN13986	-	800	9	Wall and ceiling covering	K <sub>2</sub> 10

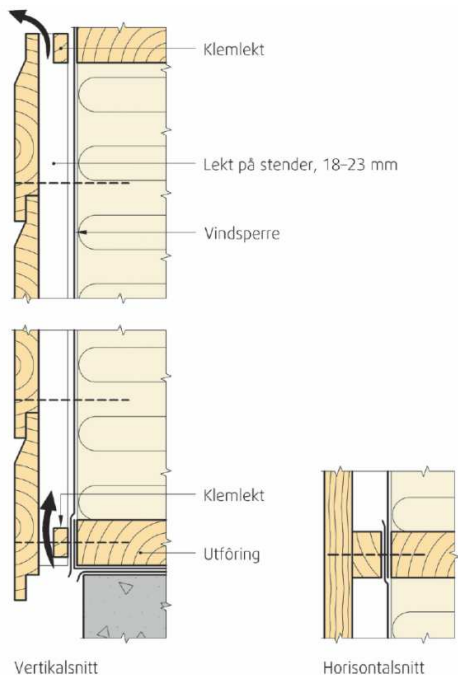
Solid wood panels	EN13986	-	450	13	Wall and ceiling covering	K <sub>2</sub> 10
Plywood	EN13986	Tongue and groove	450	24	Wall and ceiling covering	K <sub>2</sub> 30
Solid wood panels	EN13986	Tongue and groove	450	26	Wall and ceiling covering	K <sub>2</sub> 30
Solid wood panelling and cladding	EN14915	Tongue and groove	450	15	Wall and ceiling covering	K <sub>2</sub> 10
Solid wood panelling and cladding	EN14915	Tongue and groove	450	27	Wall and ceiling covering	K <sub>2</sub> 30

Det europeiske systemet med K klasser er definert i EN 13501-2. Klassen er basert på en brannmotstandstest, hvor hovedparameteren er temperaturen som oppstår bak panelet i ulike tidsintervaller. Det er definert tre nivåer for brannmotstand: 10, 30 og 60 minutter [32].

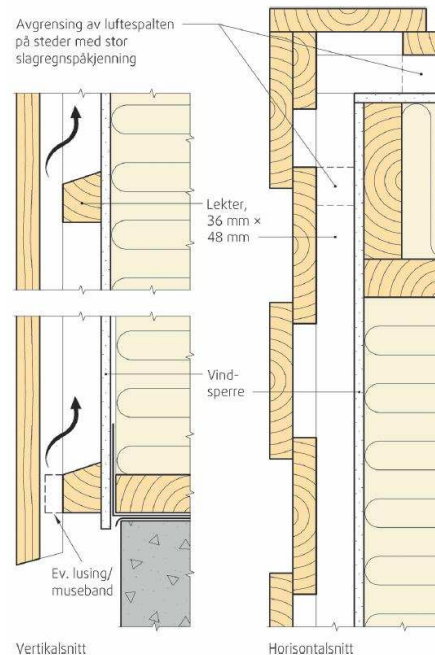
Ut fra tabellen vil en kledning med tykkelse 15mm kunne motstå en brann på 10min, uten gjennombrenning og en akseptabel temperatur i bakkant, herav klasse K<sub>2</sub>10. Kravet i Norge for overflater på ytterkledning i brannklasse 1, er satt til D-s3,d0 [33]. Dette sier noe om materialegenskapene og hvordan materialet bidrar til brannforløpet, men lite om gjennombrenningstid. Disse to faktorene er vesentlig for å kunne si noe om kledningen i brannskallet og dens egenskaper.

### 6.1.2 Luftet kledning

Luftet kledning er typisk for Norge og ofte referert til som totrinnstetning av klimaskallet. Det innebærer at man lekter ut kledningen for å skape et luftet og drenert hulrom bak. Luftrommet må være sammenhengende, og det må være åpent i både topp og bunn, for effektiv drenering og lufting [34]. Figur 23: Liggende trekledning [35] og Figur 24: Stående trekledning, tømmermannspanel [34] illustrerer ulike utforminger av totrinnstetning og viser retning til luftstrømmer og hvordan utlufting foregår.



Figur 23: Liggende trekledning [35]



Figur 24: Stående trekledning, tømmermannspanel [34]

Vel å merke finnes det flere måter å utforme luftespalten bak kledningen på. Dette skaper utfordringer vedrørende festing og utførelse av løsninger for å sikre et kontinuerlig og tett brannskall. Overgang mellom grunnmur og kledning, så vel som kledning og takfot vil være av betydning.

### 6.1.3 Ikke luftet kledning

I dag bygges ikke nye hus uten luftede kledninger her i Norge, men man kan finne tilfeller i eldre bebyggelse. Tømmermannspanel, er en kledning mye brukt i dag og som i noen tilfeller legges direkte på vindsperre uten utlekting. Denne vil da ha vertikale luftkanaler som bidrar til utlufting og derfor falle denne inn under kategorien for luftede kledninger, se Figur 24: Stående trekledning, tømmermannspanel [34].

Ikke-luftet kledning sammenfører brannskallet direkte med underliggende konstruksjoner og det vil i så tilfellet være viktig at overflatene er slette uten sprekker eller hull hvor gnister kan trenge seg inn og få tak i underliggende materialer. Overganger fra vegg til dører, vinduer, tak eller grunnmur må utføres på en slik måte at det ikke skapes rom for gnister til å trenge inn eller akkumulere.

For eldre bygg, bør man være oppmerksom på setningsskader eller annet som kan føre til utettheter eller også dannelse av hulrom bak kledningen.

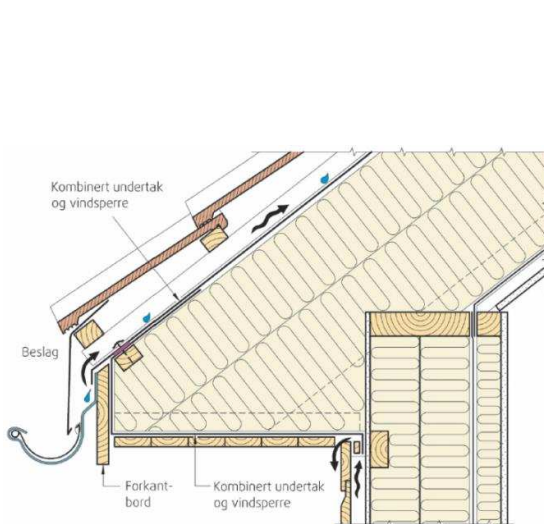
## 6.2 Tak og takfot

Ventilerte takkonstruksjoner er vanlig praksis i Norge, eksempel på oppbygning er vist i Figur 25: Takfot uten luftet raftekaske [36] og Figur 26: Takfot med luftet raftekaske [36]. Ventilasjonssjiktet sikrer at kondensvann og inntrengt nedbør dreneres bort fra undertaket, og at fukt fra konstruksjonen kan ventileres bort [36]. Flere løsninger og utforming av ventilerte takkonstruksjoner kan finnes i [37].

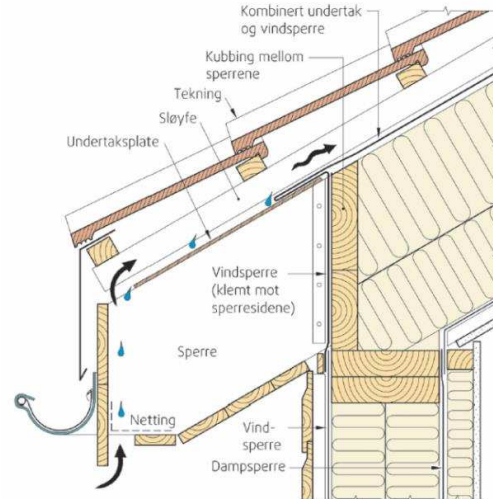


Kalde loft er også svært vanlig i Norge, fellesnevneren er ventilering av konstruksjonen som fører til utfordringer vedrørende brannspredning. Takfoten er et svakt punkt i brannskallet, fordi den muliggjør spredning fra fasade og innunder taket, som igjen vil føre til en rask brannutvikling.

Det er av den grunn svært viktig å sikre brannskallet og dens kontinuitet i takfoten, noe som kan oppnås ved hjelp av eksempelvis brannventiler. Ulike løsninger for disse er tatt for seg i kapittel 7.



Figur 25: Takfot uten luftet raftekasse [36]



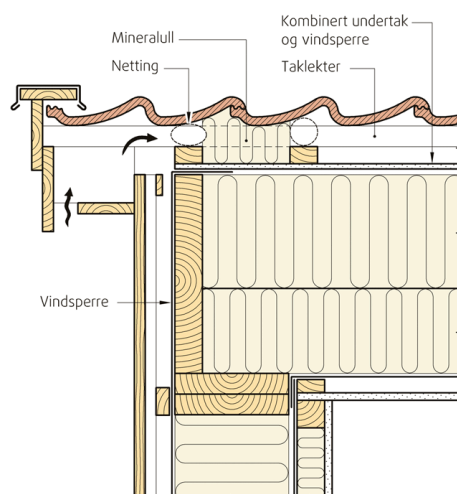
Figur 26: Takfot med luftet raftekasse [36]

Taktekking og materialvalg har også betydning for å holde en lokal brann i overflaten. VTEK10 §11-9, setter krav til taktekingen:

1. Taktekking må tilfredsstillende klasse  $B_{ROOF}(t_2)$  [Ta]. Teglstein, betongtakstein, skifertak og metallplater kan uten ytterligere dokumentasjon antas å tilfredsstillende klasse  $B_{ROOF}(t_2)$  [Ta].
2. For småhus kan takteking være uklassifisert der avstanden mellom de enkelte byggverk er minst 8,0 m. Med småhus forstås eneboliger, tomannsboliger og andre lave byggverk med et lite antall mennesker.

Det stilles ingen krav til småhus og man kan i prinsippet ha takteking i tre eller strå. En stor utfordring vil være å minimere sprekker og glipper som kan føre til at gnister trenger inn under brannskallet, ettersom det heller ikke er spesifikke krav til materialer under tekkingen.

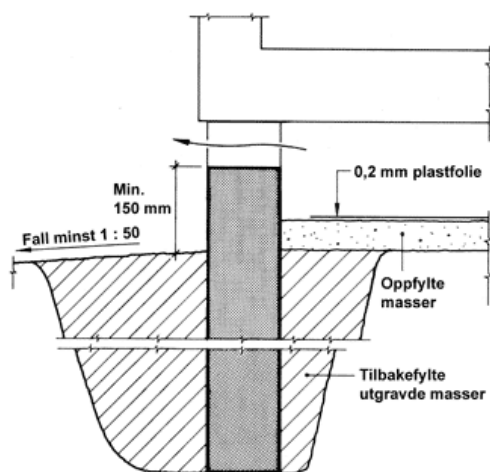
Utforming av vindskier har også betydning ift. tilslutning fra gavlvegger og utforming, hvor eksempelvis brennbart materiale har mulighet til å samle seg, som igjen vil øke faren for antennelse av gnister. Lufting i gavlvegg og over i tak er en utfordring som vil kunne føre til rask spredning av brann. Et eksempel for å sikre tilstrekkelig tetthet er illustrert i Figur 27: Eksempel på plassering av brannstopp av mineralull i overgang mellom gavlvegg og tak med takstein [38].



Figur 27: Eksempel på plassering av brannstopp av mineralull i overgang mellom gavlvegg og tak med takstein [38]

### 6.3 Grunnmur

Det vil her være forskjell på lufttet og luftet grunnmur, hvor en uluftet grunnmur utført med ubrennbart materiale ikke vil være spesielt utsatt. Derimot vil en luftet grunnmur, eksempelvis med kryperom, ha åpne ventiler for ventilering. Luftede kryperom er spesielt sårbare, da de også i mange tilfeller brukes til lagring av byggematerialer. Det vil være en fare for oppsamling av løv og annet rusk som er lettantennelige.



Figur 28: Ventilert kryperom [39]

Figur 28: Ventilert kryperom [39], er hentet fra SINTEF byggforsk og illustrerer ventilering i kryperom. For å i større grad sikre seg mot flyvebranner, må det benyttes ventiler som også fungerer både som brannstoppere og gnistfangere. Et mulig alternativ er å benytte ubrennbare nettinger som har en maskevidde mindre enn 2-3mm.

### 6.4 Ytterdører og vinduer

Dør og vinduskarm er utsatt for akkumulering av gnister og flyvebranner. Det vil av den grunn være viktig å redusere muligheten for at gnister fester seg i sprekker eller trenger seg inn i åpninger langs vinduskarm eller dørkarm.

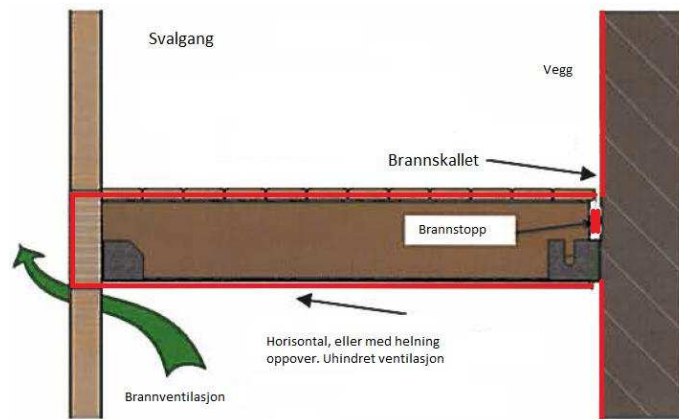
Vinduer har ved totrinnstettede fasader også en dreneringsspalte i over og underkant av karmen, som dermed også må utføres på en slik måte at de ikke fanger gnister eller glør, men skaper et kontinuerlig brannskall. Det vil være en viss fare for at akkumulering av gnister vil føre til at vinduet knuser. Testene utført av Mazello tilsier at dette er lite sannsynlig.

For dører vil det i dørkarmen rundt døra, være glipper som i tilfeller vil kunne fange gnister. Det bør derfor tilstrebes at disse glippene er så små som mulig.

## 6.5 Svalganger, terrasser, verandaer og balkonger

Svalganger og balkonger med tilgang til flere brannceller, kan være en risiko for sikker rømning, ettersom den kan påvirke spredning av brann horisontalt. Derfor må den geometriske utformingen av slike konstruksjoner være slik at gasser og varme kan ventileres ut og bort fra bygget [30].

En slik konstruksjon vil bli en del av brannskallet og er illustrert i Figur 29: Svalganger som rømningsvei og brannskallet, modifisert utfra [30].



Figur 29: Svalganger som rømningsvei og brannskallet, modifisert utfra [30]

Løsninger for utførelse og utforming av svalganger kan finnes i [40]. Generelt for svalganger og altanganger som er en del av rømningsvei, må disse være like sikre og trygge som andre rømningsveier. De må ikke bidra til uakseptabel brannspredning eller vanskeligjøre redning og sløkking.

For verandaer eller terrasser vil det i lik grad som grunnmur med kryperom være viktig å hindre gnister og glør i å trenge inn under konstruksjonen. Det vil her være avgjørende å bokse inn konstruksjonen for å hindre denne type påkjønning. Alternativt vil det rutinemessig være behov for å rydde og kontrollere forholdene under konstruksjonen. Ved nybygg bør det etterstrebes å legge terrassebordene så tett som mulig, for å forhindre at gnister eller glør skal ha mulighet for å trenge igjennom dekket. Faren er at gnister som lander på konstruksjonen eller antenner brennbart rusk i underkant, vil kunne antenne konstruksjonen som igjen vil være i stand til å lede brannen inn til bygget. Materialvalg er av betydning, i tillegg til å sikre tetthet og kontinuitet i brannskallet.

## 6.6 Oppsummering av brannskallet

Tabell 4: Passive brannsikringstiltak angitt etter bygningsskallets oppbygning, inspirert av COWI [41] oppsummerer brannskallet og antyder spredningsrisikoen. Tabellen er inspirert av et prosjekt utført av COWI.

Tabell 4: Passive brannsikringstiltak angitt etter bygningskallets oppbygning, inspirert av COWI [41]

Oppbygning av bygningskallet		Konstruksjoner	Spredningsrisiko
Yttervegg	Ikke luftet kledning	Kledning på laftede vegger  Laftede vegger uten kledning	<b>Liten:</b> Forutsatt at eventuelle hulrom/luftegap bak kledning er små og ikke har åpninger i over- og underkant av kledningen. Det vil være en viss spredningsrisiko i tilknytning til luftede tak.
	Luftet kledning	Kledning på laftede vegger  Bindeverksvegger eller reisverk	<b>Stor:</b> grunnet hurtig vertikal spredning på innsiden av kledningen. Det er også fare for spredning fra fasaden og over til takfot.
Tak/takfot	Ikke luftet tak	Mest vanlig der hvor også fasaden ikke er luftet	<b>Normal til liten:</b> forutsatt tette overganger  Viktig at takteking er nøye og godt utført uten store glipper eller sprekker.
	Luftet tak	Mest vanlig der kledning er luftet  Luftet overgang takfot og loft	<b>Stor:</b> ofte totalt ødeleggende  Viktig at takteking er nøye og godt utført uten store glipper eller sprekker.
Grunnmur	Ikke luftet	Trebjelkelag på fylling	<b>Svært liten eller ingen:</b> En viss risiko dersom det finnes noen form for hulrom med mulighet for akkumulering av blader, barnåler eller annet brennbart materiale. Spredning fra bakkenivå direkte til fasaden vil være mest sannsynlig.
	Luftet grunnmur / kryperom	Trebjelkelag over kryperom	<b>Stor:</b> Gnister kan trenge seg inn via luftventiler og antenne brennbart materiale inne i kryperommet. Brennende materialer, eksempelvis planter, kan stikkes inn gjennom åpninger i grunnmuren og lede brannen inn under bygget.
Terrasse, verandaer, balkonger eller svalganger	Bokset inn	Overflaten utført med vanlig trebord	<b>Moderat:</b> Gnister kan legge seg på trebordene, eventuelt falle ned imellom bordene og antenne konstruksjonen, som igjen vil kunne lede flammene inn til huset.  Et tiltak kan være å legge til rette med vannslange i nærheten, som vil kunne benyttes i tilfelle påkjenning av flyvebranner.
	Ikke bokset inn	Overflaten utført med vanlig trebord	<b>Stor:</b> Det vil være fare for at gnister trenger inn under konstruksjonen fra siden i tillegg til faren for at gnister legger seg på trebordene, eventuelt falle ned imellom bordene og antenner konstruksjonen. En brann vil igjen kunne ledes inn til huset.  Det bør rutinemessig gjennomføres rydding og kontroll av rommet under verandaen for å tilse at ikke lett antennelig materiale har samlet seg.

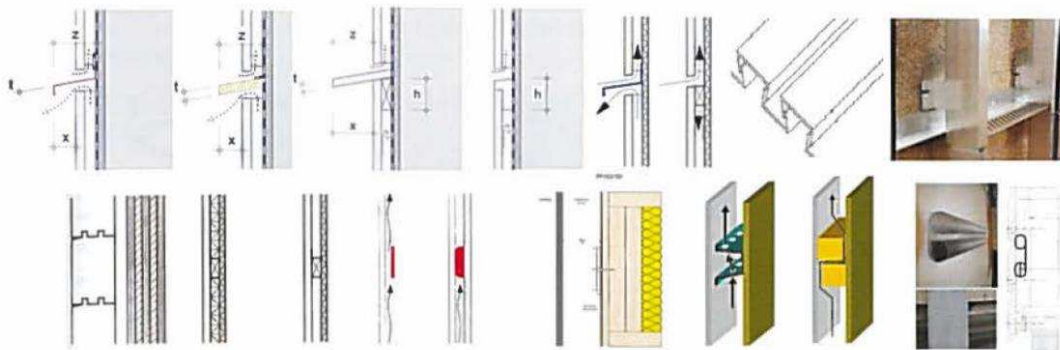
Ytterdører		Karm og dør i tre	<p><b>Moderat:</b> Akkumulering av gnister i karmen, i tillegg til at gnister kan feste seg i glipper mellom karm og dørblad.</p> <p>Her bør det vurderes om tettelisten er nødvendig, i tillegg til at glipen mellom karm og dør bør tilstrebes å være så liten som mulig.</p>
Vinduer		I luftet fasade / totrinns tetting	<p><b>Moderat:</b> Antennelse og akkumulering av gnister i karm. Luftespalte i over- og underkant av vindu ved totrinns tetting, er sårbar for inntrengning av gnister og glør.</p> <p>Igjen bør det også her tilstrebes at glipper eller sprekker er minst mulig. Bruk av dobbelt glass eller herdet glass vil redusere faren for at vinduet knuser. Det bør også monteres gnistfanger i dreneringsspalte i over og underkant av vinduet ved totrinns tetting av fasaden.</p>

Videre i kapittel 7. Løsninger for å sikre et kontinuerlig brannskall, vil det bli tatt for seg tiltak som er foreslått i litteraturen. I hovedsak vil disse omhandle løsninger som vil utbedre eller sikre kontinuitet i brannskallet og som har blitt redegjort for igjennom kapittel 6. Brannskallet.

## 7. Løsninger for å sikre et kontinuerlig brannskall

For å sikre et kontinuerlig brannskall, er det viktig at overgangen mellom de ulike konstruksjonselementene er utført på en slik måte, at en brann i bygningskallet forblir i overflaten. Av den grunn er det vesentlig å benytte seg av løsninger som hindrer en brann i å trenge inn under brannskallet og spre seg via luftespalter og hulrom. Dette kapitlet vil ta for seg eksempler på løsninger som finnes i markedet i dag, og som er ment å hindre denne spredningsformen.

En brann bak fasadekledningen, sprer seg raskt som følge av skorsteinseffekten i tillegg til tilbakestråling [30]. For å minimere spredning av brann i hulrom, kan vi benytte oss av ulike brannstoppere både vertikale og horisontale, eksempelvis vist i Figur 30: Brannstopp i luftespalter for utvendig kledninger [30]. Disse kan bestå av tre, metall eller brannsvellende materialer. Slike løsninger må tilpasses slik at de ikke påvirker luftespaltens funksjon for å hindre råteskader.



Figur 30: Brannstopp i luftespalter for utvendig kledninger [30]

### 7.1 Massive brannstopp

Massive brannstoppere er lufttette og er typisk for brannskillende konstruksjoner som vegger og tak. De består som regel av tre, steinull eller gips. Løsninger kan testes etter EN1364 og enkelte har vist seg å klare EI30 eller EI60 [30].

Denne type brannstopp egner seg ikke for luftespalter og skal derfor heller ikke benyttes i luftede kledninger eller tak. Eksempelvis på bruk av denne type brannstopp i brannskallet, kan være ved svalganger som vil kunne hindre en brann i etasjen under fra å spre seg videre oppover i bygget.

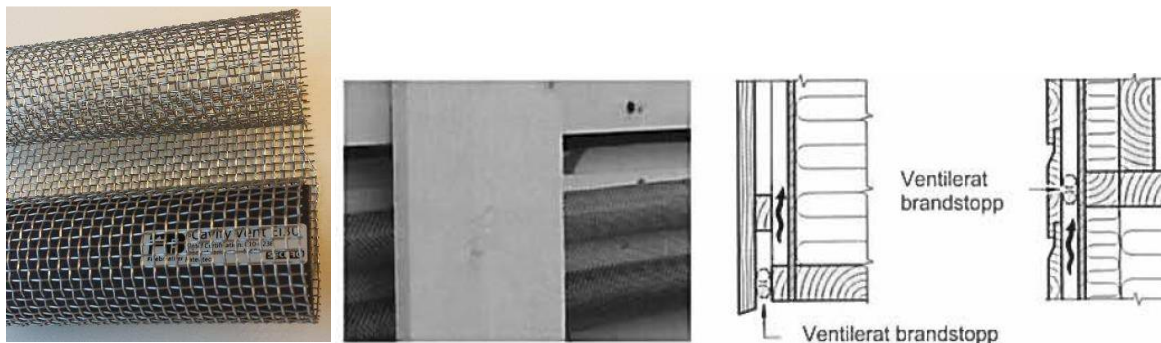
### 7.2 Klassifiserte ventilerende brannstoppere

Denne type brannstopp kan brukes i ventilerende hulrom som passerer branncellegrenser. Disse kan bestå av tre, metall eller brannsvellende materialer. Enkelte løsninger er testet etter EN1364 eller EN1366-4 [30] og er godkjent for EI30. I 2011 ble det publisert en ny teststandard ASTM 2912 som er dedikert til slike løsninger.

Denne type brannstopp fungerer momentant ved påkjening og gir tid for at svellende materialer skal kunne blokkere spalten fullstendig. I tillegg er man også nødt til å holde gnister ute og må derfor kombinere ventilerte brannstoppere med en netting, som er i stand til å hindre gnister i å trenge inn under brannskallet. Forsøkene gjort av Manzello tilsier at maskevidden til en slik netting ikke bør være større enn 2mm og at materialet må være brannmotstandsdyktig.



Figur 31: Brannstopp i yttervegg med ventilerende luftespalte, EI30/EI90 [30] er et eksempel på en ventil som i åpen tilstand evner å momentant motstå direkte flammer og er testet under slike forhold. Listen har en maskevidde på 2mm, som vil hindre større gnister fra å trenge igjennom, i tillegg til å stoppe direkte flammer inntil den brannsvellende listen i nedre del har tettet spalten fullstendig.



Figur 31: Brannstopp i yttervegg med ventilerende luftespalte, EI30/EI90 [30]

### 7.3 Ventilerende brannstopp som kun evner å forsinke spredningen

Slike brannstoppere er eksempelvis brannsvellende lister. Disse klarer ikke alene å blokkere en raskt utviklet brann og vil ikke klare å hindre en spredning annet enn å forsinke den, ved å blokkere lufttilførsel og brannkilden. Slike lister er også ofte sensitive mot fukt.

Andre løsninger deler opp fasaden og dermed hindrer de hurtig spredning oppover eller sidelengs. Disse evner ikke å stenge gnister ute, så lenge det er til stede hull eller glipper større enn 2mm.

Oftest blir slike løsninger brukt i kalde loft, fasader eller tak. De kan også bestå av små hull eller smale spalter. Disse er ikke testet etter standardkriteriene og stopper ikke brann, men bremser spredningen [30].

### 7.4 Krav til ventilasjon og drenering i luftede kledninger

Som det blir nevnt innledningsvis i dette kapitlet, er det å hindre råteskader selve hensikten med luftespalter. For å unngå at man ved etablering av et brannskall, videre ødelegger for drenering og lufting av konstruksjonsdeler er det her valgt å se nærmere på minimumskravene for luftespaltene.

Anbefalinger for luftespalten i luftede kledninger, er gitt i Tabell 5: SINTEF Byggforsks anbefalte minimumskrav for å sikre tilstrekkelig lufting og drenering av lufte- og dreneringsspalter i luftede kledninger [42] utarbeidet av SINTEF.



Tabell 5: SINTEF Byggforsks anbefalte minimumskrav for å sikre tilstrekkelig lufting og drenering av lufter- og dreneringsspalter i luftede kledninger [42]

Kledningstype	Lufting og drenering	Liten slagregns påkjennning	Moderat slagregns påkjennning	Stor slagregns påkjennning
Stående trekledning	Luftespaltebredde	≥ 18mm, helst ≥ 23mm	≥ 54mm	≥ 54mm
Tømmermanns-panel, omvendt lektekledning, lektekledning, åpen falset kledning og høvlet, profilert kledning	Oppbygning	Lektesløyer kan eventuelt droppes for kledninger med over- og underligger	Sløyfer ≥ 18mm, helst ≥ 23mm Lekter min. 36mm x 48mm	Sløyfer ≥ 18mm, helst ≥ 23mm Lekter min. 36mm x 48mm
Åpning oppe og nede		≥ 4mm	≥ 4mm	≥ 4mm
Liggende trekledning	Luftespaltebredde			
Enkel, liggende kledning, watherboards, dobbeltfalsset kledning, åpen dobbeltfalsset kledning, høvlet og profilert kledning	Oppbygning	Lekter	Lekter	Lekter
	Åpning oppe nede	≥ 4mm åpningsbredde ved klemler	≥ 4mm åpningsbredde ved klemler	≥ 4mm åpningsbredde ved klemler
	Andre forhold	Ingen særskilte krav til vindsperre foruten til dampåpenhet	Ingen særskilte krav til vindsperre foruten til dampåpenhet	Vindsperre av rullprodukt. Høye vegger bør utformes slik at vann kan ledes ut en gang hver etasje

For åpningene oppe og nede, ser vi at disse ikke nødvendigvis trenger å være større enn 4mm, noe som også vil være av betydning for inntrengning av gnister. Det kan tenkes at dette vil være nok for å sikre et kontinuerlig brannskall, ettersom det kun er snakk om en smal spalte i topp og bunn av kledning. Allikevel vil den ikke være i stand til å hindre direkte flammekontakt i å spre seg inn under kledningen. Videre testing av ulike kledninger og lufting påkjent av gnister, ville vært svært nyttig i denne sammenheng.

## 8. Regelverk for brannskallsikring i utlandet

Norge har ikke i dag regelverk som konkret påpeker faren ved flyvebranner og branner som en interaksjon mellom naturlig vegetasjon og tett bebyggelse. Derved er det heller ikke gitt spesifikke krav og veiledning som spesielt er ment å håndtere denne faren. Ettersom USA i større grad er rammet av slike branner, har de også etablert et regelverk som har til hensikt å redusere eksponeringen og øke brannmotstanden til hus og bygninger i spesielt utsatte områder. California er den staten som har vært hardest rammet opp gjennom tiden, og det er derfor også her man finner mest erfaring og kompetanse på området. Det er i tillegg etablert et internasjonalt samarbeid hvor blant annet Australia er blant de ledende nasjonene, som i likhet med USA har etablert lover og regler for WUI branner.

### 8.1 California building code chapter 7A [SFM] 2007: Materials and construction methods for exterior wildfire exposure

Dette kapitlet tar for seg byggetekniske detaljer og krav gitt i California's byggeforskrift. Kapittel 7A gjelder for bygningsmaterialer, systemer og/eller utvendig montasje og bygging av nye bygninger som er lokalisert i et WUI område.

Hensikten til kapitlet er å etablere minimumskrav for beskyttelse av liv og eiendom ved å øke evnen til bygninger, som er lokalisert i brannutsatte områder. Slik at de i større grad kan motstå flammer og brennende partikler produsert fra vegetasjon, og dermed redusere tap som følge av konflagrasjon.

Alle nye bygninger lokalisert i en brannfarsone må etterleve kravene gitt av Staten, på vegne av statsansvarlige områder, lokale myndigheter ved spesielt brannutsatte soner eller av håndhevede myndigheter i interaksjonsområder mellom vegetasjon og bymiljø.

#### 8.1.1 Roof and Attic ventilation

For ventilerte takkonstruksjoner, skal luftespalten konstrueres på en slik måte at den hindrer inntrengning av flammer og gnistrer. Disse skal stoppes ved hjelp av branngodkjente materialer eller ved at det monteres 32.4kg mineralull over brennbare overflater.

Blikkplater skal ikke være tynnere enn 0.48mm og metall som er montert over bredde på minimum 914mm skal det benyttes 32.4kg mineralull som underlag.

Så langt det er mulig skal takrenner monteres slik at de ikke samler opp løv og barnåler.

Tak og loftventilasjon skal kunne motstå inntrengning av flammer og gnistrer. Det kan også benyttes korrosjonsmotstandsdyktige og ubrennbare nettinger, med minimums maskevidde på 3.2mm til 6mm.

Det skal ikke monteres ventilasjon i raft eller gesims. Med unntak av at ventilasjonskanalene er i stand til å motstå flammer og gnistintrengning.

Raft og undersiden av bjelkeloft må møte kravene gitt av SFM 12-7A-3, eller beskyttes med antennelsesmotstandsdyktige materialer, eller være ubrennbar på den utsatte undersiden.

### 8.1.2 Exterior walls

Utvendige vegger må godkjennes som ubrennbare eller ikke-antennelige materialer, solid tømmer, laftet veggkonstruksjon eller være testet og godkjent mot flamme eller gnistinntrengning etter standarden SFM 12-7A-1.

Ventilasjonsåpninger i utvendige vegger skal motstå flamme og gnistintrengning eller dekkes med korrosjonsbestandig og ubrennbar netting, med mindre eller lik 6mm maskevidde.

Utvendige vinduer, glassvegger eller glassdører skal være isolerende og med minimum et herdet glass, eller ha en brannmotstand større enn 20 minutter, testet opp mot NFPA 257, Section 715, eller tilfredsstillende ytelseskravene gitt i SFM 12-7A-2.

Utvendige dører skal tilfredsstillende kravene gitt i SFM 12-7A-1, være godkjent som ubrennbar konstruksjon, eller ha en solid trekjerne ikke tynnere enn 1 3/8 tomme (35mm) og innvendig panel ikke tynnere enn 1 ¼ tomme (32mm). Eller en brannmotstand på mer enn 20 minutter, testet etter NFPA 252 eller section 715.

### 8.1.3 Beskyttelse av beleg, gulv og undergulv (Decking, floors and underfloor protection)

Overflater, trappeløp, landingsdekk og verandaer som ligger nærmere bygningen enn 3048mm, må utformes etter en av følgende metoder:

1. Konstrueres med ikke-antennelig materiale og bestå ytelseskravene gitt av SFM 12-7A-4, del A og B.
2. Konstrueres med massivt tømmer som er kledd med brannretarderende trevirke eller ubrennbart materiale.
3. Må bestå ytelseskravene gitt i SFM 12-7A-4, del A, SFM 12-7A-4.7.5.1 med maksimal varmeavgivelsesrate på 25kW/sq-ft.

Undersiden av terrasser skal tilfredsstillende brannmotstandene gitt for vegger. Hulrommet under terrassen må også tettes. Alle bygninger skal ha tette kryperom foruten der hvor konstruksjoner under gulvet er beskyttet med brannmotstandsdyktige materialer.

## 8.2 Australian Standard AS3959 - 2009: Construction of buildings in bushfireprone areas

Det vil bli for omfattende å gjengi standarden i detalj og det er derfor valgt å ta for seg den generelle oppbygningen og påpeke framgangsproseduren for å sikre bygninger i utsatte områder. Den Australske standarden har flere likhetstrekk med bygningskoden i California, tatt for seg i foregående kapittel. Den største forskjellen vil bli redegjort for i dette kapittelet.

For den Australske standarden er det oppgitt eksponeringsnivåer, BAL Levels, som det igjen blir knyttet ulike konstruksjonsmessige krav til. De ulike nivåene er gitt i Tabell 6: Bushfire attack levels and corresponding sections for specific construction requirements . Flytskjema for sikker brannbeskyttelse og fremgangsmetode er illustrert i Figur 32: Flytskjema fra den Australske standarden AS3959. Fra flytskjema, ser vi at det blir lagt minimumskrav i kapittel 3 i standarden, i tillegg til et eget kapittel knyttet til gitte BAL klasser.

Tabell 6: Bushfire attack levels and corresponding sections for specific construction requirements [43]

Bushfire Attack Level (BAL)	Classified vegetation within 100m of the site and heat flux exposure thresholds	Description of predicted bushfire attack and levels of exposure	Construction Section
BAL – LOW	See Clause 2.2.3.2	There is insufficient risk to warrant specific construction requirements	4
BAL – 12.5	$\leq 12.5 \text{ kW/m}^2$	Ember attack	3 and 5
BAL – 19	$> 12.5 \text{ kW/m}^2$ $\leq 19 \text{ kW/m}^2$	Increasing levels of ember attack and burning debris ignited by windborne embers together with increasing heat flux	3 and 6
BAL – 29	$> 19 \text{ kW/m}^2$ $\leq 29 \text{ kW/m}^2$	Increasing levels of ember attack and burning debris ignited by windborne embers together with increasing heat flux	3 and 7
BAL – 40	$> 29 \text{ kW/m}^2$ $\leq 40 \text{ kW/m}^2$	Increasing levels of ember attack and burning debris ignited by windborne embers together with increasing heat flux with the increased likelihood of exposure to flames	3 and 8
BAL – FZ	$> 40 \text{ kW/m}^2$	Direct exposure to flames from fire front in addition to heat flux and ember attack	3 and 9

Det er tilegnet et kapittel i standarden som beskriver fremgangsmetode for å kunne plassere bygninger i de ulike eksponeringsnivåene, BAL klassene. Fremgangsmetoden består av 5 steg som er oppsummert og beskrevet i Tabell 7: Stegene for å bestemme eksponeringsgrad.

Tabell 7: Stegene for å bestemme eksponeringsgrad

Steg	
Steg 1	Første steg er å bestemme "Fire Danger Index (FDI)" som sier noe om sannsynligheten for at en brann starter, spredningshastighet, intensitet og vanskelighet vedrørende slukking. Dette er en kombinasjon av lufttemperatur, relativ luftfuktighet, vindhastigheter og lange og korte tørkeperioder. FDI verdiene er tabulert etter de ulike områdene i landet og kan sammenlignes med brannfarevarslingen vi får i Norge gjennom værmeldinger.
Steg 2	Her bestemmes type vegetasjon i området. Ulik vegetasjon blir klassifisert fra A – G.
Steg 3	Her tar man for seg avstanden fra bebyggelsen til den naturlige vegetasjonen som er vesentlig for eksponeringsgraden.
Steg 4	Her ser man på stigningen fra bebyggelsen til vegetasjonen, gitt i grader, prosent eller forholdstall.
Steg 5	Siste steg innebærer at man ut ifra de foregående stegene 1 – 4 leser av BAL klassen fra en tabell (tabell 2.4.2 – 2.4.5 i standarden). Et utdrag av standarden er gitt i Tabell 8: Utdrag av tabell 2.4.2 gitt i den Australiske standarden [43].

Tabell 8: Utdrag av tabell 2.4.2 gitt i den Australske standarden [43]

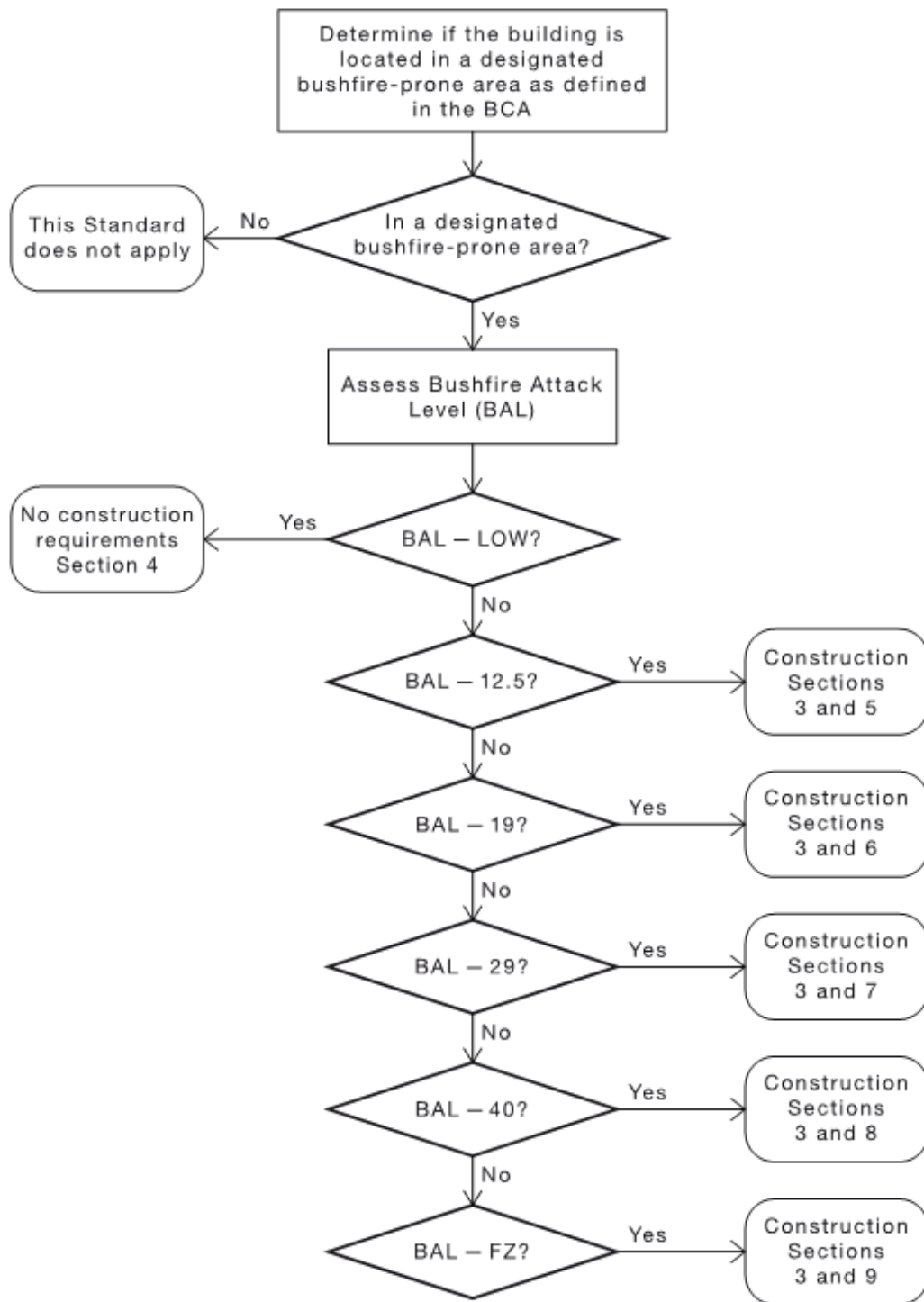
DETERMINATION OF BUSHFIRE ATTACK LEVEL (BAL)—FDI 100 (1090 K)					
Vegetation classification	Bushfire Attack Levels (BALs)				
	BAL—FZ	BAL—40	BAL—29	BAL—19	BAL—12.5
	Distance (m) of the site from the predominant vegetation class				
	All upslopes and flat land (0 degrees)				
A. Forest	<19	19–<25	25–<35	35–<48	48–<100
B. Woodland	<12	12–<16	16–<24	24–<33	33–<100
C. Shrubland	<7	7–<9	9–<13	13–<19	19–<100
D. Scrub	<10	10–<13	13–<19	19–<27	27–<100
E. Mallee/Mulga	<6	6–<8	8–<12	12–<17	17–<100
F. Rainforest	<8	8–<11	11–<16	16–<23	23–<100
	Downslope >0 to 5 degrees				
A. Forest	<24	24–<32	32–<43	43–<57	57–<100
B. Woodland	<15	15–<21	21–<29	29–<41	41–<100
C. Shrubland	<7	7–<10	10–<15	15–<22	22–<100
D. Scrub	<11	11–<15	15–<22	22–<31	31–<100
E. Mallee/Mulga	<7	7–<9	9–<13	13–<20	20–<100
F. Rainforest	<10	10–<14	14–<20	20–<29	29–<100

Ut fra BAL klassen som er blitt bestemt, må bygget bygges i henhold til tilhørende seksjon i standarden. Seksjon 3, gjelder for alle klasser og setter minimumskrav til alle bygninger, dører og maskevidde for brannbeskyttende netting. Dører skal ikke ha større glipper langs dørkarmen enn 3mm og maskevidden til brannbeskyttende netting skal ikke være større 2mm.

Seksjon 4 – 9 går i detalj og tar for seg dekker, terrasser, yttervegger, vinduer, dører, tak, vann og gassforsyning. Kravene og detaljene er ulike fra seksjon til seksjon og avhenger av BAL klassen.

I Tabell 6: Bushfire attack levels and corresponding sections for specific construction requirements , ser vi også at Australia tar med gnistregn og flyvebranner i alle nivåer for eksponering. Dette påpeker betydningen av denne spredningsformen og dermed også viktigheten av å konstruere bygg som evner å motstå gnister.

Hovedforskjellen mellom den Australske standarden og California building code er nettopp at Australia har en metode for å fastslå eksponeringsgrad, for deretter å tilegne bygningsmessige krav etter eksponeringsklassen. California setter derimot like krav til alle byggverk plassert innenfor utsatte områder. En forenklet oppsummering er gitt av Plumbing Industry Commission [44] og er lagt ved som vedlegg 2.



Figur 32: Flytskjema fra den Australske standarden AS3959

## 9. Forskningsintervjuer

Det er valgt å gjennomføre alle intervjuer over tlf. Dette for å spare tid ved utreise, i tillegg til å sette intervjuobjektene i et miljø hvor svarene i større grad er nødt til å fattes i korthet, uten avsporinger eller lange utbroderinger.

Det var ønskelig å gjennomføre totalt 9 intervjuer med personer som på en eller annen måte har vært involvert i slukkearbeidet i Lærdal, eller i annen sammenheng har erfaringer knyttet til områdebranner og utendørs brannspredning. Det har også vært et mål i størst mulig grad å intervjuer kandidater med ulik bakgrunn, som i dette tilfellet er delt inn i private, brannmannskap og branntekniske rådgivere.

Et sammendrag av de viktigste resultatene og erfaringene fra intervjuene fremlegges i kapittel 9.1 Resultater fra intervjuene.

Følgende personer har blitt intervjuet:

*Reidar Kvigne:* jobber som tømmer og var en av dem som mistet huset sitt under brannen. Han var blant de private som bidro og hjalp til med både forsvar og aktivt slukkearbeid.

*Morten Sortland:* jobber som journalist og var raskt ute i område for å rapportere og dokumentere brannen i Lærdal. Han har også tidligere dokumentert andre branner, og senest en brann på leirskole. Hans erfaringer går ikke utover det han selv har observert ved de ulike hendelsene som han har vært tilskuer ved.

*Gaute Johnsgaard:* er brannsjef i Årdal/Lærdal, og var blant brannvesenet som ledet slukkearbeidet. Han er utdannet branningeniør og har også tatt alle nødvendige kurs ved Norges brannskole. Han har jobbet i yrke siden 1997, men aldri opplevd lignende brann og spredning lik den som fant sted i Lærdal natten 19.januar 2014.

*Espen Iversen:* var blant brannmannskapet fra Haukåsen Lufthavn, og hjalp til i slukkearbeidet ved å benytte seg av en skumbil. Han har erfaring med utvendige branner gjennom øvelser på flyplassen.

*Odd A. Rød:* jobber som fagdirektør i Gjensidige forsikring innen brann og brannforebyggende tiltak. Han gjennomfører kurs og øvelser for blant annet politiet og har x-antall branner på samvittigheten i regi av disse.

*Kjell Inge Sanden:* var blant de første fra brannvesenet i Lærdal som kom til brannstedet og var på plass kun få minutter etter at de hadde fått melding om brann. Han har ikke tidligere vært borti lignende brannspredning.

*Guttorm Gullaksen:* er brannmester i Lærdal og var med å lede slukkearbeidet. Han har ingen kjærsilt erfaring fra utvendige branner foruten hendelsen i Lærdal.

*Trond Grindheim:* jobber som prosjektleder ved utarbeidelse av brannsikringsplaner for 11 – 12 verneverdige områder i Bergen. Han har ingen erfaring fra operativ tjeneste, men har tilegnet seg verdifull kunnskap gjennom litteraturstudier og tidligere arbeid gjort i Bergen.

*Anne Steen-Hansen:* jobber i SP Fire Research og er blant de som skrev rapporten "Hva kan vi lære av brannen i Lærdal i januar 2014? Vurdering av brannspredningen". Hun har sin erfaring som forsker



innen brann og har jobbet på brannlaboratoriet siden 1991, hvor utvendig brann har vært en problemstilling. Hun har også vært med på prosjekter hvor spesielt spredning har vært et tema.

## 9.1 Resultater fra intervjuene

Den største utfordringen ved brannen i Lærdal var den kraftige vinden og de tørre forholdene, noe som tilsynelatende ikke er uvanlig for området på denne tiden av året. Vegetasjonen i området blir beskrevet som frysetørt, som følge av den kalde vinterluften, og av den grunn var alt brennbart materiale lettantennelig. Den vekslende vinden er forårsaket av den bratte og trange dalen, og som en følge av måten den slynger seg på, vil man få kastevind fra alle kanter. Reidar Kvigne påpeker at det blåste voldsomt den natten, mens Morten Sortland mener mange henger seg opp i den sterke vinden, ettersom den i stor grad også får skylden for den voldsomme brannspredningen. Morten mener ingen ville reagert spesielt på den, hvis ikke det var for at det brant samtidig. Vinden og kastene førte igjen til at store gnister, beskrevet og sammenlignet med appelsiner, knyttnever eller grillkull, virvlet opp og føyk av sted inntil de traff annen bebyggelse. Dette kunne godt være over avstander på flere hundre meter. Morten Sortland beskriver gnistene som ildkuler, både i full fyr og som glør. De besto av blant annet malingsflak, eller annet materialet som i hovedsak kom fra de brennende bygningene. "De var på størrelse med femkroninger som kom flyvende mot meg fra alle kanter, det som følge av at vinden kunne snu helt plutselig". Den skiftende vindretning gjorde det også vanskelig for brannmannskapet å plassere seg strategisk riktig, slik at de skulle være i stand til å forhindre videre spredning.

Bebyggelsen og trehusmiljøet i Lærdal blir beskrevet som typisk norsk, ikke spesielt tett, men med normale avstander mellom bygninger og størrelse på hager. Det var et minimum av hagemøbler ute som følge av årstiden. Området er delt inn med alminnelige veier for både bilister og myke trafikanter, i tillegg er også enkelte steder mer eller mindre åpne. Bebyggelse består av til dels eldre trehus fra 1900-tallet og ytterst på Lærdalsøyri finnes det et verneverdig område. Området preges av enkelte moderne trehus, hvor et av disse i nærheten av startbrannen er blitt spesielt lagt merke til. Dette var relativt nyoppusset og stod igjen midt i branninfernoet. Av de husene som ble skumlagt var det to som hadde skifer på taket. Flere tomter var omringet av hekker, men hagene bærer ikke preg av mye vegetasjon foruten enkelte trær eller planter innimellom. Det er ikke bemerket spesielt at planter nær husvegger har blitt antent og videre smittet brannen over til huset.

Gnistene gikk i svært liten grad via annen vegetasjon før videre antennelse av bebyggelsen. Det er i stor grad blitt observert at brannspredningen gikk direkte fra bygg til bygg. Brannspredningen via bakken, som i gress, busker eller annet, var lite viktig, men det påpekes at arbeidet gjort av private i stor grad har hindret denne spredningsformen. Noe spredning gikk via uthus, garasjer eller også annekser, og det kan virke som disse i større grad er utsatt for antennelse ettersom sprekker og tetthet i disse tilfellene ikke er like viktig som for boliger. Disse har derfor liten brannmotstand i tillegg til at de i mindre grad har begrensninger ift. avstand til annen bebyggelse. Gaute Johnsgaard antyder at selv om spredningen kanskje ikke gikk via annen vegetasjon, så bidro alt som brant til at man fikk et enda større bål, enn om dette ikke skulle vært tilstede. Odd A. Rød påpeker at ryddighet har mye å si ift. spredning via gress, busker etc. I disse tilfellene vil en mindre brennbar flate være bedre. Ryddighet i form av søppel og plassering av kontainer vil også ha betydning, både for brannstiftelse og spredning. Spredningsformen i Lærdal hvor brannen spredte seg fra bygg til bygg og hvor det eksempelvis brant hull i enkelte gjerder, mener Odd er a-typisk og ikke representativt for de fleste branner i dag.

Hovedårsaken til antennelse var en kombinasjon av sterk varme som bidro til å forvarme overflater og gjorde at brannen raskere kunne spre seg som flyvebranner. Anne Steen-Hansen mener varmestrålingen alene kun forårsaket antennelse av ett bygg, dette lå oppstrøms fra startbrannen. Kjell Inge Sanden forteller at det tok bortimot 5-10 minutter fra antennelse til man fikk den store utfordringen med spredning av gnister. Han bemerker at brannen og spredningen gikk svært raskt for seg, noe som også blir nevnt av Gaute Johnsgaard. Dette gjorde forholdene vanskelige og man var ikke i stand til å rigge seg ned og opp med utstyr i tide. Gaute nevner også at når bærekonstruksjonen først har begynt å brenne, kan de ikke lenger sende mannskap inn i huset for å slukke, og man ble derfor tvunget til å stå utenfor. Videre er han tydelig på viktigheten av å være tidlig på stedet og der dette var tilfellet, var man også i stand til å slukke i tillegg til å hindre videre spredning av brannen. På grunnlag av dette mener han at en forsinkelse av spredningen ville vært til god hjelp for slukningsarbeidet, og at man da ville vært i stand til å gjøre mye mer enn det som ble gjort. Dette er noe også Guttorm Gullaksen er enig i, ettersom man da får tid til å omorganisere seg og plassere seg strategisk riktig. Espen Iversen trekker frem et viktig poeng vedrørende forskjellen mellom spredningsformene. Hvor varmestråling i større grad er forutsigbar, mens spredning som følge av flyvebranner, i motsetning, er svært uforutsigbar. Hvilket førte til branner på flere steder samtidig. Odd A. Rød påpeker at gnister ikke vil spre seg før bygget er overtent og først når brannen stikker ut av bygget. Dette kan ta alt ifra 5-30 minutter, og av hans erfaring er det ikke mange branner som utløser gnistregn, noe han også mener var spesielt for Lærdal. Han bemerker at de aller fleste gnistene vil brenne ut før de treffer annen bebyggelse. Allikevel mener han at halvparten av all brannspredning er forårsaket av gnister, mens andre halvdel er forårsaket varmestråling eller direkte flammekontakt.

Det ble i hovedsak observert antennelse av bebyggelsen høyt oppe på gavlvegger, under vindskiene, takutstikk, mønet, inne på kalde loft, under taktekkingen, i gesimskasser eller også direkte på veggen. Brannen kunne gjerne starte på baksiden eller i en bakevje, hvor glørne samlet seg på samme måte som snø på lesiden. Gress og busker langs bakken var frysetørt, men har heller ikke spesielt mye brannenergi, i tillegg til at private gjorde en innsats i å slukke disse brannen før de fikk spredt seg til nærliggende bygninger. Anne Steen-Hansen tydeliggjør faren ved brann inne på kalde loft eller også hulrom som vil spre brannen svært raskt. Guttorm Gullaksen er alene om å mene at spredningen mellom bebyggelse skjedde like mye langs bakken som i høyden. Han tilføyer at spredningen via hulrom og opp i tak gikk svært raskt og at det derfor er sannsynlig at enkelte branner startet nede ved bakken for så å spre seg oppover. Odd A. Rød forteller at spredning via hulrom er den verste formen for brannspredning. Man vil få en pipeeffekt, hvor glør trenger seg inn og legger seg inntil treverk eller papp. I tillegg vil vinden bidra til en raskere brannspredningen. Man magasinerer varmen i tillegg til at det vil være god tilgang på oksygen. Ikke minst er disse vanskelig å slukke, fordi man er nødt til å rive bort eventuell kledning, slik at man kommer ordentlig til. Derfor mener han at tetting av hulrom er det desidert viktigste tiltaket.

Spesielt nevnes det hulrom og sprekker som de mest kritiske punktene i bygningskallet. Odd A. Rød vektlegger "alle de stedene hvor man kan presse brennende materialer eller glør inn", alle steder hvor forholdene er til rette for antennelse og hvor glør er i stand til å samle seg. Kjell Inge Sanden forteller at det var snakk om 1 til 2 minutter fra gnister hadde trengt seg inn i takkonstruksjonen, til det var full fyr i hele taket.

For de husene som klarte seg, blir det påpekt en kombinasjon av både passive tiltak og aktive. Huset som er avbildet tidligere i rapporten Figur 2: Oversiktsbilde av brannen i Lærdal [8], var nylig renoverert med ny kledning og nytt tak. Kjell Inge Sanden har funnet ut at dette huset heller ikke hadde lufting i gesimsen, noe han mener har vært utslagsgivende. Det er blitt bemerket at dette huset også hadde et valmtak og derfor heller ingen gavlvegg som var rettet mot brannen. Anne Steen-Hansen mener det kanskje kan ha hatt en positiv effekt, hvor gnister i større grad ble blåst over huset, fremfor å treffe en gavlvegg direkte. Reidar Kvigne mener i motsetning, at brannen spredte seg helt tilfeldig og at det var vinden som avgjorde det endelige utfallet. Det må også nevnes at brannmannskapet la mye innsats i å redde nettopp dette huset, i håp om å stoppe brannspredninger her. Et hus lenger ned i området, som stod ved siden av et brennende verneverdig bygg, klarte seg også. Her var det nok i stor grad aktive tiltak som reddet bygget og det kommer ikke frem tekniske detaljer som man mener var av betydning.

Kjell Inge Sanden har observert oppsamling av gnister i vinduskarmer, men forteller at det ikke var nok til å antenne bygget. Han har kun bemerket seg et uthus hvor brannen startet nede i bordkledningen. Ellers poengterer han at for de byggene han så, ble alle antent i takkonstruksjonen. I tillegg har han bemerket seg at kun eldre bygninger ble antent og at nye bygg hadde større sjanse for å klare seg. Han mener grunnen er at eldre hus er mindre tett enn moderne. Man var først i stand til å stoppe brannen når vinden løyet utover morgenen, i tillegg var det nå også nok mannskap på stedet. Brannvesenet vil ikke ha spesielt problemer med å slukke brann i luftespalter eller under takteking, men det vil kreve ressurser, noen som var fraværende i starten. Guttorm Gullaksen har ikke bemerket seg at verandaer eller terrasser var spesielt utsatt, men observerte et tilfelle hvor private slukket branntilløpet tidlig.

Det blir også nevnt aktive tiltak som vannvegger og tungtskum. Tungtskummet viste seg å være svært effektivt for å hindre spredning, og alle de husene det ble lagt skum på klarte seg. Ettersom det også var kaldt den natten, frøs skummet fast i husveggene, noen som var fordelaktig. Brannmannskapet la også mye innsats i å kjøle ned hus med vann, noe som ble lettere å gjennomføre etter hvert som mer mannskap kom til stedet. De private hindret i stor grad lokale småbranner fra å antenne nærliggende bebyggelse. Morten Sortland nevner blant annet at private benyttet seg av bøtter med vann og hageslanger for å fukte takene. Brannvesenet forteller at de fant frem over hundre håndslukkere som de delte ut. Reidar forklarer også hvordan man fant frem det man kom over og som kunne være til hjelp med slukkearbeidet. I hovedsak konsentrerte de private seg om egne eiendommer, men man hadde også bistand fra hjelpeorganisasjoner som Røde Kors og Norsk folkehjelp. Bruken av gyllevogner er et annet eksempel på hvordan bøndene i området bidro med å hindre og slukke brann. De fuktet husvegger, tomter og hjalp til med å slukke nedbrente bygninger. I den verneverdig bebyggelsen i Lærdal er det også satt opp og plassert ut stasjonære slukkeslanger som innbyggere har fått kurs og opplæring i, slik at de er i stand til å gjøre en første innsats. "Rask første innsats er som første hjelp! Det hjelper utrolig mye". Odd A. Rød poengterer at bistand fra private ikke alltid kan virke med sin hensikt, men i tilfeller kan være belastende for brannvesenet og dermed ha en negativ effekt.

Eksposeringen fra gnister kunne i Lærdal være i flere timer, som følge av at gnistene i størst grad kom fra andre bygninger og ikke fra vegetasjon. Glørne kom både fra bygg som brant og de som allerede var brent ned og det ble derfor lagt mye arbeid i å slukke de utbrente bygninger.

### 9.1.1 Bergen og deres verneverdig områder

I Bergen i dag jobber man nå med å sikre 12-13 verneverdig tette trehusmiljøer mot brann. Det gjennomføres både brannforebyggende tiltak, i tillegg til sikringstiltak for å begrense skadeomfang og spredning. Hele brannvesenet i Bergen sentrum har rigget seg til med ekstra mannskap og rutiner for uttrykning.

De legger vekt på å komme seg raskt til stedet hvor det er meldt om brann, det vil da også bli innhentet forsterkninger med det samme. For å få til dette, er det utarbeidet detaljerte kart og planer som forteller hvor en skal plassere seg og hvor en skal hente vann.

Når det gjelder brannhygiene, jobbes det nå med å samle trådene fra flere tidligere rapporter og sette disse i system med rutiner og oppfølging. Det er opprettet en lokal lov, som gir brannvesenet mulighet til å gjennomføre tilsyn i områdene. I tillegg er det etablert et samarbeid med et renovasjonsselskap og det er satt i gang arbeid med et helt nytt "bossug", som er en form for søppel håndtering.

Det er lite vegetasjon som busker og kratt i områdene, og det har derfor heller ikke vært et viktig tema under prosjektering. Man er mer opptatt av å holde veiene frie, slik at brannvesenet slipper frem. Dette opprettholdes med kampanjer og befaringer hvor mannskapene kjører rundt i sine utrykningskjøretøy.

Det legges ikke skjul på at mye vind kan by på store utfordringer og det er derfor gjort undersøkelser for å kartlegge vindhastigheter etc. Derimot er det ikke gjort spesifikke tiltak, men det satses på å involvere beboere i større grad i den nye brannsikringsplanen enn hva som er gjort tidligere. Det er ikke etablert brannposter i området, men man regner med at beboere selv har tilgang på egne hageslanger. Det verst tenkelige scenarioen er et branntilløp i tillegg til sterk vind. I hovedsak satser brannvesenet da på å slukke branntilløpet tidlig. De har opplevd 11 -12 store branner de siste 10 årene og Trond Grindheim antyder at de kanskje har vært litt heldige ift. vind og spredning som følge.

Området innehar enkelte kalde loft, men disse har blitt redusert vesentlig som følge av økende etterspørsel etter boliger og leiligheter. Av de som fremdeles finnes, er det ikke gjort spesifikke brannbegrensende tiltak, men for de som ombygges settes det krav fra byggesaksavdelingen med blant annet sprinkling. Bryggene i Bergen er blant annet også sprinklet utvendig, men dette tiltaket er ikke gjennomført jevnt over for de andre byområdene, dette som følge av høye kostnader.

Det er også ønskelig å sette opp et termisk kamera for å kunne overvåke bebyggelsen. Man vil da i starten etablere disse i områdene som er lengst vekk fra brannstasjonen, før man eventuelt plasserer ut flere i områdene som ligger nærmere.

Andre tiltak som blir nevnt i intervjuet, er blant annet fyrverkeriforbud og bedre belysning i området for å hindre uønsket opphold nattestid.

Bruk av passive tiltak som netting i hulrom etc. er ikke kjent og derfor heller ikke særskilt vurdert.

## 9.2 Egen refleksjon

Alle intervjuobjektene poengterer at det var relativt store gnister som ble tatt med av vinden, noe som fraviker fra kartleggingen av gnister og størrelser gjort av Samuel L. Manzello og Ethan I. D. Foote. Forskjellen er at kartleggingen i USA tok for seg gnister som hadde sin opprinnelse fra

vegetasjonen i området, mens i Lærdal stammet disse i hovedsak fra husene som brant, hvor spredningen i større grad gikk direkte fra hus til hus.

Gjennom forsøkene gjort av Samuel L. Manzello, ble det brukt en gnistgenerator for å simulere gnistregn. Det er her viktig å være klar over at vindtunnelen ikke var i stand til å skape en realistisk kastevind fra ulike retninger. Som flere av intervjuobjektene nevner, så førte denne type vind til at gnister ble virvlet opp og kastet av sted. Dette er nok en årsak til at gnistene traff høyere opp på bygningskonstruksjonen, fremfor å hope seg opp i forkant. De private hadde nok også stor innvirkning på spredningen langs bakkenivå, som det ble sagt er det utrolig at omfanget av brannen ikke var større.

Det er tydelig at denne type spredning av brann ikke er helt ukjent og at man er klar over utfordringene vedrørende brann i kombinasjon med sterk vind. Allikevel er det få formeninger om løsninger eller tiltak som kan bidra til å hindre denne type brannspredning eller redusere faren for spredning og forenkle slukningsarbeidet. Det er i så fall størst fokus på aktive tiltak og beredskap. Når det gjelder lufting av konstruksjoner forholder de fleste seg til det som er kjent fra standarder og det er lite kunnskap rundt åpne brannventiler. Det er ingen andre enn Gaute Johnsgaard som nevner netting som en mulig løsning på problemet. Forslag til tiltak er i hovedsak å vedlikeholde bygningsmassen ved å holde overflater slette og rene, eller bruk av betong. Det blir også nevnt viktigheten av å holde tomter ryddige eller å klippe plenen. Utfordringen er at man ikke kan legge restriksjoner for huseiere om bruk av planter i hage og vedlikehold av egen eiendom. Informasjon angående brannhygiene vil kanskje derfor kun være aktuelt å gi først når en brann har brutt ut i nærområdet. Reidar Kvigne mener slike branner i Norge er høyst usannsynlig, noe som også er poengtert av Odd A. Rød, som sier at brannen i Lærdal er a-typisk. Morten Sortland tror innbyggere i Lærdal i større grad er åpne for sikringstiltak selv om det kan komme til å påkoste den enkelte huseier. Han opplever en endring av holdning ift. brann og sikkerhet, og at folk er mer bevisst på temaet etter brannen.

Det blir nevnt at brannvesenet i stor grad ble nødt til å stå utenfor for å slukke branntilløp inne på kalde loft. Dette bekrefter viktigheten av å kunne holde brannen i det ytre sjiktet av bygningsskallet så lenge som mulig.

Bergen fokuserer i stor grad på de aktive tiltakene og legger mye arbeid i dette. Kartlegging av vind er gjennomført og man er klar over problematikken. Derimot gjør man ingen passive tiltak for å hindre spredning av brann i sterk vind. Det gjøres en del arbeid for å sikre at området er ryddig, noe som vi med sikkerhet vet er av betydning ved spredning av brann forårsaket av gnister.

## 10. Konflerasjon og flyvebrann, indeksmetoden

Metoden presentert i dette kapitlet har blitt inspirert av det arbeidet som er gjort av Björn Karlsson "Fire Risk Index Method – Multistorey Apartment Buildings" [22].

Indeksmetoden til Björn Karlsson bygger på at strukturen for brannsikkerhet kan ordnes i flere nivåer. Blant disse kommer de spesifiserte målene, strategiene og et stort antall parametere. Parameterne deles inn i underparametere som er kvalifiserbare og som organiseres i en beslutningstabell der de gis en målbar betydning. Når strukturen til indeksmetoden er fastsatt, gis målene, strategiene og parametere et vektall. Til sist plottes disse inn i en tabell, multipliseres med sitt vektall og summeres. Endelig verdi vil kunne si noe om risikoen og vil være et godt sammenligningsgrunnlag.

Metoden i denne oppgaven vil ta for seg de ulike faktorene og parametere som er hentet ut fra litteraturstudiet og intervjuene. Metoden er bygget opp av eksponeringsfaktorer (E), Brannskallelementer (B), underparametere og karaktersetting (K), materialklassifisering (C1) og vektall (V).

Det er brukt statistiske dataen fra NIST for å underbygge og argumentere for vektingen av de ulike parametere og faktorene. Der slik data ikke er tilgjengelig, vil det bli foreslått vekting ut ifra forståelsen opparbeidet gjennom studiet.

Kapittel 10.1 Eksponering vil ta for seg eksponeringen og kapittel 10.2 Brannskall vil ta for seg brannskallelementene.

### 10.1 Eksponeringer

Flere av disse faktorene er inspirert og sett i sammenheng med NIST Technical Note 1796 [45]. Denne rapporten har ved en kvantitativ analyse vurdert effekten av ulike faktorer som igjen har blitt hentet ut av en sjekklisten utarbeidet av FIREWISE. Sjekklisten NIST referer til, er lagt ved som vedlegg 3.

Det er valgt en karakterskala fra 0 til 5, hvor 0 er dårligst og 5 er best. Kriteriene for å få karakteren 5, kan enten være at faktoren ikke er tilstede i det hele tatt, eller at løsninger er testet og godkjent som et system. Tabellene er kun eksempler med foreslått karaktersetting, det vil derfor være opp til den enkelte å vurdere gitt tilfelle og utfra dette tilegne riktig karakter.

Ved vekting av de ulike faktorene, vil NIST sin rapport og sin kvantitative undersøkelse være en del av grunnlaget for karaktersetting og vektingen. Det må påpekes at deres kartlegging har tatt for seg flere faktorer samtidig for den samme tomten eller bygget. Det kan derfor spekuleres i om den enkelte faktoren alene var utslagsgivende for bygget, eller om de i større grad burde vært satt i sammenheng med hverandre.

Det er allerede gjort mye arbeid på dette området, og oppgaven var opprinnelig begrenset til å ikke gå i dybden på det arbeidet allerede gjort av NIST. Gjennom intervjuene og litteraturen kommer det allikevel frem en del nye og viktige faktorer som i større grad er forsøkt redegjort for, med bakgrunn i den kvalitative forskningen.

De ulike eksponeringsfaktorene er tatt for seg i kapittel 10.1.1 Klima E1 til 10.1.10 Vanningsanlegg.

### 10.1.1 Klima E1

Denne faktoren er i aller høyeste grad en av de viktigste faktorene og helt avgjørende for intensiteten til brannspredningen og i hvilken form den vil spre seg på. Foruten sterk vind vil heller ikke spredning av gnister og gnistregn være et stort problem for slukkemannskapet.

I den Australske standarden blir det lagt vekt på lufttemperatur, relativ luftfuktighet, vindhastigheter og tørkeperioder. Ut ifra denne oppgaven, er det gjort et forsøk på å etablere faktorene for klimatiske forhold, da med den Australske fremgangsmetoden som et utgangspunkt.

Det må også tas hensyn til topografien i området. Er beliggenheten tilsvarende den vi har i Lærdal; hvor man har et dalføre som kan skape uforutsigbare kastevinder som treffer bebyggelsen fra flere kanter? Eller ligger det slikt til at vinden vil ha en forholdvis jevn og stabil trekk over bebyggelsen, slik testene til Manzello er satt opp? Svaret på disse to spørsmålene kan se ut til å ha betydning for hvilke brannskallelementer som er mest kritiske, hvor en kastevind i større grad vil kunne virvle opp oppsamlede gnister, for så å kaste dem mot annen bebyggelse. Utfra intervjuer i Lærdal blir det påpekt viktigheten av tiltak høyere opp i bygningsskallet og at disse derfor må vektlegges i større grad enn de nær bakken. Vind vil alltid komme i mer eller mindre kraftige kast, men det kan vurderes i hvilken grad den er i stand til å snu eller hvilken retningen den vil blåse som verst fra. Metoden tar ikke hensyn til vindretning, ettersom dette vil være opp til bruker å vurdere selv.

Det foreslås å vurdere om området periodevis er utsatt for tørke eller lite nedbør. En mulighet er å definere kritisk tørkeperiode (Brannfare indeks BI), multiplisert med sannsynlighet for at det oppstår en brann samtidig. Sannsynligheten for brann i et fleretasjes trehus er allerede utredet og kan hentes fra en risikoanalyse, gjennomført av Norges Byggforskningsinstitutt [46]. Det konkluderes her med at en etablert brann oppstår i 1 av 2000 boliger pr. år (EB). Denne bør da også sammenfattes med sannsynligheten for at brann oppstår utendørs (EU). Dette kan settes inn i et uttrykk som sier noen om faren for at brann oppstår og mulighetene for spredning (D). Videre kan dette ordnes og settes i en tabell for videre karakterisering av området:

$$D = (EB + EU) \times BI$$

Australia henter sin brannfareindeks hos sine meteorologer, noe som absolutt er et godt utgangspunkt for å bestemme BI. Yr [47] publiserer skogbrannfaren over hele Norge, og har etablert en tabell for skogbrannfareindeks som er gjengitt i Tabell 9: Indeks for skogbrannfare [47]. Ut ifra dette er det muligheter for å etablere et kart som visualiserer og rangerer utsatte områder, basert på et årlig gjennomsnitt som da kan kobles sammen med sannsynlighet for antennelse.

Tabell 9: Indeks for skogbrannfare [47]

Meget stor fare	> 70
Stor fare	40 - 70
Fare	20 - 40
Liten fare	1 - 20
Ingen fare	0

Eksempelvis kan karakteren for spredning (D), bestemmes ut ifra Tabell 10: Spredningsfare  $K_{1.1}$ , hvor man ved videre arbeid må bestemme intervallverdiene X, Y, C, E, og Z.



Tabell 10: Spredningsfare  $K_{E1.1}$

$K_{E1.1}$ : Spredningsfare, sammenfalt med en etablert brann i område:	Karakter
$D < X$	0
$X \leq D < Y$	1
$Y \leq D < C$	2
$C \leq D < E$	3
$E \leq D < Z$	4
$Z \leq D$	5

Maksimale vindhastigheter har stor betydning for eksponeringsgraden. For at vinden skal klare å dra med seg gnister, må hastigheten overstige 7m/s [28]. Denne hastigheten etableres derfor som et minimum for at faren ved spredning av gnister skal være av betydning. Man kan deretter eksempelvis se nærmere på statistisk data til målestasjoner i området, hvor man er interessert i sannsynligheten for at vinden overstiger denne hastigheten. Eksempel på karaktersetting er foreslått i Tabell 11: Sannsynlig vindhastighet  $K_{E1.2}$ .

Tabell 11: Sannsynlig vindhastighet  $K_{E1.2}$

$K_{E1.2}$ : Sannsynlighet for at vinden i området overstiger 7m/s	Karakter
X%	0
X%	1
X%	2
X%	3
X%	4
X%	5

Endelig karakter for klima E1 må kombinere både  $K_{E1.1}$  og  $K_{E1.2}$ . Ettersom vinden er nødt til å være tilstede for at det i det hele tatt skal være en fare for spredning, er derfor vindfaktoren  $K_{E1.2}$  vektlagt i større grad enn  $K_{E1.1}$ . Endelig karakter for E1 er gitt av uttrykket:

$$E1 = 0,4(K_{E1.1}) + 0,6(K_{E1.2})$$

Videre må E1 vektlegges mot alle de andre faktorene for eksponeringsgrad, ettersom klimaet er av stor betydning, vil dette naturligvis vektlegges i større grad enn de andre. Følgende vekttall foreslås:

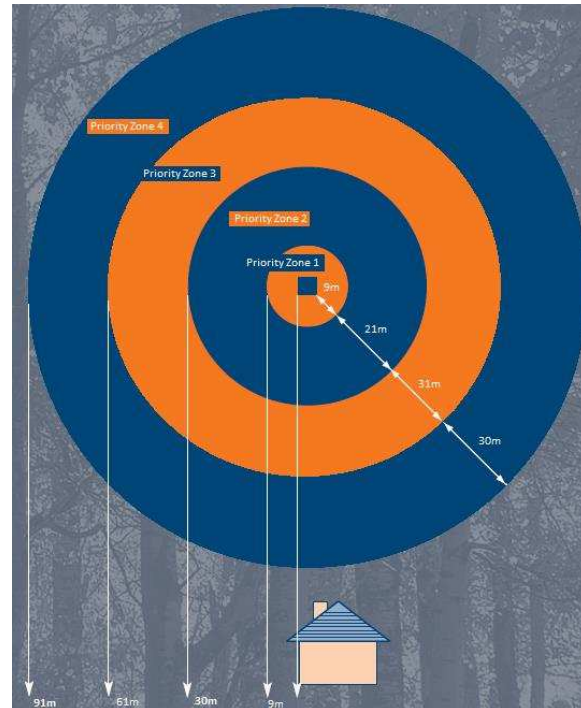
$$V_{E1} = 0,18$$

### 10.1.2 Vernesone E2

Vegetasjon i nærhet av bygningen har betydning for spredningsfaren. For å kunne være i stand til å vurdere denne faktoren er det valgt å dele områdene rundt bygget inn i ulike soner, som vist i Figur 33: Soneinndeling, egen modifisering av [1].

Sone 1 gjelder området mellom 0-9m rundt bygningen, sone 2 gjelder området mellom 9-30m, sone 3 gjelder området mellom 30-61m og sone 4 gjelder området mellom 61-91m.

NIST rapporterer en prosentandel ødelagte bygninger med og uten tilstedeværelse av naturlig vegetasjon i de ulike sonene. Tallene er gjengitt i Tabell 12: Prosentandel av ødelagte bygninger med og uten naturlig vegetasjon i sone 1 til 4 [45].



Figur 33: Soneinndeling, egen modifisering av [1]

Tabell 12: Prosentandel av ødelagte bygninger med og uten naturlig vegetasjon i sone 1 til 4 [45]

Sone	Med naturlig vegetasjon	Uten naturlig vegetasjon
1	67%	32%
2	59%	27%
3	54%	27%
4	64%	17%

Ut i fra tabellen ser vi at det bortimot er dobbel så stor andel ødelagte bygg der hvor det er tilstedeværelse av naturlig vegetasjon i de ulike sonene. En mer detaljert graf over en prosentfordeling av naturlig vegetasjon innenfor de ulike sonene, er etablert og illustrert i rapporten til NIST [45] (figur 20). Hvor det er en tydelig sammenheng mellom skadede bygg der hvor tilstedeværelsen av naturlig vegetasjon overstiger 25% eller mer. Ut ifra dette er det etablert en karaktertabell for faktoren E2 gitt i Tabell 13: Prioriteringssoner E2.

Tabell 13: Prioriteringssoner E2

E2: Prioriteringssoner	Karakter
Det er $\geq 25\%$ naturlig vegetasjon i sone 1 og utover.	0
Det er $< 25\%$ naturlig vegetasjon i sone 1.	1
Det er $< 25\%$ naturlig vegetasjon i sone 2 og 1.	2
Det er $< 50\%$ naturlig vegetasjon i sone 3 og $< 25\%$ i sone 2 og 1.	3
Det er $< 25\%$ naturlig vegetasjon i sone 3,2 og 1	4
Det er $< 25\%$ naturlig vegetasjon i sone 3, 2 og 1, samt at vegetasjonen i sone 4 er tynnet ut og ryddet i tillegg til reduksjon av naturlig vegetasjon til under $< 75\%$	5

Det er ingen tvil om at denne faktoren er av betydning for spredningsfaren og intensiteten. Noe som

kommer frem i arbeidet gjennomført av NIST og intervjuene i denne oppgaven. Guttorm Gullaksen, brannsjef på brannstasjonen i Lærdal, påpeker at hekker og kratt bidro til å eskalere brannforløpet og øke intensiteten til "bålet". Faktoren vurderes å være av middels betydning og følgende vektall foreslås:

$$V_{E2} = 0,12$$

### 10.1.3 Spredningstrinn E3

Et "spredningstrinn" er et trinn hvor en brann vil kunne klatre fra et lavere nivå til et høyere. Slike trinn vil kunne føre en mindre gressbrann opp i høyere busker og trekroner, som igjen vil øke eksponeringsgraden og mengden gnister som blir generert. NIST har ikke klart å dokumentere effekten av å fjerne denne type vegetasjon og den har heller ikke blitt påpekt i intervjuene. En brann vil naturligvis strekke seg oppover og følge lettantennelig materiale. Derfor er det valgt å ta faktoren med i videre betraktning. Eksempel på karaktersetting er gitt i Tabell 14: Spredningstrinn i vernesoner  $K_{E3.1}$ . Det må ved videre studier eller forsøk, beskrive effekten og rammene for denne faktoren.

Tabell 14: Spredningstrinn i vernesoner  $K_{E3.1}$

$K_{E3.1}$ : Brenselstrapper i soner rundt bygget	Karakter
Tilstedeværelse av naturlig vegetasjon i alle høyder og fasonger innenfor alle de fire sonene rundt huset. All form for utbedring og vedlikehold av utearealene er fraværende.	0
Naturlig vegetasjon er < 25% i sone 1. Busker og vekster beskjæres for å holde vegetasjonen nede i denne sonen.	2
Planter og busker er strategisk plassert, slik at de ikke fungerer som et trappetrinn fra bakkenivå og opp. Naturlig vegetasjon er < 25% i sone 1 og 2. Busker og vekster beskjæres for å holde vegetasjonen nede og lavere enn 3m.	5

Brenselstrapper vil også kunne være i form av bedd langs husvegger som sprer brann fra plen og opp i fasadekledningen. Slike bedd er i stor grad utsatt for gnister hvor det vises fra forsøk at gnister akkumulerer og enkelt antenner brennbart materiale i forkant av husvegger. Eksempel på karaktersettingen er gitt i Tabell 15: Brennbart materiale i bedd og planter tett opp mot husvegg  $K_{E3.2}$ .

Tabell 15: Brennbart materiale i bedd og planter tett opp mot husvegg  $K_{E3.2}$

$K_{E3.2}$ : Brennbart materiale tett opp mot husvegg	Karakter
Huset har bedd med busker og planter som strekker seg opp langs husveggen. Tilstedeværelse av lettantennelig død vegetasjon som blader, barnåler, døde planter etc.	0
Stedvis enkelte bedd, ryddet og vedlikeholdt på en god måte, fri for lettantennelig materiale som barnåler, blader, døde planter etc.	2
Stedvis enkelt bedd, ryddet og vedlikeholdt på en god måte, fri for lettantennelig materiale som barnåler, blader, døde planter etc. Planter strekker seg ikke opp langs grunnmuren og er ikke høyere enn 10cm.	3
Ingen planter eller bedd langs husveggene, fri for lettantennelig materiale som barnåler, blader, døde planter etc, langs grunnmur.	4
0.5-1m med pukkl langs husveggene, fri for lettantennelig materiale som barnåler, blader, døde planter etc.	5

Betydningen av  $K_{E3.1}$  er i denne sammenhengen justert noe ned som følge av usikkerheten og vektet kun 15% av den totale karakteren for E3. Samlet karakter for faktor E3 er gitt av uttrykket:

$$E3 = 0,15(K_{E3.1}) + 0,85(K_{E3.2})$$

Det er tilknyttet en viss usikkerhet ved vektlegging av denne faktoren, ettersom effekten har vært vanskelig å måle. Derimot viser Manzello sammenheng mellom brennbart materiale på bakkenivå i forkant av fasader, som videre kan føre til antennelse av kledning. Faktoren er vurdert til å være av mindre betydning og følgende vekttall foreslås:

$$V_{E3} = 0,06$$

#### 10.1.4 Branngater E4

En branngate er en gate eller vei som ryddes i skog eller andre steder for å hindre en brann eller konflagrasjon fra å spre seg. Disse er man oftest kjent med ift. skogbranner, mens det i byer til sammenligning kan være vanlige gater som har tilsvarende funksjon.

En branngate i sammenheng med hager og tomer kan være mindre oppkjørsler, gangvei eller kortklippede plener som har potensiale for å stoppe eller redusere spredning av brann. NIST har kartlagt og vurdert effekten av disse som gjenspeiles i Tabell 17: Dette punktet vil få bestått "pass" hvis en branngate er tilstedeværende. Det er også vist at slike gater har størst effekt i soner eller områder med høy brenselstetthet.

Det er på ingen måte beskrevet hvordan en slik gate skal utformes eller hvilke krav det settes til bredde i NIST sin rapport. Hensikten med en slik gate er å stoppe en brann fra å spre seg langs bakkenivå, slik at brannen ikke når annet brennbart materiale, eller direkte antenner bygninger. Det er beskrevet gangvei og oppkjørsel som eksempler på branngate. Derfor er krav til gangvei hentet i TEK10 § 8-6, som setter minstekrav på gangvei med fri bredde lik 1.4m. Karakter for E4 er foreslått i Tabell 16: Branngater som hinder for spredning av punktbrann E4.

Tabell 16: Branngater som hinder for spredning av punktbrann E4

E4: Branngater som hinder for spredning av punktbrann	Karakter
Branngate inn til huset eller på tomten er fraværende	0
Oppkjørsel frem til huset er eneste branngate	1
Oppkjørsel med parkeringsplass utenfor huset er eneste branngate	2
Oppkjørsel med parkeringsplass utenfor huset, samt enkelte branngater i hage	3
Branngater er strategisk plassert for å dele tomten inn i soner, med hensikt å begrense eksponeringen ved en eventuell konflagrasjon	5

Slik brannen var i Lærdal, hadde slike branngater lite å si for spredningen. Det kan derfor diskuteres om denne faktoren i det hele tatt har betydning for spredningen, når man vet at sterk vind vil gjøre det mulig for gnister å antenne bygninger flere hundre meter unna. I intervjuet med Odd A. Rød, påpeker han at gnister ofte dør ut før de treffer annen bebyggelse. Det kommer også frem fra de som var på stedet under brannen i Lærdal, at gnistene hadde en tendens til å hope seg opp, før neste vindkast tok tak i dem og kastet dem videre. For at gnister skal være i stand til å spre brann over større avstander, er de avhengig av en viss størrelse slik at de ikke brenner ut. Det kan også tenkes at det vil være en mulighet for at de lander i vegetasjon som kan bidra til å opprettholde forbrenningen eller genere og spre nye gnister. En branngate er derfor vurdert til å ha betydning for spredningen og det er valgt å ta med faktoren videre. Dette blir også underbygget av kartleggingen gjort av NIST gjengitt i Tabell 17: Dette punktet vil få bestått "pass" hvis en branngate er tilstedeværende:

Tabell 17: Dette punktet vil få bestått "pass" hvis en branngate er tilstedeværende

	Undamaged Structures	Damaged/ Destroyed Structures	Total
Fail	59 (49% ± 9%)	61 (51% ± 9%)	120
Pass	90 (83% ± 7%)	18 (17% ± 7%)	108
<b>Total</b>	149	79	228

Betydningen av faktoren vurderes å være av mindre betydning og følgende vektall foreslås:

$$V_{E4} = 0,06$$

### 10.1.5 Stell av vekster i hage E5

Å trimme og holde nede plen, busker og trær, vil være viktig for å redusere faren for spredning av brann. Det anbefales å holde trær lavere enn 2-3m, slik at man unngår brann i høyden, som igjen vil kunne bidra til å spre gnister over større avstander. Dette er også hensiktsmessig for å redusere faren for brann i trekroner, som på grunn av tynne kvister, løv og barnåler hurtig generer store mengder gnister. Plen bør også klippes med jevne mellomrom, for å redusere spredning og den totale potensielle brannenergi. Gaute Johnsgaard påpeker betydningen av å redusere mengden brennbar vegetasjon:

*"Man fikk et enormt bål som spredte seg både i hekker og hager, noe som igjen førte til et enda kraftigere brannforløp enn hva en normal husbrann ville vært".*

NIST sin undersøkelse og resultatene fra den er gitt i Tabell 18: Dette punktet vil få bestått "pass" hvis hagen er stelt og vekster er trimmet ned til minimum 2-3m høyde. Vi kan se at det er 60%

sannsynlig at huset ikke vil bli skadet selv om hage ikke er stelt. Sannsynligheten for at huset ikke vil bli skadet øker fra 60 til 82% hvis man steller hagen. Dette tilsvarer en økning på 36,7%:

$$\frac{100}{60} \times 22 = 36,7\%$$

Tabell 18: Dette punktet vil få bestått "pass" hvis hagen er stelt og vekster er trimmet ned til minimum 2-3m høyde

	Undamaged Structures	Damaged/ Destroyed Structures	Total
Fail	106 (60% ± 7%)	71 (40% ± 7%)	177
Pass	42 (82% ± 10%)	9 (18% ± 10%)	51
<b>Total</b>	148	80	228

For å knytte punktet til en karakter, er det valgt å ta for seg ytterpunktene hvor regelmessig stell vil gi maksimal uttelling, men ingen form for stell gir minimal uttelling. Karakteren kan hentes ut ifra Tabell 19: Stell av hage E5.

Tabell 19: Stell av hage E5

E5: Stell av vekster, plen og uteareal	Karakter
Hage og uteareal er på ingen måte stelt og vokser lik naturlig vegetasjon. Busker og planter står tett inntil bygningsmassen.	0
Hagen stelles sporadisk i sesong. Busker og planter står ikke tett inntil bygningsmassen.	2
Plen, hekker, busker og planter blir trimmet regelmessig og det finnes ikke vekster som overstiger 2-3m høyde. Busker og planter står ikke tett inntil bygningsmassen.	4

Det er valgt å ikke benytte hele skalaen ettersom det i stor grad er marginale forskjeller, det må igjen påpekes at bruker selv gjør egne vurderinger ved karaktersetting. Det gjenstår å kunne definere regelmessig stell av hage, samt etablere hva en mener med "tett inntil bygningsmassen".

Vektlegging av faktoren basert på rapporten fra NIST, anses å være av liten betydning og det er derfor forslått følgende vektall:

$$V_{E5} = 0,06$$

### 10.1.6 Utendørs brannhygiene E6

Det er helt klart at ryddigheten av tomt har mye si for spredning av punktbranner på bakkenivå eller i takrenner, på verandaer, terrasser etc. Tørre grener, blader, bark, barnåler, nedklippet dødt gress etc. egner seg godt for gnister å antenne. Derfor er det også viktig å holde eiendommen ryddig for den slags. For delvis bebodde områder slik som på Lærdal kan dette være en utfordring. Det kan også tenkes at verneverdig områder heller ikke har spesielt god oppfølging som følge av at bebyggelsen ikke er tatt i bruk.

I SPFR sin rapport om Lærdal [4], blir det foreslått følgende tiltak:

- Periodevis gjennomføre inspeksjon av tomta og fjerne eller rydde døde grener og planter, blader, barnåler og annet brennbart rusk.

- Klippe trær regelmessig så greiner er minst 3m fra andre trær. Fjern eller beskjær planter og kratt nær vinduer.
- Lage et skille mellom trær, kratt og objekter som kan ta fyr, slik som hagemøbler etc.
- Rydde under verandaer, terrasser etc.

NIST anbefaler også å flytte vedstabler utenfor vernesone 1, dersom de ikke er fullstendig dekket med ubrennbart materiale.

Intervjuene og litteraturen viser at faktoren har stor betydning. Reidar Kvigne uttrykker etter spørsmål om brannhygiene og gnister:

*"Det er helt utrolig at vi ikke fikk større skader!"*

Fra samtlige intervjuer kommer det frem viktigheten av det arbeidet de private gjorde ift. slukking av gnister og lokale småbranner. Morten Sortland forteller hvordan private fylte bøtter med vann og helte dem utover taket. Dette antyder at akkumulert materiale på tak er ekstra utsatt for antennelse, ettersom det var her man i stor grad jobbet for å slukke branntilløp. Manzello viser i sine tester hvordan brennbart rusk i forkant av yttervegg antennes svært lett og smitter over på kledningen.

Det er vanskelig å si noe om mengde og utfra dette definere hva som menes med ryddig. Det kan derfor være mer hensiktsmessig å stille spørsmål vedrørende rutiner for rydding av denne type materiale. Brannen i Lærdal skjedde om vinteren og en slags vårrengjøring er derfor heller ikke argument nok for å la høsten ligge urørt. Ut ifra dette er følgende karaktertabell etablert, Tabell 20: Utendørs brannhygiene E6:

**Tabell 20: Utendørs brannhygiene E6**

E6: Rutiner for vedlikehold og ryddighet	Karakter
Ingen form for vedlikehold, ryddig av kvist, blader, barnåler i takrenner, på veranda, terrasser etc. Overfladisk gress etter klipping av plen, blir ikke samlet og fjernet fra tomt.	0
Vedlikehold skjer forholdsvis en gang i året ved ryddig av kvist, blader, barnåler i takrenner, på veranda, terrasser etc. Nedklippet plen ryddes ikke.	2
Vedlikehold skjer forholdsvis 1 gang i året ved ryddig av kvist, blader, barnåler i takrenner, på veranda, terrasser etc. Ved klipping av plen, fjernes overfladisk gress etter og tømmes på et fornuftig sted.	3
Vedlikehold skjer forholdsvis 2 ganger i året ved ryddig av kvist, blader, barnåler i takrenner, på veranda, terrasser etc. (vår og høst). Overfladisk gress etter klipping av plen blir ikke samlet og fjernet fra tomt.	4
Vedlikehold skjer forholdsvis 2 ganger i året ved ryddig av kvist, blader, barnåler i takrenner, på veranda, terrasser etc. (vår og høst), i tillegg fjernes overfladisk gress ved klipping av plen, og tømmes på et fornuftig sted.	5

For vektlegging blir det her også tatt utgangspunkt i data innhentet av NIST gitt i Tabell 21: Dette punktet vil få bestått "pass" hvis døde grener og planter, blader, barnåler og annet rusk er fjernet fra tomten, hvor en forskjell på 32% skiller tomter som har fått bestått og de som ikke har bestått. Dette er en økning på 62,7%:



$$\frac{100}{51} \times 32 = 62,7\%$$

Tabell 21: Dette punktet vil få bestått "pass" hvis døde grener og planter, blader, barnåler og annet rusk er fjernet fra tomten

	Undamaged Structures	Damaged/ Destroyed Structures	Total
Fail	61 (51% ± 9%)	58 (49% ± 9%)	119
Pass	86 (83% ± 7%)	18 (17% ± 7%)	104
<b>Total</b>	147	76	223

Faktoren anses å være av middels betydning og følgende vektall foreslås:

$$V_{E,6} = 0,11$$

### 10.1.7 Brennbare ekstremiteter E7

Fra intervjuer og litteraturstudiet kommer det frem at brennbart materiale som på en eller annen måte er tilknyttet bygninger, vil kunne lede brannen og øke faren for brannspredning. Eksempelvis omfatter dette gjerder så vel som hekker eller lignende.

I NIST sin undersøkelse avgjøres denne av om det er direkte tilknytning eller ikke. Fra intervjuene kommer det frem at selv om vegetasjon i liten grad smittet brannen over til bebyggelsen, så bidro blant annet hekker i stor grad til å gjøre bålet enda større enn ved en alminnelig husbrann. Faktoren E2 med prioriteringssoner tar for seg naturlig vegetasjon, men sier lite om hekker og tregjerder.

Et utgangspunkt vil være å først stille spørsmål om det i det heletatt er tilstedeværelse av noen form for hekk eller tregjerder på eiendommen? Hvis nei, er denne faktoren fraværende og vil derfor heller ikke øke eksponeringsgraden. Hvis ja, må det stille spørsmål ved om hekken eller gjerdet er direkte tilknyttet nærliggende bebyggelse eller ikke. Undersøkelsen gjort av NIST, tyder på at dette har betydning for eksponeringen og Tabell 22: Brennbare ekstremiteter E7 er derfor etablert og angir karaktersetting for faktoren.

Tabell 22: Brennbare ekstremiteter E7

E7: Spredningsledende materiale	Karakter
Det finnes tregjerde eller en form for hekk på tomten og den er tilknyttet bygg eller bygninger	0
Det finnes tregjerde eller en form for hekk på tomten, men den er ikke tilknyttet bygg eller bygninger	2
Det finnes hverken tregjerde eller en form for hekk på tomten.	4

Videre for vektning av faktoren er det valgt å benytte resultatene fra NIST i Tabell 23: Dette punktet vil få bestått "pass" hvis det ikke er tilstedeværelse av tregjerder eller lignende knyttet direkte til bygningen.

Tabell 23: Dette punktet vil få bestått "pass" hvis det ikke er tilstedeværelse av tregjerder eller lignende knyttet direkte til bygningen

	Undamaged Structures	Damaged/ Destroyed Structures	Total
Fail	51 (45% ± 9%)	62 (55% ± 9%)	113
Pass	98 (85% ± 7%)	17 (15% ± 7%)	115
<b>Total</b>	<b>149</b>	<b>79</b>	<b>228</b>

Tabellen angir ved tilstedeværelse av faktoren, en sannsynlighet for at bygget er uskadd på 45%, som øker til 85% hvis faktoren er fraværende. Dette tilsvarer en økning på 88,9%:

$$\frac{100}{45} \times 40 = 88,9\%$$

Dette punktet avhenger noe av spredningsform, ift. om det er snakk om konflagrasjon eller flyvebrann med direkte spredning fra bygg til bygg. Bildet hentet ut fra Lærdalsrapporten, viser et tregjerde som har flere gjennombrente hull. Dette beviser at en antennelse ikke nødvendigvis må komme fra bakkenivå. Faktoren anses derfor å være av middels betydning og følgende vektall foreslås:

$$V_{E,7} = 0,11$$

### 10.1.8 Beliggenhet E8

I rapporten [24] som tar for seg hendelsesforløpet ved "Witch and Guejito" brannen i California USA, kommer det frem at hus og bygg langs randen av det urbane området er spesielt utsatt for gnister og dermed også i større fare for å bli antent. I standarden AS3959 i Australia, er helningsgraden mellom tomt og vegetasjon opp mot huset med på å bestemme eksponeringsgraden. Dette kommer av at brann i skrånet terreng med vind mot helningen vil øke intensiteten til brannen og dermed øke eksponeringsgraden.

"Living on the edge" har utarbeidet en forholdsvis enkelt "Risk assessment scoresheet", som også er lagt ved denne oppgaven i vedlegg 4. Denne er basert på NFPA 1144 [48].

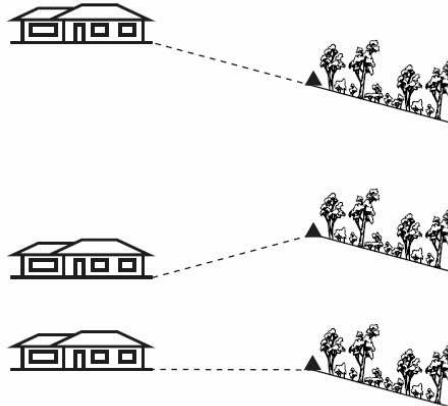
Risikoverktøyet som er utarbeidet, gir mindre skår dess slakere tomte er, noe som vil ha en positiv effekt. Det er valgt å bruke de samme helningsverdiene i prosent, tilegnet egne karakterer og satt inn i Tabell 24: Topografi innen 9m fra bygningen E8.

Tabell 24: Topografi innen 9m fra bygningen E8

E8: Topografi innen 9m fra bygningen	Karakter
Helning > 41%	1
Helning 31 til 40%	2
Helning 21% til 30%	3
Helning 10% til 20%	4
Helning ≤ 9%	5

NIST har ikke klart å legge data til grunn som illustrerer effekten av denne faktoren. Det er heller ikke blitt spesielt påpekt gjennom intervjuer. Derimot er det klart at skrånet terreng hvor vinden vil være i stand til å presse flammene ned mot bakken og dra den med seg oppover vil føre til en mer intens

brann. Den Australske standarden tar høyde for dette og har illustrert ulike situasjoner i Figur 34: Klassifisert vegetasjon i nedoverbakke [43].



Figur 34: Klassifisert vegetasjon i nedoverbakke [43]

I hvor stor grad denne bør vektlegges er derimot vanskeligere i si noe om. Den kan veies noe opp mot andre faktorer som blant annet "Living on the Edge" peker på. Det er helt klart at den er av betydning ettersom at Australia konkret påpeker og tar denne med i beregningen av sine «BAL» verdier. Faktoren anses derfor å være av middels betydning og følgende vektall foreslås:

$$V_{E,8} = 0,12$$

#### 10.1.9 Andre byggverk i vernet sone E9

Nærliggende bygninger, uthus, annekser, garasjer etc. kommer frem gjennom intervjuene som utsatte bygninger ved gnistpåkjenning. Blant annet forteller Espen Iversen at han observerte antennelse i et skur:

*"Jeg så et skur som tok fyr lagt nede ved bakken, dette vedskuret som jeg pratet om tidligere. Men der var det såpass mange åpninger i kledningen, at det kan godt hende gnister gikk inn uten at man egentlig la merke til det, før man så røyken komme ut".*

Gaute Johnsgaard påpeker også faren ved slike konstruksjoner og spredning via disse:

*"Det brant også en del anneks, garasjer og uthus som ikke hadde noen brannmotstand og som da også var lett antennelig. Du vet at garasjer og annekser står tett opp mot nabogrenser".*

Det blir derfor antatt at disse i større grad er utsatt for antennelse, i tillegg til at de bidrar til å eskalere brannen og spre den videre. "Fire Risk Index Method – Multistorey Apartment Buildings" [22], utarbeidet av Björn Karlsson, tar med seg avstander til nærmeste bygning som en faktor ved beregning av risikoverdi. I hans modell er det i utgangspunktet tenkt på faren ved spredning som følge av varmestråling og ikke ved gnister. Brennende bygninger vil kunne spre brann enten ved direkte flammekontakt, varmestråling eller ved å genere nye gnister. Karaktersetting for denne faktoren er gitt i Tabell 25: Avstander til nærmeste bygning, uthus, anneks, garasje etc. E9, hvor karaktersettingen baseres på avstander til den nærmeste bygningen.

Tabell 25: Avstander til nærmeste bygning, uthus, anneks, garasje etc. E9

E9: Avstand til nærmeste bygning, uthus, anneks, garasje, etc	Karakter
$D < 6\text{m}$	0
$6 \leq D < 8\text{m}$	1
$8 \leq D < 12\text{m}$	2
$12 \leq D < 20\text{m}$	3
$D \geq 20\text{m}$	5

Denne tabellen sier lite om hvilke type bygning som ligger nærmest, noe som også kan være et videre ledd der man kombinerer type bygning sammen med avstanden mellom dem. Ettersom det ikke er gjort videre undersøkelse angående type bygg og sårbarhet, kan dette være et interessant felt å jobbe videre med.

Faktorene er påpekt i både intervjuer og rapporter. Den anses derfor å være av stor betydning og følgende vektall foreslås:

$$V_{E,9} = 0,18$$

### 10.1.10 Vanningsanlegg

NIST har også i sin kartlegging notert seg eiendommer med etablerte vanningsystemer. Slike systemer forekommer i mye større grad i USA enn i Norge. Det kan også diskuteres om et slik system er et aktivt tiltak eller passivt. Det er valgt å tilegnet denne faktoren et kort resonnement ettersom slike systemer tilsynelatende har stor betydning for spredningsfaren og eksponeringsgrad.

I Lærdal ble det blant annet brukt gyllevogner til å bistå slukkearbeidet. I tillegg ble det også brukt private hageslanger, og det kan også tenkes at vannspredere kunne vært et alternativt tiltak for å stoppe punktbranner og redusere spredningsfaren.

Som et supplement til modellen og risikovurderingen, bør det ved senere studier tilføye en del som tar for seg aktive tiltak. Den kan omfatte det som er nevnt her med mer. Eksempler kan være avstand til nærmeste brannstasjon, brannstasjonens størrelse og utstyr, bistand fra private, stasjonære slukkeslanger, bruk av ulike slukkemidler som tungtskum, gele etc. "Fire Risk Index Method" [22], tar for seg noe av dette og kan være et utgangspunkt for videre kartlegging.

## 10.2 Brannskallelementer

For i det hele tatt å kunne vurdere eksponeringsgraden opp mot tett trehusmiljø, er man nødt til å kunne si noe om brannskallet og dens evne til å motstå påkjeningen som utredet i kapittel 10.1 Eksponeringer. Det vil i dette kapitlet bli gått igjennom de ulike brannskallelementene. Hvert element vil bli tilegnet en karakter som sier noe om motstandsevne, og et vektall som antyder elementets betydning i det helhetlige brannskallet.

Det er tre ting som vil være av betydning for de ulike elementene og som må karakteriseres.

1. Sannsynlighet for antennelse av bygget.
2. Konsekvensen av en lokal etablert brann i brannskallelementet og spredningsfaren til andre elementer.
3. Brannskallelementets gjennombrenningstid i minutter.

Å redusere sannsynlighet for antennelse vil i størst grad være viktig for materialer under brannskallet. Ettersom dette vil ha en større konsekvens enn en overflatebrann i selve skallet. Spredningsfaren til andre elementer er også av betydning. En brann i fasadekledningen vil påkjenne takfot i større grad enn grunnmuren. Disse overgangene er derfor sårbare og må håndteres. Gjennom Brenningstiden er noe selvforklarende, men denne henger også sammen med sannsynlighet for antennelse og spredningen mellom de ulike elementene. Eksempelvis vil en komponent med lav sannsynlighet for antennelse, i tillegg til at den medfører liten fare for videre spredning, tilsi at komponenten kan ha en kortere gjennom Brenningstid enn andre.

Hvert brannskallelement vil kunne ha flere underliggende parametere eller egenskaper som karakteriseres med K-verdier som vil ha betydning for den endelige karakteren for brannskallet (B).

Karakterskalaen er valgt å gå fra 0 til 5, hvor 0 er dårligste karakter og 5 er beste. Den vil ta utgangspunkt i de tiltakene som er kartlagt, hvor 0 vil være ingen form for utbedring av faktoren og motsatt. Det vil forekomme tilfeller hvor det ikke er egnet å benytte seg av hele karakterskalaen; en mindre karakertabell vil bli tilegnet disse. Tabellene er kun eksempler med foreslått karaktersetting, det vil derfor være opp til den enkelte å vurdere gitt tilfelle og utfra dette tilegne riktig karakter.

Opgaven har ikke grunnlag for å kunne fastsette en eksakt vekting, men det er ønskelig å foreslå et utgangspunkt basert på studiet, som igjen vil være åpen for videre forskning. Verdien vil i denne sammenheng si noe om viktigheten av de ulike brannskallelementene, noe som er av interesse, men som er vanskelig basert på en kvalitativ forskningsundersøkelse. Det samme gjelder også for vektningen av de ulike K-verdien, som baseres på litteraturstudiet og intervjuer presentert i denne oppgaven. I tillegg er det valgt å benytte seg av tilgjengelig arbeid utført av NIST som et grunnlag for vektningen. Ved vekting er det valgt å gjøre en grov inndeling, hvor hvert element vil bli vurdert til enten å være av liten, middels eller stor betydning for det helhetlige brannskallet. Hensikten er å kunne gi elementene en relativ rangering.

### 10.2.1 Materialer C1

Materialbruk er en viktig faktor og gjelder for alle de ulike brannskallelementene. Bruk av bygningsmaterialer som ikke er antenkelige og brennbare vil i stor grad bidra til å redusere faren for at en brann utenfra klarer å etablere seg på innsiden av brannskallet. Det er derfor valgt å etablere materialfaktoren C1 som vil være bidragsgivende for karaktersettingen av de andre brannskallelementene (B) og legges til med en prosentandel av den totale karakteren. Karakteren for C1 er sammensatt av både type materialer  $K_{C1.1}$  og gjennom Brenningstid  $K_{C1.2}$ . Hvert enkelt brannskallelement viser utregning og inkorporeringen av faktoren C1 i sin totale karakter BX.

Tabell 26: Typiske produkter, klasser og karakterer for  $K_{C1.1}$ , gir eksempler på produkt, euroklasse og karakter for  $K_{C1.1}$ .

Tabell 26: Typiske produkter, klasser og karakterer for  $K_{C1.1}$

$K_{C1.1}$ : Euroklasser	Typiske produkter	Karakter
F	Plastikk	0
E	Lavdensitets tre	1
D	Tre	2
C	Gipsplate med papirtapet	3
B	Brannimpregnert trevirke	4
A2	Gipsplater	5
A1	Stein, betong	5

Tabell 27: Dette punktet vil få bestått "pass" der det ikke er tilstedeværelse av tak, kledning, takfot, terrasse, pergola eller gjerder bygget av tre på eiendommen. I tillegg ingen vedstabler plassert på tomt [45], illustrerer betydningen ved bruk av ubrennbart materiale i brannskallet. Her har de kartlagt fravær av tre i tak, takfot, kledning, veranda, terrasse, balkonger etc.

Tabell 27: Dette punktet vil få bestått "pass" der det ikke er tilstedeværelse av tak, kledning, takfot, terrasse, pergola eller gjerder bygget av tre på eiendommen. I tillegg ingen vedstabler plassert på tomt [45]

	Undamaged Structures	Damaged/ Destroyed Structures	Total
Fail	133(62% ± 6%)	80 (38% ± 6%)	213
Pass	19(86% ± 14%)	3 (14% ± 14%)	22
<b>Total</b>	152	83	235

Dette resultatet gjenspeiler bruken av brennbart materialer i bygningsskallet. Man må være klar over at det er forskjeller i materialbruk mellom USA, som eksempelvis bruker mye vinyl i kledninger, og Norge, hvor tre ofte er mest brukt. Dette vil da også påvirke resultatene i Tabell 27: Dette punktet vil få bestått "pass" der det ikke er tilstedeværelse av tak, kledning, takfot, terrasse, pergola eller gjerder bygget av tre på eiendommen. I tillegg ingen vedstabler plassert på tomt [45], hvor flere bygg i USA antagelig vil få "pass" enn hva de ville gjort i Norge. Gjennom oppgaven er det ikke målt noen forskjell på vinyl og tre, men testene gjort av Mazello tyder på at vinyl heller ikke takler påkjenning av gnister spesielt godt. Resultatene viser at vinylen smelter og i likhet med tre vil være i stand til å antennes.

I tillegg til type materiale vil også materialtykkelsen ha betydning for brannskallet. Det er da snakk om gjennombrenningstid i minutter og Tabell 3: Examples of European K classes for wood-based panels and solid wood panelling [32] har testet tre ulike tykkelser og knyttet disse til en gjennombrenningstid. Gjennombrenningstid betyr ikke det samme som at man får et fysisk hull i brannskallet, men det er tiden det tar for en brann å varme opp overflaten til det er fare for at brennbart materiale på motsatt side kan antennes. Karaktersetting for gjennombrenningstid er foreslått og håndteres i Tabell 28: Gjennombrenningstid  $K_{C1.2}$ .

Tabell 28: Gjennombrenningstid  $K_{C1.2}$

$K_{C1.2}$ : Gjennombrenningstid	Karakter
$K_{C1.2} < 10\text{min}$	0
$10\text{min} \leq K_{C1} < 20\text{min}$	3
$20\text{min} \leq K_{C1}$	5

Ettersom gjennombrenningstiden har større betydning enn materialet i seg selv, er også denne i størst grad vektlagt ved endelig karaktersetting C1:

$$C1 = 0,20(K_{C1.1}) + 0,80(K_{C1.2})$$

Karakter for C1 må etableres for hvert enkelt brannskallelement.

### 10.2.2 Dekker B1 (terrasser, veranda, balkonger, svalganger etc.)

Terrasser, verandaer og balkonger er direkte tilknyttet brannskallet og det kommer frem fra både litteraturstudie og intervjuer at flater hvor gnister og glør har mulighet til å samle seg, er spesielt utsatt for antennelse. Dette vil igjen kunne lede og smitte brannen over til tilknyttet bygning. Faktoren E7 for eksponeringsgrad tar blant annet for seg en direkte kobling mellom brennbart materiale og bygg. Her blir det påvist en sammenheng mellom skader og tilstedeværelse av en slik sammenkobling.

Gjennom intervjuene som ble gjort ifm. brannen i Lærdal, forteller blant annet Kjell Inge Sanden:

*"Under terrassen samler det seg masse tørt, så det tok fyr. Men heldigvis så hadde vi god hjelp fra frivillige og sivilforsvaret som sprang rundt og slukket med vann".*

Guttorm Gullaksen antyder noe av det samme når han blir spurt om han la merke til at gnister hadde en tendens til å samle seg under terrasser eller verandaer:

*"Ja, det var en hvor det tok fyr under verandaen, men de som bodde der var hjemme og slukket det med en hageslange".*

Det er derfor ingen tvil om at dette er en utfordring. Standarden i California kapittel 7A setter eksempelvis krav til materialbruk, hvor det selvfølgelig vil være mest hensiktsmessig å benytte seg av ubrennbare materiale. Materialbruk blir ivaretatt av C1 som et ledd ved den endelige karaktersetting for B1. Det foreslås å vektlegge denne i forholdvis stor grad.

Hvis dekket i seg selv er ubrennbart, vil eneste mulighet for antennelse være ved at gnister detter i mellom bordene, eller trenger seg inn fra siden. Dette kan igjen føre til antennelse av brennbart materiale som ligger under. Et mulige tiltak vil være å bokse inn verandaen for å hindre gnister å trenge inn fra siden, noe som kan oppnås ved hjelp av innkledning og netting med maskevidde på ca. 2-3mm. Det samme gjelder også for verandabordene, disse bør heller ikke ha større glipper enn 2-3mm. Karaktersetting av  $K_{B1.1}$  er ut ifra dette gitt i Tabell 29 Utforming av dekke  $K_{B1.1}$ :



Tabell 29 Utforming av dekke  $K_{B1.1}$

$K_{B1.1}$ : Utforming dekke	Karakter
Dekket er ikke tett og har åpninger eller sprekker som tillater gnister å akkumulere seg. Ingen tiltak er gjort for å kle inn eller beskytte undersiden av dekket.	0
Dekket har åpninger som muliggjør gnister å trenge igjennom ovenfra og ned. Undersiden er innkledd og beskyttet for gjennomtrengning av gnister fra siden.	2
Brannimpregnert tett dekke med innkledd underside som hindrer gnister fra å trenge inn fra siden.	3
Ubrennbart tett dekke med innkledd underside som hindrer gnister fra å trenge inn fra siden.	4
Dekket er EI brannklassifisert.	5

En mangel ved denne karaktersetningen er å kunne skille mellom verandaer, balkonger, terrasser og svalganger. Enkelte av disse vil være en større risiko enn andre som følge av plassering og utforming. Ettersom rusk, løv og støv tilsynelatende er antennelses kilden vil også avstanden mellom bakkenivå og dekket ha betydning. En veranda kan sitte både høyt og lavt; så lenge det flukter med etasjeskille, defineres det som en veranda. En veranda i andre etasje vil av den grunn være mindre utsatt enn en som flukter med førsteetasje. En balkong vil også flukte med etasjeskille på samme måte som en veranda, i tillegg vil den ha et tak over seg. Taket kan tenkes å skjerme for enkelte gnister. En terrasse vil ligge på bakken, som en liten avsats, noe som også muliggjør spredning fra gress eller planter som ligger tett inntil. En svalgang er som regel høyt over bakken og kan både være med og uten tak. Derimot er også brukt som rømningsvei og konsekvensen av brann her vil derfor være større. For å ivareta dette foreslås karaktersetningen i Tabell 30: Type dekke  $K_{B1.2}$ :

Tabell 30: Type dekke  $K_{B1.2}$

$K_{B1.2}$ : Type dekke	Karakter
Terrasse	2
Svalgang	3
Veranda med større klaring enn 1m fra bakken. Ved mindre klaring, brukes karakter for terrasse.	3
Balkong med større klaring enn 1m fra bakken. Ved mindre klaring, brukes karakter for terrasse.	4

Bygninger som har mer enn ett dekke, benyttes den av de som vil være mest sårbar eller utsatt. Man bør da eksempelvis også være oppmerksom på dekker som strekker seg utover mot skrånet terreng. Brann i skrånet terreng blir påpekt i kapittel 10.1.8 Beliggenhet E8. Endelig karakter for  $B1$  er gitt av uttrykket:

$$B1 = 0,50(C1_{B1}) + 0,30(K_{B1.1}) + 0,20(K_{B1.2})$$

Når det gjelder vektallet, må denne vurderes på samme måte som andre konstruksjoner direkte knyttet til bygget. Som for eksponeringsfaktoren  $E7$ , er denne parameteren vurdert til å være av middels betydning og følgende vektall foreslås:

$$V_{B1} = 0,18$$

### 10.2.3 Tak B2

Taket er den konstruksjonsdelen som har størst betydning for brannskallet. Dette kommer tydelig frem i alle intervjuene og det er også godt dokumentert i litteraturen. Blant annet blir dette påpekt i NIST sin rapport [24], hvor de viser til arbeid gjort i 1973 av Howard [49]. Der er det blitt observert at 95% av de bygningene som klarte seg, var bygget med ubrennbart materiale i takkonstruksjon. Tilsvarende rapporteres også av Foote [50], hvor han tok for seg Santa Barbara brannen i 1990. Han fant ut at 80% av de bygningene som klarte seg gjennom brannen, hadde brukt materiale i takkonstruksjonen som var ubrennbare. Disse hadde i tillegg etablert vernesone 1.

Det er flere detaljer som blir pekt på, som må vurderes for videre karaktersetting av B2, deriblant taktekking, ventilering og vindskier.

Taktekking vil bli utsatt for gnister som både treffer takflaten, men også de som blir presset inn under i undertaket eller inn på kalde loft. Taktekkingens materialvalg er av betydning, noe som blir ivaretatt av C1. Tettheten må også vurderes og vil være bestemt av blant annet slitasje, montasje og utførelse, samt type tekking. Det vil her bli forutsatt at montering og utførelsen er i henhold til anvisninger gitt av produsenten. Det vil derfor være opp til den enkelte bruker av metoden å vurdere andre faktorer som kan påvirket tettheten; karaktersetting av taktekkingen vil være deretter. Takstein har en utfordring ved at det ofte oppstår glipper, i tillegg til at de i noe grad slites over tid. Skifer eller naturstein holder lenger, men har en utfordring ift. tettheten og avhenger i større grad av montasje. Metallplater vil være den taktekkingen som gir best tetthet. Shingel er i likhet med metallplater svært tett, men kan være noe tynnere. Materialvalg i denne sammenheng er av betydning, som følge av en stor eksponeringsflate. Materialvalg i tilknytting til taktekking C1<sub>B2.1</sub>, vektet 70% opp mot tekkingstype K<sub>B2.1</sub>. Karakter for K<sub>B2.1</sub> er gitt i Tabell 31: Type tekking og tetthet K<sub>B2.1</sub>:

Tabell 31: Type tekking og tetthet K<sub>B2.1</sub>

K <sub>B2.1</sub> : Type tekking	Karakter
Naturstein (ikke gnist-tett)	2
Takstein (ikke gnist-tett)	3
Tak Shingel (gnist-tett)	4
Metallplater sveiset/knekt tett, brannfuggetett mot alle tilslutninger (gnist-tett)	5

Lufting og ventilering av takkonstruksjon er vanlig for småhus, derimot blir det bygget hus hvor takkonstruksjonen ikke er luftet i det hele tatt. Tidligere i oppgaven har det bli påpekt at resultatene fra forsøk gjort med ventiler plassert under takutstikket, virker usannsynlige. Riktig ventilering av kalde loft, er designet slik at de utnytter vinden med trykk i forkant og sug i bakkant, slik at man får en god luftgjennomstrømning langs undertaket og ut i mønet. Oppsettet til Manzello utnytter ikke denne effekten fra vinden og det er derfor grunn til å tro at disse ventilene er mer utsatt i virkeligheten, enn hva resultatene fra testen tilsier. Når Kjell Inge Sanden blir spurt om former for brannspredning, påpeker han at det eneste huset som stod igjen i startområdet, ikke hadde lufting i gesimsen. Viktigheten av å hindre gnister fra å trenge inn under taktekking eller inn på kalde loft, har stor betydning for å hindre antennelse og vektet deretter. I kapittel 7. Løsninger for å sikre et kontinuerlig brannskall er det tatt for seg løsninger som ivaretar ventilering, men holder gnister ute. Dette blir også påpekt i kapittel 8.1.1 Roof and Attic ventilation, Californias byggeforskrift, som også samsvarer med den Australske standarden. Karaktersetting vil derfor avhenge av om taket ikke har

ventilering i det hele tatt, beskyttet ventilering eller ubeskyttet ventilering. Dette gir følgende karakterer i Tabell 32: Ventilering av takkonstruksjon  $K_{B2.2}$ :

Tabell 32: Ventilering av takkonstruksjon  $K_{B2.2}$

$K_{B2.2}$ : Ventilering av takkonstruksjon	Karakter
Ubeskyttet ventilering av kaldt loft eller undertak	0
Beskyttet ventilering av kalde loft eller undertak med gnistfangernetting > 3mm maskevidde	2
Beskyttet ventilering av kalde loft eller undertak med gnistfangernetting < 3mm maskevidde	3
Ventilering ved EI klassifiserte brannventiler i takfot.	4
Ingen ventilering, eller tak/takfot med ventiler testet og EI klassifisert som et helhetlig system.	5

Vindskier blir også nevnt i flere intervjuer, hvor det tilsynelatende kan virke som om disse er utsatte for antennelse. Dette ettersom de er i stand til å fange gnister som blir dratt over taket eller treffer høyt oppe på gavlvegg. Det er vanskelig å gjøre noe særlig med utformingen av disse, av den grunn vil det i stor grad være materialvalget som blir avgjørende. Det velges derfor å tilføre et ekstra ledd ved utregningen av den totale karakteren for tak B2, hvor materialbruk i vindskiene  $C1_{B2.2}$  vektet 20% av totalen.

Rydding av brennbart rusk på taket er håndtert i faktoren vedrørende eksponeringsgraden E6 og blir derfor ikke tatt med her. Anne Steen-Hansen påpeker at taket til det ene bygget som klarte seg under Lærdalbrannen i den tidlige fasen, hadde et valmtak. Derimot er det ikke funnet flere beviser som underbygger dette. Det er derfor valgt å ikke sette opp egen karakter for utforming av takkonstruksjonen. Dette kan allikevel være relevant for videre forskning eller studier for å kartlegge hvordan vinden drar med seg partikler over ulike takkonstruksjoner. Endelig karakter for B2 er gitt ved uttrykket:

$$B2 = 0,20(C1_{B2.2}) + 0,45(0,3(K_{B2.1}) + 0,7(C1_{B2.1})) + 0,35(K_{B2.2})$$

Vekttallet for tak vil på grunnlag av intervjuer og litteraturstudiet tilsa å være av stor betydning, og følgende vekt tall foreslås:

$$V_{B2} = 0,28$$

#### 10.2.4 Yttervegger B3

Spredningen i Lærdal gikk for det meste via gnister direkte fra bygg til bygg. Gjennom intervjuene er det funnet at bygningsdeler høyt oppe er mest utsatt. Gavlvegg, opp mot mønet er også nevnt, mens spredning via annen vegetasjon langs bakken synes å ha forekommet i mindre grad.

Anne Steen-Hansen forteller at huset som klarte seg i startfasen nettopp hadde blitt pusset opp og at fasaden var relativt nymalt, noe som også blir understreket av Kjell Inge Hansen. En slett overflate uten sprekker eller ujevnheter vil redusere faren for at gnister fanges opp eller fester seg direkte på kledningen. Av den grunn bør kledningens overflate tas i betraktning, noe blir håndtert av  $K_{B3.1}$  i Tabell 33: Kledningens overflate  $K_{B3.1}$ . Fra utredningen av brannskall, ser vi blant annet på tømmermanspanel som vil ha noe dypere spor enn andre type kledninger, noe som kan være utslagsgivende.

Tabell 3: Examples of European K classes for wood-based panels and solid wood panelling [32], gir en indikasjon på ulike tykkelser tilknyttet brannmotstand i minutter. Kledningen i seg selv vil derfor være avhengig av sannsynligheten for antennelse og gjennombrenningstid. Dette blir håndtert av materialvalget C1.

Tabell 33: Kledningens overflate  $K_{B3.1}$

$K_{B3.1}$ : Kledningens overflate	Karakter
Overflaten bærer preg av sprekker og slitasje over tid.	0
Overflaten har få dype spor eller sprekker, i tillegg er overflaten malt.	3
Overflaten er relativt nymalt med slette flater uten dype spor eller sprekker.	4

Gjennom litteraturstudiet og intervjuene blir det påpekt at hulrom og luftespalter er spesielt utsatt; en brann i disse vil kunne spre seg svært raskt. Videoen utgitt i TV-Adressa [51], illustrerer godt hvordan brann i nedre kant av kledningen raskt sprer seg opp på innsiden og smitter over til taket via luftespaltene. I tillegg vil det kunne tenkes at gnister blir dratt medstrøms inn i ventileringsspalter, som igjen vil kunne føre til antennelse på innsiden av kledningen. Odd A. Rød forklarer det slik:

*"Veggflaten i seg selv og vinduer tror jeg ikke er veldig utsatte. Det er åpninger som er sårbare og jeg tror jo høyere opp de er, jo større er faren for å få spredning den veien av gnister".*

Han utdyper videre angående brann i hulrom:

*"Er ikke luftespalter tette, så vil glør presses inn. Man har en pipeeffekt hvor glør trenger inn og legger seg inntil treverk eller papp. I tillegg får man vind inn her som gjør at brannspredning skjer veldig fort. Det er forskjellig forhold som kan virke inn, men der hvor man har hulrom, så er det den verste spredningsformen man kan ha".*

Kapittel 7. Løsninger for å sikre et kontinuerlig brannskall tar for seg tiltak og løsninger for å tette slike hulrom. Kravene gitt i lovverk til USA og Australia, samt tester utført av Manzello, tilsier at nettinger ikke bør ha større maskevidde enn 2-3mm. Av den grunn vil heller ikke musebånd være godt nok egnet i denne sammenheng. Ofte ventileres kalde loft ut gjennom ventiler i gavlvegg; disse må da også være beskyttet. I tillegg er det blitt bemerket at brannen ofte startet høyt oppe i gavlvegg, hvor tilslutningen mellom tak og kledning ofte er dårlig utført. Det er her vanskelig å få til gode tilslutninger uten sprekker og glipper. En god og tett tilslutning vil være av betydning. Hvis dette ikke er mulig, bør det benyttes løsninger som hindrer akkumulering av gnister tilsvarende løsninger for underkant av kledningen. I evalueringen av brannen i Lærdal gjort av PwC [52], blir det foreslått følgende tiltak:

Unngå åpninger, fuger, sprekker i treverk over 2mm, her kan gnister passere. Dekk utvendige ventilasjonskanaler med ubrennbar netting og maskevidde på mindre enn 3mm. Kle inn takfot, uten å tette fullstendig slik at man unngår kondens.

Det er valgt å benytte seg av samme tabell etablert av Björn Karlsson for karaktersetting av hulrom, som vil gi underparameteren  $K_{B3.2}$  i Tabell 34: Kontinuerlige hulrom mellom fasadekledningen og den bærende konstruksjonen  $K_{B3.2}$ :

Tabell 34: Kontinuerlige hulrom mellom fasadekledningen og den bærende konstruksjonen  $K_{B3.2}$

$K_{B3.2}$ : Type hulrom	Karater
Kontinuerlig hulrom i brennbar fasade	0
Hulrom som er tett i overkant av kledning i brennbar fasade	2
Hulrom med EI klassifiserte brannventiler som hindrer brannspredning i underkant av kledning	4
Hulrom med EI klassifiserte brannventiler som hindrer brannspredning i både under- og overkant av kledning	5

Den endelige karakter for B3 er gitt av følgende uttrykk:

$$B3 = 0,40(C1_{B3}) + 0,25(K_{B3.1}) + 0,35(K_{B3.2})$$

Faktoren vurderes å være av moderat betydning og følgende vektall foreslås:

$$V_{B3} = 0,18$$

### 10.2.5 Grunnmur B4

Grunnmuren vil bli utsatt for gnister som lander i forkant av ytterveggen i tillegg til brann som sprer seg langs bakken. I de fleste tilfeller vil grunnmuren bestå av ubrennbart materiale, slik som murpuss eller betong. Derimot finnes det stabbur, låver etc. som delvis kan være kledd i annet materiale, eller at kledningen strekker seg helt ned til bakken. Faktoren C1 vil håndtere materialvalg og gjennombrenningstid.

Avstanden fra bakkenivå, grunnmurens høyde, opp til kledning må også være med. Her kan direkte avstand fra kledning ned til brennbart materiale måles i meter. Dette er ikke blitt påpekt spesielt gjennom litteratur eller intervjuer, men det er logisk å tenke seg at dette er av betydning og kan baseres på utsagn fra blant annet Odd A. Rød:

*"Når det gjelder Lærdal, så skjedde spredningen gjennom luften over lange avstander, og ikke nødvendigvis langs bakken, slik som normale gress og husbranner gjør".*

Ved spørsmål til Gaute Johnsgaard angående årsak og hvor på bygningskonstruksjonen det ble observert antennelse, svarer han følgende:

*"Det var tett opp under takteking, høyt opp på huset, gavlvegg eller gesimskasse. Det var et uvirkelig scenario. Det brant som regel i plenen og i hekken nær husene og det virket nesten som flammene krøyp langs vegetasjonen og deretter opp i husveggen. Men i hovedsak var det gnistene som sto på og trakk seg inn i hus der det ikke var tette konstruksjoner".*

Av den grunn er karaktersetting for grunnmurens høyde  $K_{B4.1}$ , etablert i Tabell 35: Grunnmurens høyde  $K_{B4.1}$ .

Tabell 35: Grunnmurens høyde  $K_{B4.1}$

$K_{B4.1}$ : Grunnmurens høyde og avstanden fra bakkenivå og opp til brennbart materiale.	Karakter
< 1m	0
≥ 1m	4

Det må også tas hensyn til grunnmur med kryperom og/eller lufting som ivaretas av Tabell 36: Ventiler og lufting av grunnmur  $K_{B4.2}$ .

Tabell 36: Ventiler og lufting av grunnmur  $K_{B4.2}$

$K_{B4.2}$ : Ventiler og lufting	Karakter
Åpen grunnmur	0
Mur med gnistfangernetting < 3mm maskevidde i åpninger	2
Mur med EI klassifiserte brannventiler som hindrer brannspredning	4
Tett grunnmur uten kryperom eller lufting	5

Ettersom det er vanskelig å definere grunnmurens høyde og betydningen av den, er det valgt å redusere dette leddet i den endelige karaktersetting for B4 gitt av uttrykket:

$$B4 = 0,40(C1_{B4}) + 0,15(K_{B4.1}) + 0,45(K_{B4.2})$$

Det er ikke blitt belyst mange tilfeller i Lærdal hvor brannen spredte seg via bakken og opp i kledningen eller inn forbi grunnmuren. Men det kommer frem betydningen av både gyllevogner og innsats fra private som kan ha hindret spredning langs bakken i stor grad. Mazello viser også at gnister kan ha en tendens til å samle seg i forkant av konstruksjonen. Denne faktoren er derfor av middels til liten betydning og følgende vekttall foreslås:

$$V_{B4} = 0,14$$

### 10.2.6 Dører B5

Dører blir ikke spesielt påpekt gjennom studiet for annet enn i regelverket i California og Australia. Det er her fokus på slette overflater og det å hindre gnister i å feste seg i dørkarmen. Glipper skal være mindre enn 2-3mm. Karaktersetting av dette, håndteres i Tabell 37: Glippe mellom dørblad og dørkarm  $K_{B5.1}$ .

Tabell 37: Glippe mellom dørblad og dørkarm  $K_{B5.1}$

$K_{B5.1}$ : Glippe mellom dørblad og dørkarm	Karakter
$K_{B5.1} > 3\text{mm}$	0
$2\text{mm} < K_{B5.1} \leq 3\text{mm}$	4
$K_{B5.1} \leq 2\text{mm}$	5

For fasader med totrinnstetting, vil en dreneringsspalte i overkant av dørkarm også være utsatt på samme måte som glipper mellom dørblad og karm. Karaktersetting av dette, håndteres i Tabell 38: Dreneringsspalte i overkant av karm  $K_{B5.2}$ .

Tabell 38: Dreneringsspalte i overkant av karm  $K_{B5.2}$

$K_{B5.2}$ : Dreneringsspalte over dørkarm	Karakter
Åpen spalte større enn 3mm	0
Spalte med EI tetting	4
Ingen dreneringsspalte eller spalte med EI tetting inklusiv terskel	5

Ettersom Norge har sesongvis mye kaldt vær, har vi også ytterdører som i større grad er isolerte.

Overflatematerialet er allikevel viktig og blir ivaretatt av C1. Endelig karakter for dører er gitt av uttrykket:

$$B5 = 0,1(C1_{B5}) + 0,25(K_{B5.1}) + 0,65(K_{B5.2})$$

Ved flere ytterdører, karaktersettes den døren som er mest sårbar og gir laveste karakter for B5.

Ettersom dører ikke utgjør en stor del av bygningskallet, i tillegg til at de ikke er spesielt bemerket i intervjuer, antas det at denne faktoren er av liten betydning og følgende vekt tall foreslås:

$$V_{B5} = 0,09$$

### 10.2.7 Vinduer B6

"California building code" setter krav til type glass og vinduer i yttervegger. Det skal her benyttes isolerte vinduer hvor et av glassplatene er av herdet glass, eller benytte seg av et vindu med brannmotstand ikke mindre enn 20 minutter. Det er derimot ingen bevis for at gnister i seg selv vil være i stand til å knuse et vindu. Forsøk beviser at vinduskarmen til en viss grad fanger gnistene, men at dette ikke er nok til å knuse glasset. Kjell Inge Sanden bekrefter dette med uttalelsen:

*"Jeg kan tenke meg at det hopet seg opp noe glør som la seg i karmene, men jeg mener ikke det var nok til å antenne bygget".*

Det er for så vidt to vesentlige forskjeller mellom USA og Norge. I USA er det ikke uvanlig med uisolerte vinduer, ettersom de også har et annet klima. Moderne bygg i Norge kan ha opptil 3 lag glass. Allikevel skal man være oppmerksom ved verneverdig bebyggelse hvor det fremdeles kan være enkle glass i vinduene. Dette punktet vil nok uansett være av større betydning ved påkjenning av direkte flammekontakt eller varmestråling og vektlegges derfor i mindre grad i denne sammenheng. Karaktersetting for type vinduer i bygget er gitt i Tabell 39: Vindustype  $K_{B6.1}$ .

Tabell 39: Vindustype  $K_{B6.1}$

$K_{B6.1}$ : Type vindu	Krakter
Single glass	0
Isolert vindu med to lag glass eller mer	3
Laminert sikkerhetsglass	4
Brannklassifisert vindu	5

Den andre forskjellen mellom utlandet og Norge, gjelder type fasade. I Norge, som nevnt tidligere, har vi ofte totrinnstetting. Dette medfører en dreneringsspalte i overkant av vinduskarmen, som vil være utsatt for inntrengning av gnister. Dette håndteres av karakteren gitt i Tabell 40:

Dreneringsspalte i overkant av vinduskarm  $K_{B6.2}$ .

Tabell 40: Dreneringsspalte i overkant av vinduskarm  $K_{B6.2}$

$K_{B6.2}$ : Dreneringsspalte i overkant av vindu	Karakter
Åpen dreneringsspalte større enn 3mm	0
Dreneringsspalte med EI klassifisert brannventil	4
Dreneringsspalte og ventil testet som EI klassifisert system	5

Det er sannsynlig at gnister kan bli fanget i vinduskarm, men lite sannsynlig at dette er nok til å



antenne bygget eller knuse vindu. Det vil være en fare for gnistansamling og penetrering av brannskallet via dreneringsspalten og denne er derfor av betydning. Ettersom vinduene hadde en tendens til å fange gnister vil det her også være nødvendig med en materialfaktor C1 for karmene. Denne anses å være utsatt i liten grad og endelig karakter for B6 er gitt av uttrykket:

$$B6 = 0,1(C1_{B6}) + 0,45(K_{B6,1}) + 0,45(K_{B6,2})$$

Dette brannskallelementet anses å være av liten til middels betydning, følgende vekt tall foreslås:

$$V_{B6} = 0,13$$

### 10.3 Endelig karaktersetting

Indeksmetoden er en forenklet form for gjennomførelse av en komparativ analyse. Den vil kunne gi et bilde av hvordan enkelte hus vil kunne klare seg sammenlignet med andre. I tillegg vil den også være nyttig som en slags sjekklister, hvor ulike farer både i brannskallet og området rundt blir framhevet. Dette vil igjen kunne synliggjøre mulige løsninger i utsatte områder. Den vil også kunne antyde spredningsvei og hvilke nærliggende bygg som vil være i størst fare. Ved å kunne gi brannvesenet en forståelse av faren for spredning i et område, vil dette kunne bidra til at de i større grad klarer å planlegge, prioritere og plassere seg strategisk riktig. Noe som kan forenkle slukkearbeidet og dermed gjøre dem i stand til raskest mulig å stoppe en spredningsdyktig områdebrann. Metoden er ment å være transparent, slik at den kan forenkle samarbeid og forståelse mellom ulike parter ved prosjektering av områder.

En oppsummering og oversikt over de ulike faktorene for eksponeringen, og parameterne i brannskallet, er gitt i Tabell 41 og Tabell 42.

Tabell 41: Faktorer som påvirker eksponeringsgraden og vektningen av disse

Eksposering	Underfaktorer	Vekt
E1 Klima	K <sub>E1.1</sub> Spredningsfare K <sub>E1.2</sub> Sannsynlig vindhastighet	18%
E2 Vernesoner		12%
E3 Spredningstrinn	K <sub>E3.1</sub> Spredningstrinn i vernesone K <sub>E3.2</sub> Brennbart materiale tett opp mot husvegg	6%
E4 Branngater		6%
E5 Stell av vekster i hage		6%
E6 Utendørs brannhygiene		11%
E7 Brennbare ekstremiteter		11%
E8 Beliggenhet		12%
E9 Andre byggverk i vernet sone		18%

Tabell 42: Parametere som har betydning for brannskallelementene og vektingen av disse

Brannskallelementer	Underparametere	Vekt
C1 Materialer	K <sub>C1.1</sub> Materialvalg K <sub>C1.1</sub> Gjennombrenningstid	Avhengig av brannskallelement
B1 Dekker	K <sub>B1.1</sub> Utforming av dekket K <sub>B1.2</sub> Type dekke	18%
B2 Tak	K <sub>B2.1</sub> Type tekking K <sub>B2.2</sub> Ventilering av takkonstruksjon	28%
B3 Yttervegger	K <sub>B3.1</sub> Kledningens overflate K <sub>B3.2</sub> Type hulrom	18%
B4 Grunnmur	K <sub>B4.1</sub> Grunnmurens høyde K <sub>B4.2</sub> Ventil og lufting av grunnmur	14%
B5 Dører	K <sub>B5.1</sub> Glippe mellom dørblad og dørkarm K <sub>B5.2</sub> Dreneringsspalte over dørkarm	9%
B6 Vinduer	K <sub>B1.2</sub> Type vindu K <sub>B1.2</sub> Dreneringsspalte i overkant av vindu	13%

Det vil være flere måter å framstille resultatene på, og ulike ideer eller tanker for framstilling er drøftet i vedlegg 5. For å knytte den todelte metoden sammen, er det valgt å dele den totale karakteren for brannskallelementene ( $B_{tot}$ ) på den totale karakteren for eksponeringsgraden ( $E_{tot}$ ). Man vil da få en verdi som enkelt kan sammenlignes med andre tilfeller. Kapittel 11. vil ta for seg en kvalitativ analyse av tenkte ytterpunkter for å etablere et sammenligningsgrunnlag.

Den totale karakteren for eksponeringen  $E_{tot}$ , er gitt ved av uttrykket:

$$E_{tot} = V_{E1}E_1 + V_{E2}E_2 + V_{E3}E_3 + V_{E4}E_4 + V_{E5}E_5 + V_{E6}E_6 + V_{E7}E_7 + V_{E8}E_8 + V_{E9}E_9$$

Videre må restrisikoen etableres ( $R_r$ ), slik at man kan veie eksponeringen opp mot brannskallet.

Denne er gitt av uttrykket:

$$R_r = 5 - E_{tot}$$

Deretter beregnes  $B_{tot}$ , gitt av uttrykket:

$$B_{tot} = V_{B1}B_1 + V_{B2}B_2 + V_{B3}B_3 + V_{B4}B_4 + V_{B5}B_5 + V_{B6}B_6$$

Til sist beregnes den endelige risikoverdien  $R$ , gitt av uttrykket:

$$R = \frac{B_{tot}}{R_r}$$

## 11. Beregningseksempler

Ettersom det er et behov for et sammenligningsgrunnlag vil dette kapittelet ta for seg tre eksempler på ulike bygg, som vil gi en indikator på gode og dårlige verdier av indeksmetoden.

I regi av COWI er det blitt gjennomført ett prosjekt hvor man har dratt nytte av kunnskap om brannskallsikring. Grip Stavkirke ligger på en holme i Kristiansund og er et eksempel på prosjektering av brannskallsikring som nå er satt til live med implementering av passive sikringstiltak. Dette arbeidet baseres på mulighetsstudie av Helge Aarset, utarbeidet i 2014.

I beregningseksempelen av Grip stavkirke, vil det kort bli redegjort for valg av karakter. For en mer detaljert utredelse av tiltakene kan disse finnes i mulighetsstudiet [53].



Figur 35: Grip stavkirke [53]

Redegjørelse og beregninger er vist i Tabell 43: Beregning av eksponeringsindeks for Grip stavkirke og Tabell 44: Beregning av brannskallindeks for Grip stavkirke.

Tabell 43: Beregning av eksponeringsindeks for Grip stavkirke

Eksponeringer	Underparametere	Eksponeringskarakter	Vekting av karakter
E1 Klima: Kirka ligger på en holme og området er til tider utsatt for sterk vind og slagrein. Dette er et kyststrøk og det kan derfor tenkes at det er relativt fuktig område. Derimot er det en del bebyggelse på holmen og det er derfor sannsynlig at en brann kan forekomme.	Spredningsfare:	$E1$ $= 0,4(K_{1,1})$ $+ 0,6(K_{1,2})$	$V_{E1} = 0,18$ $* 1,2$
	$K_{E1,1} = 3$ Sannsynlig		

Området er utsatt for mye sterk vind.	vindhastighet: $K_{E1.2} = 0$	$E1 = 1,2$	$= 0,22$
E2 Vernesone: Kirka ligger i et trehusområde og det er lite eller ingen naturlig vegetasjon i vernesoner omkring kirka.		$E2 = 4$	$V_{E2} = 0,12$ $* 4$ $= 0,48$
E3 Spredningstrinn: Området rundt kirka vedlikeholdes kommunalt og det er ingen spesielle former for spredningstrinn i nærheten.  Det er hovedsakelig kun plen rundt kirka og ingen bedd eller busker.	Spredningstrinn i vernesone:  $K_{E3.1} = 2$	$E3 = 0,15(K_{E3.1}) + 0,85(K_{E3.2})$	$V_{E3} = 0,06$ $* 3,7$
	Brennbart materiale i bedd eller planter tett mot husvegg: $K_{E3.2} = 4$	$E3 = 3,7$	$= 0,22$
E4 Branngater: Det er kun en smal gågate frem til hovedinngangen.		$E4 = 1$	$V_{E4} = 0,06$ $* 1$ $= 0,07$
E5 Stell av vekster i hage: Det er ikke spesielt mye planter og busker rundt kirka. Det er en hekk, men denne holdes vedlike.		$E5 = 4$	$V_{E5} = 0,06$ $* 4$ $= 0,24$
E6 Utendørs brannhygiene: Ettersom dette er en kommunal eiendom, antas det at området blir ryddet regelmessig.		$E6 = 3$	$V_{E.6} = 0,11$ $* 3$ $= 0,33$
E7 Brennbare ekstremiteter: Kirka står i tilknytning til både en hekk og et tregjerde.		$E7 = 0$	$V_{E.7} = 0,11$ $* 0$ $= 0$
E8 Beliggenhet: Tomta er forholdsvis flat.		$E8 = 5$	$V_{E.8} = 0,12$ $* 5$ $= 0,6$
E9 Andre byggverk i vernet sone: Avstand til nærmeste bygg er under 2m.		$E9 = 0$	$V_{E.9} = 0,18$ $* 0$ $= 0$
$E_{tot}$			$2,16$
$R_r$			$5 - 2,16$ $= 2,84$

Tabell 44: Beregning av brannskallindeks for Grip stavkirke

Brannskallet	Underparametere	Brannskall-elementkarakter	Vekting av karakter
B1 Dekker: Det er ingen dekker tilknyttet kirka.		B1 = 5	$V_{B1} = 0,18$ $\cdot 5$ $= 0,9$
B2 Tak: Taktekkingen er forholdsvis ny, tett og er av naturstein.  Rehabiliteringsarbeidet vil tette og utbedre ventilering av taket ved bruk av EI klassifiserte brannventiler. Dette er derimot ikke testet som et helhetlig system.  Tekkingen er av naturstein som også vil gi en høy gjennombrenningstid.  Vindskiene er av tre, det antas normal tykkelse som antageligvis vil gi en gjennombrenningstid på under 10 minutter. $K_{C1.1} = 2$ $K_{C1.2} = 0$	Type tekking og tetthet: $K_{B2.1} = 3$  Ventilering av takkonstruksjon:  $K_{B2.2} = 4$  Materialbruk i tekking: $C1_{B2.1} = 5$  Materialbruk i vindskier: $C1_{B2.2} = 0,20(K_{C1.1})$ $+ 0,80(K_{C1.2})$ $C1_{B2.2} = 0,4$	$B2$ $= 0,20(C1_{B2.2})$ $+ 0,45(0,3(K_{B2.1}))$ $+ 0,7(C1_{B2.1}))$ $+ 0,35(K_{B2.2})$  $B2 = 3,46$	$V_{B2} = 0,28$ $\cdot 3,46$  $= 0,97$
B3 Yttervegger: Kledningen skal rehabiliteres og males. Alle sprekker og hull skal tettes, noe som gir en slett og fin overflate som igjen vil redusere faren for antennelse.  Det blir også montert EI klassifiserte brannventiler i underkant av kledningen.  Kirka har en trefasade, denne vil bli byttet ut slik at den har en gjennombrenningstid på over 20 minutter. $K_{C1.1} = 2$ $K_{C1.2} = 5$	Kledningens overflate:  $K_{B3.1} = 5$  Hulrom i fasadekledning: $K_{B3.2} = 4$  Materialvalg i fasade: $C1_{B2.2} = 0,20(K_{C1.1})$ $+ 0,80(K_{C1.2})$  $C1_{B3} = 4.4$	$B3$ $= 0,40(C1_{B3})$ $+ 0,25(K_{B3.1})$ $+ 0,35(K_{B3.2})$  $B3 = 4,41$	$V_{B3} = 0,18$ $\cdot 4,41$  $= 0,79$
B4 Grunnmur: Det er uvisst hvor høy grunnmuren er og det antas at denne er noe under 1m høy.  Kirka har ventilerert kryperom. All lufting sikres med EI klassifiserte brannventiler.	Grunnmurens Høyde:  $K_{B4.1} = 1$  Ventilering og lufting av grunnmur: $K_{B4.2} = 4$	$B4$ $= 0,40(C1_{B4})$ $+ 0,15(K_{B4.1})$ $+ 0,45(K_{B4.2})$	$V_{B4} = 0,14$ $\cdot 3,95$

Grunnmuren er bygget med ubrennbart materiale og det vil ta mer enn 20 minutter før eventuell gjennombrenning.	Materialvalg i grunnmur: $C1_{B4} = 5$	$B4 = 3,95$	$= 0,55$
<p>B5 Dører: Glipper mellom dørkarm og dørblad er utbedret og de er derfor ikke større enn 3mm.</p> <p>Det monteres EI klassifiserte brannventiler i luftespalter over dørkarm i tillegg til terskel.</p> <p>Dørene er av tre og det gjøres ikke spesielle tiltak for å øke gjennombrenningstiden. Denne antas å være mellom 10 og 20 minutter. <math>K_{C1.1} = 2</math> <math>K_{C1.2} = 3</math></p>	Glippe mellom dørkarm og dørblad: $K_{B5.1} = 4$	$B5$ $= 0,1(C1_{B5})$ $+ 0,25(K_{B5.1})$ $+ 0,65(K_{B5.2})$	$V_{B5} = 0,09$ $* 4,53$
	Dreneringsspalte i dørkarm: $K_{B5.2} = 5$		
	Materialvalg i dør: $C1_{B2.2}$ $= 0,20(K_{C1.1})$ $+ 0,80(K_{C1.2})$  $C1_{B5} = 2,8$		
<p>B6 Vinduer: Det monteres ekstra sikkerhetsglass utenfor ordinære glass i alle vinduer</p> <p>Dreneringspalter er beskyttet med EI klassifiserte ventiler. Dette er derimot ikke testet som et helhetlig system.</p> <p>Vinduskarmene er av tre, gjennombrenningstid antas å overstige 20 minutter. <math>K_{C1.1} = 2</math> <math>K_{C1.2} = 5</math></p>	Vindustype: $K_{B6.1} = 4$	$B6$ $= 0,1(C1_{B6})$ $+ 0,45(K_{B6.1})$ $+ 0,45(K_{B6.2})$	$V_{B6} = 0,13$ $* 4,04$
	Dreneringspalte i overkant av vindu: $K_{B6.2} = 4$		
	Materialvalg i vinduskarm: $C1_{B2.2}$ $= 0,20(K_{C1.1})$ $+ 0,80(K_{C1.2})$ $C1_{B6} = 4,4$		
<b>B<sub>tot</sub></b>			<b>4,15</b>
<b>R</b>			<b>4,15/2,84</b> <b>= 1,46</b>



Figur 36: Trehus på vardepynten, Skedsmo kommune

Det er valgt å ta et eksempel for et typisk norsk trehus, som ligger i Skedsmo kommune. Huset er plassert på Vardepynten i noe ulendt terreng. Beregningene er gjennomført på samme måte som for Grip stavkirke og er tatt for seg i Tabell 45: Beregning av eksponeringsindeks for et trehus på Vardepynten og Tabell 46: Beregning av brannskallindeks for et trehus på Vardepynten.

Tabell 45: Beregning av eksponeringsindeks for et trehus på Vardepynten

Eksponeringer	Underparametere	Eksponeringskarakter	Vekting av karakter
<b>E1 Klima:</b> Vardepynten har et innlandsklima og de siste somrene har vært preget av lite regn og varme dager. Området ligger 20 minutter nord for Oslo og det er ikke uvanlig at værvarsel advarer mot brannfare sommerstid.  Området er ikke spesielt utsatt for sterk vind.	<b>Spredningsfare:</b>  $K_{E1.1} = 2$	$E1 = 0,4(K_{1.1}) + 0,6(K_{1.2})$	$V_{E1} = 0,18 * 3$
	<b>Sannsynlig vindhastighet:</b> $K_{E1.2} = 5$	$E1 = 3$	$= 0,54$
<b>E2 Vernesone:</b> Det er mindre enn 25% naturlig vegetasjon i sone 1, men over 25% naturlig vegetasjon i sone 2 og utover.		$E2 = 2$	$V_{E2} = 0,12 * 2$ $= 0,24$
<b>E3 Spredningstrinn:</b> Et lite område inn mot huset har noe naturlig vegetasjon. En brann her kan lett spre seg fra gress og over i større busker.  Det er en del bedd langs husveggen. Disse holdes delvis vedlike.	<b>Spredningstrinn i vernesone:</b>  $K_{E3.1} = 2$	$E3 = 0,15(K_{E3.1}) + 0,85(K_{E3.2})$	$V_{E3} = 0,06 * 2$
	<b>Brennbart materiale i bedd eller planter tett mot husvegg:</b> $K_{E3.2} = 2$	$E3 = 2$	$= 0,12$
<b>E4 Branngater:</b> På framsiden av huset er det en			$V_{E4} = 0,06 * 4$



parkeringsplass. I tillegg er det en asfaltert branngate langs huset på begge sider. Denne leder til inngangsparti for hoved-leilighet og utleie-del.		E4 = 4	= 0,24
E5 Stell av vekster i hage: Plen klippes regelmessig og gress dumpes utenfor vernesone 1.		E5 = 4	$V_{E5} = 0,06$ * 4 = 0,24
E6 Utendørs brannhygiene: Tomten ryddes regelmessig. Takrenner renses først når det oppdages at disse har blitt tette.		E6 = 3	$V_{E.6} = 0,11$ * 3 = 0,33
E7 Brennbare ekstremiteter: Tomta er omringet av både en hekk og tregjerde innenfor vernesone 1. Ingen av disse er direkte tilknyttet huset.		E7 = 2	$V_{E.7} = 0,11$ * 2 = 0,22
E8 Beliggenhet: Tomta er flat innenfor vernesone 1. I vernesone 2, baksiden av huset, er det tett vegetasjon i en svært bratt skråning. Denne kombinasjonen er ugunstig.		E8 = 4	$V_{E.8} = 0,12$ * 4 = 0,48
E9 Andre byggverk i vernet sone: Avstand til nærmeste bygg er under 2m.		E9 = 0	$V_{E.9} = 0,18$ * 0 = 0
E <sub>tot</sub>			2,41
R <sub>r</sub>			5 – 2,41 = 2,59

Tabell 46: Beregning av brannskallindeks for et trehus på Vardepynten

Brannskallet	Underparametere	Brannskall-elementkarakter	Vekting av karakter
B1 Dekker: Huset har både balkong og veranda. Den mest utsatte er balkongen på baksiden som er rettet ut mot den bratte skråningen. Den har et dekke i tre med glipper større enn 3mm. Undersiden er ikke kledd inn. Det antas en gjennombrenningstid på under 10 minutter. K <sub>C1.1</sub> = 2 K <sub>C1.2</sub> = 0	Dekkets utforming: K <sub>B1.1</sub> = 0	B1 = 0,50(C <sub>1B1</sub> ) + 0,30(K <sub>B1.1</sub> ) + 0,20(K <sub>B1.2</sub> )  B1 = 0,8	$V_{B1} = 0,18$ * 0,8  = 0,14
	Type dekke: K <sub>B1.2</sub> = 2		
	$C_{1B2.2}$ = 0,20(K <sub>C1.1</sub> ) + 0,80(K <sub>C1.2</sub> ) C <sub>1B1</sub> = 0,4		
B2 Tak: Taktekkingen er av takstein.  Huset har et kaldt loft med åpen ventilering.	Type tekking og tetthet: K <sub>B2.1</sub> = 3	B2 = 0,20(C <sub>1B2.2</sub> ) + 0,45(0,3(K <sub>B2.1</sub> ) + 0,7(C <sub>1B2.1</sub> )) + 0,35(K <sub>B2.2</sub> )	$V_{B2} = 0,28$ * 2,06
	Ventilering av takkonstruksjon: K <sub>B2.2</sub> = 0		

<p>Tekkingen er av naturstein som også vil gi en høy gjennombrenningstid.</p> <p>Vindskiene er av tre, det antas normal tykkelse som antageligvis vil gi en gjennombrenningstid på under 10 minutter.</p> <p><math>K_{C1.1} = 2</math> <math>K_{C1.2} = 0</math></p>	<p>Materialbruk i tekking: <math>C1_{B2.1} = 5</math></p>		
	<p>Materialbruk i vindskier: <math>C1_{B2.2} = 0,20(K_{C1.1}) + 0,80(K_{C1.2})</math></p> <p><math>C1_{B2.2} = 0,4</math></p>	$B2 = 2,06$	$= 0,58$
<p>B3 Yttervegger: Kledningen rundt huset er utført som tømmermanspanel og er derfor heller ikke slett.</p> <p>Åpen ventilering av luftet kledning.</p> <p>Fasaden er av tre og har en gjennombrenningstid mellom 10 og 20 minutter.</p> <p><math>K_{C1.1} = 2</math> <math>K_{C1.2} = 3</math></p>	<p>Kledningens overflate:  <math>K_{B3.1} = 3</math></p>	<p><math>B3 = 0,40(C1_{B3}) + 0,25(K_{B3.1}) + 0,35(K_{B3.2})</math></p> <p><math>B3 = 1,87</math></p>	<p><math>V_{B3} = 0,18 * 1,87</math></p> <p><math>= 0,32</math></p>
	<p>Hulrom i fasadekledning: <math>K_{B3.2} = 0</math></p>		
	<p>Materialvalg i fasade: <math>C1_{B3} = 0,20(K_{C1.1}) + 0,80(K_{C1.2})</math> <math>C1_{B3} = 2,8</math></p>		
<p>B4 Grunnmur: Grunnmuren er gjennomsnittlig over 1m.</p> <p>Det er ikke kryperom og heller ingen ventilering i grunnmur.</p> <p>Grunnmuren er bygget med ubrennbart materiale og det vil ta mer enn 20 minutter før eventuell gjennombrenning.</p>	<p>Grunnmurens Høyde:  <math>K_{B4.1} = 4</math></p>	<p><math>B4 = 0,40(C1_{B4}) + 0,15(K_{B4.1}) + 0,45(K_{B4.2})</math></p> <p><math>B4 = 4,85</math></p>	<p><math>V_{B4} = 0,14 * 4,85</math></p> <p><math>= 0,68</math></p>
	<p>Ventilering og lufting av grunnmur: <math>K_{B4.2} = 5</math></p>		
	<p>Materialvalg i grunnmur:  <math>C1_{B4} = 5</math></p>		
<p>B5 Dører: Glipper mellom dørkarm og dørblad er større enn 3mm.</p> <p>Alle dører er plassert innunder tak og har heller ingen dreneringsspalter i overkant.</p> <p>Dørene er av tre og det antas gjennombrenningstid mellom 10 og 20 minutter.</p> <p><math>K_{C1.1} = 2</math> <math>K_{C1.2} = 3</math></p>	<p>Glippe mellom dørkarm og dørblad:  <math>K_{B5.1} = 0</math></p>	<p><math>B5 = 0,1(C1_{B5}) + 0,25(K_{B5.1}) + 0,65(K_{B5.2})</math></p> <p><math>B5 = 3,53</math></p>	<p><math>V_{B5} = 0,09 * 3,53</math></p> <p><math>= 0,32</math></p>
	<p>Dreneringsspalte i dørkarm: <math>K_{B5.2} = 5</math></p>		
	<p>Materialvalg i dør: <math>C1_{B2.2} = 0,20(K_{C1.1}) + 0,80(K_{C1.2})</math> <math>C1_{B5} = 2,8</math></p>		
<p>B6 Vinduer: Vinduene er isolert med dobbelt glass.</p>	<p>Vindustype:  <math>K_{B6.1} = 3</math></p>	<p><math>B6 = 0,1(C1_{B6}) + 0,45(K_{B6.1}) + 0,45(K_{B6.2})</math></p>	<p><math>V_{B6} = 0,13 * 2,53</math></p>

Det er montert en mindre ventil i overkant av hvert vindu. Dreneringsspalte og åpning er minimert ved å la kledning gå helt ned til blekket.  Vinduskarmene er av tre, gjennombrenningstid antas å ligge mellom 10 og 20 minutter. $K_{C1.1} = 2$ $K_{C1.2} = 3$	Dreneringsspalte i overkant av vindu:  $K_{B6.2} = 2$	$B_6 = 2,53$	$= 0,33$
	Materialvalg i vinduskarm: $C1_{B2.2} = 0,20(K_{C1.1}) + 0,80(K_{C1.2})$ $C1_{B6} = 2,8$		
$B_{tot}$			$2,37$
$R$			$2,37/2,59 = 0,92$



Figur 37: Uthus på Nordstrand i Oslo

Til sist er indeksmetoden benyttet på et uthus som antas å være i større fare ved en ytre brannpåkjenning. Uthuset ligger i Oslo, på Nordstrand, som er preget av tett trehusmiljø med ulendt terreng og dels naturlig vegetasjon. Beregningene er vist i Tabell 47: Beregning av eksponeringsindeks for et uthus på Nordstrand i Oslo og Tabell 48: Beregning av brannskallindeks for et uthus på Nordstrand i Oslo.

Tabell 47: Beregning av eksponeringsindeks for et uthus på Nordstrand i Oslo

Eksponeeringer	Underparametere	Eksponeeringskarakter	Vekting av karakter
E1 Klima: Tomta ligger ut mot Oslofjorden og er av den grunn ikke skjermet for vind fra denne kanten. Klimaet tilsvarer området for Skedsmokorset.  Som følge av beliggenheten vil området være utsatt for sterk vind.	Spredningsfare:  $K_{E1.1} = 2$	$E1 = 0,4(K_{1.1}) + 0,6(K_{1.2})$  $E1 = 3,2$	$V_{E1} = 0,18 * 3,2 = 0,58$
	Sannsynlig vindhastighet:  $K_{E1.2} = 4$		

E2 Vernesone: Uthuset ligger tett mot naturlig vegetasjon.		$E2 = 0$	$V_{E2} = 0,12$ $* 0$ $= 0$
E3 Spredningstrinn: Som følge av mye naturlig vegetasjon i vernesone 1 og utover, er det også tilstedeværelse av spredningstrinn.  Foruten naturlig vegetasjon, finnes ingen bedd eller planter opp mot fasadene.	Spredningstrinn i vernesone:  $K_{E3.1} = 0$	$E3 = 0,15(K_{E3.1}) + 0,85(K_{E3.2})$	$V_{E3} = 0,06$ $* 4,25$
	Brennbart materiale i bedd eller planter tett mot husvegg: $K_{E3.2} = 5$	$E3 = 4,25$	$= 0,26$
E4 Branngater: Det går en gangvei på baksiden av uthuset som tilsvarer en mindre branngate. Denne er noe overskygget av vegetasjonen i området.		$E4 = 1$	$V_{E4} = 0,06$ $* 1$  $= 0,06$
E5 Stell av vekster i hage: Det er ingen form for vedlikehold av vekster rundt bygget.		$E5 = 0$	$V_{E5} = 0,06$ $* 0$ $= 0$
E6 Utendørs brannhygiene: Foruten at plen klippes regelmessig, er det ingen form for rydding og vedlikehold av brannhygiene på tomten.		$E6 = 1$	$V_{E.6} = 0,11$ $* 1$  $= 0,11$
E7 Brennbare ekstremiteter: Det er ingen form for hekk eller gjerde tilknyttet uthuset.		$E7 = 5$	$V_{E.7} = 0,11$ $* 5$ $= 0,55$
E8 Beliggenhet: Uthuset ligger ut mot en skrent innen vernesone 1.		$E8 = 1$	$V_{E.8} = 0,12$ $* 1$ $= 0,12$
E9 Andre byggverk i vernet sone: Avstand til nærmeste bygg er under 2m.		$E9 = 0$	$V_{E.9} = 0,18$ $* 0$ $= 0$
$E_{tot}$			1,68
$R_r$			5 – 1,68 $= 3,32$

Tabell 48: Beregning av brannskallindeks for et uthus på Nordstrand i Oslo

Brannskallet	Underparametere	Brannskall-elementkarakter	Vekting av karakter
B1 Dekker: Det er ingen dekker tilknyttet uthuset.		$B1 = 5$	$V_{B1} = 0,18$ $* 5$ $= 0,9$
B2 Tak: Taktekkingen er av takshingel og er preget aldring.	Type tekking og tetthet:  $K_{B2.1} = 4$	$B2 = 0,20(C1_{B2.2}) + 0,45(0,3(K_{B2.1}) + 0,7(C1_{B2.1})) + 0,35(K_{B2.2})$	$V_{B2} = 0,28$ $* 2,56$

<p>Taket har ingen form for ventilering.</p> <p>Tekkingen er av takshingel som vil ha en gjennombrenningstid på under 10 minutter.  <math>K_{C1.1} = 3</math>  <math>K_{C1.2} = 0</math></p> <p>Vindskiene er av tre, det antas normal tykkelse som antageligvis vil gi en gjennombrenningstid på under 10 minutter.  <math>K_{C1.1} = 2</math>  <math>K_{C1.2} = 0</math></p>	<p>Ventilering av takkonstruksjon:  <math>K_{B2.2} = 5</math></p>		
	<p>Materialbruk i tekking:  <math>C1_{B2.1} = 0,20(K_{C1.1}) + 0,80(K_{C1.2})</math>  <math>C1_{B2.1} = 0,6</math></p>		
	<p>Materialbruk i vindskier:  <math>C1_{B2.2} = 0,20(K_{C1.1}) + 0,80(K_{C1.2})</math>  <math>C1_{B2.2} = 0,4</math></p>		
<p>B3 Yttervegger:  Kledningen bærer preg av dype spor som kan fange gnister. I tillegg er malingen gammel.</p> <p>Uthuset har totrinnstetting uten brannstoppere i underkant.</p> <p>Fasaden er av tre og vil kunne ha en gjennombrenningstid på mellom 10 og 20 minutter.  <math>K_{C1.1} = 2</math>  <math>K_{C1.2} = 3</math></p>	<p>Kledningens overflate:  <math>K_{B3.1} = 0</math></p>	$B3 = 2,56$	$= 0,72$
	<p>Hulrom i fasadekledning:  <math>K_{B3.2} = 0</math></p>		
	<p>Materialvalg i fasade:  <math>C1_{B2.2} = 0,20(K_{C1.1}) + 0,80(K_{C1.2})</math>  <math>C1_{B3} = 2,8</math></p>		
<p>B4 Grunnmur:  Fasaden strekker seg enkelte steder helt ned til bakkenivå.</p> <p>Uthuset står på støtter av betong og undersiden er åpen og brukt til lagring av brennbart materiale.</p> <p>I dette tilfellet er den ingen ting som hindrer en brann i å starte under huset. Materialet som er lagret under, er av tre.  <math>K_{C1.1} = 0</math>  <math>K_{C1.2} = 0</math></p>	<p>Grunnmurens Høyde:  <math>K_{B4.1} = 0</math></p>	$B4 = 1,12$	$V_{B3} = 0,18 * 1,12$
	<p>Ventilering og lufting av grunnmur:  <math>K_{B4.2} = 0</math></p>		
	<p>Materialvalg i grunnmur:  <math>C1_{B4} = 0,20(K_{C1.1}) + 0,80(K_{C1.2})</math>  <math>C1_{B4} = 0</math></p>		
<p>B5 Dører:  Glipper mellom dørkarm og dørblad er større en 3mm.</p> <p>Ingen luftespalte eller dreneringsspalte i dørkarm.</p>	<p>Glippe mellom dørkarm og dørblad:  <math>K_{B5.1} = 0</math></p>	$B4 = 0$	$V_{B4} = 0,14 * 0$
	<p>Dreneringsspalte i dørkarm:  <math>K_{B5.2} = 5</math></p>		
			$V_{B5} = 0,09 * 3,53$

Døren er av tre og gjennombrenningstiden antas å være mellom 10 og 20 minutter. $K_{C1.1} = 2$ $K_{C1.2} = 3$	Materialvalg i dør: $C1_{B2.2} = 0,20(K_{C1.1}) + 0,80(K_{C1.2})$ $C1_{B5} = 2,8$	$B5 = 3,53$	$= 0,32$
B6 Vinduer: Vinduene er av en eldre type, isolerende med dobbelt glass.  Dreneringspalter i overkant av vindu er ikke beskyttet og spalten er større enn 3mm.  Vinduskarmene er av tre, gjennombrenningstid antas å ligge mellom 10 og 20 minutter. $K_{C1.1} = 2$ $K_{C1.2} = 3$	Vindustype:  $K_{B6.1} = 2$	$B6 = 0,1(C1_{B6}) + 0,45(K_{B6.1}) + 0,45(K_{B6.2})$	$V_{B6} = 0,13 * 1,18$
	Dreneringsspalte i overkant av vindu: $K_{B6.2} = 0$		
	Materialvalg i vinduskarm: $C1_{B2.2} = 0,20(K_{C1.1}) + 0,80(K_{C1.2})$ $C1_{B6} = 2,8$		
$B_{tot}$			2,29
<b>R</b>			<b>2,29/3,32 = 0,69</b>

Metoden viser seg å være enkel å gjennomføre, i tillegg til at den er transparent og kan presenteres på en oversiktlig måte. Selve gjennomføring tok 20-25 minutter ute på stedet, i tillegg til etterarbeid og framstilling av resultatene.

Resultatene for hver av de tre eksemplene er satt inn i Tabell 49: Sammenligningsgrunnlag for indeksverdier.

Tabell 49: Sammenligningsgrunnlag for indeksverdier

Sammenligningsgrunnlag:	Resultater:
Grip stavkirke, brannskallsikret	1,46
Alminnelig trehus	0,92
Uthus forholdsvis ugunstig plassert	0,69

Det er en tydelig forskjell mellom stavkirken, hvor det er gjennomført passive tiltak, og uthuset på Nordstrand, som i svært liten grad vil kunne motstå ytre brannpåkjenninger. Selv om forskjellen mellom byggene er stor, skilles de kun med 0,77 poeng av indeksmetoden. Dette tilsier at selv mindre utslag i resultatet vil kunne ha betydning. Det er valgt å markere ytterpunktene med grønt og rødt. Trehuset havner i en gråson, men foruten klimatiske forhold og plassering ligner området og bebyggelsen på den som var i Lærdal. Derfor er det valgt å markere denne oransje og ikke gult, nettopp fordi en brann under samme forhold, mest sannsynlig ville kunne skadet eller spre seg til dette bygget. For kirka kan man forvente at en brann vil kunne antenne overflatene, men det vil ta lang tid før man får en etablert brann i bygget. Dette som følge av ett kontinuerlig brannskall og en lang gjennombrenningstid. Noe som gjennom intervjuene kan vise seg å være av betydning for aktiv slukking, ettersom det vil forenkle slukkearbeidet og gjøre brannforløpet forutsigbart.

De tre eksempelbyggene er svært forskjellige. Den ene er en kirke, den andre et vanlig trehus og den tredje et uthus. Allikevel er prinsippene de samme og resultatene er av den grunn representative for dårlig og god brannskallsikring.

Videre i kapittel 12. Konklusjon vil det bli redegjort for konklusjonen som svarer på problemstillingen.



## 12. Konklusjon

Denne oppgaven har hatt som mål å finne faktorer, parametere og tiltak som er av betydning for spredning av brann, forårsaket av flyvebranner. Løsningen på oppgaven er basert på litteraturstudie, regelverk fra USA og Australia, kvalitative forskningsintervjuer og case tilknyttet tre ulike beregningseksempler.

Brannen i Lærdal og Flatanger førte til tap av store verdier. Ved å se på hvordan en flyvebrann utvikler seg, og hvordan man kan sikre bygninger i forkant, er man i større grad rustet til å håndtere tilsvarende hendelser i fremtiden. Spredningsformen i Lærdal er sammenlignbar med utendørsbranner i både USA og Australia. Begge landene jobber kontinuerlig med å etablere og utbedre standarder som setter krav til enkel og passiv brannsikring mot områdebranner.

Metoden som er etablert i oppgaven, er en indeksmetode som er todelt. Første del håndterer eksponeringsgraden, alle faktorer og tilstelninger som kan bidra til å øke påkjenningsgraden. Andre del av metoden tar for seg de bygningstekniske detaljene i brannskallet. Brannskallet omslutter konstruksjonen i sin helhet og kan bidra til å redusere faren for at en etablert brann oppstår innenfor skallet. Verdien for eksponeringsgraden og brannskallet er rangert, slik at de kan veies opp mot hverandre og gi sammenlignbare verdier. Det vil kunne indikere hvilken risiko et byggverk vil være utsatt for ved ytre brannpåkjenning.

De ulike faktorene for eksponeringsgraden har blitt kartlagt. Disse er også satt i system og rangert i indeksmetoden gitt ett vektall:

10. *Klima*; sammensatt av potensielle vindhastigheter og brannfareindeks i området. Vekttall 18%.
11. *Vernesoner*; tar for seg nærliggende naturlig vegetasjon rundt bygget. Vekttall 12%.
12. *Spredningstrinn*; indikerer faren for at brann lavt i terrenget sprer seg høyere opp i annen vegetasjon før videre spredning. Vekttall 6%.
13. *Branngater av ulike slag*; som både reduserer den brennbare flaten rundt bygget i tillegg til å være i stand til å stoppe punktbranner fra videre spredning. Vekttall 6%.
14. *Stell av vekster i hage*; hvor det tas hensyn til stell og plassering av ulike vekster. Vekttall 6%.
15. *Utendørs brannhygiene*; som går på vedlikehold av hage, rydding av møbler takrenner etc. Vekttall 11%.
16. *Brennbare ekstremiteter*; håndterer gjerder, busker eller hekker som står i direkte tilknytning til bygget. Vekttall 11%.
17. *Beliggenhet*; påpeker betydningen av flate tomter og faren ved en kombinasjon av mye vind og brann i skrånet terreng. Vekttall 12%.
18. *Andre byggverk i vernet sone*; hvor bygningstetthet vil øke faren for spredning av brann. Vekttall 18%.

Videre for brannskallet er det valgt å fokusere på sannsynlighet for antennelse av bygget, konsekvensen av en lokal etablert brann i brannskallelementet og brannskallelementets gjennombrenningstid i minutter. Disse ligger til grunn for karakterisering av de ulike brannskallelementene som videre er satt i system i indeksmetoden og gitt et vektall:

8. *Materialer*; håndterer både materialvalg og gjennombrenningstid. Denne må etableres for hvert av brannskallelementene og vil enten kunne bidra eller redusere motstandsevnen. Vektingen avhenger av brannskallelementet.
9. *Dekker*; utsettes for både gnistregn ovenfra og fra siden. Dette kan videre medføre direkte antennelse av dekket og/eller antennelse av brennbart materiale i underkant. Slike dekker har potensiale for å lede en brann inn til bygget. Vekttall 18%.
10. *Tak*; er det elementet som er mest utsatt for flyvebranner. Her er lufting av kalde loft og undertak svært sårbare. I tillegg er tettheten i tekkingen, gjennombrenningstiden og materialvalg avgjørende. Vindskier er også en del av dette brannskallelementet og har potensiale for å fange gnister. Vekttall 28%.
11. *Yttervegger*; er sårbare for antennelse ved røye overflater, som er preget av slitasje og sprekker. En luftet kledning vil være i større fare for antennelse, enn en tett kledning. Dette som følge av mulighet for antennelse i luftespalter, noe som vil føre til en uoversiktlig og rask brannspredning. Vekttall 18%.
12. *Grunnmur*; avhenger av høyde, materialvalg og tetthet. En konflagrasjon på bakkenivå vil ha potensiale til å spre seg opp og inn under kledning. I tillegg vil hull og ventilering av grunnmur ekstra sårbare for gnister som har potensiale til å antenne brennbart materiale i eksempelvis kryperom. Vekttall 14%.
13. *Dører*; er sårbare for gnister som kan trenge seg gjennom glipper mellom dørblad og dørkarm, men også inn i ubeskyttede dreneringsspalter i luftede kledninger. Vekttall 9%.
14. *Vinduer*; vil i tillegg til faren ved antennelse i glipper og åpninger slik som for dører, også være i fare for å knuse som følge av strålingsvarme eller direkte flammekontakt. Vekttall 13%.

Rangering og vektingen av de ulike parameterne er et forslag og metoden som er etablert kan brukes i sin helhet. Derimot kan vektingen i større grad utredes, ved blant annet kvantitative studier eller ved forsøk og testing.

Indeksmetoden er blitt etablert og håndterer nevnte faktorer og parametere på en oversiktlig og enkel måte. Det har vært et mål å utvikle en metode som er transparent, effektiv og brukervennlig. Risikoindeksen som er resultatet ved bruk av metoden, vil gi en sammenligningsverdi som kan måles opp mot andre bygg. Videre kan den påpeke kritiske punkter i og rundt brannskallet, i tillegg til å indikere sannsynlige spredningsveier i tette trehusmiljøer.

Ut ifra metoden er det etablert tre ulike resultater gitt av en stavkirke på Grip, et trehus på Skedsmokorset og et uthus på Nordstrand i Oslo. Disse verdiene er etablert som et sammenligningsgrunnlag. Grip stavkirke, hvor det er etablert et kontinuerlig brannskall ved hjelp av passive sikringstiltak, fikk en risikoverdi på 1,46. Det alminnelige trehuset på Skedsmokorset, som er ment å være representativ for husene i Lærdal, fikk en risikoverdi på 0,92. Den nedre verdien med en risikoverdi på 0,69 er gitt av uthuset på Nordstrand, plassert i skrånet terreng omringet av vegetasjon.

Siste kapittel vil ta for seg anbefalinger og forslag til videre arbeid med metoden.

### 13. Anbefalinger og videre arbeid

Det vil være behov for videre dybdestudier i alle de ulike faktorene og parameterne som har blitt kartlagt. Dette vil kunne avdekke flere underparameter eller også justere karakterskalaen for de som allerede er satt. Spesielt gjelder dette for:

1. Klimafaktoren; hvor det vil være behov for å etablere en gjennomsnittlig brannfareindeks over hele Norge. Det er videre foreslått å slå denne sammen med sannsynlighet for at en etablert utendørs og innendørs brann oppstår.
2. Takkonstruksjoner; om eksempelvis saltak og valmtak vil være gunstig eller ugunstig ift. partikler som blir dratt over taket, inn under takteking eller inn på kalde loft.
3. Spredningstrinn; effekten av denne og hvilken påvirkning dette har for videre spredning av brann.
4. Stell av hage; kartlegge og definere hva som er regelmessig og normal stell av hage. Dette for å kunne få en formening om hva som kan forventes og hva som vil være normal og unormal vedlikehold av eiendommer i tette trehusmiljøer.
5. Type bygg og robusthet mot utendørs brannspredning; en kartlegging som kan ta for seg typiske bygg i ulike tidsepoker, eventuelt også andre bygg som uthus, annekser, tilbygg, garasjer etc. Dette vil kunne antyde faren disse har til videre spredning av brann og implementeres i eksponeringsfaktoren E9 Andre byggverk i vernet sone.

Det vil være behov for testing av typiske norske brannskallelementer. Konkret vil dette gjelde for fasader med tottrinnetting og med påkjenning av gnister. Videre vil dette kunne avdekke svakheter som ikke er blitt oppdaget av Mazello. Testmetoder bør i den grad det er mulig, være lik de som allerede er anvendt i USA.

Teststandarder for andre brannskallelementer er i stor grad allerede etablert eller under arbeid i utlandet. Kravene i disse vil videre kunne brukes til å vurdere brannskallet evne til å motstå påkjenning i tidsdomene. Dette kan være svært nyttig ved implementering i metoden, som igjen kan indikere byggets helhetlige motstandsevne i minutter fremfor en risikoindeks.

Indeksmetoden er allerede delt inn i to deler, hvor den ene delen håndterer eksponeringsgraden og hvor den andre tar for seg brannskallet. Videre arbeid vil kunne se nærmere på aktive tiltak og beredskap, for deretter å implementere dette inn i nåværende modell.

Resultatet fra metoden blir gitt av en brøk, noe som viser seg å gi et smalt intervall mellom de ulike byggene tatt for seg i breregningseksemplene. Det kan tenkes at forskjeller mellom de endelige verdiene fra metoden vil være for små, noe som kan gjøre det vanskeligere å skille mellom godt rustede og sårbare konstruksjoner. Karakterskalaen fra 0 til 5 kan tenkes å være et for smalt spekter til å gi et godt nok bilde av de enkelte situasjonene og til å påpeke forskjellen. Det kan også tenkes at de to verdiene for eksponeringsgrad og brannskall bør vurderes uavhengig av hverandre, eventuelt slås sammen på en annen måte. Flere muligheter vedrørende framstilling og visualisering av resultatene, er tatt for seg i vedlegg 5.

## 14. Listehenvising

### 14.1 Figurliste

Figur 1: Cedar fire San Diego [7].....	10
Figur 2: Oversiktsbilde av brannen i Lærdal [8].....	10
Figur 3: Undersøkellesmetoder [12].....	14
Figur 4: Enkel modell av kvantitativ metode [13] .....	15
Figur 5: Enkel modell av kvalitativ metode [12].....	15
Figur 6: Sammenhengen mellom gyldighet og pålitelighet [19] .....	16
Figur 7: Oversiktskart over brannspredningen, med tidsangivelser [4].....	20
Figur 8: Antennelsesmekanismer [4].....	21
Figur 9: Skade på gjerde i østre enden av idrettsbanen [4] .....	22
Figur 10: Trampolineduken som et av de viktigste funnen for å estimere påkjenning av gnistregn....	26
Figur 11: Distribusjon av brennmerkene i trampolineduken [25].....	27
Figur 12: Takkonstruksjon utsatt for gnistregn, uten fuglebånd eller takpapp [28] .....	28
Figur 13: Takkonstruksjoner med vinkel, henholdsvis 60, 90 og 135 grader [28].....	30
Figur 14: Antennelse i takrenne som følge av gnistregn [28] .....	30
Figur 15: Innadventt hjørne kledd med vinyl [28] .....	32
Figur 16: Figurene viser antennelse i barnåler og rusk foran konstruksjonen som videre antenner kledningene (vinyl til venstre og Cedar Shingle til høyre) [28] .....	33
Figur 17: Åpen takfot med og uten ventilering [28].....	33
Figur 18: Til venstre: overgang mellom yttervegg og tak med takstoler og kaldt, luftet loftsrom. Til høyre: Takfot med delvis underkledning og lufting [29] .....	34
Figur 19: FDS simulering av luftstrømninger rundt en takfot [28] .....	35
Figur 20: Vegg, åpen takfot og vindu utsatt for gnistregn [28] .....	35
Figur 21: Illustrasjon av brannskallet ved luftet kledning, modifisert utfra [30] .....	37
Figur 22: Spredning av brann i luftespalte [31].....	38
Figur 23: Liggende trekledning [35].....	40
Figur 24: Stående trekledning, tømmermannspanel [34] .....	40
Figur 25: Takfot uten luftet raftekasse [36] .....	41
Figur 26: Takfot med luftet raftekasse [36].....	41
Figur 27: Eksempel på plassering av brannstopp av mineralull i overgang mellom gavlvegg og tak med takstein [38].....	42
Figur 28: Ventilert kryperom [39].....	42
Figur 29: Svalgang som rømningsvei og brannskallet, modifisert utfra [30] .....	43
Figur 30: Brannstopp i luftespalter for utvendig kledninger [30] .....	46
Figur 31: Brannstopp i yttervegg med ventilerende luftespalte, EI30/EI90 [30] .....	47
Figur 32: Flytskjema fra den Australske standarden AS3959.....	53
Figur 33: Soneinndeling, egen modifisering av [1] .....	63
Figur 34: Klassifisert vegetasjon i nedoverbakke [43].....	71
Figur 35: Grip stavkirke [53] .....	85
Figur 36: Trehus på vardepynten, Skedsmo kommune.....	89
Figur 37: Uthus på Nordstrand i Oslo.....	92

## 14.2 Tabelliste

Tabell 1: Observasjoner og testresultater fra de ulike takkonstruksjonene .....	29
Tabell 2: Oppsummering av fullskala test for netting med ulik maskevidde [28].....	31
Tabell 3: Examples of European K classes for wood-based panels and solid wood panelling [32].....	38
Tabell 4: Passive brannsikringstiltak angitt etter bygningsskallets oppbygning, inspirert av COWI [41] .....	44
Tabell 5: SINTEF Byggforsks anbefalte minimumskrav for å sikre tilstrekkelig lufting og drenering av luft- og dreneringsspalter i luftede kledninger [42] .....	48
Tabell 6: Bushfire attack levels and corresponding sections for specific construction requirements [43] .....	51
Tabell 7: Stegene for å bestemme eksponeringsgrad .....	51
Tabell 8: Utdrag av tabell 2.4.2 gitt i den Australske standarden [43].....	52
Tabell 9: Indeks for skogbrannfare [47] .....	61
Tabell 10: Spredningsfare $K_{1.1}$ .....	62
Tabell 11: Sannsynlig vindhastighet $K_{E1.2}$ .....	62
Tabell 12: Prosentandel av ødelagte bygninger med og uten naturlig vegetasjon i sone 1 til 4 [45]...	63
Tabell 13: Prioriteringssoner E2 .....	63
Tabell 14: Spredningstrinn i vernesoner $K_{E3.1}$ .....	64
Tabell 15: Brennbart materiale i bedd og planter tett opp mot husvegg $K_{E3.2}$ .....	65
Tabell 16: Branngater som hinder for spredning av punktbrann E4.....	66
Tabell 17: Dette punktet vil få bestått "pass" hvis en branngate er tilstedeværende.....	66
Tabell 18: Dette punktet vil få bestått "pass" hvis hagen er stelt og vekster er trimmet ned til minimum 2-3m høyde .....	67
Tabell 19: Stell av hage E5 .....	67
Tabell 20: Utendørs brannhygiene E6 .....	68
Tabell 21: Dette punktet vil få bestått "pass" hvis døde grener og planter, blader, barnåler og annet rusk er fjernet fra tomten.....	69
Tabell 22: Brennbare ekstremiteter E7 .....	69
Tabell 23: Dette punktet vil få bestått "pass" hvis det ikke er tilstedeværelse av tregjerder eller lignende knyttet direkte til bygningen .....	70
Tabell 24: Topografi innen 9m fra bygningen E8 .....	70
Tabell 25: Avstander til nærmeste bygning, uthus, anneks, garasje etc. E9.....	72
Tabell 26: Typiske produkter, klasser og karakterer for $K_{C1.1}$ .....	74
Tabell 27: Dette punktet vil få bestått "pass" der det ikke er tilstedeværelse av tak, kledning, takfot, terrasse, pergola eller gjerder bygget av tre på eiendommen. I tillegg ingen vedstabler plassert på tomt [45].....	74
Tabell 28: Gjennombrenningstid $K_{C1.2}$ .....	74
Tabell 29 Utforming av dekke $K_{B1.1}$ .....	76
Tabell 30: Type dekke $K_{B1.2}$ .....	76
Tabell 31: Type tekking og tetthet $K_{B2.1}$ .....	77
Tabell 32: Ventilering av takkonstruksjon $K_{B2.2}$ .....	78
Tabell 33: Kledningens overflate $K_{B3.1}$ .....	79
Tabell 34: Kontinuerlige hulrom mellom fasadekledningen og den bærende konstruksjonen $K_{B3.2}$ ....	80
Tabell 35: Grunnmurens høyde $K_{B4.1}$ .....	80
Tabell 36: Ventiler og lufting av grunnmur $K_{B4.2}$ .....	81

Tabell 37: Glippe mellom dørblad og dørkarm $K_{B5.1}$ .....	81
Tabell 38: Dreneringsspalte i overkant av karm $K_{B5.2}$ .....	81
Tabell 39: Vindustype $K_{B6.1}$ .....	82
Tabell 40: Dreneringsspalte i overkant av vinduskarm $K_{B6.2}$ .....	82
Tabell 41: Faktorer som påvirker eksponeringsgraden og vektingen av disse .....	83
Tabell 42: Parametere som har betydning for brannskallelementene og vektingen av disse.....	84
Tabell 43: Beregning av eksponeringsindeks for Grip stavkirke.....	85
Tabell 44: Beregning av brannskallindeks for Grip stavkirke .....	87
Tabell 45: Beregning av eksponeringsindeks for et trehus på Vardepynten .....	89
Tabell 46: Beregning av brannskallindeks for et trehus på Vardepynten .....	90
Tabell 47: Beregning av eksponeringsindeks for et uthus på Nordstrand i Oslo .....	92
Tabell 48: Beregning av brannskallindeks for et uthus på Nordstrand i Oslo .....	93
Tabell 49: Sammenligningsgrunnlag for indeksverdier .....	95

### 14.3 Vedleggsliste

Vedlegg 1: Intervjueguider

Vedlegg 2: Plumbing Industry Comission – Fact Sheet New Victorian Bushfire Standard

Vedlegg 3: Firewise checklist

Vedlegg 4: Living on the edge – Wildfire Hazard & Risk Assessment

Vedlegg 5: Forslag til visualisering av resultater

#### 14.4 Referanseliste

1. Protection, P.i., *FireSmart : protecting your community from wildfire Second Edition*, ed. M.V.A. Maryhelen Vicars, Edmonton, Alberta, 2003: Capital Colour Press Ltd., Edmonton, Alberta, Canada.
2. Wikipedia, *Murtvang*. 2015: <http://no.wikipedia.org/wiki/Murtvang>.
3. Wikipedia, *Brannen i Lærdal 2014*. 2015.
4. Anne Steen-Hansen, A.G.B., Kristian Hox, Ragni F. Mikalsen, Jan P. Stensaas, Karolina Storesund, *Hva kan vi lære av brannen i Lærdal i januar 2014? Vurdering av brannspredningen*. 2014, SP Fire Research AS.
5. Terminologi, K.f.B., *Faguttrykk: Flyvebrann*. <http://www.kbt.no/faguttrykk.asp?Id=4182>.
6. Cruz, M.G., et al., *Anatomy of a catastrophic wildfire: The Black Saturday Kilmore East fire in Victoria, Australia*. *Forest Ecology and Management*, 2012. **284**(0).
7. Navy, U.S., *A view from a Sea King helicopter*. 2003.
8. Dagbladet, *Storbann*. 2014.
9. Maranghides, A.M., William; U.S. Department of Commerce; Technology Administration; Building and Fire Research Laboratory; National Institute of Standards; And Technology; Gaithersburg, MD 20899, *A Case Study of a Community Affected by the Witch and Guejito Fires*. 2009.
10. AS, C., *Om COWI*. 2015: <http://www.cowi.no/topmenu/aboutcowi/Pages/omcowi.aspx>.
11. Brinkmann, S., Tanggaard, Lene, Hansen, Wenche, *Kvalitative metoder: empiri og teoriutvikling*. 2012, Oslo: Gyldendal akademisk.
12. Sander, K., *Kvalitative intervjumetoder for datainnsamling*. 2014, Kunnskapssenteret.
13. Sander, K., *Kvantitative intervjumetoder (undersøkelser)*. 2014, Kunnskapssenteret.
14. Befring, E., *Kvantitativ metode*. 2009.
15. komiteene, D.n.f., *Kvalitative og kvantitative forskningsmetoder – likheter og forskjeller*. 2010.
16. Dalen, M., *Intervju som forskningsmetode*. 2011, Universitetsforl.
17. Trost, J., *Kvalitative intervjuer*. 2010: Studentlitteratur AB.
18. Sander, K., *Validitet*. 2014, Kunnskapssenteret.
19. Sander, K., *Reliabilitet*. 2014, Kunnskapssenteret.
20. Jaatun, J., *Evaluering av et aktivitetsbasert konsept for helserettede informasjonssystemer*. 2008, NTNU: Diva-portal.
21. Wikipedia-brukere *Kvalitativ metode*. 2014.
22. Karlsson, B., *Fire Risk Index Method - Multistorey Apartment Buildings*. 2002.



23. Wikipedia-brukere, *Brannen i Lærdal 2014*. 2015, Wikipedia.
24. Maranghides, A. and W. Mell, *A case study of a community affected by the Witch and Guejito wildland fires*. Fire technology, 2009.
25. Manzello, S.L. and E.I. Foote, *Characterizing firebrand exposure from wildland–urban interface (WUI) fires: results from the 2007 Angora Fire*. Fire Technology, 2014. **50**(1): p. 105-124.
26. Murphy, K., T. Rich, and T. Sexton, *An assessment of fuel treatment effects on fire behavior, suppression effectiveness, and structure ignition on the Angora Fire*. US For. Serv. Tech. Pap. R5-TP-025, 2007.
27. Leonard, J. and R. Blanchi, *Investigation of bushfire attack mechanisms resulting in house loss in the ACT bushfire 2003*. A CRC Bushfire Report. Bushfire CRC Report CMIT Technical Report-2005-478, 2005.
28. Manzello, S.L., S. Suzuki, and Y. Hayashi, *Enabling the study of structure vulnerabilities to ignition from wind driven firebrand showers: A summary of experimental results*. Fire Safety Journal, 2012. **54**: p. 181-196.
29. NBI525.106, *Skrå tretak med kaldt loft*. 2005: <http://bks.byggforsk.no/>.
30. Östman, B., König, Jürgen, Schmid, Joachim, Just, Alar, *Brandsäkra trähus 3 : nordisk-baltisk kunskapsöversikt och vägledning*. 2012: SP Fire Research AS.
31. Baker, S.C.a.T., *Fire performance of external thermal insulation for walls of multistorey buildings: (BR 135) Third edition*. 2013.
32. Östman, B., E. Mikkola, and R. Stein. *Fire safety in timber buildings*. in *Proc Interflam*. 2010.
33. DiBK, *Veiledning om tekniske krav til byggverk*. 2010.
34. NBI542.101, *Stående trekledning*. 2011: <http://bks.byggforsk.no/>.
35. NBI542.102, *Liggende trekledning*. 2012: <http://bks.byggforsk.no/>.
36. NBI525.102, *Isolerte skrå tretak med kombinert undertak og vindsperre*. 2012: <http://bks.byggforsk.no/>.
37. NBI525.101, *Isolerte skrå tretak med lufting mellom vindsperre og undertak*. 2007: <http://bks.byggforsk.no/>.
38. NBI520.308, *Yttervegger og tak i trehus med 30 minutters brannmotstand*. 2010: <http://bks.byggforsk.no/>.
39. NBI521.203, *Fundamentering med ringmur og ventilert kryperom*. 2004: <http://bks.byggforsk.no/>.
40. NBI526.301 *Svalganger og altanganger i boligbygg*. 2004.
41. COWI, *Utvendig passiv brannsikring - kirkene år 1600-1900*. 2014.
42. Tore Kvande, K.R.L., Berit Time, *Luftede kledninger, klimapåkjenninger, erfaringer og anbefalinger*, R. 2, Editor. 2007, SINTEF Byggforsk.

43. FP-020, C., *AS 3959-2009 Construction of buildings in bushfire-prone areas*. 2009.
44. Commission, P.I., *Fact Sheet New Victorian Bushfire Standard*.
45. Maranghides, A., et al., *A Case Study of a Community Affected by the Witch and Guejito Fires: Report# 2–Evaluating the Effects of Hazard Mitigation Actions on Structure Ignitions*. 2013, Citeseer.
46. Stenstad, V., *Risikoanalyse av fleretasjes bolighus i trekonstruksjoner*. 2003, Nordisk Industrifond/Nordic Wood.
47. YR, *Skogbrannfare*. 2015, yr: yr.no.
48. Organization, N.A.i.C.a.S., *Standard for Reducing Structure Ignition Hazards from Wildland Fire*. 2013. **1144**.
49. Howard, R.A., et al., *Decision Analysis of Fire Protection Strategy for the Santa Monica Mountains: An Initial Assessment : Preliminary Report*. 1973: Stanford Research Institute.
50. Foote, E.I.D., *Structure Survival on the 1990 Santa Barbara" Paint" Fire: A Retrospective Study of Urban-wildland Interface Fire Hazard Mitigation Factors*. 1994, University of California, Berkeley.
51. TV-Adressa. *Brann i aggregatet utvikler seg til storbrann*. 2015; Available from: <http://www.adressa.no/tv/?id=29566&autoplay=1>.
52. (PwC), P., *Evaluering av brannene: Lærdal, Flatanger og Frøya*. 2014.
53. Aarset, H., *Grip stavkirke passive brannsikringstiltak mulighetsstudie*. 2014.

## Vedlegg 1: Intervjue guider

### Intervjuguide - Lærdal

Fase 1: Rammesetting	<b>1. Løst prat (2min)</b>
	Uformelt prat
	<b>2. Informasjon (2-5min)</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Temaet, bakgrunn og formål: Temaet for oppgaven er brannskallsikring, som går utpå å sikre bygninger mot eksponering fra utvendig brann. Bakgrunnen for oppgaven er brannen i Lærdal som forårsaket store verdifulle samfunnsmessige tap. Det er av den grunn interesse å finne gode passive løsninger som i større grad vil bidra til en forutsigbar håndterlig brannspredning.</li><li>- Intervjuet skal brukes til påpeke mulighetene vedrørende passiv brannskallsikring. Alt som blir sagt i intervjuet vil bli vurdert mot oppgavens problemstilling og relevans.</li><li>- Ønskes det anonymitet?</li><li>- Noe som er uklart eller har du noen spørsmål?</li><li>- Informere om opptak og sørge for samtykke</li><li>- Informere om muligheten for å lese over intervjuet i ettertid.</li><li>- Starter opptak hvis «OK».</li></ul>
Fase 2: Erfaringer	<b>3. Overgangsspørsmål: (2-5min)</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Hva slags erfaring har du med utvendige branner?</li><li>- Kan du bruke 3min til å skrive noen få stikkord for hva du mener kjennetegnet spredningen av brannen i Lærdal?</li></ul>
Fase 3: Fokusering	<b>4. Nøkkelspørsmål (15-30min)</b>
	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Hva var mest utfordrende vedrørende brannspredningen i Lærdal?<ul style="list-style-type: none"><li>- Brannhygiene/ryddigheten i området, vegetasjon, utstyr, leker, hagemøbler.</li><li>- Beskrivelse av gnistene, størrelse, form, sveve egenskaper.</li><li>- Gnistene sitt opphav.</li></ul></li><li>2. Hva mener du er hovedårsaken til antennelse av bygningene som ble berørt?<ul style="list-style-type: none"><li>- Antennelse av bygninger var indirekte eller direkte forårsaket av gnister.</li></ul></li><li>3. I hvilken grad hadde andre former for brannspredning betydning for hendelsesforløpet?<ul style="list-style-type: none"><li>- Varmestråling og spredning forårsaket av dette.</li><li>- Direkte flammekontakt.</li><li>- Kombinasjon av ulike spredningsmekanismer.</li></ul></li></ol>

	<p>4. Hvor på bygningskonstruksjonen ble det antatt antennelse og hvor ble først observert synlige flammer?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tak, møne, raft, gavlvegg, vindu, dører, grunnmur, tilsluttende konstruksjoner som veranda/terrasse etc.</li> </ul> <p>5. Hvilken betydning hadde tidlig slukking av glør og antennelse betydning for brannspredningen?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utfordringer tilknyttet spredning i hulrom og luftespalter.</li> <li>- Koblinger mellom konstruksjonsdeler som grunnmur - vegg, vegg – tak.</li> </ul> <p>6. Hva mener du var utslagsgivende for de husene som klarte seg?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plassering.</li> <li>- Bygge år.</li> <li>- Detaljer ved bygget, luftespalter, grunnmur, fasadekledning, gavl, tak, takutstikk/raft etc.</li> <li>- Aktiv slukking og forsvar.</li> </ul> <p>7. Hvis man kunne sikre seg slik at man har 10min eller mer på å slukke lokale antenner på bygningskallet. I hvilken grad tror du det kan være utslagsgivende for brannspredningen?</p> <p>8. Har du gjort deg noen egne tanker vedrørende passive brannsikringstiltak for å redusere faren for spredning av branner lik den i Lærdal?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eksponering.</li> <li>- Brannskallet.</li> </ul>
<p>Fase 4: Tilbakeblikk</p>	<p><b>5. Oppsummering (ca. 15min)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppsummere funn.</li> <li>- Har jeg forstått deg riktig?</li> <li>- Er det noe som du ønsker å legge til?</li> </ul>

## Intervjuguide - Generell

Fase 1: Rammesetting	<b>1. Løst prat (2min)</b>
	Uformelt prat
	<b>2. Informasjon (2-5min)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temaet, bakgrunn og formål: Temaet for oppgaven er brannskallsikring, som går utpå å sikre bygninger mot eksponering fra utvendig brann. Bakgrunnen for oppgaven er brannen i Lærdal som forårsaket store verdifulle samfunnsmessige tap. Det er av den grunn interesse å finne gode passive løsninger som i større grad vil bidra til en forutsigbar håndterlig brannspredning.</li> <li>- Intervjuet skal brukes til påpeke mulighetene vedrørende passiv brannskallsikring. Alt som blir sagt i intervjuet vil bli vurdert mot oppgavens problemstilling og relevans.</li> <li>- Ønskes det anonymitet?</li> <li>- Noe som er uklart eller har du noen spørsmål?</li> <li>- Informere om opptak og sørge for samtykke</li> <li>- Informere om muligheten for å lese over intervjuet i ettertid.</li> <li>- Starter opptak hvis «OK».</li> </ul>
Fase 2: Erfaringer	<b>3. Overgangsspørsmål: (2-5min)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hva slags erfaring har du med utvendige branner?</li> <li>- Har du noen stikkord for hva som er mest utfordrende for å hindre spredning av brann?</li> </ul>
Fase 3: Fokusering	<b>4. Nøkkelspørsmål (15-30min)</b>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hvilken forbehold tar dere i forhold til spredning av brann som følge av gnister? <ul style="list-style-type: none"> <li>- Brannhygiene/ryddigheten i området, vegetasjon, utstyr, leker, hagemøbler.</li> <li>- Beskrivelse av gnistene, størrelse, form, sveve egenskaper.</li> <li>- Gnistene sitt opphav.</li> </ul> </li> <li>2. Hva mener du er den største årsaken til at gnister er i stand til å spre brann? <ul style="list-style-type: none"> <li>- Indirekte eller direkte spredning.</li> </ul> </li> <li>3. Hvilke spredningsformer er dere i størst grad beviste på og opptatt av ved sikring av bebyggelse og områder? <ul style="list-style-type: none"> <li>- Varmestråling og spredning forårsaket av dette.</li> <li>- Direkte flammekontakt.</li> <li>- Kombinasjon av ulike spredningsmekanismer.</li> </ul> </li> <li>4. Ved spredning av gnister, hvilke bygningsdetaljer mener du er mest sårbare?</li> </ol>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tak, møne, raft, gavlvegg, vindu, dører, grunnmur, tilsluttende konstruksjoner som veranda/terrasse etc.</li> <li>- Utfordringer tilknyttet spredning i hulrom og luftespalter.</li> <li>- Koblinger mellom konstruksjonsdeler som grunnmur - vegg, vegg – tak.</li> </ul> <p>5. Hvilke passive sikringstiltak benytter dere i Bergen? Og hvilke anser du som de viktigste?</p> <p>6. Har type bygg noe å si for evnen til å motstå utebranner? Tar dere hensyn til dette når dere iverksetter tiltak både passive og aktive?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plassering.</li> <li>- Bygge år.</li> <li>- Detaljer ved bygget, luftespalter, grunnmur, fasadekledning, gavl, tak, takutstikk/raft etc.</li> <li>- Aktiv slukking og forsvar.</li> </ul> <p>7. Har du noe mer å dele vedrørende passive brannsikring eller er det noen tiltak som jeg ikke har spurt om og som du mener er viktig å påpeke?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eksponering.</li> <li>- Brannskallet.</li> </ul>
Fase 4: Tilbakeblikk	<p>5. Oppsummering (ca. 15min)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppsummere funn.</li> <li>- Har jeg forstått deg riktig?</li> <li>- Er det noe som du ønsker å legge til?</li> </ul>



---

## FACT SHEET

### **NEW VICTORIAN BUSHFIRE STANDARD AS 3959-2009 Construction of buildings in bushfire-prone areas**

#### **Introduction**

On 11 March 2009 the Victorian Government adopted the Australian Standard AS 3959-2009 *Construction of buildings in bushfire-prone areas* into a new residential building Standard to ensure that new Victorian homes are better protected in the event of a bushfire.

Victoria's implementation of the new Standard ahead of the other states will allow rebuilding after the February bushfires to be smarter and safer. The new Standard will be referenced in the *Building Code of Australia 2010* and come into effect on 1 May 2010.

While the Standard will improve protection for new homes, as well as alterations and additions, built in Victoria's bushfire-prone areas, it is important to note that it does not guarantee a building will survive a bushfire due to the unpredictable and often devastating nature of bushfires.

This fact sheet provides a summary of the Standard for plumbing practitioners.

#### **About the Standard**

The Standard covers all new buildings, alterations and additions in the State of Victoria and will see new and replacement homes designed, constructed and located with improved bushfire protection. Areas are defined under six Bushfire Attack Level (BAL) categories from low to extreme risk, as follows:

- BAL - LOW
- BAL - 12.5
- BAL - 19
- BAL - 29
- BAL - 40
- BAL - FZ (Flame Zone).

Every new home built or renovated in Victoria after 11 March 2009 must undergo a BAL assessment as part of the application for a building permit. The site BAL assessment determines the construction methods that must be used to better protect properties from the threat of bushfires.

A building surveyor will use the BAL to check compliance with the construction requirements of the Standard.





While the Standard is not regulated under plumbing regulations, the Plumbing Industry Commission encourages plumbing practitioners to ensure that they are aware of the six BAL categories and that their plumbing work meets the specific construction requirements.

### **More information**

For more information about the new Standard and BAL categories, visit [www.pic.vic.gov.au](http://www.pic.vic.gov.au) and download the publications *A guide to building in Victoria after the bushfires* and *A guide to assessing your property's Bushfire Attack Level* by clicking on "About Us", then "Bushfire Advice".

Plumbing practitioners are encouraged to purchase a copy of the Australian Standard AS 3959-2009 *Construction of buildings in bushfire-prone areas*. It can be obtained from [SAI Global](http://SAI Global) or downloaded from Building Code of Australia on-line ([www.bca.sai-global.com](http://www.bca.sai-global.com)) if you have a current subscription.

### **Note:**

The Standard does not provide construction requirements for buildings assessed in bushfire-prone areas as BAL-LOW as the risk does not warrant specific bushfire construction requirements.

### **For further information and assistance:**

Contact the Plumbing Industry Commission  
Toll free: 1800 015 129  
Telephone: 03 9880 6200  
Email: [publicrelations@pic.vic.gov.au](mailto:publicrelations@pic.vic.gov.au)  
Internet: [www.pic.vic.gov.au](http://www.pic.vic.gov.au)



## Gutters and Downpipes

Bushfire Attack Level	Summary of special construction requirement	Clause
BAL 12.5	Gutter and valley leaf guards shall be non-combustible. Box gutters shall be non-combustible and flashed at the junction with the roof with non-combustible material.	5.6.7
BAL 19	As above.	6.6.7
BAL 29	Gutter and valley leaf guards shall be non-combustible.  With the exception of box gutters, gutters shall be metal or PVC-U.  Box gutters shall be non-combustible and flashed at the junction with the roof, with non-combustible materials.	7.6.7
BAL 40	Gutter and valley leaf guards shall be non-combustible.  Gutters shall be non-combustible.  Box gutters shall be non-combustible and flashed at the junction with the roof with non-combustible materials.	8.6.7
BAL FZ	As above.	9.6.5

## General Roof & Roofing Systems

Bushfire Attack Level	Summary of special construction requirement	Clause
BAL 12.5	(a) Roof tiles, roof sheets and roof-covering accessories shall be non-combustible. (b) The roof/wall junction shall be sealed, to prevent openings greater than 3 mm, either by the use of fascia and eaves linings or by sealing between the top of the wall and the underside of the roof and between the rafters at the line of the wall. (c) Roof ventilation openings, such as gable and roof vents, shall be fitted with ember guards made of non-combustible material or a mesh or perforated sheet with a maximum aperture of 2 mm, made of corrosion-resistant steel, bronze or aluminium.	5.6.1
BAL 19	Points (a) to (c) above.	6.6.1
BAL 29	Points (a) to (c) above <b>plus</b> : (d) A pipe or conduit that penetrates the roof covering shall be non-combustible.	7.6.1
BAL 40	Points (a) to (d) above <b>excluding</b> aluminium in part (c).  Roof-mounted evaporative coolers are excluded at this level.	8.6.1
BAL FZ	(a) The roof or roofing system shall be one of the following: (i) A system complying with AS 1530.8.2 when tested from the outside. <b>or</b> (ii) A system with an FRL of 30/30/30 or -/30/30 when tested from the outside. <b>or</b> (iii) A combination of Items (i) and (ii) above. (b) The roof/wall junction shall be sealed, to prevent openings greater than 3 mm, either by the use of fascia and eaves linings or by sealing between the top of the wall and	9.6.1



the underside of the roof and between the rafters at the line of the wall.

- (c) Roof ventilation openings, such as gable and roof vents, shall be fitted with ember guards made of non-combustible material or a mesh or perforated sheet with a maximum aperture of 2 mm, made of corrosion-resistant steel or bronze, excluding aluminium.
- (d) Pipe or conduit that penetrates the roof covering shall be metal, excluding aluminium.

Roof-mounted evaporative coolers are excluded at this level.



450 Burke Road Camberwell 3124, PO Box 552 Camberwell Vic 3124

T: + 61 3 9880 6200, Toll Free: 1800 015 129, Inspections + 61 3 9835 5541, F: + 61 3 9889 2244

[www.pic.vic.gov.au](http://www.pic.vic.gov.au) The Plumbing Industry Commission promotes safe, healthy and sustainable outcomes for all Victorians, through an efficient plumbing regulatory system.

## Tiled Roofs

Bushfire Attack Level	Summary of special construction requirement	Clause
BAL 12.5	<p>Tiled roofs shall be fully sarked. The sarking shall—</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) have a flammability index of not more than 5 when tested to AS 1530.2;</li> <li>(b) be located directly below the roof battens;</li> <li>(c) cover the entire roof area including the ridge; and</li> <li>(d) be installed so that there are no gaps that would allow the entry of embers where the sarking meets fascias, gutters, valleys and the like.</li> </ul> <p>Note: Sarking should enter the gutter by minimum of 20mm</p>	5.6.2
BAL 19	<p>As per points (a) to (d) above</p> <p>Note: Sarking should enter the gutter by minimum of 20mm</p>	6.6.2
BAL 29	<p>Tiled roofs shall be fully sarked. The sarking shall—</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) have a flammability index of not more than 5 when tested to AS 1530.2;</li> <li>(b) be located directly below the roof battens;</li> <li>(c) cover the entire roof area including the ridge; and</li> <li>(d) extend into gutters and valleys.</li> </ul> <p>Note: Sarking should enter the gutter by minimum of 20mm</p>	7.6.2
BAL 40	<p>As per points (a) to (d) above</p> <p>Note: Sarking should enter the gutter by minimum of 20mm</p>	8.6.2
FZ	<ul style="list-style-type: none"> <li>(a) The roof or roofing system shall be one of the following: <ul style="list-style-type: none"> <li>(i) A system complying with AS 1530.8.2 when tested from the outside, or</li> <li>(ii) A system with an FRL of 30/30/30 or -/30/30 when tested from the outside, or</li> <li>(iii) A combination of Items (i) and (ii) above.</li> </ul> </li> </ul>	

## Sheet Roofs

Bushfire Attack Level	Summary of special construction requirement	Clause
BAL 12.5	<p>Sheet roofs shall—</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) be fully sarked in accordance with Clause 5.6.2, except that foil-backed insulation blankets may be installed over the battens;</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>or</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(b) have any gaps greater than 3 mm, under corrugations or ribs of sheet roofing and between roof components, sealed at the fascia or wall line and at valleys, hips and ridges by: <ul style="list-style-type: none"> <li>(i) a mesh or perforated sheet with a maximum aperture of 2 mm, made of corrosion-resistant steel, bronze or aluminium; or</li> <li>(ii) mineral wool; or</li> <li>(iii) other non-combustible material; or</li> <li>(iv) a combination of any of Items (i), (ii) or (iii) above.</li> </ul> </li> </ul>	5.6.3
BAL 19	<p>As per points (a) to (b) above.</p>	6.6.3
BAL 29	<p>As per points (a) to (b) above.</p>	7.6.3



BAL 40	As per points (a) to (b) above <b>excluding</b> aluminium.	8.6.3
FZ	(a) The roof or roofing system shall be one of the following: (i) A system complying with AS 1530.8.2 when tested from the outside, or (ii) A system with an FRL of 30/30/30 or –/30/30 when tested from the outside, or (iii) A combination of Items (i) and (ii) above	

## Roof Penetrations

Bushfire Attack Level	Summary of special construction requirement	Clause
BAL 12.5	<p>(a) Roof penetrations, including roof lights, roof ventilators, roof-mounted evaporative cooling units, aerials, vent pipes and supports for solar collectors, shall be adequately sealed at the roof to prevent gaps greater than 3 mm. The material used to seal the penetration shall be non-combustible.</p> <p>(b) Openings in vented roof lights, roof ventilators or vent pipes shall be fitted with ember guards made from a mesh or perforated sheet with a maximum aperture of 2 mm, made of corrosion-resistant steel, bronze or aluminium.</p> <p>(c) All overhead glazing shall be Grade A laminated safety glass complying with AS 1288.</p> <p>(d) Glazed elements in roof lights and skylights may be of polymer provided a Grade A safety glass diffuser, complying with AS 1288, is installed under the glazing. Where glazing is an insulating glazing unit (IGU), Grade A toughened safety glass, minimum 4 mm, shall be used in the outer pane of the IGU.</p> <p>(e) Flashing elements of tubular skylights may be of a fire-retardant material, provided the roof integrity is maintained by an under-flashing of a material having a flammability index no greater than 5.</p> <p>(f) Evaporative cooling units shall be fitted with butterfly closers at or near the ceiling level or, the unit shall be fitted with non-combustible covers with a mesh or perforated sheet with a maximum aperture of 2 mm, made of corrosion-resistant steel, bronze or aluminium.</p> <p>(g) Vent pipes made from PVC are permitted.</p>	5.6.5
BAL 19	As per points (a) to (f) above.	6.6.5
BAL 29	<p>As per points (a) to (d) above plus:</p> <p>(e) Where roof lights are installed in roofs having a pitch of less than 18 degrees to the horizontal, the glazing shall be protected with ember guards made from a mesh or perforated sheet with a maximum aperture of 2 mm, made of corrosion-resistant steel, bronze or aluminium.</p> <p>(f) Evaporative cooling units shall be fitted with butterfly closers at or near the ceiling level, or the unit shall be fitted with non-combustible covers with a mesh or perforated sheet with a maximum aperture of 2 mm, made of corrosion-resistant steel, bronze or aluminium.</p>	7.6.5
BAL 40	<p>The following apply to roof penetrations:</p> <p>(a) Roof penetrations, including roof lights, roof ventilators, aerials, vent pipes and supports for solar collectors, shall be adequately sealed at the roof to prevent gaps greater than 3 mm. The material used to flash the penetration shall be non-combustible.</p> <p>(b) Glazed assemblies for roof lights and skylights shall have an FRL of –/30/–.</p> <p>(c) Where roof lights are installed in roofs having a pitch of less than 18 degrees to the horizontal, the glazing shall be protected with ember guards made from a mesh or perforated sheet with a maximum aperture of 2 mm, made of corrosion-resistant steel or bronze. Note: aluminium is prohibited.</p>	8.6.5



FZ	<p>(a) Roof penetrations, including roof lights, roof ventilators, aerials, vent pipes and supports for solar collectors, shall be adequately sealed with mineral fibre at the roof to prevent gaps. Where the gap between the roof covering and the roof penetration is greater than 3 mm, the material used to seal the penetration shall be non-combustible.</p> <p>NOTE: As a general principle, the service penetration should not significantly compromise the performance of the element of construction it penetrates nor should it be a means to allow the passage of burning embers or heat transfer such that fire may spread to the interior of the structure.</p> <p>(b) Roof lights and roof ventilators shall be one of the following:</p> <p>(i) A system complying with AS 1530.8.2 when tested from the outside.</p> <p><b>or</b></p> <p>(ii) A system with an FRL of 30/30/30 or -/30/30 when tested from the outside.</p>	9.6.3
----	---	-------



450 Burke Road Camberwell 3124, PO Box 552 Camberwell Vic 3124

T: + 61 3 9880 6200, Toll Free: 1800 015 129, Inspections + 61 3 9835 5541, F: + 61 3 9889 2244

[www.pic.vic.gov.au](http://www.pic.vic.gov.au) The Plumbing Industry Commission promotes safe, healthy and sustainable outcomes for all Victorians, through an efficient plumbing regulatory system.

## Eaves linings, fascias and gables

Bushfire Attack Level	Summary of special construction requirement	Clause
BAL 12.5	<p>The following apply to eaves linings, fascias and gables:</p> <p>(c) Eaves penetrations shall be protected the same as for roof penetrations, as specified in Clause 5.6.5.</p> <p>(d) Eaves ventilation openings greater than 3 mm shall be fitted with ember guards made of non-combustible material or a mesh or perforated sheet with a maximum aperture of 2 mm, made of corrosion-resistant steel, bronze or aluminium.</p> <p>Note: Ensure the ventilation provisions for gas appliances are sufficient.</p>	5.6.6
BAL 19	As above.	6.6.6
BAL 29	<p>(e) Eaves penetrations shall be protected the same as for roof penetrations (see Clause 7.6.5).</p> <p>(f) Eaves ventilation openings greater than 3 mm shall be fitted with ember guards made of non-combustible material or a mesh or perforated sheet with a maximum aperture of 2 mm, made of corrosion-resistant steel, bronze or aluminium.</p> <p>Note: Ensure the ventilation provisions for gas appliances are sufficient.</p>	7.6.6
Bal 40	As above <b>excluding</b> aluminium in part (f).	8.6.6
FZ	<p>(a) Joints in eave linings, fascias and gables may be sealed with plastic joining strips or timber storm moulds.</p> <p>(b) Gables shall comply with Clause 9.4.</p> <p>(c) Fascias and bargeboards shall comply with AS 1530.8.2.</p> <p>(d) Eaves lining shall be:</p> <p>(i) a system with an FRL of -/30/30; or</p> <p>(ii) a system complying with AS 1530.8.2; or</p> <p>(iii) a combination if Items (i) and (ii) above.</p> <p>(e) Eaves penetrations shall be protected the same as for roof penetrations, as specified in Clause 9.6.3.</p> <p>(f) Eaves ventilation openings greater than 3 mm shall be fitted with ember guards made of non-combustible material or a mesh or perforated sheet with a maximum aperture of 2 mm, made of corrosion-resistant steel or bronze.</p>	9.6.4

## Water and Gas Supply Pipes

Bushfire Attack Level	Summary of special construction requirement	Clause
BAL 12.5	Above-ground, exposed water and gas supply pipes shall be metal.	5.8
BAL 19	As above.	6.8
BAL 29	As above.	7.8
Bal 40	As above.	8.8
FZ	As above.	9.8



450 Burke Road Camberwell 3124, PO Box 552 Camberwell Vic 3124

T: + 61 3 9880 6200, Toll Free: 1800 015 129, Inspections + 61 3 9835 5541, F: + 61 3 9889 2244

[www.pic.vic.gov.au](http://www.pic.vic.gov.au) The Plumbing Industry Commission promotes safe, healthy and sustainable outcomes for all Victorians, through an efficient plumbing regulatory system.





450 Burke Road Camberwell 3124, PO Box 552 Camberwell Vic 3124

T: + 61 3 9880 6200, Toll Free: 1800 015 129, Inspections + 61 3 9835 5541, F: + 61 3 9889 2244

[www.pic.vic.gov.au](http://www.pic.vic.gov.au) The Plumbing Industry Commission promotes safe, healthy and sustainable outcomes for all Victorians, through an efficient plumbing regulatory system.

# Firewise Landscaping Checklist



Landscaping



## When designing and installing a firewise landscape, consider the following:

- Local area fire history.
- Site location and overall terrain.
- Prevailing winds and seasonal weather.
- Property contours and boundaries.
- Native vegetation.
- Plant characteristics and placement (duffage, water and salt retention ability, aromatic oils, fuel load per area, and size).
- Irrigation requirements.

**To create a firewise landscape, remember that the primary goal is fuel reduction. To this end, initiate the zone concept. Zone 1 is closest to the structure; Zones 2-4 move progressively further away.**

- Zone 1.** This well-irrigated area encircles the structure for at least 30' on all sides, providing space for fire suppression equipment in the event of an emergency. Plantings should be limited to carefully spaced low flammability species.
- Zone 2.** Low flammability plant materials should be used here. Plants should be low-growing, and the irrigation system should extend into this section.
- Zone 3.** Place low-growing plants and well-spaced trees in this area, remembering to keep the volume of vegetation (fuel) low.
- Zone 4.** This furthest zone from the structure is a natural area. Selectively prune and thin all plants and remove highly flammable vegetation.

## Also remember to:

- Be sure to leave a minimum of 30' around the house to accommodate fire equipment, if necessary.
- Widely space and carefully situate the trees you plant.
- Take out the "ladder fuels" — vegetation that serves as a link between grass and tree tops. This arrangement can carry fire to a structure or from a structure to vegetation.
- Give yourself added protection with "fuel breaks" like driveways, gravel walkways, and lawns.

## When maintaining a landscape:

- Keep trees and shrubs properly pruned. Prune all trees so the lowest limbs are 6' to 10' from the ground.
- Remove leaf clutter and dead and overhanging branches.
- Mow the lawn regularly.
- Dispose of cuttings and debris promptly, according to local regulations.
- Store firewood away from the house.
- Be sure the irrigation system is well maintained.
- Use care when refueling garden equipment and maintain it regularly.
- Store and use flammable liquids properly.
- Dispose of smoking materials carefully.
- Become familiar with local regulations regarding vegetation clearances, disposal of debris, and fire safety requirements for equipment.
- Follow manufacturers' instructions when using fertilizers and pesticides.

Access additional information on the Firewise home page: [www.firewise.org](http://www.firewise.org)

Please see the other side of this sheet for the *Firewise Construction Checklist*.



# Firewise Construction Checklist



Construction



**When constructing, renovating, or adding to a firewise home, consider the following:**

- Choose a firewise location.
- Design and build a firewise structure.
- Employ firewise landscaping and maintenance.

**To select a firewise location, observe the following:**

- Slope of terrain; be sure to build on the most level portion of the land, since fire spreads more rapidly on even minor slopes.
- Set your single-story structure at least 30 feet back from any ridge or cliff; increase distance if your home will be higher than one story.

**In designing and building your firewise structure, remember that the primary goals are fuel and exposure reduction. To this end:**

- Use construction materials that are fire-resistant or non-combustible whenever possible.
- For roof construction, consider using materials such as Class-A asphalt shingles, slate or clay tile, metal, cement and concrete products, or terra-cotta tiles.
- Constructing a fire-resistant sub-roof can add protection as well.
- On exterior wall facing, fire resistive materials such as stucco or masonry are much better choices than vinyl which can soften and melt.
- Window materials and size are important. Smaller panes hold up better in their frames than larger ones. Double pane glass and tempered glass are more reliable and effective heat barriers than single pane glass. Plastic skylights can melt.
- Install non-flammable shutters on windows and skylights.
- To prevent sparks from entering your home through vents, cover exterior attic and underfloor vents with wire screening no larger than 1/8 of an inch mesh. Make sure under-eave and soffit vents are as close as possible to the roof line. Box in eaves, but be sure to provide adequate ventilation to prevent condensation.
- Include a driveway that is wide enough to provide easy access for fire engines (12 feet wide with a vertical clearance of 15 feet and a slope that is less than 5 percent) . The driveway and access roads should be well-maintained, clearly marked, and include ample turnaround space near the house. Also provide easy access to fire service water supplies, whenever possible.
- Provide at least two ground level doors for easy and safe exit and at least two means of escape (i.e., doors or windows) in each room so that everyone has a way out.
- Keep gutters, eaves, and roofs clear of leaves and other debris.
- Make periodic inspections of your home, looking for deterioration such as breaks and spaces between roof tiles, warping wood, or cracks and crevices in the structure.
- Periodically inspect your property, clearing dead wood and dense vegetation at distance of at least 30 feet from your house. Move firewood away from the house or attachments like fences or decks.

**Any structures attached to the house, such as decks, porches, fences, and outbuildings should be considered part of the house. These structures can act as fuel bridges, particularly if constructed from flammable materials. Therefore, consider the following:**

- If you wish to attach an all-wood fence to your house, use masonry or metal as a protective barriers between the fence and house.
- Use metal when constructing a trellis and cover it with high-moisture, low flammability vegetation.
- Prevent combustible materials and debris from accumulating beneath patio decks or elevated porches. Screen or box-in areas below patios and decks with wire screen no larger than 1/8 inch mesh.
- Make sure an elevated wooden deck is not located at the top of a hill where it will be in direct line of a fire moving up slope. Consider a terrace instead.

Access additional information on the Firewise home page: [www.firewise.org](http://www.firewise.org)

Please see the other side of this sheet for the *Firewise Landscaping Checklist*.

# Wildfire Hazard & Risk Assessment Instructions

## INTRODUCTION

The process for assessing your subdivision or neighborhood can be divided into five distinct steps. Each is necessary to efficiently and accurately perform the assessment. The steps should be completed in order; however, step 5 can be completed separately from the rest of the assessment. In completing your assessment, you will need to use the Wildfire Hazard and Risk Assessment Scoresheet found on this CD-ROM.

## STEP 1 - IDENTIFY AREAS TO BE EVALUATED

There are two types of subdivisions that are at risk from a wildfire – boundary interface subdivisions and intermix interface subdivisions. Fully developed subdivisions whose lots form a distinct boundary with wildlands are called boundary interfaces. Subdivisions where undeveloped lots (wildlands) are interspersed with developed lots are referred to as intermix interfaces.

If the number of undeveloped lots within an intermix interface subdivision are few, the danger of a wildfire burning into the subdivision is greatly reduced. This usually occurs once the subdivision is more than 75% built out (three out of four lots are developed). Subdivisions where this occurs need not be assessed unless they also have a boundary interface component or the vegetation found on the undeveloped lots is rated extreme hazard.

Wildlands fewer than 5 acres and completely surrounded by development are referred to as “occluded interface” areas and need not be assessed unless it is felt that the undeveloped parcels pose a high risk to neighboring structures because of high fuel loads or high flammability characteristics of the structures.

Once the wildland/urban interface area to be assessed has been determined, give it a name (like “Oak Woods Unit South”) and delineate the area on a map. If the subdivision is very large, divide it into neighborhoods, especially if the characteristics of the subdivision are not uniform throughout (for example: an area of the subdivision with five -to seven-acre lots may be assessed as a unit).

## STEP 2 - IDENTIFY THE RISK

Determine if the immediate area (within five miles) has had a higher than average occurrence of wildfires. This can mean either a history of wildfires burning into the subdivision or a higher than average number of wildfires starting in the area. Your local forestry office can help you determine how this compares with the average for the county. If the immediate area does indeed have a higher than average occurrence of wildfires, you will need to assign risk points on the Wildfire Hazard and Risk Assessment Scoresheet.

## STEP 3 - IDENTIFY THE FUEL HAZARD TYPE

Use the pictorial guide (Description of Fuel Models) on this CD-ROM to determine the vegetation types or fuel models within intermix areas and along the interface boundary.

*continued* ▶

If there is a mixture of vegetation types in the area, you should select the type most likely to do structural damage. This will probably be the vegetation type that is closest to the structures. Be sure to look beyond the edge of the vegetation boundary. Plants tend to be bigger along the edge of open areas in response to increased sunlight. You will get a better picture of the average vegetation heights by looking past the edge into the interior of the undeveloped area.

Once the vegetation type has been determined, assign the characteristic (light, medium, heavy, or slash) that accurately describes the fuel. Convert your selected vegetation type to points in Section B of the Wildfire Hazard and Risk Assessment scoresheet.

#### STEP 4 - COMPLETE THE WILDFIRE HAZARD AND RISK ASSESSMENT SCORESHEET

Evaluate the following factors on the scoresheet:

- A. Means of Access
- B. Vegetation (Fuel Models – evaluated in Step 3)
- C. Topography
- D. Additional Rating Factors
- E. Roofing Assembly
- F. Building Construction
- G. Available Fire Protection
- H. Placement of Gas and Electric Utilities
- I. Totals for Home or Subdivision (total of all points)

#### STEP 5 - IDENTIFY CRITICAL FACILITIES TO BE PROTECTED

Critical facilities are those facilities that will need special protection from wildfire. This may be because the facilities are necessary to maintain infrastructure function, are smoke-sensitive or would be very hazardous if ignited by an encroaching wildfire. A power substation, for example, may need additional brush clearance to provide adequate defensible space. In the case of a nursing home, a wildfire evacuation plan may also be necessary in order to quickly and efficiently transport patients out of smoky conditions. *This process can be completed at any stage of the assessment.* Seek the help of local fire service professionals and community leaders in identifying critical facilities and developing a plan to eliminate hazards that threaten these facilities.

##### Facilities that need special protection due to their flammability:

---

- Flammable liquid storage tanks
- Landfills/dumps/junk yards
- Sawmills and lumberyards
- Hazardous materials storage areas
- Schools/day care centers
- Nursing homes/assisted living facilities
- Medical facilities
- Airports
- Correctional facilities
- Roadways

##### Facilities that need special protection in order to maintain infrastructure function:

---

- Power plants/substations
- Power transmission lines
- Water plants/well fields
- Water treatment plants/lift stations
- Fire and law enforcement stations
- Communication towers

# Wildfire Hazard & Risk Assessment Scoresheet

\*\* This document is based upon the NFPA 1144

## DIRECTIONS

Assign a value to the most appropriate element in each category and place the number of points in the box on the right.

### A. Means of Access

#### 1. Ingress and egress

a. Two or more roads in/out	0	
b. One road in/out	7	

#### 2. Road width

a. $\geq$ 7.3 m (24 ft)	0	
b. $\geq$ 6.1 m (20 ft) and $<$ 7.3 m (24 ft)	2	
c. $<$ 6.1 m (20 ft)	4	

#### 3. All-season road condition

a. Surfaced road, grade $<$ 5%	0	
b. Surfaced road, grade $>$ 5%	2	
c. Non-surfaced road, grade $<$ 5%	2	
d. Non-surfaced road, grade $>$ 5%	5	
e. Other than all-season	7	

#### 4. Fire service access

a. $\leq$ 91.4 m (300 ft) with turnaround	0	
b. $>$ 91.4 m (300 ft) with turnaround	2	
c. $<$ 91.4 m (300 ft) with no turnaround	4	
d. $\geq$ 91.4 m (300 ft) with no turnaround	5	

#### 5. Street signs

a. Present [102 cm (4 in.) in size and reflectorized]	0	
b. Not present	5	

### B. Vegetation (fuel models)

#### 1. Characteristics of predominate vegetation within 91.4 m (300 ft)

a. Light (eg, grasses, forbs, sawgrasses, and tundra) <i>NFDRS Fuel Models A, C, L, N, S, and T</i>	5	
b. Medium (eg, light brush and small trees) <i>NFDRS Fuel Models D, E, F, H, P, Q, and U</i>	10	
c. Heavy (eg, dense brush, timber and hardwoods) <i>NFDRS Fuel Models B, G, and O</i>	20	
d. Slash (eg, timber harvesting residue) <i>NFDRS Fuel Models J, K, and L</i>	25	

#### 2. Defensible space

a. More than 30.48 m (100 ft) of vegetation treatment from the structure(s)	1	
b. 21.6 m to 30.48 m (71 ft to 100 ft) of vegetation treatment from the structure(s)	3	
c. 9.14 m to 21.3 m (30 ft to 70 ft) of vegetation treatment from the structure(s)	10	
d. $<$ 9.14 m (30 ft) of vegetation treatment from the structure(s)	25	

### C. Topography within 9.1 m (300 ft) of structure(s)

#### 1. Slope

a. Slope $\leq$ 9%	1	
b. Slope 10% to 20%	4	
c. Slope 21% to 30%	7	
d. Slope 31% to 40%	8	
e. Slope $>$ 41%	10	

**D. Additional Rating Factors** (*rate all that apply*)

**I. Miscellaneous**

a. Topographical features that adversely affect wildland fire behavior	0-5	<input type="text"/>
b. Areas with a history of higher fire occurrence than surrounding areas due to special situations (eg, heavy lightning, railroads, escaped debris burning, and arson)	0-5	<input type="text"/>
c. Areas that are periodically exposed to unusually severe fire weather and strong dry winds	0-5	<input type="text"/>
d. Separation of adjacent structures that can contribute to fire spread	0-5	<input type="text"/>

**E. Roofing Assembly**

**I. Roof class**

a. Class A roof	0	<input type="text"/>
b. Class B roof	3	
c. Class C roof	15	
d. Nonrated	25	

**F. Building Construction**

**I. Materials** (*predominate*)

a. Noncombustible/fire-resistive siding, eaves, and deck	0	<input type="text"/>
b. Noncombustible/fire-resistive siding and combustible deck	5	
c. Combustible siding and deck	10	

**2. Building setback relative to slopes of 30% or more**

a. $\geq 9.14$ m (30 ft) to slope	1	<input type="text"/>
b. $< 9.14$ m (30 ft) to slope	5	

**G. Available Fire Protection**

**1. Water source availability**

a. Pressurized water source availability - 1892.7 L/min (500 gpm) hydrants $\leq 304.8$ m (1000 ft) apart	0	<input type="text"/>
b. Pressurized water source availability - 946.4 L/min (250 gpm) hydrants $\leq 304.8$ m (1000 ft) apart	1	
c. Nonpressurized water source availability (off site) - $\geq 946.4$ L/min (250 gpm) continuous for 2 hours	3	
d. Nonpressurized water source availability (off site) - $< 946.4$ L/min (250 gpm) continuous for 2 hours	5	
e. Water unavailable	10	

**2. Organized response resources**

a. Station $\leq 8$ km (5 mi.) from structure	1	<input type="text"/>
b. Station $> 8$ km (5 mi.) from structure	5	

**3. Fixed fire protection**

a. NFPA 13, 13R, 13D sprinkler system	0	<input type="text"/>
b. None	5	

**H. Placement of Gas and Electric Utilities**

**I. Placement of utilities**

a. Both underground	0	<input type="text"/>
b. One underground, one aboveground	3	
c. Both aboveground	5	

**I. Totals for Home or Subdivision** (*total of all points*) →

Hazard Assessment	Total Points
Low	$< 40$
Moderate	40-69
High	70-112
Extreme	$> 112$



## Vedlegg 5: Forslag til visualisering av resultater

Et sentralt begrep for brannprosjektering, når det gjelder konstruksjoner, brannskiller, vinduer, etc. er tid. Det ble i intervjuene antydnet 5-30 minutter fra antennelse og frem til man fikk utfordringen ved gnister som spredte seg fra bygget. Denne tiden er kritisk for brannvesenet og det er ikke tvil om at dette var en stor utfordring, ettersom man var nødt til å mobilisere seg raskt nok for å være i stand til å bekjempe både antennelse og spredning.

Derfor vil det være svært nyttig å kunne fremstille resultatene fra indeksmetoden i minutter. Dette vil kreve arbeid og testing med hensikt å kunne si noe om tid til antennelse, tid til gjennombrenning av brannskallet og tid til etablert brann har oppstått i bygget. Tabellen vist under, er en mulig fremstilling som sier noe om tid til antennelse, gitt av ulike intervaller, satt i sammenheng med resultatene fra indeksmetoden.

Tabell: Tid til antennelse

$T_f$	Tid til antennelse $T_A$
$1 \leq T_f$	$\infty$
$0,66 \leq T_f < 1$	$15 \leq T_A < 25\text{min}$
$0,33 \leq T_f < 0,66$	$5 \leq T_A < 15\text{min}$
$T_f < 0,33$	$T_A < 5\text{min}$

Resultatene fra indeksmetoden kunne også vært fremstilt i en graf, med eksponeringsindeksen som X-akse og brannskallindeksen som Y-akse. Dette for i større grad å kunne visualisere resultatene.

Det kan være hensiktsmessig å gjennomføre testen på en rekke ulike bygg, slik at man er i stand til å etablere en slags normalfordelingskurve. Denne kan igjen brukes til sammenligning og kanskje være med å bestemme akseptable verdier for ulike trehusmiljøer.

Som det blir nevnt i oppgaven, gir nåværende resultater liten spredning. Det kan derfor være aktuelt å finne en bedre framstilling hvor resultatene er spredt over en større skala. Dette er hensiktsmessig, slik at det blir lettere å skille mellom ulike bygg.