



*Aktiva system som en av åtgärderna
För att reducera skadeomfattningen av anlagda skolbränder*

Bilden visar Åsgården skola, Åsgårdsstrand, Horten kommune, Norge, efter en anlagd brand 2010-04-05. Publicerad efter tillåtelse av Thor Kr. Adolfsen, norske brannvernforeningen.



Examensarbete utfört på Høgskolen Stord/Haugesund – Avd. for ingeniørfag
Studieretning: brandingenjör
Av: Alexander Nilsson

Haugesund 2010

BACHELOROPPGAVE

Studentens namn: Alexander Nilsson

Linje & studieriktning: Brand, säkerhetsingenjör

Titel: *Aktiva system som en av åtgärderna för att reducera skadeomfattningen av anlagda skolbränder.*

Antalet anlagda skolbränder ökar i antal i både Norge och i Sverige. Problematiken är tvärvetenskaplig och det finns ingen enkel lösning på problemet. Anledningarna till att skolorna blir utsatta för anlagda bränder är många. Aktiva system, t.ex. värmekablar på fasader, är en av många åtgärder för att tidigt detektera en brand. Rökdetektorer på de ventilerade vindarna är en annan.

Syftet med examensarbetet var att undersöka hur skadeomfattningen av en anlagd skolbrand kan reduceras genom aktiva system bestående av värmekablar på fasad/takfot och/eller rökdetektorer på de ventilerade vindarna. Ju snabbare detektering, ju snabbare är räddningstjänsten på plats och påbörjar insats. Det krävs dock att allting fungerar optimalt, inte bara de aktiva systemen utan hela organisationen; alarmeringen, räddningstjänstens insatstid o.s.v.

Vidare är ekonomin en väsentlig faktor. Är värmekablar på fasad/takfot och rökdetektorer på vind lönsamma? För att få reda på om dessa två aktiva system är lönsamma genomfördes mindre kostnad/nytta analyser.

Även omfattningen av problematiken i Norge och Sverige är intressant. Därmed presenteras även statistisk fakta samt fallstudier i den här rapporten.

Frågeställningen på examensarbetet: Fredag 5.mars 2010

Inlämningsfristen: 2010-08-26 kl. 12.00

Intern vägledare Bjarne Husted

Extern vägledare Patrick van Hees, LTH

Godkänd av studieansvarig:

Datum:



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund
Studier inom ingenjörsvetenskap
Bjørnsonsgt. 45
5528 HAUGESUND
Tlf. nr. 52 70 26 00
Fax nr. 52 70 26 01

Titel på examensarbetet		Rapportnummer
Aktiva system som en av åtgärderna för att reducera skadeomfattningen av anlagda skolbränder.		
Utförd av		
Alexander Nilsson		
Linje Brandteknik		Studieinriktning Säkerhetsingenjör
Gradering Öppen	Inlämnat datum	Vägledare Bjarne Husted

Abstrakt

Flertalet skolbyggnader i både Norge och i Sverige saknar ett aktivt detektionssystem på fasaden/takfoten och/eller på de ventilerade vindarna. Skadeomfattningen riskerar därmed att bli stor vid en (anlagd) skolbrand.

Den här rapporten undersöker genom statistik, befintlig litteratur, fallstudier samt brandsimuleringar betydelsen av att ha värmedetektionskablar installerade på skolbyggnadens fasad/takfot och/eller rökdetektorer installerade på de ventilerade vindarna för att kunna reducera skadeomfattningen vid (anlagda) skolbränder.

I rapporten presenteras statistisk fakta kring problematiken med anlagda skolbränder i Norge och i Sverige, genomgången litteratur i ämnesområdet, praktiska försök utförda i Norge och i Sverige med värmedetektionskablar och/eller rökdetektorer, fallstudier av inträffade skolbränder, utförda brandsimuleringar samt mindre kostnad/nytta analyser för värmedetektionskablar och rökdetektorer.

Förord

Det här examensarbetet är det avslutande momentet på brandingenjörsutbildningen i Haugesund och motsvarar 15 högskolepoäng.

Tackar alla som har hjälpt till med rapporten, framförallt har följande personer bidragit med information till rapporten:

Anders Arnhus, Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap
Anders Edstam, Södertörns Brandförsvarsförbund
Hannele Bemyrkiram, Huga Fastigheter AB
Katarina Olsson, Göta Lejon AB
K-G Berglund, Göta Lejon AB
Kjell Hultqvist, Huga Fastigheter AB
Magne Bjerkseth, Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap
Magnus Melin, Gävle Fastigheter
Marie Lundqvist, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap
Nils Johansson, brandteknik, LTH
Per Ringqvist, Gästrike Räddningstjänst
Pål Peterson, Honeywell Life Safety AB
Staffan Abrahamsson, Boverket
Staffan Ivarsson, Trygg Hansa
Thor Kr. Adolfsen, Norsk Brannvernforening
Ulf Bergholm, Räddningstjänsten Storgöteborg

Handledarna Patrick van Hees (Lunds Tekniska Högskola) och Bjarne Husted (Högskolan Stord/Haugesund) har under arbetets gång kommit med tips och råd vilket tacksamt har tagits emot.

Innehållsförteckningen

Sammanfattning	s.7
1. Inledning	s.8
1.1 Bakgrund	s.8
1.2 Motiv till att anlägga skolbränder	s.9
1.3 Pågående arbete för att förebygga anlagda skolbränder	s.9
1.4 Syftet med examensarbetet	s.9
1.5 Frågeställningar	s.10
1.6 Metod	s.10-11
1.7 Disposition	s.12
1.8 Avgränsningar i examensarbetet	s.12
2. Resultat av statistik genomgång	s.13
2.1 Fakta underlaget	s.13
2.2 Bristfällig statistik	s.13
2.3 Startutrymmen av anlagda skolbränder	s.13-14
2.4 Tidpunkt på dygnet för anlagda skolbränder	s.14-15
2.5 Brandorsaker	s.15-16
2.6 De anlagda brändernas omfattning vid räddningstjänsten ankomst, skolbyggnader, Sverige	s.16-17
2.7 Släckningsplats för de anlagda bränderna, skolbyggnader, Sverige	s.17-18
2.8 De anlagda brändernas omfattning vid räddningstjänsten ankomst, förskolor, Sverige	s.18-19
2.9 Släckningsplats för de anlagda bränderna, förskolor, Sverige	s.19-20
2.10 Insatstid för alla räddningsinsatser för räddningstjänsten i Sverige	s.20-21
2.11 Automatlarm	s.21-22
2.12 Slutsatser statistiken	s.22-23
3. Resultat av genomgången litteratur	s.24
3.1 Lagar och föreskrifter gällande skolbyggnaders brandskydd	s.24-26
3.2 Byggnadstekniska faktorer	s.26
3.3 Kallvind	s.26-27
3.4 På vilket sätt är ventilerande vindar ett problem vid anlagda skolbränder?	s.27
3.5 Brandförlopp	s.28
3.6 Brandgas spridning	s.28
3.7 Insatstider för räddningstjänsten i Norge och i Sverige	s.28-30
3.8 Rökdetektorer samt värmedetektionsskyltar (takfotslarm)	s.30
3.9 Reducerad skadeomfattning relaterat till automatiskt detektionssystem	s.31
3.10 Praktiskt försök utfört av Trygg Hansa 2004-10-04	s.31
3.11 Praktiskt försök utfört på Högskolan Stord/Haugesund 2002	s.31
3.12 Praktiska försök utförda av Sveriges Tekniska Forskningsinstitut 2006-09	s.31-32
3.13 Slutsatser av genomgången litteratur	s.32
4. Resultat av fallstudierna	s.33
4.1 Åsgården skole, Åsgårdsstrand, Horten, 2010-04-05	s.33
4.2 Killebäckskolan, Södra Sandby, Lund, 2009-01-05	s.34
4.3 Torslanda skolan, Göteborg, Sverige 2009-11-14	s.34-35
4.4 Huddinge kommun, Sverige, 2004-08-23	s.35-37
4.5 Gävle kommun, Sverige	s.37-38
4.6 Slutsatser fallstudier	s.38
5. Resultaten av de utförda simuleringarna i FDS	s.39
5.1 Utförda simuleringar utifrån SP: s rapport 2006:09	s.39-44
5.2 Slutsatser avsnitt 5.1	s.44
5.3 Scenariot anlagd brand i avfallskärl intill en skolfasad	s.44-53
5.4 Slutsatser avsnitt 5.3	s.54
6. Kostnad/nytta analyser	s.55
6.1 Kostnad/nytta analys i samband med installation av värmekablar	s.55-56
6.2 Kostnad/nytta analys i samband med installation av rökdetektorer	s.56
6.3 Kostnad/nytta analys gällande automatiska brandlarm	s.56-57
6.4 Slutsatser kostnad/nytta analyser	s.57
7. Analys och diskussion av resultaten	s.58-62
8. Diskussion av de vetenskapliga metoderna vilka begagnades i det här examensarbetet	s.63
8.1 Statistiken	s.63
8.2 Litteraturgenomgången	s.63
8.3 Intervjuerna	s.63

8.4 De utförda simuleringarna	s.63
9. Slutsatser	s.64
10. Fortsatt arbete	s.65
11. Referenser	s.66-67
12. Appendix	s.68
A. Bild illustrerar brandspridningen via takfot Åsgårdens skola	s.68
B. Bildspel illustrerar branden Torslanda skolan 2009-11-04	s.69-71
C. Bild illustrerar fasaden på Hövdinga skolan efter anlagd brand	s.72
D. Diagram över HRR för de utförda simuleringarna	s.73
E. Max och min divergence i de utförda simuleringarna SP_50liten och SP_50stor i FDS	s.74
F. Avfallskärlet i simuleringarna ”anlagd brand i avfallskärl intill skolfasad”	s.75

Sammanfattning

Anlagda skolbränder är ett tvärvetenskapligt problemområde som bl.a. innefattar; mänskligt beteende, sociala problem, detektion, alarmering, byggnadsteknik, släckteknik, brottsförebyggande åtgärder m.m. Det finns ingen enskild lösning, utan många olika åtgärder måste till för att reducera antalet anlagda skolbränder och, när de väl inträffar, reducera skadeomfattningen av dem.

Det primära syftet med examensarbetet är att undersöka hur mycket skadeomfattningen av anlagda skolbränder kan reduceras genom att installera värmekablar på fasad/takfot och/eller rökdetektorer på vindsutrymmen. En snabbare detektion från de här båda aktiva system bör ge räddningstjänsten bättre möjligheter att reducera skadeomfattningen genom snabbare alarmering.

En snabbare detektion från värmedetektionskablar och/eller rökdetektorerna garanterar dock inte reducerad skadeomfattning. Många olika faktorer spelar roll, såsom att alarmeringen fungerar, hur räddningstjänsten behandlar ett inkommet automatlarm, körtid etc.

Material kostnader och installationskostnaderna är relativt små för värmedetektionskablar. Premierna från försäkringsbolagen sänks vid installation av aktiva system och även självrisker blir lägre vid installation av aktiva system. Trots detta är det inte många kommuner som har installerat värmedetektionskablar på skolbyggnader. En förklaring kan vara att det saknas specifika standarder och allmänna installationsregler för värmedetektionskablar. Detta medför att det finns en osäkerhet hur effektiva värmekablarna är, både när det gäller funktion och detektionstid.

Rökdetektorer har visat sig vara effektivare än värmedetektionskablar vid de byggnadskonstruktioner som har en ventilerad vind. Med rökdetektorer installerade på dessa vindar åstadkommes ett effektivare brandskydd och skadeomfattningen bör kunna reduceras betydligt. Dock visar den här rapporten att även om rökdetektorer är installerade på den ventilerade vinden kan skadeomfattningen bli omfattande för att rökdetektorerna, av en eller annan anledning, inte aktiveras.

Ett sekundärt syfte var att jämföra problematiken mellan Norge och Sverige. Därför ägnas en del av arbetet åt statistik, trots att statistiken inte var det centrala i arbetet. Statistiken i de båda länderna visar att det finns ett stort mörkertal av anlagda skolbränder. Vidare påvisade statistiken att problematiken är mer omfattande i Sverige än i Norge. Dock har Norge en bristfällig statistik och därmed verkar problemet vara av mindre omfattning än vad det egentligen är.

Det är ett växande problem som kräver en mängd olika åtgärder i båda länderna. Mer forskning behövs för att komma tillrätta med den här problematiken.

1. Inledning

Anlagda skolbränder är en växande problematik i både Norge och Sverige. Det här examensarbetet är tänkt att ge svar på tre frågeställningar, varav en frågeställning behandlar omfattningen av problematiken med anlagda skolbränder i Norge samt i Sverige. Genom tillgänglig statistik i de båda länderna besvaras den frågeställningen.

De anlagda skolbränderna är kostsamma för samhället. De anlagda skolbränderna kostar samhället flera hundra miljoner kronor varje år i både Norge och Sverige. Det leder fram till de två andra frågeställningarna; det vill säga att undersöka om värmedetektionskablar och/eller rökdetektorer är effektiva åtgärder för att reducera skadeomfattningen vid en anlagd skolbrand samt undersöka om de här två aktiva systemen är lönsamma.

1. 1 Bakgrund

Det rapporteras om fler och fler bränder i skolbyggnader, både förskolor och skolor, främst i Sverige. I Norge är antalet inträffade bränder i skolbyggnader ungefär detsamma år efter år enligt statistiken. Men eftersom statistiken i Norge inte är säkerställd, är problematikens omfattning i Norge inte helt klarlagd.

MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, anger att det anläggs ungefär 10 000 bränder varje år i Sverige¹. Enligt uppgifter från Svenska Brandskyddsföreningen är minst 25 % av bränderna anlagda i Sverige². När det gäller skolbränder kan 70 – 80 % vara anlagda i Sverige enligt brandskyddsföreningen². Enligt en artikel i Dagens Nyheter³ är anlagda skolbränder inte bara ett problem för skolor och kommuner, utan för hela samhällsekonomin. MSB anger att skolbränderna i Sverige kostar minst 300 miljoner svenska kronor per år⁴.

Enligt en artikel i Sirenen⁵ hade Södertörns räddningstjänstförbund (räddningstjänsten för södra Stockholm) så pass stora problem med anlagda skolbränder att försäkringsbolaget i Botkyrka vägrade försäkra kommunen.

Var femte skola i Norge har haft en eller flera anlagda bränder de senaste tre åren, enligt en undersökning gjord av norska brannvernforeningen⁶. I samma undersökning framkommer det att hälften av de skolor som har svarat i undersökningen, inte har kartlagt riskerna kring anlagd brand. Vidare har en tredjedel av skolorna inte vidtagit några åtgärder för att minska problematiken, enligt samma undersökning⁶.

I tabell 1 nedan redovisas antalet skolbränder där räddningstjänsten har gjort en uttryckning samt rapporterat bränderna enligt uppgift från MSB⁷ samt DSB, Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap⁸. I Norge rapporterar även polismyndigheten bränder till DSB⁸.

Tabell 1. Skolbränder där räddningstjänsten har gjort en uttryckning samt rapporterat bränderna, Norge samt Sverige, åren 2004-2008.

År	Antal i Sverige ⁷ (st.)	Antal i Norge ⁸ (st.)
2004	342	61
2005	445	52
2006	505	57
2007	439	83
2008	512	65

1.2 Motiv till att anlägga skolbränder

Enligt Karlstad kommun⁹ har personer som anlägger bränder ofta en allmän brottsbenägenhet. Vidare fastställs det att det kan finnas flera orsaker till varför man anlägger bränder.

Tonåringarnas förmåga att bearbeta problem och kriser är inte fullt utvecklad och eldandet kan vara en reaktion på frustration, irritation och hämnd. Andra ungdom anlägger bränder för att de känner sig uttråkade eller för att de är nyfikna. Eldandet blir här ett sätt att underhåll sig men kan även vara en lust över att förstöra. Barn och ungdomars lek med eld kan också leda till en skolbrand. Av och till finns det någon som inte kan förklara varför han/hon gjorde det⁹.

Andersson, Dahl, et al¹⁰ menar att förövarens syfte vid en anlagd brand på kvällstid kan vara förstörelse och uppror, till skillnad från de bränder som inträffar under dagtid. För de bränder som inträffar dagtid kan motivet vara att eleverna är skoltrötta, vill se skoldagen sluta tidigare eller eleven/eleverna har behov av spänning¹⁰.

1.3 Pågående arbete för att förebygga anlagda skolbränder

Brandskyddsföreningen Sverige bedriver tillsammans med MSB och flera andra intressenter inom försäkringsbranschen och kommuner en särskild forskningssatsning om anlagd brand för att minska antalet anlagda bränder.

Sextio procent av alla anlagda bränder anläggs av barn och ungdomar under 18 år enligt MSB¹. Bland ungdomar är anlagd brand den form av brottslighet som ökar mest enligt Borg, Fridell et al¹¹. Brodin¹² anser att om det går att komma tillrätta med de anlagda bränderna på skolor så kommer de anlagda bränderna även att minska på andra platser. Ungdomar är i de flesta fall inblandade och ungdomarna nås från skolan¹².

I Norge uppmärksammas problematiken mer och mer. På brannvernkonferensen 2010, Stavanger, arrangerad av brannvernforeningen i Norge, är ett av seminarierna ”anlagd brand”. Representanter från bl.a. Stavanger kommune och KLP skadeforsikring informerar om hur kommuner kan och bör säkra sig mot anlagda skolbränder.

1.4 Syftet med examensarbetet

Det finns många olika åtgärder för att förebygga anlagda skolbränder.

Att införa strängare lagkrav är ett sätt att förebygga anlagd brand.

Inriktningen i det här examensarbetet är emellertid betydelsen av de båda aktiva systemen värmedetekteringskablar och rökdetektorer när en brand *har blivit* anlagd. Det primära syftet med examensarbetet är att undersöka hur värmedetektorer (placerade på fasaden/vid takfoten) och/eller rökdetektorer på de ventilerade vindarna kan begränsa skadeomfattningen av anlagda skolbränder där även insatstiden för räddningstjänsten har stor betydelse. Snabb detektering från de aktiva systemen bör ge en kortare insatstid för räddningstjänsten. I samband med undersökningen om värmedetekteringskablar och/eller rökdetektorer reducerar skadeomfattningen är det även intressant med en kostnad/nytta analys för att få en bild av systemens kostnad respektive nytta.

Det sekundära syftet är att undersöka problematikens omfattning i Norge samt Sverige. Därmed presenteras statistisk fakta kring problematiken i Norge samt Sverige.

1.5 Frågeställningar

Följande tre frågeställningar behandlas i det här examensarbetet:

- *Hur stor är omfattningen av antalet anlagda skolbränder i Norge och Sverige?*
- *Blir det reducerad skadeomfattning av anlagda skolbränder m.h.a. värmedetektionskablar installerade på fasad/takfot och/eller rökdetektorer på de ventilerade vindarna?*
- *Är värmekablar på fasad/takfot och/eller rökdetektorer på vinden ekonomiskt lönsamt?*

1.6 Metod

Höst, Regnell et al¹³ menar att i beskrivande studier är det väsentliga syftet att ta reda på och beskriva hur något fungerar alternativt utförs.

Rapporten har ett beskrivande syfte. Genom det beskrivande syftet undersöks och redovisas:

- Problematiken med anlagda skolbränder i Norge och Sverige
- Om skadeomfattningen reduceras m.h.a. värmedetektionskablar och/eller rökdetektorer
- Om de här två systemen är lönsamma.

Höst, Regnell et al¹³ nämner att kartläggning, fallstudie, experiment och aktionsforskning är de fyra mest relevanta metoderna för examensarbete.

För det här arbetet valdes följande metoder: kartläggning, fallstudie och experiment.

Kartläggning

Statistiskt material ifrån MSB och DSB inhämtades för att kartlägga problematiken i de båda länderna. Statistik inhämtades även ifrån försäkringsbolaget Göta Lejon AB. Statistiken redovisas i kapitel 2. Statistiken återkommer genom hela arbetet eftersom det genom statistiken presenteras viktig fakta såsom startutrymme, tidpunkter för de anlagda bränderna o.s.v.

Vidare utfördes en litteraturgenomgång av befintlig litteratur. Litteraturen inhämtades från internet, biblioteket på räddningsskolan Revinge (Sverige) samt biblioteket på Högskolan Stord/Haugesund (Norge). Nyckelorden för litteraturgenomgången var; anlagd brand skola, ventilerad vind, takfot, brandförlopp, insatstider, värmedetektionskablar samt rökdetektorer. Utifrån nyckelorden i litteraturstudien erhöles information om ämnet och beskrivningar av byggnadskonstruktioner, lagar och författningar som styr byggnadskonstruktioner, brandförlopp, insatstider, värmedetektionskablar samt rökdetektorer.

Vidare genomfördes intervjuer per telefon för att få utökad information som inte återfinns i litteratur, såsom premiesättning för skolbyggnader i Göteborgs kommun m.m. Det upprättades även kontakt via e-post med en del personer verksamma inom området. De personer som det upprättades kontakt via e-post var de personer som hade mer utförlig information att tillgå och därmed var det enklare för båda parter att bifoga material via e-post istället för att uppta dyrbar tid genom telefonintervju. Dessutom är det lätt för missförståelse när intervjun sker via telefon. Både de personer som kontaktades per telefon samt de personer som det upprättades kontakt via e-post återfinns som referenter i fotnot på de sidor referenterna omnämns.

Fallstudier

Det genomfördes fem fallstudier. Fallstudierna baserar sig på tillsänd information. Underlaget utgörs endast av fem fallstudier men fallstudierna är inträffade skolbränder och ger en bra uppfattning av konsekvenserna av en anlagd skolbrand. Fallstudierna åskådliggörs med bilder förutom i en fallstudie. Genom bilderna förstärks konsekvenserna tydligare, särskilt i de fall där det saknades/saknas aktiva system.

Fakta underlagen för:

- Killebäcksskolan; utgörs av olycksundersökning utförd av räddningstjänsten Syd samt information via internet.
- Hövdingagårdens förskola och Björsjöskolan; utgörs av telefon intervju med en säkerhetstekniker i Gävle kommun samt information via internet.
- Åsgårdens skola; utgörs av tillsänd information via e-post från brannvernföreningen och DSB.
- Vårgården och Sångfågeln; utgörs av telefon intervjuer med ekonomi avdelningen i Huddinge kommun samt med en säkerhetstekniker i Huddinge kommun, en tillsänd tidsaxel via e-post från Huddinge kommun samt insatsrapporter från Södertörns räddningstjänst förbund.
- Torslanda; utgörs av olycksundersökning utförd av räddningstjänsten Storgöteborg samt insatsrapporter från räddningstjänsten Storgöteborg.

Inom den tidigare nämnda forskningsatsningen i Sverige (avsnitt 1.3) bedrivs ett projekt av Johansson & van Hees¹⁴ vid universitetet i Lund. Målet för Johansson och van Hees projekt¹⁴ är att genomföra ett antal fallstudier på skolbränder genom studier av tidigare inträffade skolbränder. Syftet med det projektet är att öka kunskapen om de tekniska faktorer som påverkar en spridning av branden samt möjligheterna till att begränsa brandutvecklingen vid anlagd brand skolor¹⁴.

Syftena för de fallstudier som presenteras i den här rapporten är att undersöka möjligheterna till att begränsa skadeomfattningen genom de två aktiva systemen optiska rökdetektorer samt värmedetektiionskablar, med inriktning på skolbyggnader med ventilerade vindar. Även skolbyggnader utan ventilerade vindar tas med för att visa värmedetektiionskablaras effektivitet på fasad/takfot. För de fallstudier som presenteras i den här rapporten nämns också kostnader för återuppbyggnad av skolbyggnaderna, eftersom, för den här rapporten, är det även intressant med en kort kostnad/nytta analys.

Beräkningar (experiment)

Det utfördes simuleringar i FDS, Fire Dynamics Simulator. FDS utvecklas av BFRL-NIST (Building and Fire Research Laboratory – National Institute of Standards and Technology), U.S.A. Med hjälp av FDS kan ett brandförlopp simuleras i datorn.

Syftet med att utföra simuleringarna var att undersöka:

- Bästa placeringen av en värmedetektiionskabel vid en slät takfot.
- Temperaturen längs väggen på olika avstånd ovan mark.
- Temperaturen i rökgaslagret på olika avstånd ovan mark.
- Temperaturen under en slät takfot.
- Temperaturen på den ventilerade vinden.
- Tid till aktivering för en värmedetektiionskabel.
- Tid till aktivering för rökdetektorer placerade på den ventilerade vinden.
- Optimal placering av rökdetektorer på den ventilerade vinden.

1.7 Disposition

I examensarbetet presenteras de olika kapitlen enligt följande:

- Kapitel 1. Här presenteras bakgrunden till examensarbetet, motiv till att anlägga skolbränder, pågående arbete för att förebygga anlagda skolbränder, syftena med examensarbetet, målen för examensarbetet, de tre frågeställningarna som behandlades, de metoder som har använts, hur examensarbetet är disponerad samt avgränsningar.
- Kapitel 2. Här presenteras resultatet av det statistiska materialet.
- Kapitel 3. Här presenteras resultatet av litteraturgenomgången; byggnadskonstruktioner, lagar och författningar gällande byggnader i Norge och i Sverige, brandförlopp, insatstider för räddningstjänsten i Norge och Sverige, värmedetektiionskablar och rökdetektorer samt resultaten av experiment som har genomförts tidigare med värmedetektiionskablar och/eller rökdetektorer.
- Kapitel 4. Resultatet av inträffade skolbränder. Här presenteras fem fallstudier varav fyra är ifrån Sverige och en är ifrån Norge.
- Kapitel 5. Resultatet av de utförda simuleringarna i FDS.
- Kapitel 6. Kostnad/nytta analys. I detta kapitel presenteras kortfattade kostnad/nytta analyser av värmedetektiionskablar samt automatlarm.
- Kapitel 7. Analys och diskussion av resultaten. I det här kapitlet återfinns en analys och diskussion om resultaten som har framkommit i rapporten.
- Kapitel 8. Här återfinns en diskussion av de vetenskapliga metoderna som begagnades i rapporten.
- Kapitel 9. Slutsatser. Här återfinns svaret på de tre frågeställningarna som var aktuella i rapporten.
- Kapitel 10. Fortsatt arbete. Här presenteras olika förslag på fortsatta arbete för att komma tillrätta med anlagd skolbrand problematiken.
- Kapitel 11. Referenser. Här återfinns referenserna använda i rapporten förutom kontakterna via e-post samt telefon. Referenserna till e-post och telefonsamtal återfinns längst ned på den sida där referenten uppges.
- Kapitel 12. Appendix. Här återfinns olika appendix.

1.8 Avgränsningar i examensarbetet

Examensarbetet behandlar enbart skolbyggnader. Eftersom ingen människa har omkommit i en anlagd skolbrand, varken i Norge eller i Sverige, tas det inte hänsyn till personsäkerheten.

Vidare koncentreras det endast på värmedetektiionskablar och/eller optiska rökdetektorer installerade på vindsutrymmen som aktiva system i det här arbetet.

De olika anledningar till varför bränder anläggs tas det inte heller hänsyn till i det här arbetet eftersom det primära syftet är att se hur värmedetektiionskablar och/eller rökdetektorer kan reducera skadeomfattningen när en brand har anlagts vid en skolfasad.

En fullständig kostnad/nytta analys genomförs inte i det här arbetet. För att få en uppfattning om det är ekonomiskt lönsamt med att installera värmedetektiionskablar och/eller rökdetektorer genomförs mindre kostnad/nytta analyser, dock är det inte det primära i arbetet. Syftet med en mindre kostnad/nytta analys är att undersöka värmedetektiionskablar och/eller rökdetektorernas effektivitet i förhållande till deras omkostnader.

2. Resultat av statistik genomgång

I följande avsnitt redovisas resultatet av genomgången statistik. Syftet med statistiken är att påvisa:

- Startutrymmen för de anlagda skolbränderna.
- Tidpunkt på dygnet när skolbränderna anläggs.
- Brandorsaker.
- Omfattningen de anlagda bränderna i skolbyggnader har vid räddningstjänstens ankomst.
- Omfattningen de anlagda bränderna i skolbyggnaderna har när räddningstjänsten avslutar sin insats.
- Insattiden för räddningstjänsten.
- Automatlarm.

2.1 Fakta underlaget

MSB⁷ uppger att det är de rapporterade händelserna där räddningstjänsten har gjort en insats som ligger till grund för statistiken över antalet anlagda bränder i Sverige. DSB⁸ uppger att i Norge är det rapporter från både räddningstjänsten och/eller polisen som ligger till grund för statistiken. Andersson, Dahl et al¹⁰ poängterar att de rapporterade händelserna är ofta från relativt omfattande bränder med stora skador vilket gör att mörkertalet är stort när det gäller brand i skolan eftersom det vanligtvis handlar om mindre bränder t.ex. brand i papperskorg som släcks av elever eller personal.

2.2 Bristfällig statistik

Riksadvokaten i Norge riktar skarp kritik mot DSB enligt norsk brannvernforening¹⁵. Detta för att det saknas data för 45 % av bränderna mellan åren 2003-2007. Enligt DSB har antalet byggnadsbränder med okänd orsak ökat från 14,9 % år 1993 till 24,3 % år 2007. I samma statistikmaterial framkommer det att 30,8 % av byggnadsbränderna i perioden 2003 till 2007 inte är inrapporterade som utredda till DSB¹⁵.

Norsk brannvernforening¹⁵ uppger att det saknas information om 45 % av bränderna under denna tidsperiod. Polisen i Rogaland uppger via e-post^A att det inte har varit någon skolbrand i Rogaland de senaste tio åren efter vad de kunde se. Dock har det inträffat skolbränder i Rogaland de senaste tio åren. Enbart under år 2008 har det rapporterats 5 stycken skolbränder i Rogaland⁸. Tillgänglig statistik från DSB, Norge, redovisar fakta om antalet, startutrymmen, tidpunkter samt brandorsaker för Norge. Statistik över insattid saknas från Norge.

2.3 Startutrymmen av anlagda skolbränder

Vid anlagda skolbränder är de vanligaste startutrymmena badrum/toalett och trapphus i Sverige enligt en rapport av Blomqvist & Johansson¹⁶. Vidare uppger Blomqvist & Johansson¹⁶ att när räddningstjänsten anländer till skolan har redan de flesta bränderna släckts/slocknat. Dessutom uppger de att det är få bränder som blir stora och ödelägger hela skolor och/eller sprider sig till andra byggnader¹⁶.

När det gäller förskolor är det vanligaste startutrymmet utanför byggnaden enligt samma rapport¹⁶. Vidare uppger de att på förskolor är det få anlagda bränder som sprider sig till andra byggnader. Det är dock vanligt att branden sprider sig i hela byggnaden innan branden släckts¹⁶.

^A Leder for kriminalteknisk seksjon i Rogaland Politidistrikt, Tor Egil Matre, Rogaland Politidistrikt, e-post 2010-04-14

I tabell 2 redovisas de största skadekostnaderna (direkta kostnader) för anlagda skolbränder i Göteborg, Sverige.

Informationen om kostnaderna är hämtade dels från Blomqvist & Johansson¹⁶ samt genom telefonsamtal med Göta Lejon^B.

Tabell 2. De största skadekostnader för anlagda skolbränder i Göteborg.

Skola	Kostnad (svenska kronor, miljoner)	Startutrymme
Hammarkulleskolan	15,3 ¹⁶	utanför skolbyggnaden
Gunnaredsskolan	4,9 ¹⁶	utsidan av skolbyggnaden
Vättedalsskolan	5,3 ¹⁶	i gymnastiskbyggnaden
Torslandaskolan	155 ^B	vid fasaden

Tabell 2 ovan utgör ett väldigt litet urval av kostnader för anlagda skolbränder. Det tydliggörs dock att kostnaderna för en anlagd brand med startutrymme utanför skolbyggnaden kan bli enorm.

Norge

Vanligaste startutrymmena på de norska skolorna är oftast soptunnor eller containers enligt norsk brannvernforening¹⁷. Vidare menar brannvernforeningen att brännbart material som är lättgänsligt och placeras nära skolorna är en dålig kombination¹⁷.

2.4 Tidpunkt på dygnet för anlagda skolbränder

Enligt en artikel i Brandsäkert¹⁸ är det bränder som anläggs på kvällar och nätter som orsakar de största skadorna. Förklaringen är att det kan dröja innan de upptäcks¹⁸.

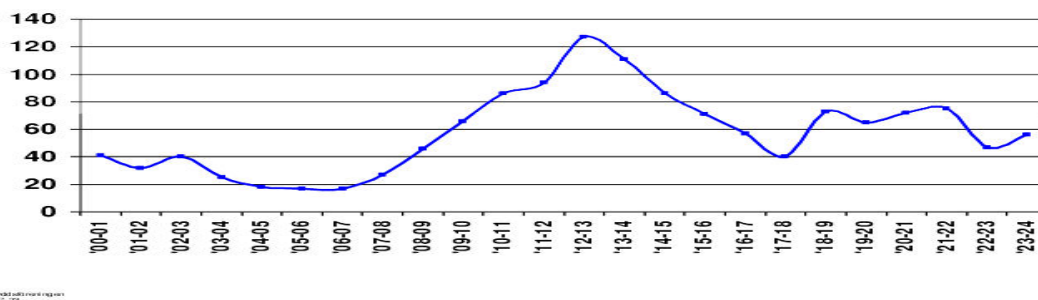
Sverige

Enligt Blomqvist & Johansson¹⁶ är det en ökad förekomst av bränder på tidiga kvällen med maxima runt lunchtid. Tidigt på morgonen är det minima. De anlagda bränderna i skolorna som har varit av större omfattning anläggs på kvällen eller på natten. De största bränderna, de som har spridit sig i hela startbyggnaden eller till andra byggnader, inträffar ofta på helgerna och under sommaren¹⁶.

I diagram 1 redovisas tidpunkter på dygnet när skolbränder har inträffat åren 2005-2007, Sverige.

^B Chef skadeförebyggande arbete, Katarina Olsson, försäkringsbolaget Göta Lejon AB, telefonsamtal, 2010-04-27

Diagram 1. Tidpunkter bränder i skolor, år 2005-2007, Sverige.
Informationen är hämtad från Brandskyddsföreningen¹⁹. Fakta till diagrammet är statistikuppgifter från MSB.
Publicerad efter tillstånd av Brandskyddsföreningen.



Det framgår av diagrammet ovan att skolbränder har sitt maximum runt lunchtid precis som Blomqvist & Johansson¹⁶ påvisar i sin rapport från 2009. Dock är det bränderna som inträffar på kvällar/nätter/helger/lovdagar som orsakar de största skadorna eftersom det tar längre tid innan de upptäcks.

När det gäller förskolor rapporteras det flest anlagda bränder på kvällen, mellan 20.00–24.00 enligt Blomqvist & Johansson¹⁶.

Norge

Enligt Magne Bjerkseth^C är det samma tendens i Norge. Bränderna där räddningstjänsten rycker ut till skolor som brinner sker främst under kvällar/nätter/helger^C.

2.5 Brandorsaker

I tabell 3 redovisas andelen anlagda skolbränder av det totala antalet skolbränder i Norge samt Sverige för år 2008. Det går att utläsa att mer än hälften av alla skolbränder i Norge samt Sverige är anlagda.

Tabell 3. Andel anlagda skolbränder av det totala antalet skolbränder, år 2008, Norge och Sverige

Byggnad	Antal skolbränder, Norge (st.) ⁸	Andel anlagda i procent, Norge ⁸	Antal skolbränder, Sverige (st.) ¹⁹	Andel anlagda i procent, Sverige ¹⁹
Både förskola och skolbyggnad	65	55,5	583	51

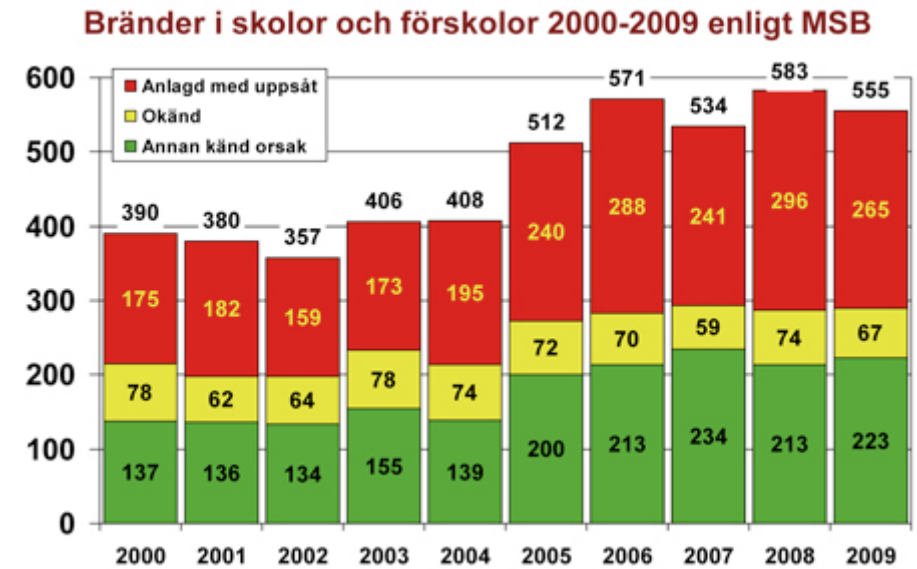
Sverige

Blomqvist & Johansson¹⁶ uppger att när det gäller bränder i skolor är den vanligaste angivna orsaken ”Anlagd med uppsåt” i räddningstjänsternas insatsrapporter. Därefter anges orsakerna ”Orsak ej angiven/okänd” samt ”Tekniskt fel”. Det är också möjligt att bränder som är anlagda eller skulle klassificeras som anlagda får andra beteckningar i insatsrapporterna, såsom ”Barns lek med eld”, ”Okänd” eller ”Orsak ej angiven”¹⁶.

^C Rådgivare, Magne Bjerkseth, Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap, e-post, 2010-02-12

Vidare uppger Blomqvist & Johansson¹⁶ att fyrverkerier också är en annan brandorsak. Det kan vara svårt att utreda om en raket har skjutits in avsiktligt eller oavsiktligt där den har orsakat en brand¹⁶.

Diagram 2. Statistik över brandorsaker i förskolor och skolor i Sverige mellan åren 2000-2009¹⁹. Diagram 2 är publicerad efter tillstånd av Brandskyddsföreningen. Fakta från diagrammet bygger på information från MSB.



Det framgår av diagrammet ovan att den vanligast förekommande brandorsaken är ”anlagd med uppsåt”. ”Okänd orsak” utgör i snitt sjuttio stycken bränder per år mellan 2000-2009. Det finns stor anledning till att tro att bland de av ”okänd orsak” döljer det sig ett antal anlagda bränder eftersom det kan vara svårt att fastställa brandorsak.

Norge

Precis som i Sverige är den vanligaste orsaken ”Anlagd med uppsåt” enligt statistik från DSB⁵. Statistiken från DSB påvisar att mer än hälften av skolbränderna i Norge är anlagda⁵.

2.6 De anlagda brändernas omfattning vid räddningstjänsten ankomst, skolbyggnader, Sverige

Blomqvist & Johansson¹⁶ framhåller att de anlagda bränder som gör störst skada är de mer omfattande bränderna. Större bränder som fortfarande pågår i startutrymmet när räddningstjänsten ankommer till skolbyggnaden riskerar att orsaka större skador innan de blir släckta av räddningstjänsten¹⁶.

Tabell 4 visar omfattningen av de anlagda bränderna i skolbyggnader vid räddningstjänstens framkomst för år 1998-2007, Sverige¹⁶.

Tabell 4. De anlagda brändernas omfattning vid räddningstjänstens framkomst. *Gäller skolbyggnader. År 1998-2007. Sverige*¹⁶

Anlagda bränder i skolor, omfattning vid räddningstjänstens framkomst ¹⁴	Totalt antal 1998-2007 (st.) ¹⁶	Det brandförlopp som branden befann sig i vid räddningstjänstens framkomst	Andel i procent av det totala antalet anlagda bränder (%)
Branden släckt/slocknat	686	Avsvalningsfasen	40
Endast rökutveckling	315	Antändning	18
Brand i startföremålet	466	Flamfas	27
Brand i startutrymmet	197	Flamfas	11
Brand i flera rum	46	Flamfas	3
Brand i flera brandceller	18	Flamfas	1
Omfattning ej angiven	2		0
Totalt Sverige	1730		100

Det framgår av tabell 4 att 40 % av de anlagda bränderna i skolbyggnader har slocknat vid räddningstjänstens framkomst. De här bränderna inträffar med största sannolikhet under dagtid när skolterminen är igång och släcks antingen av personal eller av elever. Det kan också vara anlagda bränder i mindre omfattning t.ex. brand i en mindre papperskorg som slocknar p.g.a. brist på bränsle.

Vid räddningstjänstens framkomst hade 18 % av de anlagda skolbränderna endast rökutveckling. Det är vid denna omfattning som räddningstjänsten bör komma fram till skadeplatsen alternativt vid brand i startföremålet för att kunna reducera skadeomfattningen.

Omfattningen brand i startföremålet representerar 27 % av omfattningen vid räddningstjänstens framkomst. Nu börjar en kritisk punkt uppstå där skadeomfattningen *riskerar* att bli mer omfattande. Mycket beror nu på räddningstjänstens arbete för att kunna begränsa skadorna av den anlagda branden. Snabb och effektiv insats från räddningstjänsten krävs innan branden hinner sprida sig utanför startföremålet.

Om branden befinner sig i startutrymmet vid räddningstjänstens framkomst (motsvarar 11 % av de anlagda bränderna i skolbyggnaderna) får räddningstjänsten inrikta arbetet på att förhindra spridningen av branden till omkringliggande utrymmen/byggnader. Detsamma gäller när branden befinner sig i flera rum (3 % av fallen) samt flera brandceller (1 % av fallen). Vid de här omfattningarna har skolbyggnaderna redan omfattande skador. Det gäller för räddningstjänsten att rädda den del av byggnaden/byggnaderna som kan räddas och låta den delen/delarna av byggnaderna som är branddrabbade att brinna ner.

2.7 Släckningsplats för de anlagda bränderna, skolbyggnader, Sverige

I tabell 5 redogörs för släckningsplats för de anlagda bränderna i skolbyggnader i Sverige, mellan år 1998-2007¹⁶. Eftersom det *kan* ta tid innan räddningstjänsten får kontroll över situationerna riskerar en del skolbyggnader att få omfattande brand – och vattenskador innan släckningsarbetet avslutas.

Tabell 5. Släckningsplats för de anlagda bränderna i skolbyggnader, Sverige, 1998-2007¹⁶.

Släckningsplats ¹⁴	Totalt antal 1998-2007 (st.) ¹⁶	Det brandförlopp som branden befann sig i när räddningstjänsten släckte branden	Andel i procent av det totala antalet anlagda bränder (%)
Ej angiven	2		0
I startföremålet	1237	Flamfas	72
I startutrymmet	318	Flamfas	18
I startbrandcellen	49	Flamfas	3
I startbyggnaden	106	Flamfas	6
Branden spred sig till andra byggnader	18	Flamfas	1
Totalt Sverige	1730		100

Från tabell 5 går det att utläsa att 72 % av de anlagda bränderna i skolbyggnader har släckts i startföremålet. Det innebär att räddningstjänsten har lyckats reducera skadeomfattningen betydligt. Räddningstjänsten har koncentrerat branden till att endast omfatta startföremålet.

Vidare går det att utläsa från tabell 5 att 18 % av de anlagda bränderna i skolbyggnader släcktes i startutrymmet av räddningstjänsten och 3 % släcktes i startbrandcellen. Skolbyggnaden *kan* ha fått en betydande skadeomfattning i startutrymmet/startbrandcellen av t.ex. rökskador, vattenskador etc.

Tabell 5 visar att 4 % av de anlagda bränderna i skolbyggnaderna har nått flera rum/flera brandceller vid räddningstjänstens framkomst. Med största sannolikhet är detta bränder som anläggs på kvällar/nätter/helger och på/vid skolbyggnader som saknar ett effektivt aktivt system. När räddningstjänsten kommer fram till dessa skolbränder återstår det endast att försöka skydda och rädda den/de delar av skolbyggnaden som inte brinner och låta den del/de delar av skolbyggnaden som brinner brinna upp.

Vidare går det ur tabell 5 att utläsa att 6 % av de anlagda bränderna har släckts i startbyggnaden och 1 % av de anlagda bränderna har släckts efter att ha nått andra byggnader. Det innebär att när räddningstjänsten är klar med sin insats så har 7 % av de anlagda bränderna i skolbyggnader omfattande skador.

2.8 De anlagda brändernas omfattning vid räddningstjänsten ankomst, förskolor, Sverige

Blomqvist & Johansson¹⁶ framhåller att de anlagda bränder som gör störst skada är de mer omfattande bränderna. Större bränder som fortfarande pågår i startutrymmet när räddningstjänsten ankommer till skolbyggnaden riskerar att orsaka större skador innan de blir släckta av räddningstjänsten¹⁶.

Tabell 6 visar omfattningen av de anlagda bränderna i förskolor vid räddningstjänstens framkomst för år 1998-2007, Sverige¹⁶.

Tabell 6. De anlagda brändernas omfattning vid räddningstjänstens framkomst. *Gäller förskolor. År 1998-2007. Sverige*¹⁶

Anlagda bränder i förskolor, omfattning vid räddningstjänstens framkomst ¹⁴	Totalt antal 1998-2007 (st.) ¹⁶	Det brandförlopp som branden befann sig i vid räddningstjänstens framkomst	Andel i procent av det totala antalet anlagda bränder (%)
Branden släckt/slocknat	38	Avsvalningsfasen	16
Endast rökutveckling	20	Antändning	9
Brand i startföremålet	94	Antändning/Flamfas	40
Brand i startutrymmet	50	Flamfas	21
Brand i flera rum	16	Flamfas	7
Brand i flera brandceller	17	Flamfas	7
Totalt Sverige	235		100

Som det framgår från tabell 6 har 16 % av de anlagda bränderna i förskolor hade släckts eller slocknat vid räddningstjänstens framkomst. Detta torde vara mindre bränder orsakade av t.ex. barns lek med eld.

Vidare går det att utläsa att 9 % har rökutveckling. Räddningstjänsten har goda möjligheter att kunna reducera skadeomfattningen. Precis som vid anlagd brand i skolbyggnader krävs det en snabb och effektiv insats från räddningstjänsten för att kunna begränsa skadeomfattningen.

Brand i startföremålet motsvarar 40 % vid räddningstjänstens framkomst. Mycket beror på räddningstjänstens effektivitet för att kunna begränsa skadeomfattningen.

Omfattningen ”brand i startutrymmet” motsvarar 21 %. Precis som vid anlagd brand i skolbyggnader gäller det att förhindra brandens spridning till andra utrymmen/rum/brandceller/byggnader. Räddningstjänstens arbete inriktas på att förhindra brandspridningen.

Omfattningarna ”brand i flera rum/flera brandceller” motsvarar 14 % vid räddningstjänstens framkomst. Vid detta scenario inriktas arbetet från räddningstjänsten att förhindra spridningen av branden till den del/de byggnader som inte brinner och låter oftast den delen/delarna av byggnaden som brinner att brinna ner. Förskolebyggnaderna har omfattande skador.

2.9 Släckningsplats för de anlagda bränderna, förskolor, Sverige

Eftersom det *kan* ta tid innan räddningstjänsten får kontroll över situationerna riskerar en del skolbyggnader att få omfattande brand – och vattenskador innan släckningsarbetet avslutas.

I tabell 7 redogörs för släckningsplats för de anlagda bränderna i förskolor mellan år 1998-2007 i Sverige¹⁶.

Tabell 7. Släckningsplats för de anlagda bränderna i *förskolor*, Sverige, 1998-2007¹⁶.

Släckningsplats ¹⁴	Totalt antal 1998-2007 (st.) ¹⁶	Det brandförlopp som branden befann sig i när räddningstjänsten släckte branden	Andel i procent av det totala antalet anlagda bränder (%)
I startföremålet	128	Antändning/Flamfas	54,4
I startutrymmet	43	Flamfas	18,4
I startbrandcellen	8	Flamfas	3
I startbyggnaden	50	Flamfas	21,2
Branden spred sig till andra byggnader	6	Flamfas	3
Totalt Sverige	235		100

Från tabell 7 går det att utläsa att 54,4 % av de anlagda bränderna i förskolor släcks i startföremålet, vilket innebär att skadeomfattningen *bör* vara av mindre omfattning. 21,4 % av de anlagda bränderna släcks i startutrymmet/startbrandcellen. Precis som vid anlagd brand i skolbyggnader *kan* förskolan ha fått en betydande skadeomfattning i startutrymmet/startbrandcellen av t.ex. rökskador, vattenskador etc.

Vidare går det att utläsa från tabell 7 att 21,2 % av de anlagda bränderna i förskolor släcktes i startbyggnaden och 3 % släcktes i andra byggnader. De här 24,2 % av de anlagda bränderna i förskolor har stor skadeomfattning.

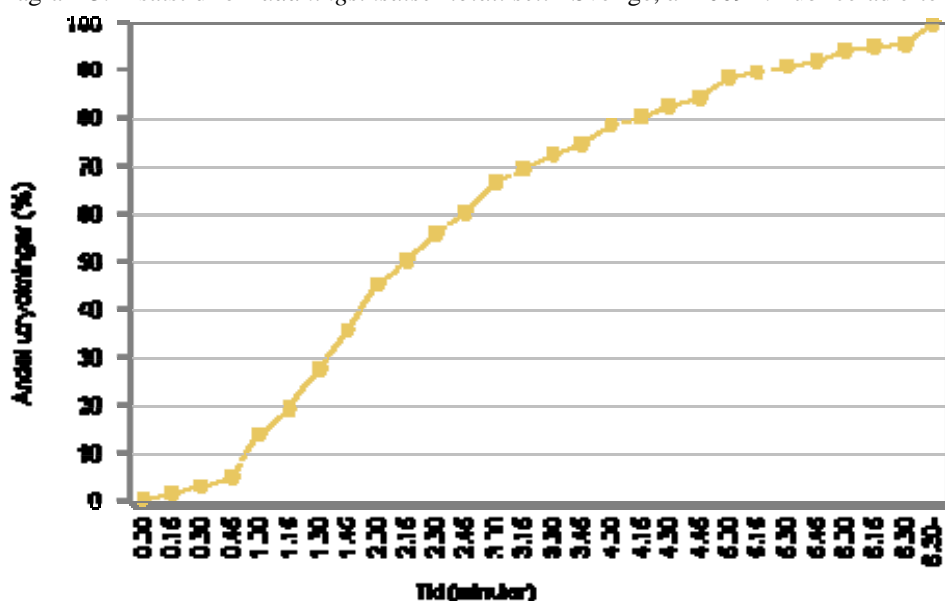
2.10 Insatstid för alla räddningsinsatser för räddningstjänsten i Sverige

Insatstiden är den tid från det räddningstjänsten mottar larmet till räddningsarbetet kan påbörjas. Ju kortare insatstiden är, desto större möjlighet har räddningstjänsten att begränsa skadorna vid en inträffad brand

I diagram 3 visas insatstiden för räddningstjänsten i Sverige för *alla räddningsinsatser*, d.v.s. inte enbart brand. Underlaget i diagrammet bygger på alla räddningstjänster i Sverige. *I diagrammet är endast insatser med korrekta tidsangivelser medräknade.*

Som tidigare nämnts, saknas det data för insatstider för räddningstjänsterna i Norge.

Diagram 3. Insatstid för räddningsinsatser totalt sett i Sverige, år 2009²⁰. Publicerad efter tillstånd av MSB.



Det framgår av diagram 3 ovan att c:a 88 % av räddningsinsatserna i Sverige har en insatstid på under fem minuter. Det är en kort insatstid. Med ett detektionssystem för brand installerat på fasaderna borde räddningstjänsten ha goda möjligheter att reducera skadeomfattningen relaterat till snabb detektion och ännu kortare insatstid.

2.11 Automatlarm

Kågebro²¹ skriver att ett automatlarms funktion är att detektera en brand i ett tidigt skede. Räddningstjänsten har möjlighet att få kortare insatstid och därmed större möjlighet att reducera skadeomfattningen. Det finns olika kategorier av detektorer:

- Rökdetektorer. Aktiveras då en viss mängd partikel- eller gaskoncentration uppnås, då de reagerar på förbränningsartiklar eller förbränningsgaser.
- Värmedetektorer. Aktiveras antingen vid en hastig temperaturökning eller då en viss temperaturgräns har uppnåtts.
- Flamdetektorer. Aktiveras på den strålning som uppstår vid brand.²¹

Omkring 97 % av automatlarmen i Sverige är falska och orsakar årligen tusentals onödiga uttryckningar för räddningstjänsterna enligt Sveriges radio²². Vidare påpekar Sveriges radio att enligt en undersökning gjord av SOS Alarm (Sverige) kostar de falska larmen samhället miljardbelopp varje år. Dessutom påpekas det att det är de allt känsligare branddetektorerna som ligger bakom en stor del av falsk larmen²².

I tabell 8 redovisas hur många automatlarm som utlöstes samt hur många av de som var en konstaterad brand. Siffrorna i tabellerna som följer bygger på automatlarm *totalt sett*, alltså inte enbart värmedetektionskablar och/eller rökdetektorer, är hämtad från MSB²³.

Tabell 8. Automatlarm brand respektive ej brand, år 2008, Sverige²³

Typ av byggnad	Brand (st.)	Ej brand (st.)	Totalt (st.)	Andel brand (%)	Andel ej brand (%)
Förskola	28	696	724	3,9	96,1
Skola	335	4 601	4 936	6,8	93,2

I tabell 8 framgår det att endast 3,9 % av automatlarmen från förskola var en konstaterad brand vid räddningstjänstens framkomst och motsvarande siffra för skolbyggnader är 6,8 %. Andelen falskt larm från förskolor utlösta av automatiska brandlarm motsvarar således 96,1 % och andelen falsk larm från skolor utlösta av automatiska brandlarm motsvarar således 93,2%. Det kan konstateras, utifrån tabell 8, att andelen falskt larm utlösta av automatiska brandlarm är över 90 %, d.v.s. att mer än 9 av 10 larm utlösta av detektionssystem är falska.

Tabell 9 redovisar antal insatser i skolbyggnader respektive förskolor, larmade av automatlarm i Sverige, år 2008²³.

Tabell 9. Insatser brand i byggnad, larmade av automatlarm, 2008, Sverige²³

Typ av byggnad	Antal insatser (st.)	Antal insatser med första larm från automatlarm (st.)	Andel insatser med första larm från automatlarm (%)
Förskola	70	28	40
Skola	512	335	65

I tabell 9 ser vi att endast 40 % av insatserna ”brand i byggnad, förskola” utgörs av insatser med första larm från automatlarm. Från tabell 7, avsnitt 2.9, går det att utläsa att nästan var fjärde anlagd brand på förskola får stora skadeomfattningar då branden har spridit sig i startbyggnaden och till andra byggnader innan räddningstjänsten har hunnit släcka bränderna.

Det framgår dock inte ur den redovisade statistiken hur många skolbyggnader, både skolor och förskolor, som har fått stora skador trots att skolbyggnaderna var utrustade med automatiska brandlarm. Detta eftersom de skolbyggnader som trots installation av detektionssystem för brand får stora skador är svåra att upptäcka i statistiken. Ett exempel på en skola som fick stora konsekvenser trots att rökdetektorer var installerade på den ventilerade vinden är Torslanda skolan i Göteborg. Torslanda skolan presenteras vidare under kapitel 4 ”Fallstudier”.

2.12 Slutsatser

Genomgången statistik visar att:

- Det finns ett mörkertal av anlagda skolbränder.
- Vanligaste startutrymmena för anlagda bränder i skolor, Sverige, är badrum/toalett och trapphus.
- Vanligaste startutrymmet för anlagda bränder i förskolor, Sverige, är utanför byggnaden.
- Vanligaste startutrymmet för de norska skolorna är soptunnor eller containers.
- Det är en ökad förekomst av bränder på tidiga kvällen med maxima runt lunchtid i Sverige. De anlagda bränderna i skolorna som har varit av större omfattning anläggs på kvällen eller på natten. De största bränderna, de som har spridit sig i hela startbyggnaden eller till andra byggnader, inträffar ofta på helgerna och under sommaren
- När det gäller förskolor rapporteras det flest anlagda bränder på kvällen, mellan 20.00–24.00 i Sverige.
- Bränderna där räddningstjänsten rycker ut till skolor som brinner sker främst under kvällar/nätter/helger i Norge.
- Både i Sverige och i Norge är den vanligaste brandorsaken ”anlagd med uppsåt”.

- Enligt statistik från försäkringsbolaget Göta Lejon AB är de anlagda skolbränderna med de största kostnaderna anlagda utanför skolbyggnaden.
- Om bränderna anläggs under dagtid när det är skolgång är det lättare för att de upptäcks. Om bränderna anläggs under kvällar/nätter/helger/skollov riskerar det att ta längre tid innan bränderna detekteras och räddningstjänsten larmas, såvida inte skolbyggnaderna har installerats med aktiva system såsom värmedetektionskablar och/eller rökdetektorer.
- Det tar tid för räddningstjänsterna att få de anlagda bränderna under kontroll och innan räddningstjänsterna har avslutat sitt arbete har bränderna i en del fall spridit sig och orsakat ännu större skador.
- Ju kortare insattid, desto större möjligheter finns det att begränsa skadeomfattningen vid en anlagd skolbrand

3. Resultat av genomgången litteratur

I följande avsnitt kommer genomgången litteratur att redovisas.

Syftet med att beskriva byggnadskonstruktionen är att fastslå på vilket sätt byggnadskonstruktionen bidrar till spridningen av brandgaser och därmed ger en större skadeomfattning.

Syftet med att beskriva brandförloppet är att öka förståelsen för hur en brand utvecklar sig över tiden. Brandförloppet redovisas för att påvisa betydelsen av ett detektionssystem för brand vilket bör ge en kortare insatstid för räddningstjänsten.

Syftet med att redovisa insatstiderna för räddningstjänsten i Norge och Sverige är att skapa en tidsuppfattning om hur lång tid det *kan* ta innan räddningstjänsten i de båda länderna påbörjar en insats. Ju längre insatstiden är, ju större riskerar skadeomfattning att bli.

Syftet med att beskriva värmedetektionskablar samt rökdetektorer är att skapa en förståelse för de här båda aktiva systemens styrka samt svagheter.

Syftet med att beskriva automatlarm är att påvisa automatlarmens fördelar respektive nackdelar.

Syftet med att redovisa genomförda experiment med värmedetektionskablar och/eller rökdetektorer är för att påvisa deras funktion under praktiska förhållanden.

3.1 Lagar och föreskrifter gällande skolbyggnaders brandskydd

Lagar och föreskrifterna i de båda länderna är mer inriktade på personsäkerheten än på egendomsskydd. Försäkringsbolagen i de båda länderna är mer inriktade på egendomsskydd än på personsäkerheten och därmed ställer försäkringsbolagen i de båda länderna andra krav på brandsäkerheten än vad myndigheterna gör.

Ventilerade vindar

DSB^D uppger att i Norge är ventilerade vindar reglerade genom TEK²⁴ genom att det i vägledningen till TEK är satt en rekommenderad area på maximalt 400 m².

I Sverige berörs ventilerade vindar mycket flyktigt i BBR (Boverkets Bygg Regler). Boverket^E uppger att vinden utgör en egen brandcell med det generella kravet att det skall ta 30 eller 60 minuter för en brand att sprida sig mellan brandcellerna. Det uppges i BBR²⁶ 5:64 att, precis som i Norge, vindsutrymmena bör delas upp i delar av högst 400 m².

Enligt Isover²⁵ skall vindsutrymmet utformas så att risken för brandspridning begränsas.

I både norsk och svensk lagstiftning återfinns indelning av brandceller.

Varje brandcell skall innefatta ett rum – eller sådana sammanhängande grupper av rum - i vilka verksamheten inte har omedelbart förbindelser med annan verksamhet i byggnaden. Det finns specifikt angivet i vissa fall när en lokal skall vara egen brandcell. Vägledning ges också i BBR 5:62 (Sverige)²⁶ och VTEK kap.7 (Norge)²⁷ med exempel på brandceller. Samtliga brandceller skall vara skilda från övriga utrymmen i byggnader med byggnadsdelar lägst i den

^D Sjöfingenjör Forebyggande Samfunnsoppgaver, Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap, Anders Arnhus, e-post, 2010-04-12

^E Brandingenjör Staffan Abrahamsson, Boverket, telefonintervju, 2010-04-12

brandtekniska klass som följer kraven ställda i BBR 5:62 (Sverige)²⁶ och TEK kap.7 (Norge)²⁴.

Sverige

I Boverkets byggregler (BBR), avsnitt 5²⁶, står det att läsa att ytterligare brandskyddsåtgärder utöver de krav som redogörs i BBR, avsnitt 5, kan krävas då räddningstjänsten inte förväntas ingripa inom normal insatstid och deras ingripande är en förutsättning för att brandspridning till närliggande byggnader skall kunna begränsas.

Boverket²⁶ uppger vidare att brandskyddet får utformas på ett annat sätt än vad som anges i BBR, avsnitt 5, såvida det i särskild utredning framkommer att byggnadens totala brandskydd därigenom inte blir sämre än om samtliga krav i avsnittet uppfyllts. Alternativ utformning kan vara att byggnaden förses med brandskyddstekniska installationer, utöver kraven i avsnitt 5. Den särskilda utredningen redogörs i brandskyddsdokumentationen²⁶.

Norge

I kap. sju, Tekniske forskrifter til plan – og bygningsloven (TEK)²⁴, behandlas person – och materiell säkerheten. Därifrån går det bl.a. att läsa att byggverk skall ha en planlösning och utförelse som ger tillfredsställande säkerhet vid brand för materiella värden och miljö – och samhällsmässiga förhållanden²⁴.

Vidare står det att byggnader delas in efter riskklasser som baserar utifrån den risk en brand kan utgöra för skada på liv och hälsa. Utifrån dessa riskklasser finns det särskilda krav beskrivna i TEK. Utifrån dessa krav skall byggnaderna utföras. Skolbyggnad är riskklass tre. Riskklasserna sträcker sig från klass 1 (lägsta) till klass 6 (högsta riskklassen)²⁴.

Tabell 7. Översikt över riskklass tre enligt TEK²⁴.

Riskklass	Bara sporadiskt uppehåll av personer	Alla känner till utrymningsvägarna och kan själv ta sig till säkerhet	Bara beräknat för vakna människor	Liten brandfarlig aktivitet
3	nej	ja	ja	ja

VTEK, Veiledning til teknisk forskrift²⁷, ger principlösningar på brandsäkerheten som motsvarar föreskriftens krav. Föreskriften, TEK, innehåller kraven på byggnadsverk. Vägledningen anger de krav som myndigheterna anses vara nödvändiga för att tillfredsställa kraven i föreskriften. Reduktioner från vägledningen kräver i de flesta fallen kompensande tilltag för att upprätthålla säkerhetskraven. Vidare framgår det i VTEK vilka byggnader som måste ha brandalarmanläggningar för att uppfylla kraven ställda i TEK. Dokumentation görs enligt Forskriften om saksbehandling og kontroll (SAK)²⁷.

Brandalarmanläggning

Byggeforskrift 1987²⁸ och Forskrift om brannforebyggende tiltak og brannsyn²⁹ innehåller kraven om automatiska brandlarm i Norge.

Den europeiska standarden, EN 54³⁰, beskriver krav på brandalarmanläggningar.

I Sverige återfinns krav på brandalarmanläggningar i BBR avsnitt 5²⁶. I standardserien SS EN-54³¹ återfinns lämpliga komponenter i ett automatiskt brandlarm. I brandskyddsföreningens skrift ”Regler för automatisk brandalarmanläggning, SBF 110:6”³² återfinns lämpligt utförande av brandalarmanläggning.

Försäkringsbolagen har, i tillägg, utvecklat egna bestämmelser för brandalarmanläggningar som installeras i ett försäkringsavtal. I Norge går dessa bestämmelser att läsa i

Forsikringsselskapenes Godkjennelsenevnd (FG)³³. I Sverige återfinns de i FTR, Försäkringsförbundets Tekniska Rekommendationer³⁴.

3.2 Byggnadstekniska faktorer

Blomqvist & Johansson¹⁶ menar att för att kunna analysera byggnadstekniska faktorer krävs detaljerande fakta. De fakta som är essentiella att kartlägga för inträffade anlagda bränder är:

- Typ av verksamhet (byggnader)
- Typ av byggnad
- Tidspunkt på dygnet både när det gäller anläggning och upptäckt
- Antändningskälla
- Primärbrand
- Hur branden upptäcktes
- Typ av befintliga möjligheter för att upptäcka brand (detektionssystem, vaktbolag etc.)
- Hur branden släcktes
- Befintliga släcksystem
- Skadornas storlek
- Plats (storstad, småstad, landsbygd)

Svaren på de ovanstående punkterna ger svar på följande frågor:

- Hur fördelar sig risken för anlagd brand mellan de olika frekventa brandobjekten?
- Finns det objekt som är mer utsatta än andra, t.ex. inom skolans värld, är enplanskonstruktioner mer utsatta än fler våningsskolor?
- Vilka tekniska system har varit mest effektiva respektive ineffektiva?
- Vad är anledningen till att branden fick så stor konsekvens?
- Vilken är den vanligast förekommande antändningskälla och vilken antändningskälla får störst konsekvens?¹⁶

Blomqvist & Johansson¹⁶ menar vidare att utifrån dessa frågeställningar går det att bestämma vilken/vilka typer av insatser som har störst potential att begränsa omfattningen och konsekvenserna av anlagda bränder inom olika verksamheter.

3.3 Kallvind

Samuelsson & Tobin³⁵ förklarar uppkomsten av kalla tak, d.v.s. tak med värmeisolerat vindsbjälklag, ett uteluftsventilerat, kallt vindsutrymme och ett brant vattenavledande yttertak, så här; förr i tiden så ledde snösmältningen till isbildning vid takfot och istappar utefter fasaden och i sämsta fall läckage av vatten in till vindsutrymmet. För att undvika sådan isbildning ventilerade man taken³⁵.

Teokonsult³⁶ uppger att byggnader med s.k. kall vind förhindrar kondens eftersom luften inne på vinden eftersträvar att hålla samma temperatur som utomhus. Detta sker med hjälp av luftväxlingar på så sätt att uteluft tas in direkt via takfot, värms upp på vinden, stiger och släpps ut inock. Värmen på vinden transporteras bort så att vindsluften så småningom får samma temperatur som uteluften³⁶. Men dessa vindar ger upphov till fler problem än fukt. Utformningen av takfoten är viktig då bränderna sprider sig snabbt uppåt.

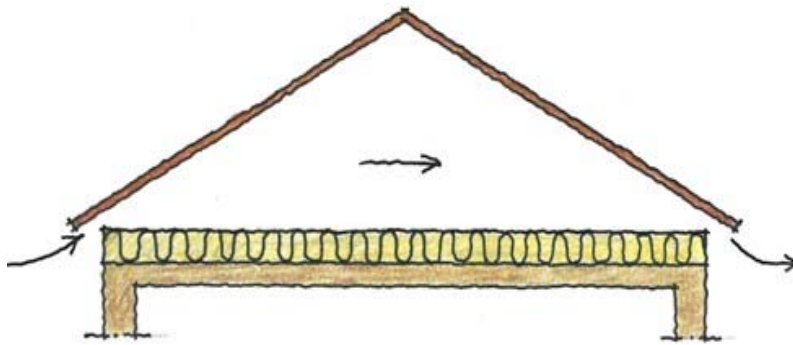
Brandskyddsföreningen³⁷ påpekar att takfot, entrétak samt andra utsprång har en benägenhet till att samla upp brandgaser som sedan blir antända och sprids i horisontell riktning. I samma informationsmaterial går det att utläsa att brandskyddsföreningen har rådet att inte placera soptunnor under takfot om inte anordning för tidig upptäckt av brand har installerats, t.ex. värmedetektionskablar³⁷.

På träguidens hemsida³⁸ går det att läsa att detta är ett problem som återfinns hos alla typer av byggnader, men träbyggnader kan vara extra utsatta och kräva särskilda åtgärder.

Enligt uppgifter från DSB^F blev det i Norge mellan åren 1960-1970 byggt många skolor för att öka kapaciteten på grund av stora ungdomskullar och strukturändringar i samhället. Många av dessa skolor är enplans respektive tvåplans byggnader. Vidare uppger DSB^F att samtliga har ventilerande träkonstruktioner i yttertaket. Dessa skolbyggnader kan ha väggar av murverk och några har ytterväggar av trä, men taken är ofta av träkonstruktion.

Takkonstruktionen spänner ofta från yttervägg till korridorvägg till yttervägg utan brandcellsgränser på vinden. För det mesta är det brandavskiljande i taket mot yttertaket så att en brand som uppstår invändigt på skolan inte skall kunna sprida sig till taket, såvida den inte tränger ut genom fönstret och därefter upp på vinden. Skolbränderna blir anlagda längs fasaden och sprider sig upp via takfoten till vindsutrymmet. När branden väl har spridit sig till vindsutrymmet, går den inte att släcka från utsidan^F.

Bild 1. Kallt tak med uteluftsventilerad vind. Bild publicerad enligt tillstånd av SP. Bilden ritad av Agneta Olsson-Jonsson, SP byggt teknik.



3.4 På vilket sätt är ventilerande vindar ett problem vid anlagda skolbränder?

DSB^G uppger att i Norge är det särskilt äldre skolbyggnader från 1970 +/- 10 år med kalla ventilerade takkonstruktioner som är utsatta för att utveckla ett brandförlopp till en storbrand. Multisolträfiber³⁷ uppger att brandspridning via takfoten upp till de ventilerande vindarna har under en längre tid varit ett problem för räddningstjänsten.

På träguidens hemsida³⁸ går det att läsa att takkonstruktioner har ofta ett otillfredsställande brandtekniskt utförande. Vidare står det att eftersom brandgaser ackumuleras från underliggande brandceller kan brandutvecklingen på en vind bli våldsam. Vid antändning blir hela vinden involverad. För det mesta låter räddningstjänsten hela taket brinna bort utan släckinsatser. I träbyggnader med lätta vindsbjälklag är detta mindre lämpligt³⁸.

^F Sjefingenjör Forebyggande Samfunnsoppgaver, Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap, Anders Arnhus, e-post, 2010-02-01

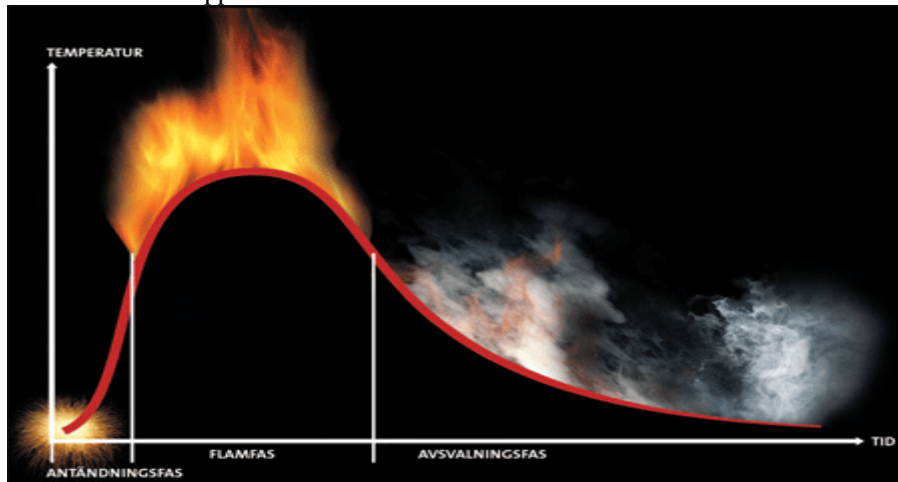
^G Sjefingenjör Forebyggande Samfunnsoppgaver, Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap, Anders Arnhus, e-post, 2010-04-15

3.5 Brandförlopp

Enligt en informationsbroschyr från Isover²⁵ kan ett brandförlopp delas in följande tre faser:

1. Antändningsfasen. Isover²⁵ uppger att vid en brand i t.ex. en papperskorg utvecklas det varma och delvis oförbrända gaser som stiger mot taket samt gaser som är lite kallare. Ett rökgaslager bildas. Fasen varar normalt 5-10 minuter. Under denna fas (tid) finns det goda möjligheter att bekämpa branden. Om branden får utveckla sig inträffar övertändning²⁵.
2. Flamfasen. Paroc⁴⁰ uppger att när övertändningen inträffar är branden fullt utvecklad. Övertändning innebär att alla brännbara ytor i rummet brinner. Branden kan sprida sig till andra rum och andra delar av byggnaden genom lågor, värmestrålning, värmeledning eller konvektion. Produktionen av rök och gaser kan vara extrem⁴⁰.
3. Avsvalning. Paroc⁴⁰ uppger att mängden av brännbara material minskar och temperaturen sjunker i den här fasen. Gradvis upphör förbränningsprocessen⁴⁰.

Bild 2. Brandförloppets olika faser. Publicerad efter tillstånd av Isover²⁵.



3.6 Brandgas spridning

Svensson⁴¹ uppger att gasflödet sker alltid från en plats med högt tryck till en plats med lägre tryck. Differensen mellan det högre och lägre trycket bestämmer hur stort flödet av brandgaser blir. Storleken på tryckskillnaderna bestäms i sin tur av öppningarnas storlek, vindförhållanden, brandens storlek och utveckling, ventilationssystem m.m. En brand kan spridas långa sträckor och vägar p.g.a. tryckskillnaderna. Dessa sträckor och vägar är inte alltid lätta att förutse⁴¹.

Termisk stigning

Svensson⁴¹ uppger vidare att brandgasernas flöde sker från högre till lägre tryck, alltså uppåt. Brandgaserna stiger upp så länge de har högre temperatur än den omgivande luften och därmed även lägre densitet⁴¹.

Brand på vinden

Backvik & Bengtsson⁴² menar att störst risk för att en brand sprids från en brandcell till en annan via vinden är att hela vinden brinner. Ventilationssystemet kan då bidra till spridning av branden. Takstolarna kollapsar efter en kort stund – kanalsystemet förstörs – branden sprids till underliggande brandceller på kortare tid än den brandtekniska motståndstiden⁴².

3.7 Insatstider för räddningstjänsten i Norge och Sverige

Adawi & Johansson⁴³ uppger att normer angående insatstider är framtagna på basis av, först och främst, befolkningstätheten.

Norge

Organiseringen och dimensioneringen av räddningstjänsten i Norge är reglerad i ”Forskrift om organisering og dimensjonering av brannvesen”⁴⁴. I dess vägledning går det att utläsa att beredskapen skall, utifrån standardkrav och kartlagda risker, organiseras så att en första insats kan verkställas och genomföras snabbt och effektivt från den brandstation som har kortast insatstid. Första insatsstyrkan vid större bränder och olyckor skall, inom 10-15 minuter, få ytterligare person- och materialresurser⁴⁴.

I ”Forskrift om organisering og dimensjonering av brannvesen”⁴⁴ går det att utläsa att insatstiden skall:

- Inom tätbebyggt område med särskild fara för snabb och omfattande brandspridning, inte överstiga 10 minuter
- I tätort förövrigt skall inte överstiga 20 minuter
- Vid insats utanför tätorter fördelas styrkorna i regionen, så att fullständig täckning säkras. Insatstiden vid dessa förhållanden bör inte överstiga 30 minuter⁴⁴.

Sverige

Svensk brandlagsstiftning innehåller normer om insatstider på tio, tjugو eller trettio minuter. Lagen om skydd mot olyckor, Lag 2003:778⁴⁵, anger följande bestämmelse angående insatstid;

räddningsinsatsen skall:

- Planeras och organiseras så att räddningsinsatser kan påbörjas inom godtagbar tid
- Genomförs på ett effektivt sätt⁴⁵.

Tidsvärde

Kågebro²¹ uppger att insatstiden troligen skulle påverkas om räddningstjänsten ändrar sitt sätt att agera till följd av ett automatiskt brandlarm.

Enligt Huddinge kommun^H åker räddningstjänsten i SBFF, Södertörns Brand Försvars Förbund, ut på automatlarm utan att påkalla fri väg, d.v.s. utan att köra med blåljus och siren. Samma information går att läsa i en artikel i LT⁴⁶. I artikeln står det att räddningstjänsten i Södertörns brandförsva inte åker ut med blåljus vid automatlarm om inte kunden kompletterar larmet med mer information⁴⁶.

Enligt SBFF^I påkallar inte räddningstjänsten fri väg vid dem tillfällen de, statistiskt sett, vet att sannolikheten för att de behövs är c:a 1 %.

Enligt Huddinge kommun^H är automatlarmen kopplade till väktare istället för till räddningstjänsten av två anledningar. En anledning är att räddningstjänsten inte påkallar fri väg. Detta gör att väktare är på plats snabbare än vad räddningstjänsten är vid automatlarm. Dels är det en kostnadsfråga för kommunen. Falsk larmen blev för många och dyrbara för kommunen. Utryckning av väktare först är mer ekonomiskt lönsamt^H.

Kågebro²¹ menar att insatstiden spelar stor roll för att kunna reducera skadeomfattningen. Vidare framhäver Kågebro²¹ att om räddningstjänstens insatstid förkortas med fem minuter vid brand i byggnad, blir det ett totalt tidsvärde på 137 800 svenska kronor. Detta tidsvärde är ett genomsnittsvärde på bränder i *alla slags byggnader*.

^H Säkerhetstekniker, Kjell Hultqvist, Huga Fastigheter AB, telefonsamtal, 2010-02-25

^I Vice brandchef, Anders Edstam, SBFF, Södertörns Brand Försvars Förbund, e-post, 2010-04-28

Vidare gäller tidsvärdet vunnen tid, d.v.s. under förutsättning att räddningstjänsten kommer fem minuter tidigare till skadeplatsen, istället för fem minuter senare till skadeplatsen²¹. Tidsvärdet delas upp på 122 100 svenska kronor för egendom och 16 700 svenska kronor för personskador. En annan studie visar ett tidsvärde på 71 070 svenska kronor per minut i *allmän byggnad* (2005)²¹.

Tabell 8. Tidsvärdet vunnen vid 5 minuter i svenska kronor²¹.

Typ av byggnad	Tidsvärdet vunnen tid (5 minuter, svenska kronor)
Alla slags byggnader	137 800 sv.kr.
Allmän byggnad	71 070 sv.kr./min.* 5 min. = 355 350 sv.kr

Från tabell 8 går det att utläsa ett sammanlagt tidsvärde på 355 350 svenska kronor om räddningstjänsten är på plats fem minuter fortare vid en förskola/skola (allmän byggnad) vid konstaterad brand.

3.8 Rökdetektorer samt värmedetektiionskablar (takfotslarm)

Backvik & Bengtsson⁴² uppger att utformningen av detektorer görs för att de skall reagera på antingen värme, brandgas eller ljus. Det finns två faktorer som komplicerar detekteringen: den första är att inte alla bränder producerar dessa element och den andra faktorn är att de kan uppstå under normala situationer. Brandtyp och brandkaraktäristik är utgångspunkter vid typ av detektor. Den viktigaste brandkaraktäristiken för tidig upptäckt av brand är stora mängder brandgas⁴².

Optisk rökdetektor

Sintef⁴⁷ uppger att en optisk detektor innehåller en ljuskälla (ljusdiod) och en ljuskänslig anordning (ljuscellen) i detektionskammaren. Kammaren är ljustätt, men släpper in rök⁴⁷. Vidare uppger SINTEF⁴⁷ att när röken kommer in i kammaren sprids ljuset av rökpartiklarna så att ljuset träffar ljuscellen. Rökdetektorn aktiveras när mängden eller intensiteten av det spridda ljuset mottagit av ljuscellen överskrider ett visst förutbestämt värde⁴⁷.

Norges Forsikringsforbund⁴⁸ anger att en optisk detektor är ämnad för att detektera:

- rökutveckling vid pyrande brand och bränder med ofullständig förbränning i ämnen av fiber och PVC på ett tidigt stadium
- gammal rök, men har mindre känslighet än jonisk detektor för svart rök och speciellt osynlig rök⁴⁸.

Värmedetektiionskablar (takfotslarm)

Enligt en artikel i Brandposten⁴⁹ har värmedetektiionskablar (takfotslarm) börjat installeras längs fasader på flera olika håll i Sverige. Dessa kablar gör det möjligt att tidigt upptäcka en anlagd brand. I Norge används värmedetektiionskablar främst för skydd av olika kulturbyggnader, t.ex. stavkyrkor och liknande⁴⁹.

SP, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut⁵⁰, uppger att det främsta användningsområdet för värmedetektiionskablar är som ett komplement till det konventionella brandlarmet för skydd av skol- och kulturbyggnader som har problem med anlagda bränder som får fäste på utsidan av byggnaden. Det finns två olika sorter av värmedetektiionskablar; dels smältkablar med olika aktiveringstemperaturer och dels differentialkabel. Vid en viss temperatur indikerar smältkablarna medan differentialkablarna indikerar vid en hastig temperaturökning. Differentialkablarnas avstånd till branden har stor betydelse för detektorns effektivitet⁵⁰.

3.9 Reducerad skadeomfattning relaterat till automatiskt detektionssystem

Ramachandran⁵¹ poängterar att sannolikheten för att en brand sprider sig eller för en stor brand minskar båda genom en tidig detektion. Menar att en brand som startar under natten kan reduceras upp till 2/3 om branden detekteras snabbt och att tidig detektion av en brand genom automatiskt detektions system reducerar tidsperioden från antändning till upptäckten av branden. Detta gör att branden befinner sig i det tidiga stadiet när räddningstjänsten ankommer till branden, vilket i sin tur leder till kontroll tiden reduceras och därmed att den totala tiden branden brinner (T) samt skadeomfattningen, reduceras betydligt⁵¹.

Kågebro²¹ menar att nyttan med automatlarm är att man kan få ett tidigare larm när brand förekommer. Vid ett tidigare larm kan räddningstjänsten komma fortare fram till brandplatsen, vilket borde minska skadeomfattningen²¹.

Ramachandran⁵¹ anser att räddningstjänsten personal tillbringar därmed mindre tid vid skadeplatsen, vilket gör räddningstjänsten kostnadseffektiv och det blir samhällsekonomiskt lönsamt.

3.10 Praktiskt försök utfört av Trygg Hansa 2004-10-04^J

Intentionen var att under realistisk förhållande jämföra larmsystemen väggmonterad värmekabel med vindsmonterad rökdetektor för att kunna ge rekommendationer om hur ett kostnadseffektivt brandskydd skall vara konstruerat. Försöken var ämnade att simulera en anlagd brand. Resultatet visade att:

- Tiden till larm efter antändning var c:a 1,5-2 minuter för rökdetektorerna medans värmekabeln larmade efter c:a 3 minuter, d.v.s. att de vindsmonterade rökdetektorerna detekterade en brand fortare än värmekablarna på fasaden.
- För värmekabeln låg triggningstemperaturen vid 105°C, vilket innebär att en sänkning av denna temperatur skulle minska tiden till aktivering för kabeln.
- Vindstoppsskiktet tillsammans med väggpanelens glipor gav en del rök till rökdetektorernas favör.

Det kan dock fastställas att båda systemen larmade under de rådande provningsförhållandena^J.

3.11 Praktiskt försök utfört på Högskolan Stord/Haugesund 2002⁵²

Tidigare studenter på Högskolan Stord/Haugesund utförde 2002 ett praktiskt försök för att utvärdera fyra värmedetektionskablar. Deras resultat visade att:

- Differentialkablarna var det bästa alternativet för de allra flesta användningsområdena. De har låg detektionstid samtidigt som de kan justeras när det gäller känsligheten och därmed kan tillpassas till de flesta användningsområdena⁵².

3.12 Praktiska försök utförda av SP 2006-09⁵⁰

Det skulle ges generella anvisningar om var man lämpligast placerar värmedetektionskablar för att få en så tidig detektion som möjligt baserat på experiment och datasimuleringar av brandplymer intill fasad och under olika typer av takfot. Branden antogs vara en anlagd brand, antänd soptunna, avgav 100-150 kW, placering längs fasaden⁵⁰.

^J Chef Teknik Företag, Staffan Ivarsson, Trygg Hansa, e-post, 2010-03-08

Resultaten från dessa experiment och simuleringar gav följande anvisningar:

- Värmedetektkabelns optimala placering är så långt ner som är praktiskt genomförbart. Dock inte längre än 1 meter höjd ovan branden.
- Smältkabel vid montering under takfoten på tvåvåningshus är inte lämpligt att använda.
- Något annat material får inte skugga kabeln.
- Väggen/takfoten kan kyla kabeln. Därför skall värmekablarna monteras en bit ifrån väggen/takfoten. Gastemperaturen är dessutom högre en bit ifrån väggen.
- Kablarna monteras med fördel ganska nära väggen under takfoten vid montering under takfoten, inte längre ut än halva takfoten.
- Kabeln skall undvikas att bli monterad i ett skydds rör då detta fördröjer tid till aktivering⁵⁰.

3.13 Slutsatser av genomgången litteratur

Resultatet av genomgången litteratur visar att:

- Lagar och föreskrifterna i de båda länderna är mer inriktade på personsäkerheten än på egendomsskydd. Försäkringsbolagen i de båda länderna är mer inriktade på egendomsskydd än på personsäkerheten och därmed ställer försäkringsbolagen i de båda länderna andra krav på brandsäkerheten än vad myndigheterna gör. Egendomsskyddet borde bli bättre reglerat i lagar och föreskrifter.
- Brandutvecklingen på de ventilerade vindarna kan bli våldsam och blir därmed ett problem för räddningstjänsterna vid släckinsatser.
- Räddningstjänsterna skall behandla ett inkommet automatlarm ”brand i byggnad” som en konstaterad brand för att få en kortare insatstid och därmed större möjlighet att begränsa skadeomfattningen.

4. Resultat av fallstudierna

Syftet med att redovisa fallstudierna är att påvisa differensen i skadeomfattningen när värmedetektionskablar och/eller rökdetektorer inte är installerade respektive när de är installerade. Fem fallstudier presenteras:

- Fallstudierna från Åsgårdens skola och Killebäckskolan visar betydelsen av att ha rökdetektorer installerade på den ventilerade vinden och inte enbart inne i skolbyggnaden.
- Fallstudien från Torslanda skolan visar att det inte finns någon garanti för reducerad skadeomfattning trots att den ventilerade vinden har rökdetektorer installerade.
- Fallstudierna från Västergården, Sångfågeln, Hövdingagården och Björsjöskolan åskådliggör tydligt differensen i skadeomfattningen när värmedetektionskablar är installerade respektive när värmedetektionskablar inte är installerade på skolbyggnadernas fasader.

Underlaget till fallstudierna bygger på tillsänd information. Underlaget är därmed begränsat (endast fem stycken). Dock visar fallstudierna som presenteras i den här rapporten behovet av ett effektivt detektionssystem för brand på fasader/takfot/ventilerade vindar.

Jämförelse mellan Åsgården, Killebäck samt Torslanda skolan.

Samtliga de här tre skolbyggnaderna hade ventilerade vindar. De här tre skolorna jämförs i tabell 9 av den anledningen att byggnadskonstruktionen med ventilerad vind är den gemensamma nämnaren och att två av skolorna (Åsgården och Killebäck) inte hade rökdetektorer installerade på den ventilerade vinden medan en av skolorna (Torslanda) hade rökdetektorer installerade på den ventilerade vinden.

4.1 Åsgården skole, Åsgårdsstrand, Horten, 2010-04-05

DSB^K uppger att under natten till den 5.e april 2010 brann stora delar av Åsgårdens skola ner till grunden. Dagbladet⁵³ uppger att allmänheten larmade om brand i skola. DSB^K uppger att när räddningstjänsten ankom till skolan var skolan övertänd (flamfasen) och att branden hade blivit anlagd genom att placera sopcontainrar med papper längs fasaden och antända dessa sopcontainrar. Branden spred sig längs fasaden upp till det ventilerade taket. Skolan var uppbyggd 1971. Stora delar av skolan brann ner^K.

Norsk brannvernforening^L uppger att skolan hade ett invändigt detektionssystem. Vidare uppger norsk brannvernforening att det saknades detektionssystem på fasad samt på den ventilerade vinden^L.

Gjengangeren⁵⁴ uppger att 243 elever drabbades av den här skolbranden.

Appendix A visar en bild över brandspridningen via takfoten på Åsgårdens skola.

^K Sjefingenjör Forebyggende Samfunnsoppgaver, Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap, Anders Arnhus, e-post, 2010-04-19

^L Thor Kr. Adolfsen, Norsk brannvernforening, telefonsamtal, 2010-05-03

4.2 Killebäckskolan, Södra Sandby, Lund, 2009-01-05

Räddningstjänsten Syd^M uppger att ett antal ungdomar satte, med hjälp av en fyrverkeripjä, eld i ett växthus som sedan spred sig till skolbyggnaden. Växthuset var uppsatt på skolbyggnaden under takutsprånget och användes under vinterhalvåret som förråd. I växthuset fanns det ett tiotal blomsterlådor som var placerade ovanpå varandra, träbänkar och några plastkrukor. Från trälådorna i växthuset sker brandspridningen upp genom takfoten och in på vinden. Takfoten har direkt förbindelse till vindsutrymmet som är oinrett. På vinden får branden fäste i träkonstruktionen och undertaket av plast och sprider sig vidare på den oinredda vinden. Vinden var utförd som kallvind och saknade golvbeläggning^M.

Räddningstjänsten Syd^M uppger vidare att byggnaden var försedd med ett vidarekopplat automatiskt brandlarm med detektorer placerade i utrymningsvägarna, ingen detektering på vinden. Automatiska brandlarmet löser inte ut förrän sju minuter efter det att räddningstjänsten har larmats via 112^M.

Enligt en artikel i SDS⁵⁵ var anledningen till den sena aktiveringen att det saknades rökdetektorer på vinden .

Räddningstjänsten Syd^M uppger att ungefär 1/3 av byggnaden brandskadades så kraftigt att den fick rivras. 1/3 fick stor rök och fuktskador, sista delen fick mindre skador och kan efter sanering användas igen. Hela skolbyggnaden förutom köket fick stora fuktskador. 370 elever drabbades^M.

Den här branden bidrog till flera lärdomar enligt en tidningsartikel i SDS⁵⁵. Bl.a. gjorde räddningstjänsten en rad sammanställningar av aktuella åtgärder som Lunds kommun, i egenskap av fastighetsägare, skulle vidta. I första punkten angavs att också vindsutrymmen bör utrustas med rökdetektorer⁵⁵.

4.3 Torslanda skolan, Göteborg, Sverige 2009-11-14

Räddningstjänsten Storgöteborg^N uppger att branden började i en bil som stod parkerad utanför vaktmästarens expedition. Bilen var parkerad cirka två meter från skolbyggnaden. En kortslutning orsakad av branden gjorde att bilen rullade fram med hjälp av bilens startmotor till skolbyggnadens fasad som började brinna. Branden spred sig in i skolan och detektorerna inne i skolan aktiverades. Brand och rökgaser spred sig via skolans vind vidare över hela skolbyggnaden. Vindriktningen var väldigt ofördelaktig i förhållande till brandens startplats och bidrog därmed till det snabba brandförloppet. Endast gymnastiksalen och ett mindre sophus räddades. Resten av skolan brann ner^N.

Beskrivning av Torslanda skolans automatlarm

Räddningstjänsten Storgöteborg^N uppger att Torslanda skolan var utrustad med ett automatiskt brandlarm som var kopplat direkt till Räddningstjänsten Storgöteborg. På vardagar mellan klockan 07-17 tillämpades larmlagring med en kvitteringstid på 30 sekunder och en undersökningstid på 3 minuter. Dock var det ingen larmlagring under den aktuella natten utan automatlarmet gick direkt till ledningscentralen räddningstjänsten Storgöteborg som larmade Torslanda brandstation. En detektor som låg på entréplanet larmade först trots att det fanns rökdetektorer placerade på vinden ovanför där branden startade. Centralapparaten visade inte när rökdetektorerna på vinden larmade eller om de inte larmade eftersom centralapparaten blev förstörd under branden. Det finns oklarheter varför inte rökdetektorerna på vinden har larmat i ett tidigt skede^N.

^M Brandinspektör Bertil Nilsson, Räddningstjänsten Syd, Olycksundersökning, 2010-01-19

^N Olycksutredare, Ulf Bergholm, Räddningstjänsten Stor Göteborg, telefonsamtal 2010-03-12 samt olycksundersökning tilldelad via e-post 2010-05-18 från Ulf Bergholm

Trots omfattande utredning är orsaken fortfarande okänd. En orsak kan vara att den öppna takfoten och luftspalten in mot vindsplanet kan ha varit relativt tätt (20-44 mm) vilket gjorde att enbart en mindre mängd rök trängde upp på vinden. Samtidigt ger en bilbrand ifrån sig en väsentligt stor mängd rökgaser som borde kunna tränga upp till vinden trots den lilla öppna luftspalten. Utredningen visar även att skolans automatlarm var funktionsdugligt och i normal drift^N.

Appendix B presenterar en bildserie bestående av 6 bilder som visar brandförloppet Torslanda skolan 2009-11-14.

Jämförelse mellan Åsgården, Killebäck samt Torslanda skolan.

Samtliga de här tre skolbyggnaderna hade ventilerade vindar. I tabell 9 görs en jämförelse mellan skolorna av den anledningen att byggnadskonstruktionen med ventilerad vind är den gemensamma nämnaren och att två av skolorna (Åsgården och Killebäck) inte hade rökdetektorer installerade på den ventilerade vinden medan en av skolorna (Torslanda) hade rökdetektorer installerade på den ventilerade vinden.

Tabell 9. Jämförelse mellan de anlagda skolbränderna; Åsgården, Killebäck samt Torslanda.

Skola	Start utrymme	Tidpunkt	Brand-orsak	Larm inkom via	Insattid (minuter)	Omfattningen vid brandkårens framkomst	Platsen där branden släcktes	Förlorat värde
Åsgården	Utanför skolbyggnaden	Under natten	Anlagd	Allmänheten ⁵³	Okänd	Övertänd ^K	I start byggnaden ^K	25 miljoner norska kronor ^L
Killebäck	Utanför skolbyggnaden	Under kvällen	Anlagd	Allmänheten ^M	13 ^M	Brand i takfoten på skolbyggnaden enligt olycksundersökningen ^M . Enligt en artikel i SDS ⁵³ var det en fullt utvecklad vindsbrand som mötte räddningstjänsten vid deras ankomst.	I start byggnaden ^M	100 miljoner svenska kronor ⁵⁵
Torslanda	Utanför skolbyggnaden	Under natten	Anlagd	Automatlarm ^N	8.68 ^N	Bilen var övertänd. Branden hade spridit sig in i skolan via två trasiga fönster samt upp i takfoten ^N .	I start byggnaden ^N	155 miljoner svenska kronor ^B

4.4 Huddinge kommun, Sverige, 2004-08-23

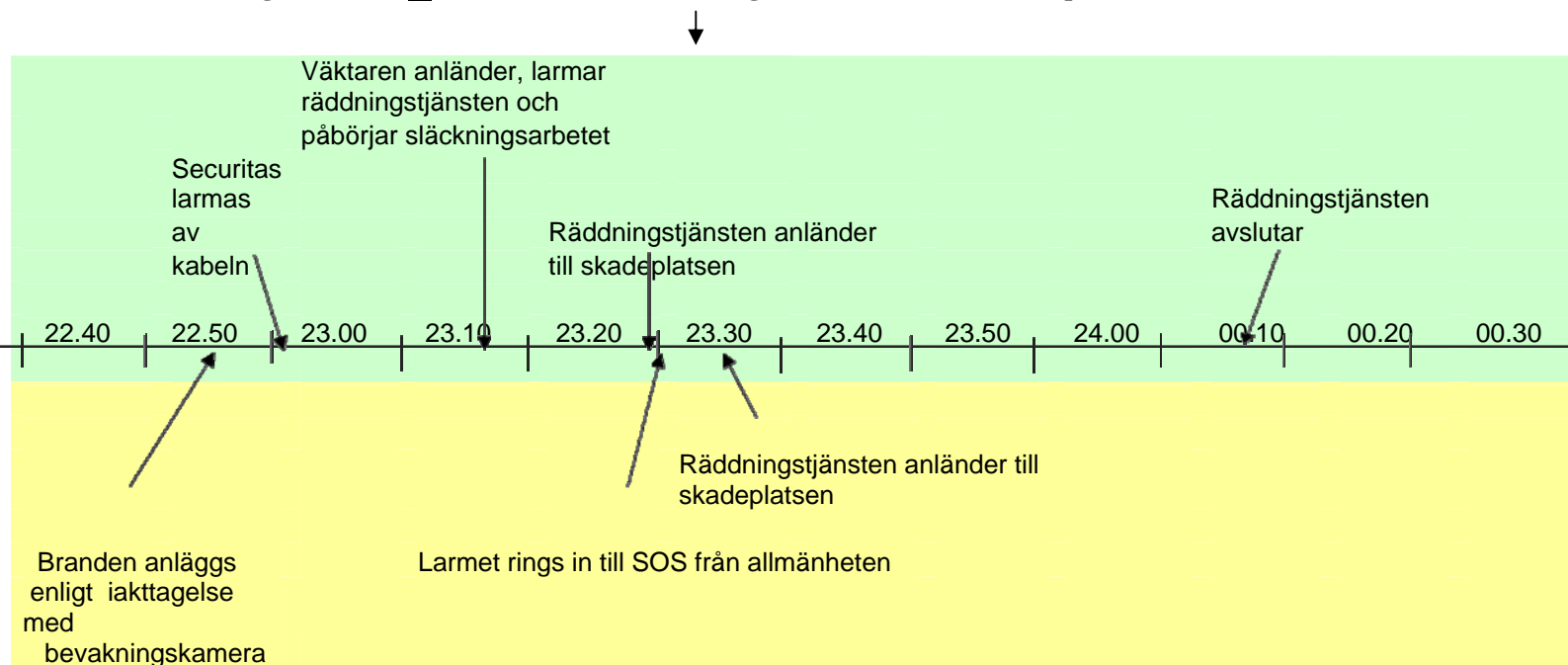
Måndagen den 23 augusti 2004 inträffade två anlagda bränder på förskolor i Skogås, (Västergården och Sångfågeln), Huddinge kommun.

I figur 1, tidsaxel 1, presenteras en tidsaxel gällande de två anlagda bränderna på förskolorna i Skogås, Huddinge kommun, 2004-08-23. Uppgifter enligt Huga Fastigheter AB[○]. Jämförelse mellan Västergården och Sångfågeln som blev anlagda måndagen den 23 augusti 2004, Huddinge kommun. Västergården är försedd med värmedetekteringskabel, Sångfågeln är inte försedd med värmedetekteringskabel[○].

Observera tiden från det väktaren larmas till dess att väktaren anländer. Observera också att räddningstjänsten anländer efter ytterligare minuter (efter det att väktaren har larmat). Det ger sammantaget många minuter som *kan* vara avgörande för att begränsa skadeområdet.

Figur 1. Tidsaxel 1. Västergården och Sångfågeln 2004-08-23.

Västergården: som är försedd med branddetekteringskabel får ett mindre fasadparti skadat



Sångfågeln: som ej är försedd med branddetekteringskabel får en totalskada som följd

Huga Fastigheter[○] uppger att händelseförloppet som redovisas i figur 1 bygger på väktarrapporter, räddningstjänstens insatsrapport samt iakttagelser från övervakningskameror. På övervakningskamerorna syns två killar på cykel, varav den en har en dunk i handen och som försvinner från Sångfågeln efter det att branden har startat[○].

Insatsrapport Västergården

Enligt information från räddningstjänstens insatsrapport¹ åker Securitas på brandvarningslarm från Västergården som vid väktarens framkomst visar sig vara brand i vägg. Securitas ringer till SOS Alarm. Vid räddningstjänstens framkomst konstateras brand i vägg under utskjutande tak. Räddningstjänsten bryter loss området runt branden och släcker. Kontrollerar vinden samt resten av skolbyggnaden och ventilerar dito. Direkt på nytt larm till Sångfågeln förskola¹.

Insatsrapport Sångfågeln

Enligt information från räddningstjänstens insatsrapport¹ åker räddningstjänsten till Sångfågeln efter att allmänheten har ringt till SOS som därefter larmar räddningstjänsten.

[○] Säkerhetstekniker, Kjell Hultqvist, Huga Fastigheter AB, e-post, 2010-03-01

Vidare går det ur insatsrapporten ¹ att utläsa att räddningstjänsten konstaterar att branden har med största sannolikhet börjat utifrån ena långsidan och via takfoten spridit sig till vinden. Västergården hade en värmedetektionskabel (differentialkabel) installerad, vilket inte Sångfågeln hade. Västergården klarade sig med en mindre brandskada på fasaden vid ett entréparti, medans Sångfågeln slutade med en totalskada.

I tabell 10 redovisas differensen mellan Västergårdens förskola och Sångfågeln förskola för att tydliggöra värmedetektionskablarnas betydelse vid en anlagd skolbrand.

Tabell 10. Jämförelse mellan Västergården samt Sångfågeln, Huddinge kommun, Sverige, 23/8-2004.

Förskola	Brandorsak	Räddningstjänsten larmad via	Skadeomfattning	Räddningsinsats (min.)	Kostnad för återuppbyggnad (svenska kr)
Västergården	Anlagd ^O	Automatlarm ^O	Mindre fasadparti skadat ^O	46 ¹	Ingen skadekostnad registrerad ^P
Sångfågeln	Anlagd ^O	Allmänheten ^O	Total skada ^O	505 ¹	Nästan 1 600 000 ^P

4.5 Gävle kommun, Sverige

Gävle fastigheter ^Q uppger att under hösten 2008 anlades bränder på flera skolor i Gävle, bl.a. anlades en brand på Hövdinga gårdens förskola. Värmekabel var installerad på fasaden och räddningstjänsten befann sig ungefär 1 kilometer bort. Gävle Fastigheter ^Q uppger vidare att en snabb detektering från värmekabeln och det faktum att räddningstjänsten befann sig ungefär 1 kilometer bort, gjorde att det endast blev minimala skador på förskolan.

Arbetsbladet ⁵⁶ uppger att brandlarmet räddade förskolan. Vidare står det i artikeln att trots avspärningen runt den brandskadade fasaden så kunde förskolan hålla öppet och alla lokaler kunde användas ⁵⁶.

Appendix C visar en bild på Hövdinga gårdens fasad efter den anlagda branden.

Per Ringqvist, räddningstjänsten Gävle, Sverige, uppger att räddningstjänsten larmas ”*kanske upp till flera minuter fortare om det är en utvändigt brand på fasaden, där värmekablar är installerade, vilket i sin tur ger räddade värden*” ^R. Vidare anser Per Ringqvist att det är en bra investering med värmekablar, ”*men några statistiska siffror som påvisar detta faktum har han inte*” ^R.

Gävle Fastigheter ^Q nämner ett annat exempel från Gävle, Björsjöskolan i Bomhus och berättar att 1999 anlades en brand som förstörde fritidsgården och gymnastiksalen. Efter denna incident installerar Gävle kommun värmekablar på den här skolbyggnaden. Efter det att värmekablarna hade blivit installerade, försöker någon återigen anlägga en brand på exakt samma ställe som sist. Räddningstjänsten är snabbt på plats och begränsar skadeomfattningen betydligt ^Q.

^P Ekonomiavdelningen, Hannele Bemyrkiram, telefonsamtal, 2010-05-05

^Q Säkerhetstekniker Magnus Melin, Gävle Fastigheter, telefonsamtal, 2010-03-01

^R Brandinspektör Per Ringqvist, Gästrike räddningstjänst, e-post, 2010-03-10

I tabell 11 redovisas kostnaderna i samband med de anlagda skolbränderna på Björnsjökolan i Gävle, 1999

Tabell 11. Björnsjökolan, Gävle, Sverige, 1999. Uppgifter i tabellen nedan enligt Gävle Fastigheter ^Q.

Björnsjökolan, Gävle	Utan värmekabel installerad	Med värmekabel installerad
Kostnad för återuppbyggnad (kr)	6 500 000	20 000
Skadeomfattning	1/3-1/5 av byggnaderna förstörs	Endast mindre skada på fasaden

I tabell 11 syns det att både skadeomfattningen och kostnaderna för återuppbyggnaden av skolan vid en anlagd brand är betydligt mindre när en värmedetektionskabel har blivit installerad.

Numera har alla skolbyggnader med träfasad värmekablar i Gävle kommun enligt Gävle Fastigheter ^Q.

4.6 Slutsatser fallstudier

Johansson & van Hees¹⁴ genomförde ett projekt där de studerade inträffade skolbränder i Sverige. Johansson & van Hees¹⁴ har analyserat insats – och utredningsrapporter. Vidare hade de även ett antal semi-strukturerade intervjuer med inblandade aktörer. Vidare togs ett anpassat enkätformulär fram till brandutredarna anställda vid räddningstjänsterna i Sverige. Underlaget i deras rapport bygger på 14 svar¹⁴.

I enlighet med Johansson & van Hees¹⁴ kan följande slutsatser dras genom de utförda fallstudierna:

- Tekniska brister som framgick var avsaknad av detektionssystem och automatlarm.
- Risig konstruktion av både tak och vind.
- Risiga brandcellsgränser.
- Många bränder inträffar (anläggs) utomhus där brännbara föremål är lätt tillgängliga och vid fasader vilka ofta är byggda i brännbara material t.ex. trä.
- Att tekniska system såsom rökdetektorer och detektionskabel (automatlarm) är viktiga.
- Att det behövs utveckling och nyskapelse för insatsteknik vid bränder på vindar och skyddssystem för takfötter vid fasader.
- Att de bränder som leder till stora skador anläggs efter skoltid.

5 Resultaten av de utförda simuleringarna i FDS

I följande avsnitt kommer resultaten från de utförda simuleringarna att redovisas. Totalt genomfördes åtta stycken simuleringar, varav fem stycken utgick ifrån SP:s rapport 2006:09⁵⁰ och tre utfördes utifrån ett scenario ”anlagd brand i ett avfallskärl intill en skolfasad”.

SP: s⁵⁰ simulering, FDS bas, skulle fungera som en referens för den här rapporten.

Genom att undersöka temperaturerna på väggen där den anlagda branden är placerad samt på den ventilerade vinden tydliggörs temperaturen från branden och brandgasen. Temperaturen från branden och brandgaserna påverkar fasaden och den ventilerade vinden och kan bidra till att den anlagda branden sprider sig i skolbyggnaden. Genom att undersöka temperaturen på väggen där den anlagda branden är placerad samt på den ventilerade vinden går det att få fram den optimala höjden vid placering av en värmedetektkabel vid slät takfot, en våning hög byggnad. Simuleringarna är även tänkta att undersöka hur lång tid det tar innan värmedetektkabeln aktiveras.

Genom att undersöka brandgas spridningen från den anlagda branden upp till den ventilerade vinden går det att få fram hur lång tid det tar innan rökdetektorerna placerade på vinden aktiveras och därmed få fram differensen i tid i aktivering för de rökdetektorer som är installerade på den ventilerade vinden. Genom att undersöka brandgas spridningen går det även att undersöka om storleken på ventilationsöppningen till den ventilerade vinden har någon betydelse för aktiveringstiden för rökdetektorerna på vinden samt för värmedetektkabeln.

Simuleringarna utfördes i FDS, version 5.5.0.

Appendix D redovisar diagram över HeatReleaseRate, HRR (värmeutveckling, kW) för de utförda simuleringarna.

5.1 Utförda simuleringarna utifrån SP: s rapport 2006:09⁵⁰

Resultatet från SP: s rapport⁵⁰ presenterades under avsnitt 3.12. Det gjordes en ändring utifrån SP rapporten 2006:09⁵⁰. Det är viktigt att ett tillräckligt fint gridnät används runt branden. Storleken på cellerna ändrades därmed för att det passade geometrin bättre. Genom att utföra simuleringar med olika storlekar på gridnätet kontrolleras även noggrannheten i resultaten.

När domänet är för litet är det svårt att få en konvergent lösning. Det krävs ett mindre fel (konvergens) i lösningen av ekvationerna i programmet för att beräkningstiden inte skall bli för lång. Tills en acceptabel konvergens uppnås utförs beräkningarna för det aktuella tidssteget och därefter upprepas samma sak för nästa tidssteg. Ju mindre domän som simuleras desto svårare är det att uppnå en acceptabel konvergens inom domänen. I FDS bas, utförd av SP⁵⁰ hamnar den acceptabla konvergensen i randen av domänen. Därmed utfördes två simuleringar, en med cellstorleken 2.5 cm och en med cellstorleken 5 cm, i en större domän för den här rapporten för att se undersöka om det blir någon skillnad i resultaten.

SP_liten följer måtten angivna i rapporten 2006:09⁵⁰. Simuleringen SP_stor har ett större område runt brännaren än vad som anges i SP:s rapport 2006:09⁵⁰.

Appendix E redovisar max och min divergence i de utförda simuleringarna SP_50liten och SP_50stor i FDS.

Tabell 12 redovisar skillnaden för de utförda simuleringarna i den här rapporten.

Tabell 12. Skillnader mellan de genomförda simuleringarna i den här rapporten mot SP:s rapport 2006:09

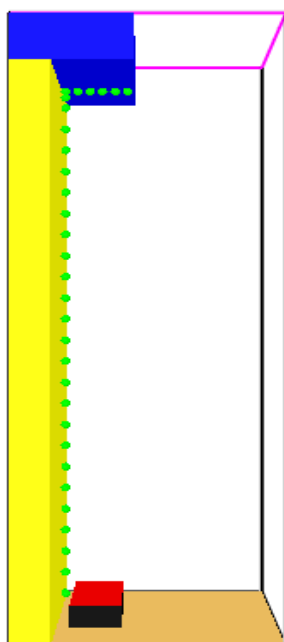
Simulering	Takhöjd (m)	Höjd (m)	Takutsjukt (m)	Storlek på celler (m)	Antal celler (st.)
SP Bas ⁴⁸	2.5	2.7	0.30	0,033*0,033*0,03	81 000
SP_25 liten	2.5	2.7	0.30	0,025	172 800
SP_25 stor	2.5	4.0	0.30	0,025	3 200 000
SP_50 liten	2.5	2.7	0.30	0,050	21 600
SP_50 stor	2.5	4.0	0.30	0,050	400 000

I figur 2 och 3 nedan visas geometrin i simuleringarna för SP_liten (SP Bas) respektive SP_stor.

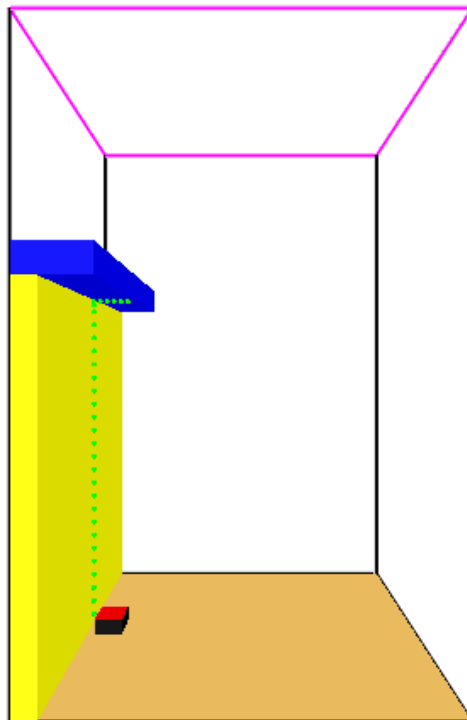
I samtliga fem simuleringar var brandeffekten konstant 100 kW, brännaren var 20*50 cm och 10 cm hög, precis som i SP: s rapport⁵⁰.

Figur 2. Geometrin i SP_liten.

Smokeview 5.5.3 - Apr 5 2010



Figur 3. Geometrin i SP_stor.
Smokeview 5.5.3 - Apr 5 2010



Resultat för utförda simuleringar med utgångspunkt FDS bas från SP rapporten 2006:09⁵⁰
Resultaten från simuleringarna med utgångspunkt i SP: s rapport 2006:09⁵⁰ visas i diagram 4 t.o.m. diagram 6.

Diagram 4 nedan visar temperaturen 2 cm ifrån väggen längs plymens centerlinje efter 595 sekunders brand vid slät takfot. SP_liten50 visar efter 545 sekunders brand. Anledningen till detta är att simuleringen blev numerisk instabil vid 551 sekunder och därmed avslutades av sig själv.

Diagram 4. Temperaturen 2 cm ifrån väggen efter 595 sekunders brand på olika avstånd ovan mark. Slät takfot.

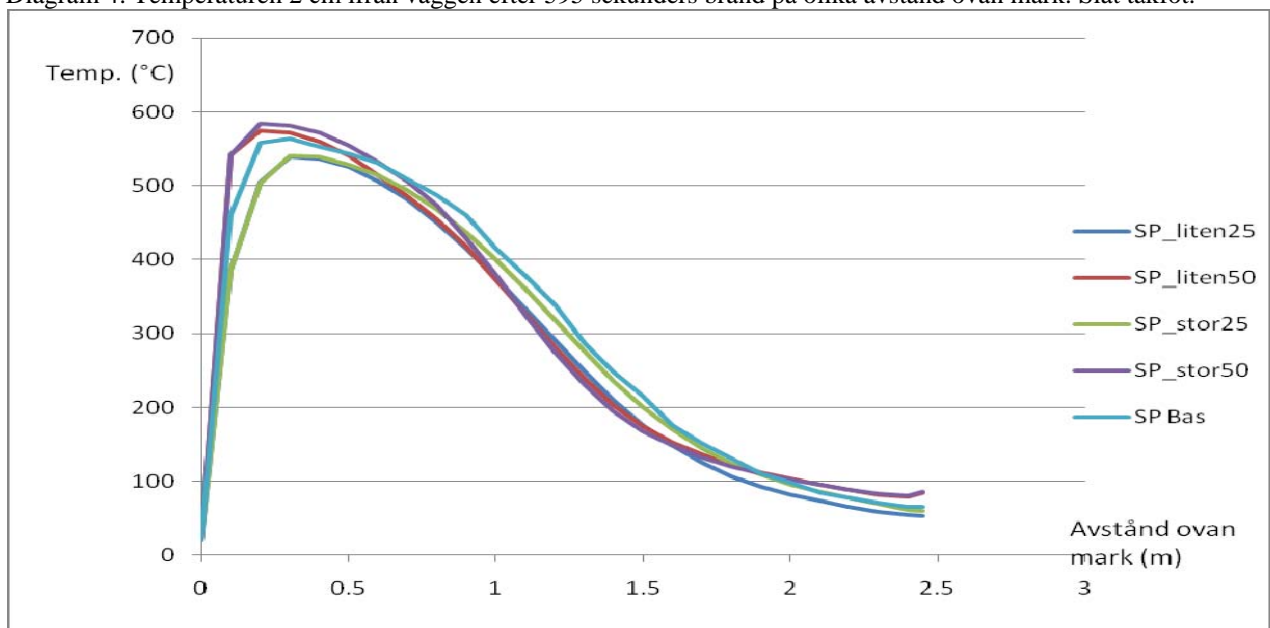


Diagram 4 ger svar på:

- Att kurvorna i diagram 4 sammanfaller och därmed utgör SP: s simulering FDS bas⁵⁰ en referens för den här rapporten.
- Temperaturen på väggen där den anlagda branden är placerad. I diagram 4 syns det att temperaturen beror på höjden ovan branden. Temperaturen är som högst precis ovan branden för att därefter reduceras ju högre upp temperaturen mäts. SP⁵⁰ påpekar att höjd ovan branden är fullständigt avgörande för temperaturnivån. Vidare påpekar SP⁵⁰ att det enda som inverkar på temperaturprofilen är bredden på takfoten och menar att när takfoten är bredare tvingas branden mot väggen och branden blir mer rumslik⁵⁰.

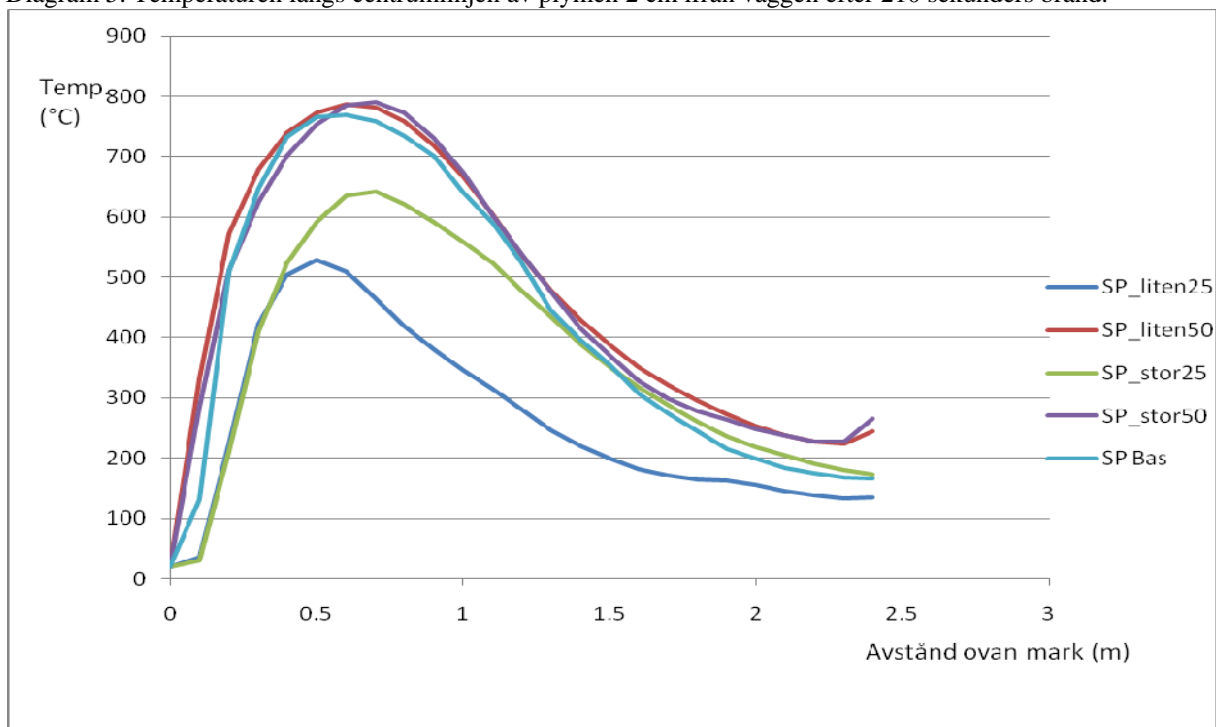
Resultat vid 210 sekunder med utgångspunkt SP:s rapport 2006:09⁵⁰

Simuleringarna jämfördes vid 210 sekunder eftersom rapporten från Trygg Hansa^J visade att rökdetektorerna på vinden aktiverades efter 1,5-2 minuter och värmedetektionskablarna aktiverades efter c:a 3 minuter. Tiden är satt till 210 sekunder vilket motsvarar 3,5 minut och därmed borde både rökdetektorerna och värmedetektionskabeln ha blivit aktiverade.

Temperaturen längs centrumlinjen av plymen 2 cm ifrån väggen efter 210 sekunders brand

I diagram 5 nedan presenteras temperaturen längs centrumlinjen av plymen, 2 cm ifrån väggen och därmed 3 cm ifrån branden vid slät takfot.

Diagram 5. Temperaturen längs centrumlinjen av plymen 2 cm ifrån väggen efter 210 sekunders brand.



^J Chef Teknik Företag, Staffan Ivarsson, Trygg Hansa, e-post, 2010-03-08

Diagram 5 ger svar på:

- Cellstorleken påverkar resultatet. Ju större cellstorlek, ju högre temperatur efter 210 sekunders brand. Men även storleken på domänet påverkar resultatet. Vid en cellstorlek på 2.5 cm är det i det större domänet högst temperatur uppkommer. Skillnaden är 113°C mellan det lilla domänet jäntemot det större domänet vid en cellstorlek på 2.5 cm. Även vid en cellstorlek på 5.0 cm påverkar storleken på domänet temperaturen. Vid en cellstorlek på 5.0 cm är skillnaden dock bara 4°C. Ju större domän, ju högre temperatur.
- Den optimala höjden vid placering av en värmedetektkabel vid slät takfot. Det framgår av diagram 5 ovan att den optimala placeringen av en värmedetektkabel är så långt ner det är praktiskt möjligt när det är en våning hög byggnad med 30 cm slät takfot.

SP⁵⁰ konstaterade att differentialkablarnas avstånd till branden har stor betydelse för detektorns effektivitet och att differentialkablarna aktiveras vid en hastig temperaturökning⁵⁰.

Branden i simuleringarna är 10 cm hög och ur diagram 6 går det att utläsa att den optimala placeringen är precis ovan branden till högst c:a 0.6 meter ovan brand. Det är en hastig temperatur ökning vid låg höjd vilket hade gett en snabb aktivering av en differentialkabel. Det skall dock observeras att värmedetektkablar som installeras på låg höjd riskerar att utsättas för sabotage. För att motverka sabotage kan det hända att värmedetektkabeln monteras i skyddsror.

SP⁵⁰ framhäver att montering i skyddsror fördröjer tid till aktivering och föreslår istället perforerad plåt alternativt något nät som skydd mot sabotage. Vidare konstaterade SP⁵⁰ att smältkablarna aktiveras vid olika aktiveringstemperaturer. Även termisk tröghet påverkar aktiveringstiden. Kablarna detekteras inte direkt vid 105°C utan även kabelns termiska tröghet påverkar tid till aktivering.

För en snabbare aktivering kan smältkablarnas aktiveringstemperatur sänkas från t.ex. 105°C till 68°C. Detta medför dock att risken för falskt larm (falska automatlarm) ökar vid t.ex. reparationsarbete intill skolbyggnadens fasad, varma sommar dagar etc.

Temperaturen längs takfoten efter 210 sekunders brand med olika avstånd från väggen

Diagram 6 nedan visar temperaturen längs takfoten efter 210 sekunders brand med olika avstånd från väggen.

Diagram 6. Temperaturen under takutskjutet med olika avstånd från väggen efter 210 sekunders brand.

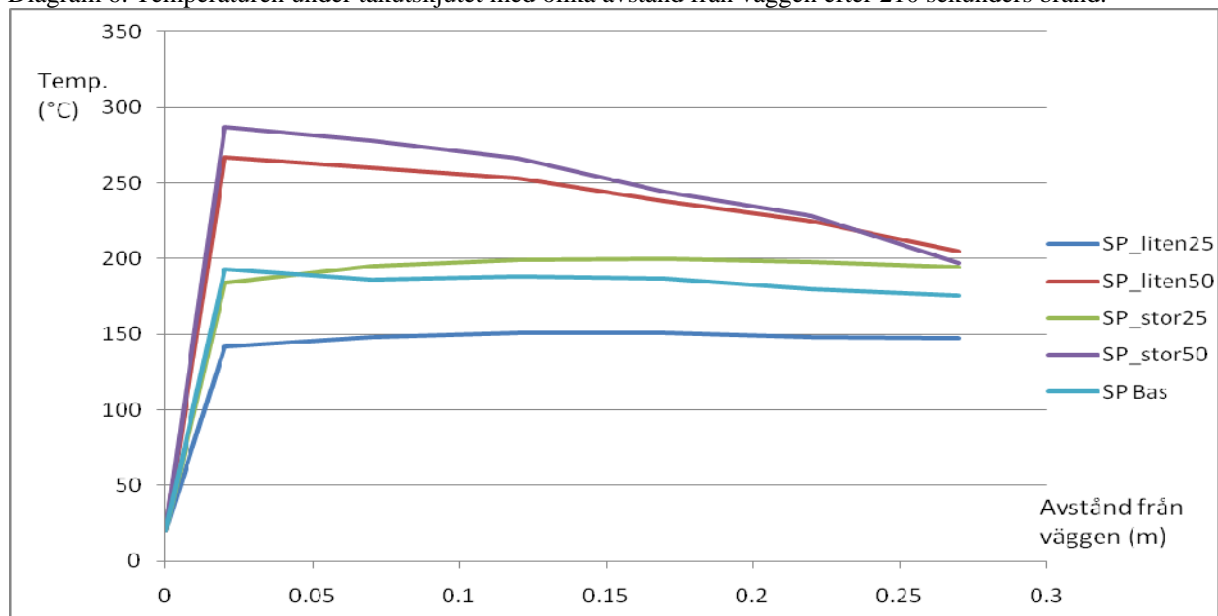


Diagram 6 ger svar på:

- Att kurvorna skiljer sig åt. SP_liten25 och SP_stor25 har samma form på kurvorna. För de här två kurvorna är det storleken på domänet som spelar en betydande roll. Ju större domän, ju högre temperatur vid en cellstorlek på 2.5 cm. Skillnaden är som högst 50°C mellan de här två storlekarna på domänen vid en cellstorlek på 2.5 cm. SP_Bas har en kurva som skiljer sig ifrån de övriga fyra kurvorna. Cellstorleken (0.033m*0.033m*0.03 m) verkar ha en betydande roll för den här kurvans form. SP_stor50 och SP_liten50 har likvärdiga kurvor. Precis som vid SP_liten25 och SP_stor25 verkar det vara storleken på domänet som har en avgörande betydelse, d.v.s. ju större domän desto högre temperatur vid en cellstorlek på 5.0 cm. Vid en cellstorlek på 5.0 cm är skillnaden 20°C i det större domänet än mot det mindre domänet.
- Den optimala placeringen av en värmedetektionskabel vid montering under en slät takfot. I enlighet med SP: s rapport 2006:09⁵⁰ är den bästa placeringen för värmedetektionskabeln vid slät takfot nära väggen dock inte på väggen. SP⁵⁰ uppger att kablarna inte skall monteras längre ut än halva takfoten. Utifrån resultaten från simuleringarna (se diagram 6 ovan) överensstämmer detta med de utförda simuleringarna i den här rapporten.

5.2 Slutsatser avsnitt 5.1

Utifrån de utförda simuleringarna med SP: s rapport 2006:09⁵⁰ som utgångspunkt kan det konstateras, i överensstämmelse med SP: s⁵⁰ resultat, att:

- Temperaturen beror på höjden ovan branden.
- Den optimala placeringen av en värmedetektionskabel är så långt ner det är praktiskt möjligt.
- Den bästa placeringen för värmedetektionskabeln under en slät takfot är nära väggen dock inte på väggen. De skall inte monteras längre ut än halva takfoten.

Utifrån de utförda simuleringarna med SP: s rapport 2006:09⁵⁰ som utgångspunkt kan det också konstateras att:

- Storleken på cellerna och storleken på domänen påverkar resultaten. Ju större cellstorlek och ju större domän, desto högre temperatur uppnås i de utförda simuleringarna. Skillnaden är 113°C mellan det lilla domänet jäntemot det större domänet vid en cellstorlek på 2.5 cm vid temperaturen längs centrumlinjen av plymen 2 cm ifrån väggen efter 210 sekunders brand i de utförda simuleringarna. Vid en cellstorlek på 2.5 cm är skillnaden 50°C mellan de två storlekarna på domänen vid temperaturen under takutskjutet efter 210 sekunders brand i de utförda simuleringarna. Vid temperaturen längs centrumlinjen av plymen 2 cm ifrån väggen efter 210 sekunders brand är skillnaden 262°C mellan SP_stor50 och SP_liten25. Det är nästan 300°C skillnad mellan de två simuleringarna, där både cellstorleken och domänens storlek påverkar resultaten. Simuleringar i FDS ger en bra indikation på optimal placering o.s.v. men praktiska försök utförda under realistiska förhållanden med vind etc. är det mest optimala för att undersöka optimal placering av värmedetektionskabel, temperaturer under takfot etc.

5.3 Scenariot anlagd brand i avfallskärl intill en skolfasad

Scenariot är att det anläggs en brand i ett 370-liters avfallskärl som placeras 5 cm ifrån skolfasaden. Avfallskärlet avger 150 kW/m². En soptunna har en brandeffekt på 100 kW/m² enligt SP⁵⁰. Avfallskärlet som simuleras i den här rapporten är ett 370-liters kärl och eftersom det är omöjligt att avgöra innehållet i kärlet så sattes brandeffekten till 150 kW/m².

Scenariot har fallstudien Åsgården skole, Åsgårdsstrand, Horten, 2010-04-05, avsnitt 4.1 som utgångspunkt.

Det var med största sannolikhet ett större avfallskärl som placerades längs fasaden vid Åsgårdens skole och antändes.

Betongväggen i simuleringarna är den betongvägg som Åsgårdens skola hade mellan klassrummen och gymnastiksalen.

Den ventilerade vinden har i simuleringarna en öppning ut mot det fria. Öppningen skall simulera ett större vindsutrymme.

Under avsnitt 3.3 konstaterades det att samtliga skolor som byggdes under 1960 – och 1970 talet i Norge har ventilerande träkonstruktioner i yttertak.

Under avsnitt 3.4 konstaterades det att eftersom brandgaser ackumuleras från underliggande brandceller kan brandutvecklingen på en vind bli våldsam. Vid antändning blir hela vinden involverad. För det mesta låter räddningstjänsten hela taket brinna bort utan släckinsatser. I träbyggnader med lätta vindsbjälklag är detta mindre lämpligt.

Fallstudierna Åsgården (avsnitt 4.1), Killebäck (avsnitt 4.2) samt Torslanda (avsnitt 4.3) hade alla ventilerade vindar och därmed valdes denna typ av byggnadskonstruktion eftersom skadeomfattningen kan bli enorm vid byggnader med ventilerade vindar.

Appendix F presenterar bild och mått för avfallskärlet i simuleringen scenario ”anlagd brand i avfallskärl intill en skolfasad”.

I tabell 13 nedan presenteras indata för de tre simuleringarna genomförda i FDS.

Tabell 13. Indata för simuleringar genomförda i FDS.

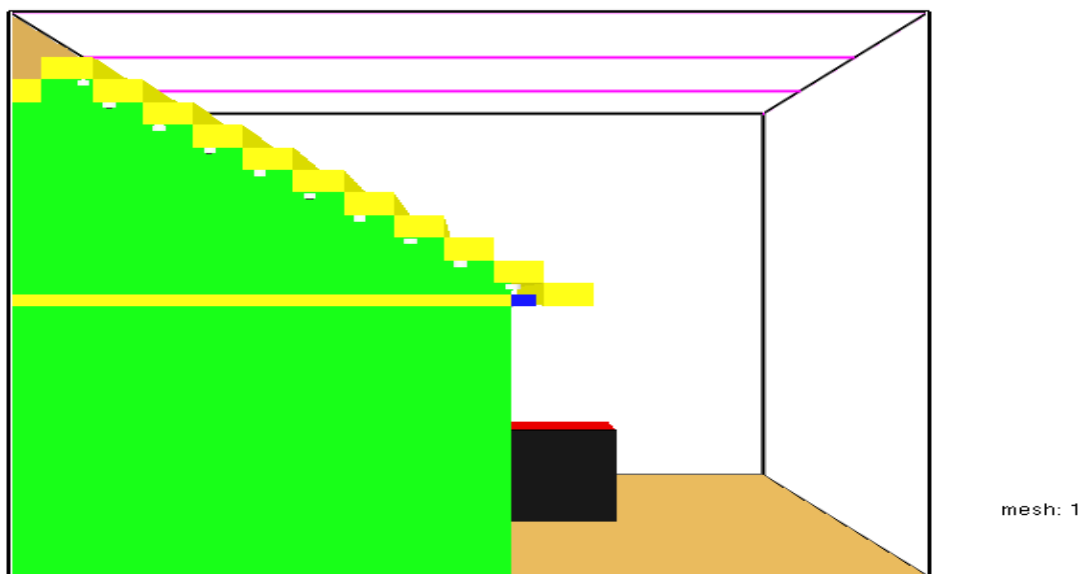
Simulering	Ventilationsöppning (m) till den ventilerade vinden	Längd takutskjut (m)	Höjd på väggen (m)	Höjd på vinden (m)	Bredd på vinden (m)	Vinkel på taklutningen (°)	Storlek på celler (m)
5cm	0.05	0.5	2.4	2.1	3.0	35	0.05
10 cm	0.1	0.5	2.4	2.1	3.0	35	0.05
15 cm	0.15	0.5	2.4	2.1	3.0	35	0.05

För samtliga utförda simuleringar genomfördes löpande genomsnitt vid presentationen av resultaten. Värdet vid t.ex. 295 sekunders brand (diagram 8) är värdena mellan 290 till 300 sekunder och utifrån dessa värden bestämdes genomsnittsvärdet vilket representerar värdet vid 295 sekunder.

Figurerna 4 – 7 visar geometrin som är simulerad. I figurerna syns geometrin för 5 cm ventilationsöppning. Vid 10 respektive 15 cm: s ventilationsöppning är den blåfärgade takfoten mindre bred (ger större öppning upp till den ventilerade vinden).

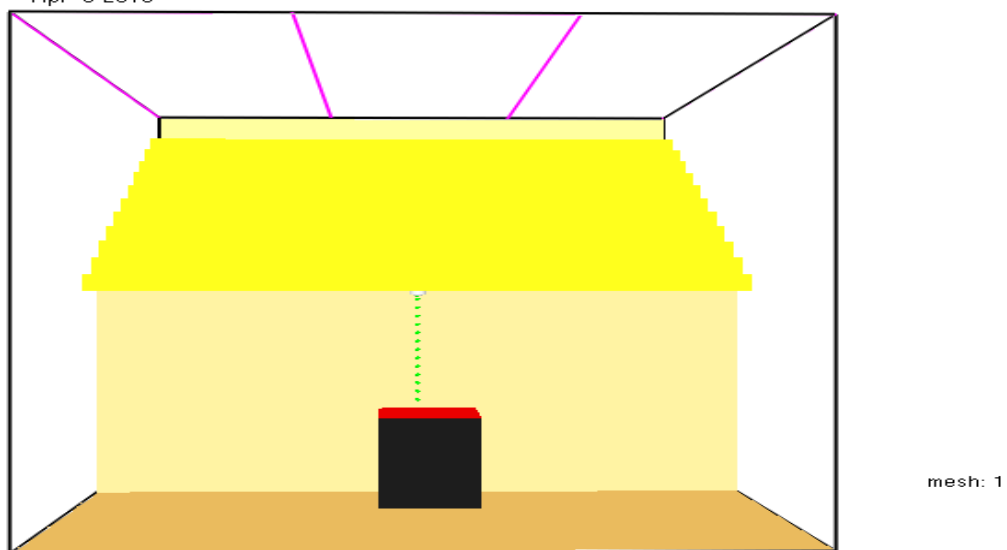
Figur 4. Skolfasaden från sidan. Det gröna är en betongvägg (brandvägg) mot angränsande byggnadsdel. Det gula är trätakets samt taket från ett klassrum upp mot den ventilerade vinden. Det blå är takfoten. Rökdetektorerna som är placerade längs ut på ena kanten av den ventilerade vinden syns.

Smokeview 5.5.3 - Apr 5 2010



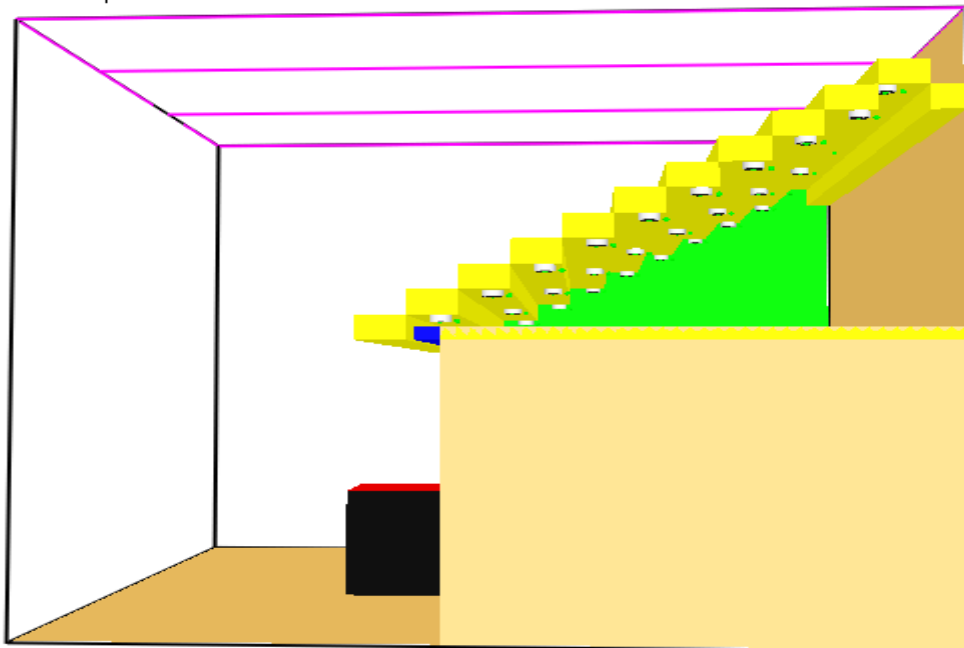
Figur 5. Skolfasaden sedd framifrån. Brandens placering är mitt i fasaden. Ovan branden syns temperaturmätare samt värmedetektkablen.

Smokeview 5.5.3 - Apr 5 2010



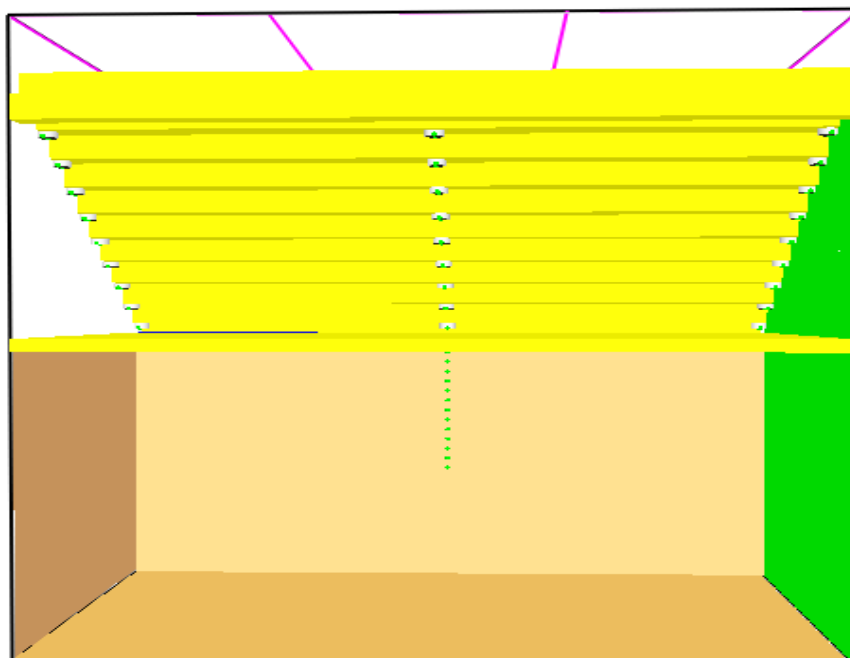
Figur 6. Skolfasaden sedd från andra sidan. Öppning ut mot det fria för att simulera rökspridningen på en stor vind.

Smokeview 5.5.3 – Apr 5 2010



Figur 7. Skolfasaden sedd bakifrån. På den här bilden syns tydligt de optiska rökdetektorernas placeringar samt temperaturmätarna vid varje optisk rökdetektor. Längst till vänster återfinns rökdetektorerna nr 21 (nederst, 5 cm ovan ventilationsöppningen) till nr 30 (överst, taknocken). I centrum återfinns nr 11 (nederst, 5 cm ovan ventilationsöppningen) till nr 20 (överst, taknocken). Längst till höger, närmast betongväggen, återfinns nr 1 (nederst, 5 cm ovan ventilationsöppningen) till nr 10 (överst, taknocken).

Smokeview 5.5.3 – Apr 5 2010



Resultat för de utförda simuleringarna scenario anlagd brand i avfallskärl vid en skolfasad I diagram 7 t.o.m. 11 och i figur 8 (tidsaxel 2) presenterar resultaten för de utförda simuleringarna ”anlagd brand i avfallskärl vid en skolfasad”. Korta kommentarer gällande resultaten återfinns under varje diagram och tabell.

Temperatur på väggen

Diagram 7 nedan visar temperaturen på väggen efter 295 sekunders brand på olika avstånd ovan mark.

Diagram 7. Temperaturen på väggen på olika avstånd ovan mark efter 295 sekunders brand.

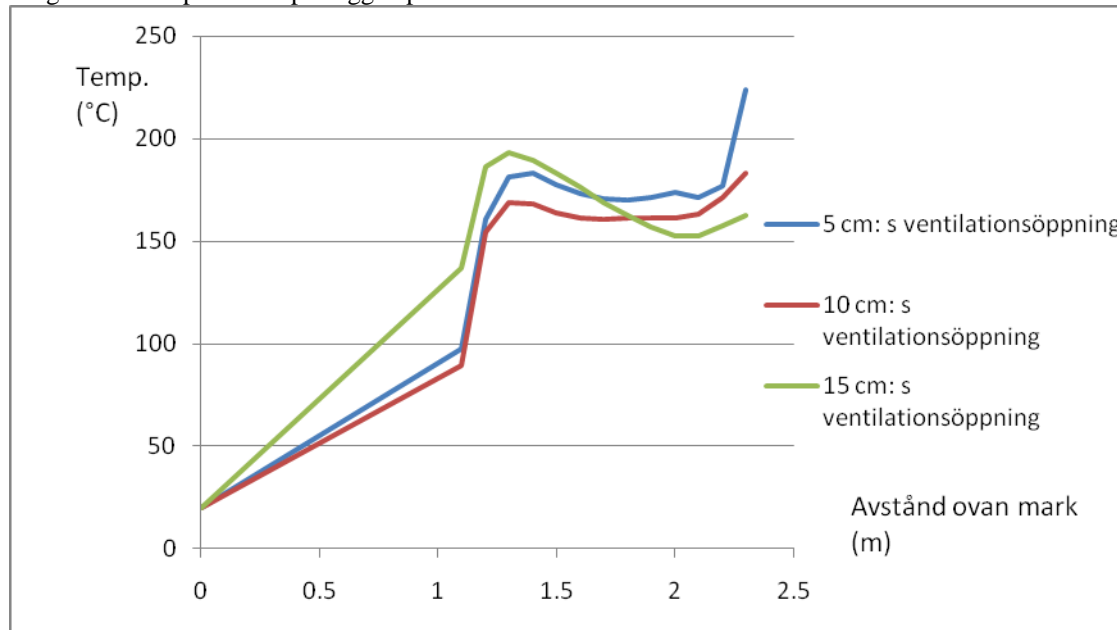


Diagram 7 visar:

- Precis som det konstaterades i diagram 4, avsnitt 6.1, syns det att temperaturen beror på höjden ovan branden. Temperaturen är som högst precis ovan branden för att därefter reduceras ju högre upp temperaturen mäts. SP⁵⁰ påpekar att höjd ovan branden är fullständigt avgörande för temperaturnivån, vilket tydliggörs i diagram 8 ovan.
- Att vid 5 cm: s ventilationsöppning uppstår högst temperatur på väggen under takfoten. Branden tvingas in mot väggen under takfoten och en ansamling av rökgaser gör att temperaturen stiger under takfoten.
- Att vid 15 cm: s ventilationsöppning uppstår högst temperatur på väggen upp till 0.3 meter ovan branden för att därefter reduceras. Lägst temperatur på väggen uppstår under takfoten. Vid 15 cm: s ventilationsöppning är takfoten i simuleringarna mindre bred, vilket gör att branden inte tvingas lika mycket in mot väggen som vid fallet med 5 cm: s ventilationsöppning (bredare takfot), vilket gör att temperaturskillnaden blir större mellan 5 och 15 cm: s ventilationsöppning under takfoten.
- Att ju större ventilationsöppningen är upp mot den ventilerade vinden, ju längre ner skall värmedetektionskabeln placeras. Vid 15 cm: s ventilationsöppning skall värmedetektionskabeln placeras längre ner än vid 5 och 10 cm: s ventilationsöppning.
- Vid 15 cm: s ventilationsöppning går flödet av varma rökgaser snabbare upp på vinden då branden och rökgaserna inte tvingas in mot väggen i samma utsträckning som vid 5 cm: s ventilationsöppning, vilket reducerar temperaturen vid takfoten jämfört med 5 cm: s ventilationsöppning där branden tvingas in mot väggen och de varma rökgaserna har större ansamling och därmed högre temperatur under takfoten.

I diagram 8 syns det att vid 5 cm: s ventilationsöppning är temperaturen som högst på en takbjälke 5 cm ovan ventilationsöppningen mot vid 15 cm: s ventilationsöppning. Vid 15 cm: s ventilationsöppning blir det inte lika stor ansamling av varma rökgaser.

Diagram 8. Jämförelse i temperatur vid de olika ventilationsöppningarna på en takbjälke 5 cm ovan ventilationsöppningen.

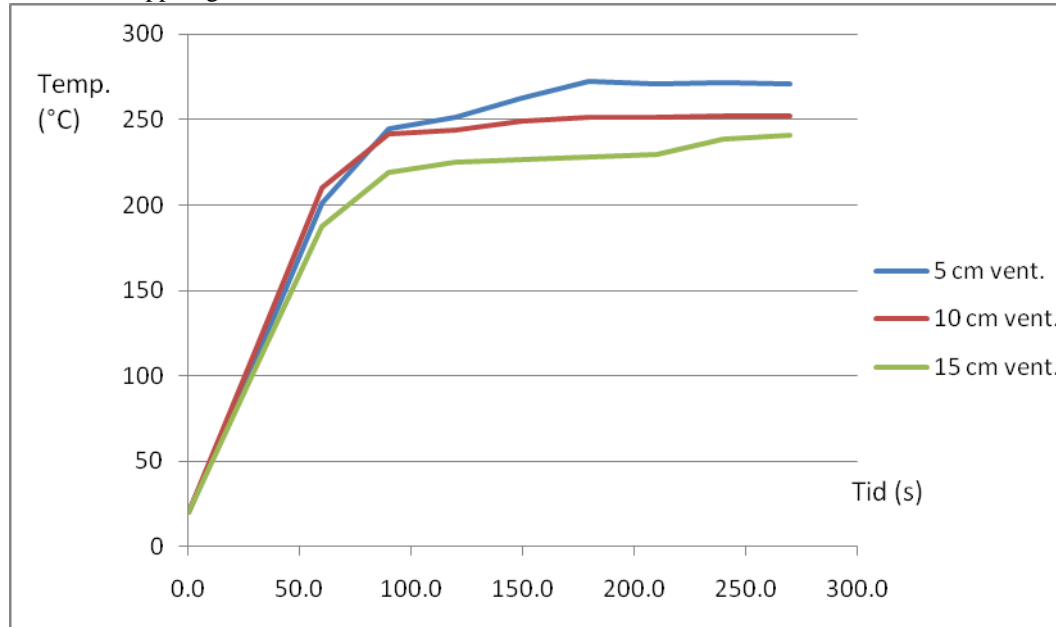


Diagram 8 visar:

- Att högst temperatur uppkommer vid 5 cm: s ventilationsöppning och lägst temperatur uppkommer vid 15 cm: s ventilationsöppning på en takbjälke 5 cm ovan ventilationsöppningen. De varma rökgaserna sprider sig snabbare upp på vinden vilket ger en sänkt temperatur precis vid ventilationsöppningen. Under avsnitt 3.6 konstaterade Svensson⁴¹ att gasflödet alltid sker från en plats med högt tryck till en plats med lägre tryck, alltså uppåt. Vidare menade Svensson⁴¹ att differensen mellan det högre och lägre trycket bestämmer hur stort flödet av brandgaser blir och att storleken på tryckskillnaderna bestäms i sin tur av öppningarnas storlek, vindförhållanden, brandens storlek och utveckling, ventilationssystem m.m. Svensson⁴¹ påpekar också att brandgaserna stiger upp så länge de har högre temperatur än den omgivande luften och därmed även lägre densitet⁴¹. Vid en ventilationsöppning på 15 cm stiger rökgaserna snabbt upp på vindsutrymmet och kall luft strömmar in vid ventilationsöppningen och koler temperaturen precis vid ventilationsöppningen. Därmed blir det högst temperatur på en takbjälke 5 cm ovan ventilationsöppningen vid 5 cm: s ventilationsöppning och lägst temperatur vid 15 cm: s ventilationsöppning.

Jämförelse i detektionstider för de optiska rökdetektorerna

I diagram 9 kommer följande förkortningar att användas:

- r.d. är en förkortning för rökdetektor
- vent. är en förkortning för ventilationsöppningen
- b.v. är en förkortning för betongväggen

I diagram 9 jämförs detektionstiderna för de rökdetektorer som detekterade en brand fortast mot de som det tog längst tid för att detektera en brand i de utförda simuleringarna. De rökdetektorer som detekterade en brand fortast var alla placerade på en takbjälke 5 cm ovan ventilationsöppningen, ovan branden. De tre detektorerna som detekterade en brand sist var alla tre placerade i periferin vid betongväggen. I två fall var de placerade i taknocken (vid 5 resp. 15 cm: s ventilationsöppning). Vid 10 cm: s ventilationsöppning var det rökdetektor nr 6, 1.05 meter ovan ventilationsöppningen, som detekterade en brand sist.

Diagram 9. Jämförelse i detektionstiden för rökdetektorer vid de olika ventilationsöppningarna.

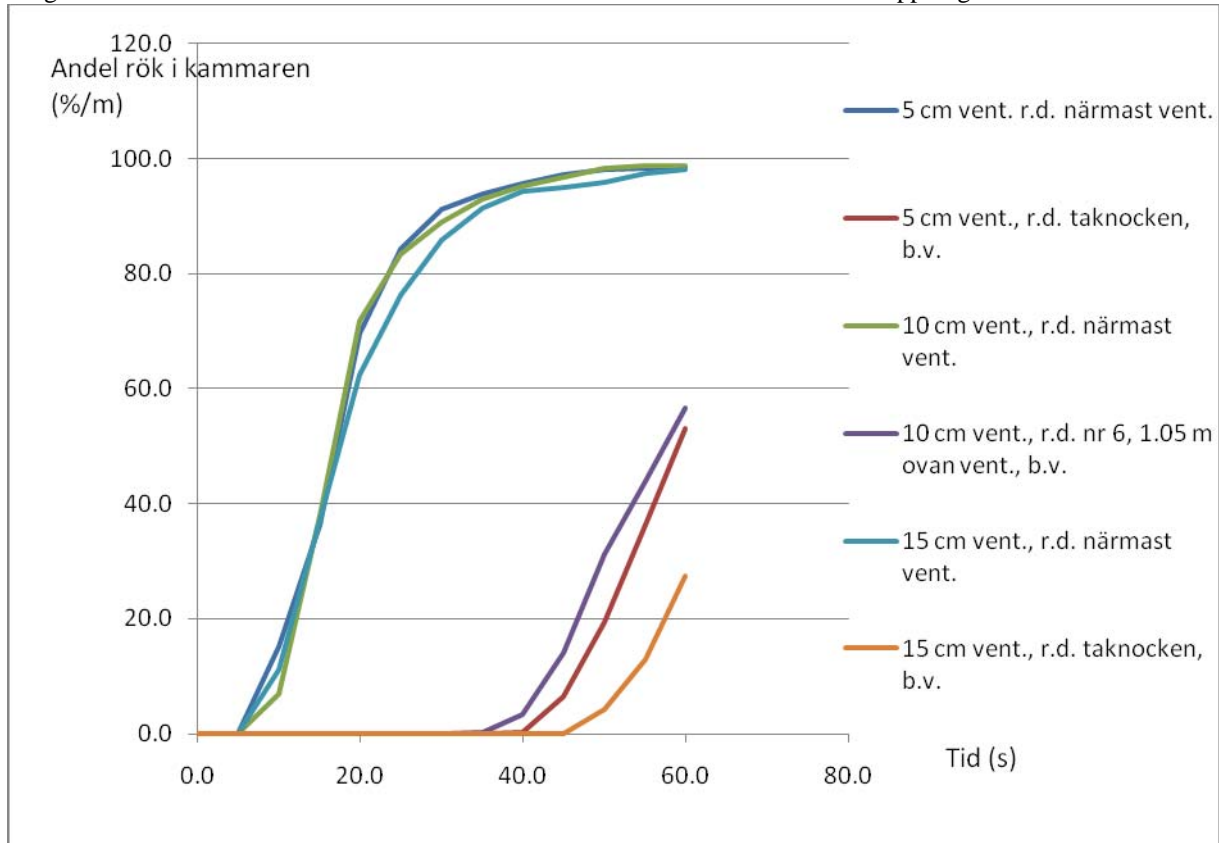


Diagram 9 ovan ger svar på:

- Att de rökdetektorer som detekterar en brand fortast detekterar alla en brand vid 10 sekunder oavsett bredd på ventilationsöppningen. Således har inte storleken på ventilationsöppningen upp till den ventilerade vinden någon betydelse för detektionstiden för rökdetektorerna. Rökdetektorerna detekterade en brand vid 10 sekunder.
- Tidsdifferensen är större för de rökdetektorer som detekterar en brand sist. För de detektorer som detekterar en brand sist skiljer det sig 5 sekunder enligt de utförda simuleringarna.
- Att tidsdifferensen i detektionstid vid 15 cm: s ventilationsöppning mellan den detektor som detekterar en brand först mot den som detekterar en brand sist, är c:a 35 sekunder.

Resultat gällande värmedetektionskabel

I diagram 10 t.o.m. 11 presenteras resultaten för de utförda simuleringarna ”anlagd brand i avfallskärl intill en skolfasad” gällande värmedetektionskabel. Detektionskabeln är placerad 2 cm ifrån väggen, på 2.35 meters höjd.

Diagram 10 visar temperaturen vid värmedetektionskabeln vid de olika ventilationsöppningarna.

Diagram 10. Temperatur vid värmedetektionskabeln vid de olika ventilationsöppningarna

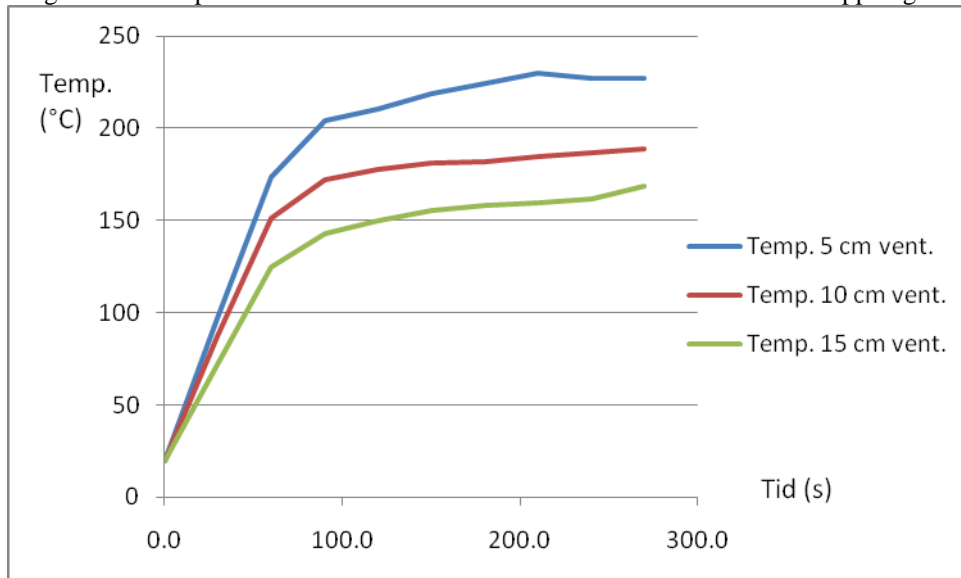


Diagram 10 visar:

- Att högst temperatur uppkommer vid 5 cm: s ventilationsöppning och lägst temperatur uppkommer vid 15 cm: s ventilationsöppning. Efter 270 sekunders brand är temperaturdifferensen vid värmedetektionskabeln 60°C mellan 5 cm: s ventilationsöppning mot 15 cm: s ventilationsöppning. Förhållandet gäller vid slät takfot och ett takutskjut på 0.5 meter.

Diagram 11 visar aktiveringstiden för värmedetektionskablarna vid de olika ventilationsöppningarna.

Diagram 11. Aktiveringstid för värmedetektionskabeln vid de olika storlekarna på ventilationsöppningarna.

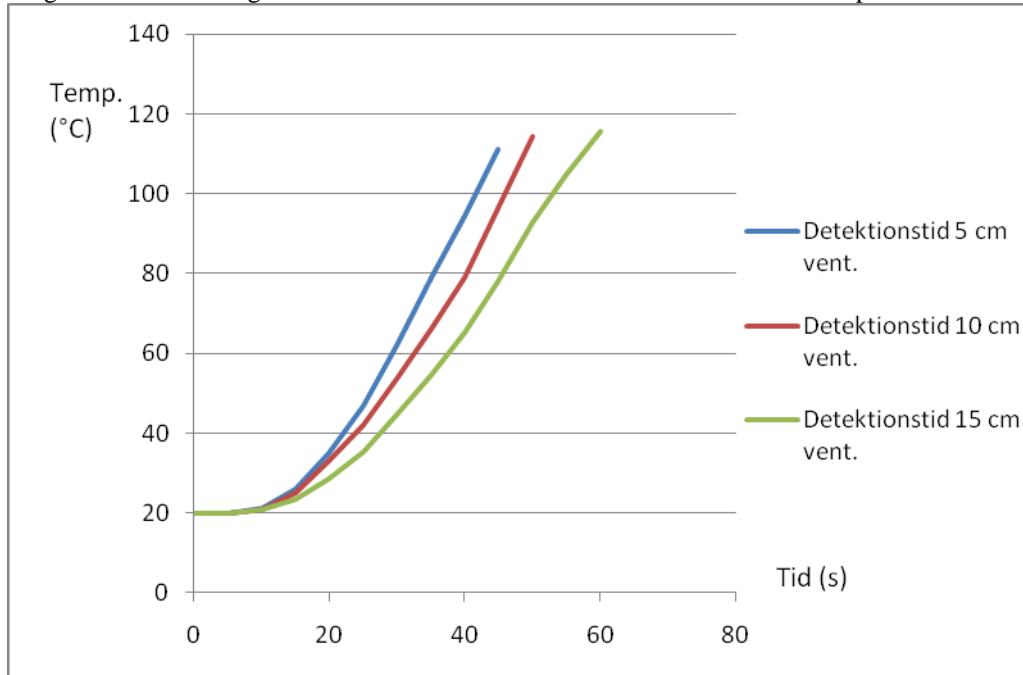


Diagram 11 visar:

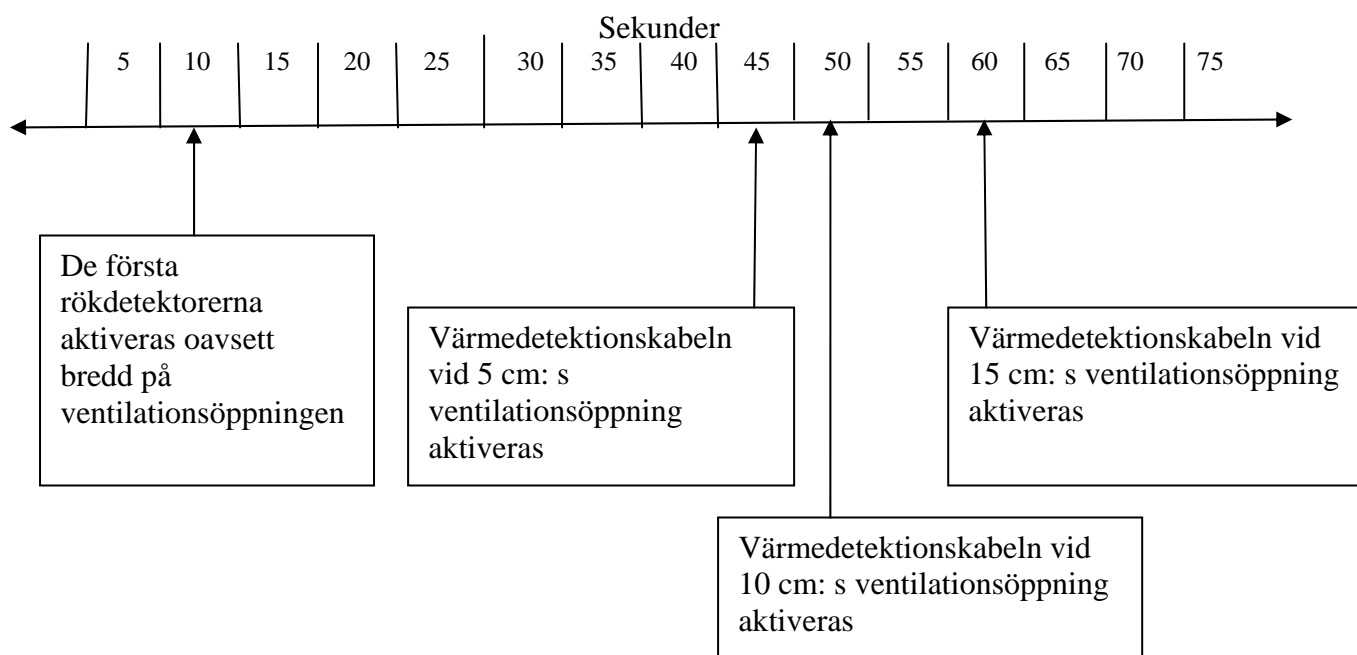
- Att snabbast detektionstid fås vid 5 cm: s ventilationsöppning. I de utförda simuleringarna skulle detektionskabeln aktiveras vid 105°C. Vid 5 cm: s ventilationsöppning detekteras branden 15 sekunder fortare än vid 15 cm: s ventilationsöppning. Det innebär, enligt de utförda simuleringarna, att storleken på ventilationsöppningen upp till den ventilerade vinden har betydelse för detektionstiden av en brand för värmedetektionskablarna.

Jämförelse i detektionstid för de aktiva systemen värmedetektionskabel och optiska rökdetektorer

Figur 8, tidsaxel 2, nedan visar detektionstiden för de aktiva systemen värmedetektionskabel och optiska rökdetektorer vid de olika bredderna på ventilationsöppningarna.

Värmedetektionskablarna aktiveras vid 105°C och de optiska rökdetektorerna vid förmörkelse 4.0 i kammaren.

Figur 8, tidsaxel 2. Detektionstid (s) för de olika aktiva systemen vid de olika ventilationsöppningarna.



Figur 8, tidsaxel 2 visar:

- Att vid en våning hög byggnad, slät takfot, ventilerad vind har optiska rökdetektorer kortare detektionstid jämfört med värmedetektionskablar. Det praktiska försöket utfört av Trygg Hansa 2004-10-04^J visade också att rökdetektorerna detekterar en brand fortare än vad värmedetektionskablar gör vid byggnadskonstruktion med en ventilerad vind. Därmed går det att fastställa att optiska rökdetektorer är effektivare än värmedetektionskablar vid en våning höga byggnader med ventilerade vindar.
- Att vid 15 cm: s ventilationsöppning är tidsdifferensen mellan detektion av brand 50 sekunder mellan rökdetektorn och värmedetektionskabeln. Rökdetektorn på den ventilerade vinden detekterar branden redan efter 10 sekunder, medan det tar 60 sekunder för värmedetektionskabeln.

^J Chef Teknik Företag, Staffan Ivarsson, Trygg Hansa, e-post, 2010-03-08

5.4 Slutsatser avsnitt 5.3

Utifrån de utförda simuleringarna i scenariot anlagd brand i ett avfallskärl intill en skolfasad kan det konstateras att:

- Temperaturen beror på höjden ovan branden.
- Vid 5 cm: s ventilationsöppning uppstår högst temperatur på väggen under takfoten.
- Vid 15 cm: s ventilationsöppning uppstår högst temperatur på väggen upp till 0.3 meter ovan branden för att därefter reduceras.
- Att de rökdetektorer som detekterar en brand fortast detekterar alla en brand vid 10 sekunder oavsett bredd på ventilationsöppningen.
- Tidsdifferensen är större för de rökdetektorer som detekterar en brand sist. För de detektorer som detekterar en brand sist skiljer det sig 5 sekunder enligt de utförda simuleringarna.
- Att tidsdifferensen i detektionstid vid 15 cm: s ventilationsöppning är c:a 35 sekunder mellan den detektorn som detekterar en brand först mot den som detekterar en brand sist.
- Att högst temperatur uppkommer vid 5 cm: s ventilationsöppning och lägst temperatur uppkommer vid 15 cm: s ventilationsöppning.
- Att den optimala placeringen av en värmedetekteringskabel är så långt ner det är praktiskt möjligt.
- Att vid en våning hög byggnad, slät takfot, ventilerad vind har optiska rökdetektorer kortare detektionstid jämfört med värmedetekteringskablar.
- Att placera rökdetektorer i periferin längs med en brandvägg kan leda till längre detektionstid för brand.
- I de utförda simuleringarna var det de rökdetektorer placerade precis ovan ventilationsöppningen ovan branden, oberoende av bredden på ventilationsöppningen, som detekterade en brand fortast. Fallstudien från Torslanda skolan, Göteborg, Sverige 2009-11-14 visade att det var en detektor som låg på entréplanet som larmade först trots att det fanns rökdetektorer placerade på vinden ovanför där branden startade. Utifrån de utförda simuleringarna och fallstudien från Torslanda skolan går det inte att fastställa optimal placering av rökdetektorer.
- Det skilde sig åt i detektionstid för de övriga detektorerna vid de olika ventilationsöppningarna. Det kan dock konstateras att vid 15 cm: s ventilationsöppning var det de tre rökdetektorer i taknocken som detekterade en brand sist. Vid 5 respektive 10 cm: s ventilationsöppning fanns det inget klart mönster i detektionstiden. Dock var tendensen i de utförda simuleringarna att vid placering av rökdetektorer över halva höjden på vindsutrymmet, ju senare detektion.
- För framtida simuleringar bör olika brandeffekter längs med fasaden simuleras. Det är svårt att bestämma brandeffekten då innehållet i soptunnorna/avfallskärnen/containerna kan vara olika. De kan också var tomma, fyllda upp till hälften eller fyllda helt till locket vilket också avgör brandeffekten. Storleken på brandeffekten påverkar faktorer såsom temperatur, detektionstid och inte minst fasaderna på skolbyggnaderna.

6 Kostnad/nytta analyser

I följande avsnitt behandlas kostnad/nytta analyser för:

- Installation av värmekablar på fasad/takfot
- Rökdetektorer installerade på ventilerade vindar
- Automatiska brandlarm

Syftet med att presentera kostnad/nytta analyser i de följande avsnitten är för att skapa en uppfattning kring kostnad/nytta för de tre nämnda fallen ovanför. Det är inte fullständiga kostnad/nytta analyser som presenteras utan följande avsnitt utgör en generell presentation av kostnad/nytta.

6.1 Kostnad/nytta analys i samband med installation av värmekablar

Kostnaden för installation av värmekablar varierar beroende på val av detektionskablar. I tabellen nedan redovisas kostnaden för några olika fabrikat av värmedetektionskablar. Eftersom information om kostnaderna kommer från Norge⁵² redovisas kostnaderna i *norska kronor*. Vidare är uppgifterna från år 2002 så en mindre justering av kostnaderna kan vara aktuell, men enligt uppgift från Microsec^S återförsäljare av FireSys i Sverige, är totala installationskostnaden c:a 25 000 svenska kronor för 100 meter kabel, vilket överensstämmer någorlunda med kostnaden redovisad i tabell 18 nedan.

Tabell 18. Översikt över kostnader för olika fabrikat av värmedetektionskablar, *i norska kronor*⁵².

Pris	Spider (smältkabel)	FireSys (liknande funktion som en differentialvärmedetektor, d.v.s. aktiveras vid kraftig temperaturökning)	ADW 511 (differentialvärmedetektor)	Protectowire (smältkabel)
Per meter	23	Bara fast system	40 *	129
Kontrollenhet	2400	Bara fast system	25 860	2 000 – 5 000
Standardinstallation	20 000	20 000	35 000	Varierande**

* säljs endast i storlek på 5,5 meter. Kostnad per rör är 210 norska kronor⁵²

** är beroende av vilken kontrollpanel som väljs⁵²

Det framgår av tabell 18 att installation av värmedetektionskablar, inklusive kontrollenhet, inte utgör någon större kostnad i förhållande till vad det kostar att bygga upp en ny förskola (jämför kostnaderna för Sångfågeln som var nästan 1 600 000 svenska kronor).

Premiesänkning vid installation av värmedetektionskablar

Försäkringsbolaget Göta Lejon AB^T uppger att de kommunala fastigheter som installerar värmedetektionskablar i Göteborg får en betydligt lägre premie. Tabell 19 presenterar premiesänkningen Göta Lejon AB presenterar för sina kunder vid installation av värmedetektionskabel.

^S Platschef, Dan Tilly, Microsec, telefonsamtal 2010-03-10

^T VD, K-G Berglund, Försäkringsbolaget Göta Lejon AB, telefonsamtal 2010-03-02

Tabell 19. Premiesänkning, Göta Lejon AB^S

Värmedetektionskabel	Premiekostnad (svenska kronor/m ²)	Självrisk (svenska kronor)
Ej installerad	35	5 000 000
Installerad	14	200 000

I tabell 19 syns det att det är en klar premiesänkning för kommunala fastigheter som installerar värmedetektionskablar.

6.2 Kostnad/nytta analys i samband med installation av rökdetektorer

Kostnaderna för installation av rökdetektorer presenteras i tabell 20 nedan. Uppgifterna är hämtade från Honeywell Life Safety^U som är en av flertalet återförsäljare på marknaden.

Tabell 20. Kostnader för installation av rökdetektorer på ventilerade vindar^U.

System	Kostnad (svenska kronor)/detektor
Konventionellt	1400
Analogt (adressbart)	1700

Beloppen som redovisas i tabell 20 ovanför är totalbelopp per detektor^U.

Det är samma princip för rökdetektorerna som för värmedetektionskablar, nämligen att kostnaderna för installation är betydligt mindre än det förlorade värdet vid en anlagd skolbrand. Jämför kostnaderna för Åsgården (25 miljoner norska kronor) och Killebäckskolan (100 miljoner svenska kronor) som båda saknade rökdetektorer på de ventilerade vindarna.

6.3 Kostnad/nytta analys gällande automatiska brandlarm

Kågebro²¹ uppger att kostnaderna för automatlarm är (när räddningstjänsten rycker ut):

- Brandbilarnas drivmedel samt slitage på brandbilarna
- Kostnad i form av produktionsbortfall när personalen tas i anspråk för att åka ut på automatlarm

Vidare uppger Kågebro²¹ kostnader som inte är ekonomiska:

- Ökad miljöförstöring för utryckningen
- Kostnad för skolan p.g.a. produktionsbortfall vid automatlarm när det förekommer verksamhet i skolan
- Kostnad för eventuell polisutryckning
- Kostnad för eventuell ambulansutryckning
- Kostnad för ökad trafikolycksrisk²¹.

Utöver de kostnader som är nämnda ovanför debiterar räddningstjänsterna i både Norge och Sverige för falskt larm utlöst av automatlarm. Svenska Dagbladet⁵⁷ uppger att räddningstjänsterna i Sverige debiterar mellan 2 500 kronor till 12 000 kronor för ett falskt larm. Vidare står det att läsa att räddningstjänsten i Sverige får in 94 miljoner kronor genom att åka ut på falska larm och debitera dem⁵⁷.

I Norge debiterar t.ex. räddningstjänsten Oslo universitetet i Oslo 3 320 norska kronor för varje falsk larm uppger Universitas⁵⁸. Även i Norge bidrar falska automatlarm till inkomst för räddningstjänsterna. Automatlarmen blir inkomster för räddningstjänsterna men utgifter för de olika fastighetsägarna i både Norge och Sverige. Detta är en av anledningarna till varför väktare kör först på automatlarm i Huddinge (se avsnitt 3.7).

^U Account Manager, Pål Petersson, Honeywell Life Safety AB, telefonsamtal , 2010-05-05

Total kostnad av automatlarm, Sverige

Kågebro²¹ uppger att totalkostnaden för automatlarm motsvarar 6 146 000 kronor per år i Sverige. Vidare är tidsvärdet för en minut, allmän byggnad 71 070 kronor²¹. I tabell 9 under avsnitt 2.11 är det totala antalet automatlarm där brand har konstaterats i förskola samt skola 363 stycken till antalet²³.

Tabell 21 ger en översikt över de ovanstående presenterade siffrorna.

Tabell 21. Översikt över de samhällsekonomiska värdena år 2008 gällande automatlarm, Sverige

Total kostnad för automatlarm, ej brand, Sverige	6 146 000 svenska kronor ²¹
Tidsvärdet för en minut, allmän byggnad	71 070 svenska kronor ²¹
Antalet automatlarm där brand har konstaterats i förskola samt skola	363 stycken ²³

Kågebro²¹ begagnar sig av nedanstående ekvation för att räkna ut om det är samhällsekonomiskt lönsamt med automatlarm:

$((\text{Total kostnad för automatlarm, ej brand}) \div (\text{tidsvärdet för en minut}) \div (\text{antalet automatlarm där brand har konstaterats i skola samt förskola})) * (60) = \text{Antalet sekunder räddningstjänsten inte får komma fram senare för att det skall vara kostnadseffektivt med automatlarm}^{19}$. Ekvation 6.2

Värdena i tabell 21 i ekvation 6.2 ger oss;

$((6\,146\,000 \text{ svenska kronor}) / (71\,070 \text{ svenska kronor}) / (28+335 \text{ stycken})) * 60 = 14,3 \text{ sekunder}$. Svaret innebär att räddningstjänsten inte får komma mer än 14,3 sekunder senare till objekten vid de tillfällen då det brinner i skolbyggnaderna för att automatlarmen skall vara kostnadseffektiva.

Kågebro²¹ anser att räddningstjänsten bör hantera ett automatlarm som konstaterad brand.

Under avsnitt 3.8 presenterades termen "tidsvärde". Där tydliggjordes behovet av en snabb insatstid. Kågebro²¹ anser att det krävs att räddningstjänsten hanterar inkomna larm som konstaterade bränder. Om inte räddningstjänsten hanterar larmen som konstaterade bränder riskerar kostnaderna att bli stora vid en brand²¹.

Det är inte enbart uppbyggnaden av skolorna som kostar enorma belopp. Det är även kostnader för tillfälliga lokaler för elever som står utan skola, barn som inte har någon förskola vilket ställer till problem för föräldrar som behöver barnomsorg för att kunna arbeta etc. En anlagd skolbrand får många konsekvenser och många olika kostnader.

6.4 Slutsatser kostnad/nytta analyser

Rapporten visar att:

- Försäkringsbolag tillämpar en klar premiesänkning samt självrisk vid installation av värmedetektionskablar och/eller rökdetektorer.
- Installationskostnaderna för värmedetektionskablar och/eller rökdetektorer är små jämfört med vad kostnaderna blir för återuppbyggnaden av en skola.
- Räddningstjänsterna bör behandla ett inkommet automatlarm "brand i byggnad" som en konstaterad för att undvika en längre insatstid och därmed riskera en större skadeomfattning.

7 Analys och diskussion av resultaten

Syftet med förebyggande brandskydd och brandbekämpning är att reducera riskerna till en minimal nivå, som är accepterat för både fastighetsägare och samhället i övrigt.

En faktor som spelar stor roll när det gäller utformningen av brandskyddet är ekonomin. De brandförebyggande åtgärderna skall vara ekonomiskt försvarbara. I rapporten redovisades en generell översikt över kostnader för installation av värmedetektionskablar och rökdetektorer. Utifrån fallstudierna går det att se att vinsten med att installera de här systemen övervinner kostnaderna. Även om det installeras fler detektionssystem för brand vilket ger upphov till ännu fler automatlarm och därmed fler falsk larm för fler räddningstjänster är nyttan med de här systemen större än kostnaderna. I alla fall så länge räddningstjänsten hanterar automatlarmen som en konstaterad brand.

Nedan följer en analys och diskussion av resultaten.

Hur stor är omfattningen av antalet anlagda skolbränder i Norge och Sverige?

Rapporten visar:

- Att det finns ett mörkertal när det gäller anlagda skolbränder i både Norge och Sverige. Detta eftersom räddningstjänsternas insatsrapporter är från större insatser. Vid mindre bränder t.ex. brand i en papperskorg blir ibland inte räddningstjänsterna larmade. Därmed är det ett flertal anlagda bränder som inte registreras eftersom elever och/eller personal släcker de mindre bränderna och inte varskor räddningstjänsten. Detta medför givetvis att statistiken över antalet anlagda skolbränder är missvisande i de båda länderna. Händelser bör följas upp bättre för att skapa ett bättre statistiskt underlag i de båda länderna.
- Att statistiken i Norge är bristfällig. Det saknas information om 45 % av byggnadsbränderna i Norge mellan år 2003 till 2007, främst i Norge. Det faktum att polisen i Rogaland inte finner upplysningar om att skolbränder har inträffat i Rogaland under de senaste 10 åren trots att det under 2008 rapporterades 5 skolbränder i Rogaland är mycket illavarslande. Antalet anlagda skolbränder är fler till antalet än vad som framkommer i statistiken och problematiken har därmed en större omfattning än vad som framkommer genom befintlig statistik. I Sverige är problematiken väl belyst. Problematiken måste belysas mycket mer i Norge än vad den gör, annars riskerar fler skolor att brinna upp.

När/var anläggs de skolbränder som blir mest skadeomfattande/ger störst skadekostnader?

Rapporten visar:

- Att de anlagda skolbränderna som blir mest skadeomfattande anläggs på kvällar/nätter/helger både i Norge och i Sverige. Anledningen till varför de bränder som anläggs under kvällar/nätter/helger blir mest skadeomfattande är, precis som vid bränder som anläggs utanför skolbyggnaden, att det saknas aktivt brandskydd på skolbyggnadernas fasad och/eller ventilerade vindarna. Skolan är stängd under kvällar/nätter/helger och därmed är det större sannolikhet för att branden anläggs utanför skolbyggnaden. Brandanstiftaren skulle kunna bryta sig in i skolbyggnaden och anlägga branden inne i skolbyggnaden, men det medför ökad risk för att bli upptäckt genom att skolans inbrottslarm aktiveras. Branden anläggs istället utanför skolbyggnaden i en soptunna eller liknande. Detta visar ytterligare att ett aktivt brandskydd inne i skolbyggnaderna hjälper föga när bränderna anläggs under kvällar/nätter/helger. Det behövs ett aktivt brandskydd på fasader/takfot och/eller på de ventilerade vindarna

- Att de största skadekostnaderna för anlagda skolbränder i Göteborg var de bränder som hade sitt startutrymme utanför skolbyggnaden. Med största sannolikhet gäller det här inte bara Göteborg utan alla kommuner i Norge samt i Sverige eftersom brandskyddet är koncentrerat till att vara inne i skolbyggnaderna men inte på fasad och/eller på de ventilerade vindarna. Vid en (anlagd) skolbrand som har sitt startutrymme utanför skolbyggnaden finns det, på de flesta skolorna, inget aktivt system som detekterar branden och konsekvenserna riskerar att bli ödesdigra.

Omfattningen av de anlagda skolbränderna vid räddningstjänstens framkomst.

Rapporten visar:

- Att eftersom skolbyggnaderna saknar ett aktivt brandskydd på fasaderna och på de ventilerade vindarna riskerar skadeomfattningen att bli betydande. 18 % av det totala antalet anlagda skolbränder har omfattningarna ”brand i flera rum” samt ”brand i flera brandceller” vid räddningstjänstens framkomst (Sverige). Med andra ord så har nästan var femte anlagd skolbrand i Sverige omfattande skador vid räddningstjänstens framkomst. Flertalet av de här bränderna är säkert anlagda på kvällar/nätter/helger utanför skolbyggnader som saknar ett detektionssystem för brand på fasaderna och/eller på de ventilerade vindarna.

Släckningsplatsen av de anlagda skolbränderna.

Rapporten visar:

- Att släckningsplatserna för de anlagda skolbränderna (Sverige) är i 31,2 % av det totala antalet i ”startbyggnaden” eller i ”spridning till andra byggnader”. Var 14:e anlagd brand i skolbyggnad (ej förskola) leder till omfattande skador genom att släckningsplatserna är i ”startbyggnaden” eller ”spridning till andra byggnader”. Värre är det när det gäller förskolor. Förskolor har i 24,3 % av det totala antalet, släckningsplatser i ”startbyggnaden” respektive ”spridning till andra byggnader”. D.v.s. nästan var fjärde anlagd brand på förskola leder till stor skadeomfattning och stora förlorade värden eftersom de anlagda bränderna hinner sprida sig i förskolebyggnaden eller till andra byggnader i närheten innan bränderna släcks av räddningstjänsten.

Insatstiden för räddningstjänsten

Rapporten visar:

- Att förutom ett fungerande detektionssystem är även räddningstjänstens insatstid av central betydelse. Räddningstjänsten bör komma fram i antändningsfasen för att kunna begränsa skadorna. Detta för att en längre insatstid i händelse av en brand ger upphov till, inte bara större skadeomfattning, utan även, ur ett samhällsperspektiv, ej kostnadseffektiva automatlarm. D.v.s. att kostnaderna ur samhällssynpunkt är större än vinsterna genom att ha automatlarm installerade. Det konstaterades i rapporten att räddningstjänsten inte får komma fram senare än 14 sekunder vid de tillfällen ett automatlarm har aktiverats och det är en brand. Det är en marginell skillnad på insatstiden. Räddningstjänsten bör därför hantera ett inkommet automatlarm ”brand i byggnad” som en konstaterad brand.
- Att det finns ett sammanlagt tidsvärde på 355 350 svenska kronor (2005) om räddningstjänsten är på plats fem minuter fortare vid en förskola/skola (allmän byggnad) vid konstaterad brand. Detta innebär, precis som nämnt under punkten ovan, att räddningstjänsterna bör behandla ett inkommet automatlarm ”brand i byggnad” som en konstaterad brand.

Reducerad skadeomfattning av anlagda skolbränder m.h.a. värmedetektionsskablar installerade på fasad/takfot och/eller rökdetektorer på de ventilerade vindarna?

Rapporten visar:

- Att skolbyggnader med ventilerade vindar som saknar ett detektionssystem för brand kan få omfattande skador. Det presenterades två fallstudier där de ventilerade vindarna saknade detektionssystem (rökdetektorer). Från de här två fallstudierna går det att se att både skadeomfattningen och det förlorade värdet riskerar att bli omfattande.
- Att det finns effektiva åtgärder för att reducera skadeomfattningen betydligt. Fallstudierna från Huddinge kommun och Gävle visade detta. I de här fallstudierna tydliggörs betydelsen av att ha värmedetektionsskablar installerade på skolornas fasader. Differensen mellan skadeomfattningarna och de förlorade värdena skilde sig markant åt mellan de skolbyggnader som hade installerat värmedetektionsskablar mot de skolbyggnader som inte hade installerat värmedetektionsskablar. Det är inte bara en kostnad för återuppbyggnaden av skolbyggnaderna utan även praktiska problem såsom var undervisningen skall bedrivas när skolan har brunnit ned, var förskolebarnen skall placeras när deras förskola har brunnit ned o.s.v. Kostnader och problem som kan förebyggas genom att installera värmedetektionsskablar på fasader/takfot och/eller rökdetektorer på de ventilerade vindarna.
- Att många skolor i Norge byggdes under 1960 – och 70- talet med ventilerade vindar. Vidare framkom det att ventilerade vindar berörs mycket flyktigt i BBR (Sverige) när det gäller byggregler. Även i Norge berörs ventilerade vindar mycket flyktigt även om ventilerade vindar är reglerade genom TEK. Det framkom också att räddningstjänsten har problem med de här bränderna. När branden väl har fått fäste på den ventilerade vinden blir det svårt för räddningstjänsten att släcka branden. Ofta låter då räddningstjänsterna taket brinna av och inriktar sitt arbete på att begränsa brandspridning till övriga byggnaden/byggnader. Detta ger upphov till omfattande skador och ett detektionssystem för brand (rökdetektorer) bör därför installeras på de ventilerade vindarna.

Automatlarmens betydelse

Rapporten visar:

- Att andelen falskt larm utlösta av automatiska brandlarm är över 90 %, d.v.s. att mer än 9 av 10 larm utlösta av detektionssystem är falska (Sverige). De här falska larmen utgör en inkomst för räddningstjänsterna i både Norge och i Sverige. När det har konstateras att det är ett falskt larm debiterar räddningstjänsterna i både Norge och Sverige för utryckningen. På så sätt blir falsk larmen en inkomstkälla för räddningstjänsterna i både Norge och i Sverige. Samtidigt blir det en onödig utgiftspost för kommuner vilket kan leda till att kommuner provar andra lösningar. Huddinge kommun låter väktare köra först på automatiska brandlarm. En väktare har inte den kompetens eller utrustning som en släckbil från räddningstjänsten har. Trots att det gick bra i Huddinge kommun (se fallstudien Västergårdens förskola) och det finns säkert fler exempel, skall räddningstjänsten vara först på plats vid ett utlöst automatlarm. Vid en konstaterad brand har räddningstjänstens personal både mer kompetens och resurser än vad en väktare har. Det finns utrymme för kommuner att prova alternativa lösningar t.ex. termosensorer för att reducera antalet falska automatlarm och ändå ha ett effektivt detektionssystem för brand.

- Att det inte finns något som heter ”absolut säkerhet”. Det finns tillfällen då detektionssystem är installerade men skadorna trots detta kan bli omfattande. Fallstudien från Torslandaskolan visar detta. Det fanns rökdetektorer installerade på den ventilerande vinden, men de här rökdetektorerna aktiverades inte. Det var rökdetektorerna inne i själva skolbyggnaden som gav upphov till det automatiska brandlarmet och ger därmed upphov till alarmering i ett sent skede. Anledningen till varför är inte klarlagt. Öppningen upp till den ventilerade vinden kan ha varit för liten. Vinden kan ha påverkat brandgas spridningen. Orsaken till varför de inte aktiverades lär antagligen förbli okänd, men det kan konstateras att ”absolut säkerhet” är en utopi. Det är dock viktigt att analysera mer och försöka klargöra vad som gick fel för att förhindra liknande händelse i framtiden.

Lagar och föreskrifter gällande skolbyggnaders brandskydd

Rapporten visar:

- Att brandskyddet i skolbyggnaderna är inriktat på personsäkerheten och inte på egendomsskydd. De lagar och föreskrifter som behandlar brandsäkerheten i byggnader i båda länderna utgår ifrån personsäkerheten. Detta gör att skolbyggnaderna har ett invändigt detektionssystem för brand för att garantera att elever och personal kan utrymma skolan säkert och tryggt i händelse av brand, men saknar i många tillfällen ett detektionssystem för brand på utsidan av byggnaderna för egendomsskydd. Det behövs lagar och bestämmelser som reglerar t.ex. hur nära en bil kan parkeras intill en skolfasad. En bil kan parkeras nära skolfasaden i både Norge och Sverige och därmed leda till att en skola brinner ner (se fallstudien Torslanda skolan 2009-11-14).

Optiska rökdetektorer och värmedetektionskablar.

Rapporten visar:

- Att det inte är många kommuner som har installerat värmedetektionskablar på skolbyggnader. En förklaring kan vara att det saknas specifika standarder och allmänna installationsregler för värmedetektionskablar. Detta medför att det finns en osäkerhet hur effektiva värmekablarna är, både när det gäller funktion och detektionstid. En annan förklaring kan vara att värmedetektionskablar inte är lika inarbetade på marknaden som rökdetektorer. Det har genomförts olika praktiska försök med värmedetektionskablar för att utröna deras effektivitet respektive deras svagheter. Men det verkar finnas en osäkerhet och/eller okunskap angående det här detektionssystemets effektivitet.
- Att den optimala placeringen av en värmedetektionskabel vid en slät takfot är nära väggen. Värmedetektionskabeln skall inte placeras längre ut än halva takfotutskjutet.
- Att vid byggnadskonstruktioner med ventilerad vind är optiska rökdetektorer installerade på vinden bättre lämpade än värmedetektionskabel på vägg/takfot. De optiska rökdetektorerna på vindarna detekterar en brand fortare än vad en värmedetektionskabel på fasad/takfot gör. Om byggnaden inte har en ventilerad vind är värmedetektionskabel ett effektivt detektionssystem för brand.
- Att storleken på ventilationsöppningen mot den ventilerade vinden spelar roll för placeringen av värmedetektionskabel. Ju större ventilationsöppningen är, ju längre ner skall värmedetektionskabeln placeras för att åstadkomma en snabbare detektion.

Är värmekablar på fasad/takfot och/eller rökdetektorer på vinden ekonomiskt lönsamt?

Rapporten visar:

- Att med värmedetekterskablar installerade på fasad/takfot sänker Göta Lejon AB sin självrisk från 5 000 000 till 200 000. En markant skillnad i självrisk. Dessutom sänks premiekostnaden från 35 kr/m² till 14 kr/m². I Göteborg, där Göta Lejon AB är verksam, är värmedetekterskablar och/eller rökdetektorer på vindarna vanligt förekommande på de kommunala fastigheterna. I många andra kommuner i både Norge och i Sverige saknas det aktivt brandskydd på skolbyggnadernas fasader och/eller på de ventilerade vindarna. Kommunerna i de båda länderna bör snarast installera ett aktivt brandskydd på fasaderna och/eller på de ventilerade vindarna för att åstadkomma ett effektivt brandskydd och därmed reducering av skadeomfattningen vid en (anlagd)skolbrand

Går det att komma tillrätta med de anlagda skolbränderna?

Rapporten visar:

- Att om det går att komma tillrätta med de anlagda skolbränderna kommer med stor sannolikhet även de anlagda bränderna i samhället att minska eftersom ungdomar är inblandade i de flesta anlagda bränder. Barn och ungdomar anlägger bränder av olika anledningar. Genom att arbeta med prevention mot skolbränder i skolorna kommer de anlagda bränderna i samhället i övrigt att minska. Ungdomarna nås i skolan och det är genom skolan arbetet måste ske för att förebygga att fler bränder anläggs i samhället.

8 Diskussion av de vetenskapliga metoderna som begagnades i det här examensarbetet

8.1 Statistiken

För att kartlägga problematiken inhämtades statistik från de båda länderna. Den inhämtade statistiken utgjorde sedermera fakta underlag i arbetet.

Svaghet; statistiken är bristfällig då det finns ett stort mörkertal, framförallt i Norge. Trots detta bygger fakta i rapporten på den inhämtade statistiken.

Styrka; statistiken påvisar att de mest omfattande skolbränderna inträffar på kvällar/nätter/helger och har sitt startutrymme utanför skolbyggnaden. Detta stämmer väl överens med fallstudierna som presenterades i rapporten.

8.2 Litteraturgenomgången

En stor del av informationen till litteraturen inhämtades via internet, varav en stor del utgör artiklar i diverse tidningar.

Svaghet; En del information är tagen från artiklar publicerade i dagstidningar. Dagstidningar är inga vetenskapliga tidskrifter och därmed är kvalitén på fakta i de här artiklarna inte på samma nivå som om de vore publicerade i vetenskapliga tidskrifter. Även information från diverse företags hemsidor inhämtades. De här hemsidorna hänvisar inte till några vetenskapliga källor.

Styrka; Artiklarna från dagstidningarna som inhämtades via internet bygger i sin tur på fakta inhämtade från bl.a. MSB och Brandskyddsföreningen. De utgör därmed en förkortad version av information från bl.a. MSB och Brandskyddsföreningen. Hemsidorna på internet utgör fakta inhämtning för bl.a. brandförlopp. Förklaringarna på hemsidorna är ofta både korta och enkla och är därmed lättare att använda för att förklara t.ex. ett brandförlopp.

8.3 Intervjuerna

Ett antal förfrågningar skickades ut via e-post till en rad intressenter i Norge och i Sverige. I Norge var gensvaret, överlag, bra. Dessvärre var det från personer som inte kunde hjälpa till med information av den anledningen att det saknades mer utförlig information som t.ex. olycksundersökningar, skadekostnader o.s.v.

Gensvaret från Sverige var sämre. Det fanns ett antal intressenter som är verksamma inom området som inte besvarade förfrågningar angående olycksundersökningar, skadekostnader o.s.v. Statistik över svarsfrekvensen till förfrågningarna saknas tyvärr.

Svaghet; Saknar en del information, framförallt från Norge. Personer verksamma inom anlagd brand området i både Norge och i Sverige har information som inte framkommer i rapporten.

Styrka; De personer som besvarade förfrågningarna via telefon och/eller e-post var intresserade av att bidra med information till rapporten. Detta bidrog till t.ex. fallstudierna. De besvarade frågor och gav mer utförlig information om det behövdes.

8.4 De utförda simuleringarna

Svagheter för de utförda simuleringarna; De simuleringar som blev utförda i scenariot ”anlagd brand i avfallskärl vid en skolfasad” har ingen påverkan från vind. Det gör att det inte skapas en realistisk bild över brandgas spridningen (om det inte är fullständigt vindstilla).

Styrka för de utförda simuleringarna; SP_stor har större domän och därmed bättre anpassad geometri för de utförda simuleringarna.

Resultaten från simuleringarna stämmer väl överens med de resultat som både SP⁴⁸ samt Trygg Hansa^J har kommit fram till.

^J Chef Teknik Företag, Staffan Ivarsson, Trygg Hansa, e-post, 2010-03-08

9 Slutsatser

Hur stor är omfattningen av antalet anlagda skolbränder i Norge och Sverige?

Statistiken angående antalet anlagda skolbränder är missvisande. Mörkertalet är stort. MSB anger att det anläggs ungefär 10 000 bränder varje år i Sverige. Enligt uppgifter från Svenska Brandskyddsföreningen är minst 25 % av bränderna anlagda i Sverige. När det gäller skolbränder kan 70 – 80 % vara anlagda i Sverige enligt brandskyddsföreningen. Enligt norska brannvernforeningen har var femte skola i Norge haft en eller flera anlagda bränder de senaste tre åren.

Det kan konstateras att problematiken har större omfattning än vad som redovisas genom befintlig statistik. Det gäller både Norge och Sverige.

Blir det reducerad skadeomfattning av anlagda skolbränder m.h.a. värmedetektionskablar installerade på fasad/takfot och/eller rökdetektorer på de ventilerade vindarna?

Genom att installera detektionssystem för brand på skolbyggnadernas fasader och/eller på de ventilerade vindarna ges det bättre möjlighet för räddningstjänsten att kunna reducera skadeomfattningen vid en (anlagd)brand genom en snabbare detektionstid och därmed en kortare insatstid. Räddningstjänsterna skall dock behandla ett inkommet automatlarm ”brand i byggnad” som en konstaterad brand för att skapa en kortare insatstid och därmed ha bättre möjlighet att begränsa skadeomfattningen vid en (anlagd)skolbrand. Fallstudierna ifrån Huddinge kommun samt Gävle kommun visade att det blir en reducerad skadeomfattning vid installation av värmedetektionskablar. Dock visar fallstudien från Torslanda skolan, Göteborg, Sverige 2009-11-14 att ”absolut säkerhet” inte existerar. Trots att optiska rökdetektorer var installerade på den ventilerade vinden brann skolbyggnaden ner vid en anlagd skolbrand.

Är värmekablar på fasad/takfot och/eller rökdetektorer på vinden ekonomiskt lönsamt?

Genom att installera detektionssystem för brand på skolbyggnadernas fasader och/eller på de ventilerade vindarna sänks både premierna och självriskan från försäkringsbolagen. De anlagda skolbränderna kostar miljonbelopp i både Norge och Sverige. I Sverige uppger MSB att skolbränder kostar minst 300 miljoner kronor per år. Uppgifter saknas från Norge. Det är ekonomiskt lönsamt att installera värmedetektionskablar och/eller rökdetektorer på de ventilerade vindarna. När (om) en skolbyggnad blir utsatt för en anlagd brand, kan skadeomfattningen och därmed skadekostnaderna reduceras betydligt med hjälp av de här båda aktiva systemen.

10 Fortsatt arbete

Fortsatta studier inom området är erforderliga. Anlagda skolbränder är ett tvärvetenskapligt problemområde. Det finns ingen enskild lösning, utan många olika åtgärder måste till för att reducera antalet anlagda skolbränder och, när de väl inträffar, reducera skadeomfattningen av dem.

Under tiden den här rapporten skrevs blev följande ämnen aktuella för vidare studier:

- Statistiken. Utföra studier som enbart behandlar statistiken, framförallt i Norge. Under arbetets gång upptäcktes det brister i den norska statistiken. Önskvärt med bättre statistiskt underlag.
- Studier hur fasader påverkas av olika tändkällor är erforderliga för att säkerställa tillräckligt skyddsavstånd mellan tändkälla och byggnadsfasad. Fasaderna påverkas av en anlagd brand, t.ex. branden på Torslanda skolan 2009-11-14. Det finns riktlinjer angående skyddsavstånd mellan soptunnor och fasader som brandskyddsföreningarna i Europa gemensamt ger ut, CFPAs Guidelines, men det krävs fler studier för att påvisa hur olika tändkällor påverkar byggnadsfasader och därmed få till en bättre reglering gällande skyddsavstånd (att t.ex. inte parkera en bil 2 meter ifrån en byggnad etc.).
- Värmedetektionskablar. Fler studier och experiment som visar värmedetektionskablaras effektivitet respektive deras svagheter.
- Rökdetektorernas effektivitet respektive svagheter. Fortsatt undersökning (djupanalys) för att få reda på varför rökdetektorerna inte aktiverades på Torslanda skolan för att undvika att liknande kan inträffa på en annan (skol)byggnad.
- Fullständiga kostnad/nytta analyser gällande installation av värmedetektionskablar, installation av rökdetektorer på de ventilerade vindarna samt automat larmen.
- Undersöka om andra aktiva system, såsom termosensorer och sprinkler anläggning, är mer effektiva än värmedetektionskablar på fasaderna och/eller rökdetektorer på de ventilerade vindarna när det gäller att reducera skadeomfattningen vid anlagda (skol)bränder.

11 Referenser

- 1) MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, *Anlagd brand skolmaterial*, (elektronisk) tillgänglig, <http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Sakerhet-hem--fritid/Skolmaterial-barn--unga/Malgrupp-12-16-ar/Anlagd-brand/>, 2010-04-28
- 2) Brandskyddsföreningen, *Anlagd brand*, (elektronisk), tillgänglig, <http://www.brandskyddsforeningen.se/web/anlagdbrand.aspx>, 2010-04-28
- 3) Dagens Nyheter, *Forskning sätts in mot anlagda bränder*, (elektronisk), tillgänglig, <http://www.dn.se/nyheter/sverige/forskning-satts-in-mot-skolbrander-1.522098>, 2010-04-28
- 4) MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, *Anlagd brand skola*, (elektronisk) tillgänglig, <http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Brandskydd/Anlagd-brand/Anlagd-brand-skola/>, 2010-04-28
- 5) Räddningsverket (numera MSB), *Sirenen*, nr 1, 2008
- 6) Brannvernforeningen, *På satt brann ved hver femte skole*, (elektronisk) tillgänglig, <http://www.brannvernforeningen.no/Nyheter/Pasatt-brann-ved-hver-femte-skole>, 2010-04-28
- 7) MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, *Preliminär statistik för skolbränder 2009*, (elektronisk), tillgänglig, <http://www.msb.se/sv/Start1/Nyheter-fran-MSB/Nyheter/Preliminar-statistik-for-skolbrander-2009/>, 2010-04-28
- 8) DSB, Direktoratet for Samfunnsikkerhet og Beredskap, *Rapport Brannårsaksstatistik*, 2008
- 9) Karlstad Kommun, *Tryggare skolor minskar risken for anlagd brand*, Brandskyddsföreningen, Stockholm, 2008
- 10) Andersson, Björn, Dahl, Gunnar, et al, *Skolbränder och skolbrandsprevention*, Brandforsk, 2009
- 11) Borg, Ragnar, Fridell, Jan et al, *Anlagd brand Insatser mot ett samhällsproblem*, Svenska Brandförsvärsföreningen, Stockholm, 1993
- 12) Brodin, Lars *Skydd mot anlagd brand – Fastighet*, Brandskyddsföreningen, 2009
- 13) Höst, Martin, Regnell, Björn et al, *Att genomföra examensarbete*, Studentlitteratur, Lund, 2006
- 14) Johansson, Nils, Van Hees, Patrick, *Fallstudier – Vilka tekniska faktorer spelar en roll vid anlagd brand i skolor?*, Rapport nr 3148, Lund, 2010
- 15) Brannvernforeningen, *For dålig brannstatistikk*, (elektronisk), tillgänglig, <http://www.brannvernforeningen.no/Nyheter/Arkiv/2009/For-darlig-brannstatistikk-Riksdvokaten-krever-innskjerping>, 2010-04-28
- 16) Blomqvist, Per, Johansson, Henrik, *Brandstatistik – Vad vet vi om anlagd brand*, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås, 2009
- 17) Brannvernforeningen, *Store morkertall Minst 250 påsatte skolebranner*, (elektronisk), tillgänglig, <http://www.brannvernforeningen.no/Nyheter/Arkiv/2007/Store-morkertall-Minst-250-pasatte-skolebranner>, 2010-04-28
- 18) Brandsäkert, nr 5, Brandskyddsföreningen, 2009
- 19) Brandskyddsföreningen, *Statistik*, (elektronisk), tillgänglig, http://www.brandskyddsforeningen.se/web/Statistik_8.aspx, 2010-04-28
- 20) MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, *Räddningstjänstens insatser statistik*, (elektronisk), tillgänglig, <http://ida.msb.se/port61/main/p/a0357?nc=95ac55e3>, 2010-04-28
- 21) Kågebro, Elin, *Automatiska brandlarm hur bör räddningstjänsten agera?*, Karlstad universitet, Räddningsverket, 2007
- 22) Sveriges radio, *Falska automatlarm kostar miljarder*, (elektronisk) tillgänglig, <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=406&artikel=740441>, 2010-04-28
- 23) MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, www.msb.se
- 24) Teknisk forskrift, *Regler*, (elektronisk) tillgänglig, <http://www.be.no/beweb/regler/forskrift/tekn97/000tekninnh.html>, 2010-04-28
- 25) Isover, *Byggnadskonstruktions + Brandförlopp*, (elektronisk), tillgänglig, [http://images.google.se/imgres?imgurl=http://www.isover.se/files/Isover_SE/Byggnadskonstruktions/BBR%25202007%2520\(IsoverBoken\)/Brandforlopp.gif&imgrefurl=http://www.isover.se/byggkonstruktions%2Boch%2Btekn%2Binstallationer/bbr/brand&usq=HRmb6ONQ4FHlnAIZomyvHjEiBK8=&h=328&w=450&sz=37&hl=sv&start=19&um=1&itbs=1&tbnid=EMpwYgmHGArxiM:&tbnh=93&tbnw=127&prev=/images%3Fq%3Dbrandf%25C3%25B6rlopp%26um%3D1%26hl%3Dsv%26sa%3DN%26tbs%3Disch:1](http://images.google.se/imgres?imgurl=http://www.isover.se/files/Isover_SE/Byggnadskonstruktions/BBR%25202007%2520(IsoverBoken)/Brandforlopp.gif&imgrefurl=http://www.isover.se/byggkonstruktions%2Boch%2Btekn%2Binstallationer/bbr/brand&usq=HRmb6ONQ4FHlnAIZomyvHjEiBK8=&h=328&w=450&sz=37&hl=sv&start=19&um=1&itbs=1&tbnid=EMpwYgmHGArxiM:&tbnh=93&tbnw=127&prev=/images%3Fq%3Dbrandf%25C3%25B6rlopp%26um%3D1%26hl%3Dsv%26sa%3DN%26tbs%3Disch:1), 2010-04-28
- 26) Boverket, BBR avsnitt 5, *Brandskydd*, (elektronisk), tillgänglig, http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2008/BBR_15/BBR_avsnitt5_brandskydd.pdf, 2010-04-28
- 27) Veiledning til teknisk forskrift til plan –og bygningsloven, *Regler*, (elektronisk), tillgänglig, <http://www.be.no/beweb/regler/veil/ren2003/000tekveilinnh.html>, 2010-04-28
- 28) Byggeforskrift, (elektronisk), tillgänglig, <http://oppslagsverket.dsb.no/content/arkiv/planbygg/byggeforskrift-1987/>, 2010-04-28

- 29) Forskrift om brannforebyggende tiltak og brannsyn , (elektronisk), tillgänglig <http://www.lovdata.no/for/sf/jd/xd-20020626-0847.html>, 2010-04-28
- 30) EN 54, (elektronisk), tillgänglig, http://standards.mackido.com/en/en-standards24_view_6498.html, 2010-04-28
- 31) Svensk standardisering, *Automatiskt brandlarm*, (elektronisk), tillgänglig, http://www.sis.se/DesktopDefault.aspx?tabName=@DocType_1&Doc_ID=24167, 2010-04-28
- 32) Brandskyddsforeningen, *Regler för automatisk brandalarmanläggning*, (elektronisk), tillgänglig, http://www.brandskyddsforeningen.se/web/SBF_110_6_Regler_for_automatisk_brandlarmanlaggning.aspx, 2010-04-28
- 33) Forsikringsselskapenes Godkjennelsenevnd, (elektronisk), tillgänglig, <http://fg.fnh.no/>, 2010-04-28
- 34) Försäkringsförbundets Tekniska Rekommendationer , (elektronisk), tillgänglig, http://www.forsakringsforbundet.com/templates/Page_358.aspx?epslanguage=SV, 2010-04-28
- 35) Samuelson, Ingemar, Tobin, Lars, *Hur ska vindar ventileras?*, Bygg & Teknik, nr 4, 2004
- 36) Teokonsult, *Kall vind*, (elektronisk), tillgänglig, <http://www.teokonsult.se/plat/kondens-2.htm>, 2010-04-28
- 37) Brandskyddsforeningen, *Sophantering*, (elektronisk), tillgänglig, <http://www.brandskyddsforeningen.se/web/Sophantering.aspx>, 2010-04-28
- 38) Tråguiden, *Tak och takfot*, (elektronisk), tillgänglig, <http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=2845>, 2010-04-28
- 39) Multisolträfiber, *Ventilation på vinden*, (elektronisk), tillgänglig, http://www.multisoltrafiber.se/ventilation_vind.htm, 2010-04-28
- 40) Paroc, *Brandförlopp*, (elektronisk) tillgänglig, http://www.stenull.paroc.se/produkt/dat/pdf_down/Isolerteori2008.pdf, 2010-04-28
- 41) Svensson, Stefan, *Brandgasventilation*, Räddningsverket, 2000
- 42) Backvik, Bo, Bengtsson, Staffan et al, *En handbok om brandskyddsteknik för ventilationssystem*, Ventilationsbrandskydd i Stockholm AB, Stockholm 1996
- 43) Adawi, Rima, Johansson, Karin, *Tankemodell för dimensionering av kommunal räddningstjänst*, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2004
- 44) Forskrift om organisering og dimensjonering av brannvesen, (elektronisk), tillgänglig, <http://www.lovdata.no/for/sf/jd/xd-20020626-0729.html>, 2010-04-28
- 45) Lagen om skydd mot olyckor, Lag 2003:778, (elektronisk), tillgänglig, <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/20030778.HTM>, 2010-04-28
- 46) LT, *Brandkåren slutar rycka ut på automatlarm*, (elektronisk), tillgänglig, <http://lt.se/nyheter/1.784879-brandkaren-slutar-rycka-ut-pa-automatlarm>, 2010-04-28
- 47) SINTEF, *Handboka*, (elektronisk), tillgänglig, <http://nbl.sintef.no/handbook/index.html>, 2010-04-28
- 48) Norges forsikringsforbund, *Seminar brannteknik og sikringsfilosofi*, Forsikringsselskapenes Godkjennelseavdelning, Trondheim, 1991
- 49) Brandposten, nr 34, Sveriges Provnings och forskningsinstitut, 2006
- 50) Andersson, Petra, Persson, Henry, Tuovinen, Heimo, *Råd för installation av värmedetektionskablar på ytterfasad*, SP Sveriges Provnings - och Forskningsinstitut, SP Rapport 2006:09, Borås, 2006
- 51) Ramachandran, Ganapathy, *The economics of fire protection*, E & FN Spon, London, 1998
- 52) Jan Arvid Sandvik, Geir Sandal, Kristian Grimstvedt, *”Evaluering av varmedetekterende linjer”*, Høgskolen Stord/Haugesund, Haugesund, 2002
- 53) Dagbladet, *Nyheter innenrikes brann*, (elektronisk), tillgänglig, <http://www.dagbladet.no/2010/04/05/nyheter/innenriks/brann/11139551/> 2010-04-28
- 54) Gjengangeren, *Fire gutter siktet etter at halve skolen brant ned*, (elektronisk), tillgänglig, <http://www.gjengangeren.no/nyheter/fire-gutter-siktet-etter-at-halve-skolen-brant-ned-1.5147436> 2010-04-28
- 55) SDS, Sydsvenska Dagbladet, *Skadorna kunde begränsats*, (elektronisk), tillgänglig, <http://www.sydsvenskan.se/lund/article419332/Skadorna-kunde-begransats.html>, 2010-04-28
- 56) Arbetarbladet, *Larm räddade förskola*, (elektronisk), tillgänglig, <http://arbetarbladet.se/nyheter/gavle/1.128773-larm-raddade-forskolan>, 2010-04-28
- 57) Svenska Dagbladet, *Falsklarmen ger miljonvinster*, (elektronisk) , tillgänglig, http://www.svd.se/nyheter/inrikes/falsklarmen-ger-miljonvinster_61058.svd, 2010-04-28
- 58) Universitas, *Falske alarmer koster dyrt*, (elektronisk), tillgänglig, <http://universitas.no/nyhet/49064/falske-alarmer-koster-dyrt/>, 2010-04-28

12. Appendix A.

Bild Åsgården skola, Åsgårdsstrand, Horten kommune, efter den anlagda branden 2010-04-05
Bild på takfoten. Brandspridning via takfot upp till den ventilerade vinden. Publicerad efter tillåtelse från norsk brannvernforening. Fotograf: Thor Kr. Adolfsen



Appendix B. Bildserie. Torslanda skolan 2009-11-14

Bild 1 av 6. Torslanda skolan 2009-11-14. Bilden publicerad efter tillstånd av räddningstjänsten Storgöteborg.

Bilen där branden startade rullade in mot skolans fasad.

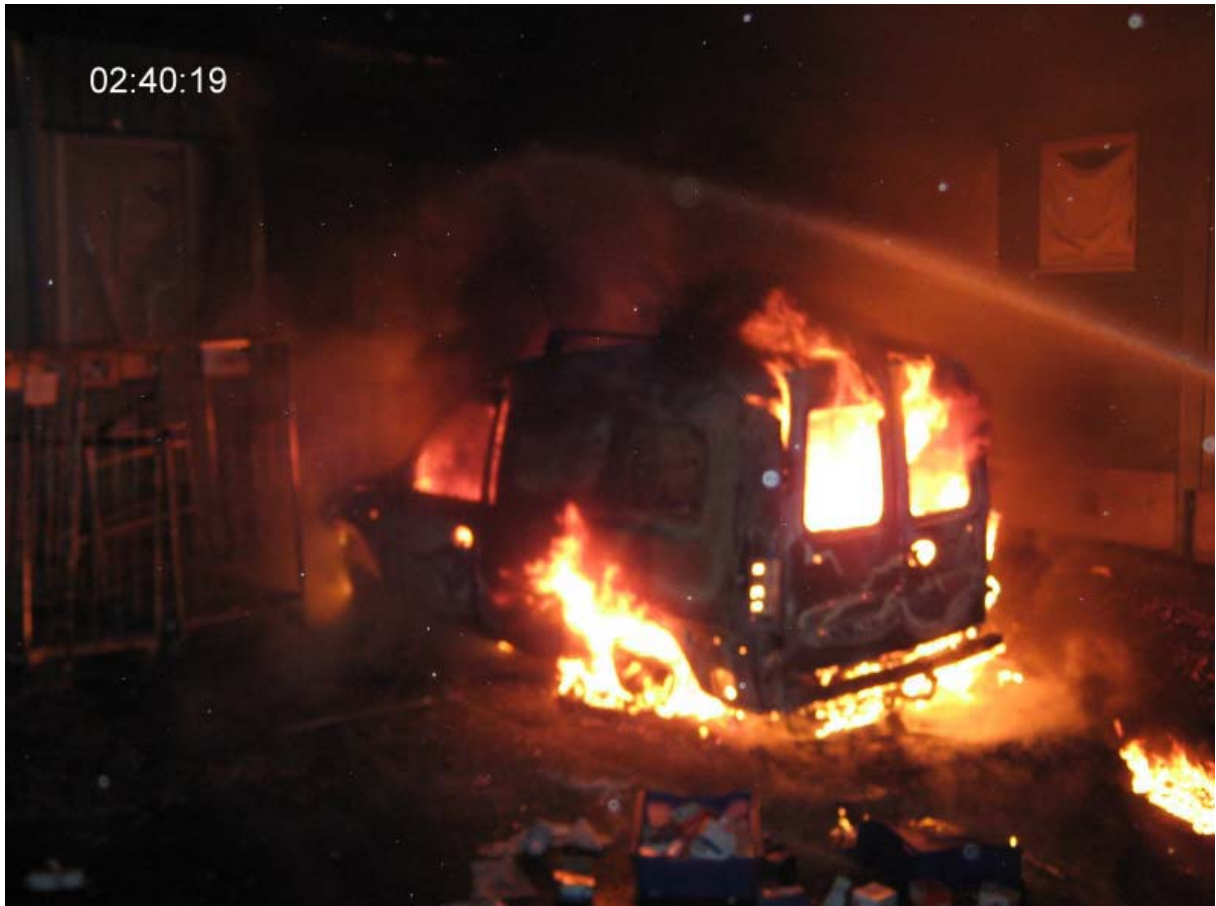


Bild 2 av 6. Del av taket som rasade in ovanför vaktmästeriet. Torslanda skolan 2009-11-14
Bilden publicerad efter tillstånd av räddningstjänsten Storgöteborg.



Bild 3 av 6. Torslanda skolan 2009-11-14. Brand på taket väster om där branden startade
Bilden publicerad efter tillstånd av räddningstjänsten Storgöteborg.



Bild 4 av 6. Torslanda skolan 2009-11-14. Klassrummen väster om där branden startade.
Bilden publicerad efter tillstånd av räddningstjänsten Storgöteborg.



Bild 5 av 6. Torslanda skolan 2009-11-14. Bilden är tagen från där branden startade mot idrottshallen. Bilden publicerad efter tillstånd av räddningstjänsten Storgöteborg.



Bild 6 av 6. Torslanda skolan, efter den anlagda branden 2009-11-14. Publicerad efter tillstånd av Göta Lejon AB.



Appendix C. Fasaden på Hövdinga gården efter anlagd brand.

Bild visar fasaden på Hövdinga gårdens förskola, Gävle kommun, efter en anlagd brand. Publicerad efter tillstånd av Jens Gagge, Gävle kommun. Värmedetektionskabel var installerad. Endast mindre skador på fasaden.



Appendix D. HRR för de utförda simuleringarna.

Diagram, HRR (kW), SP_liten samt SP_stor I samtliga fyra simuleringar var brandeffekten konstant 100 kW.

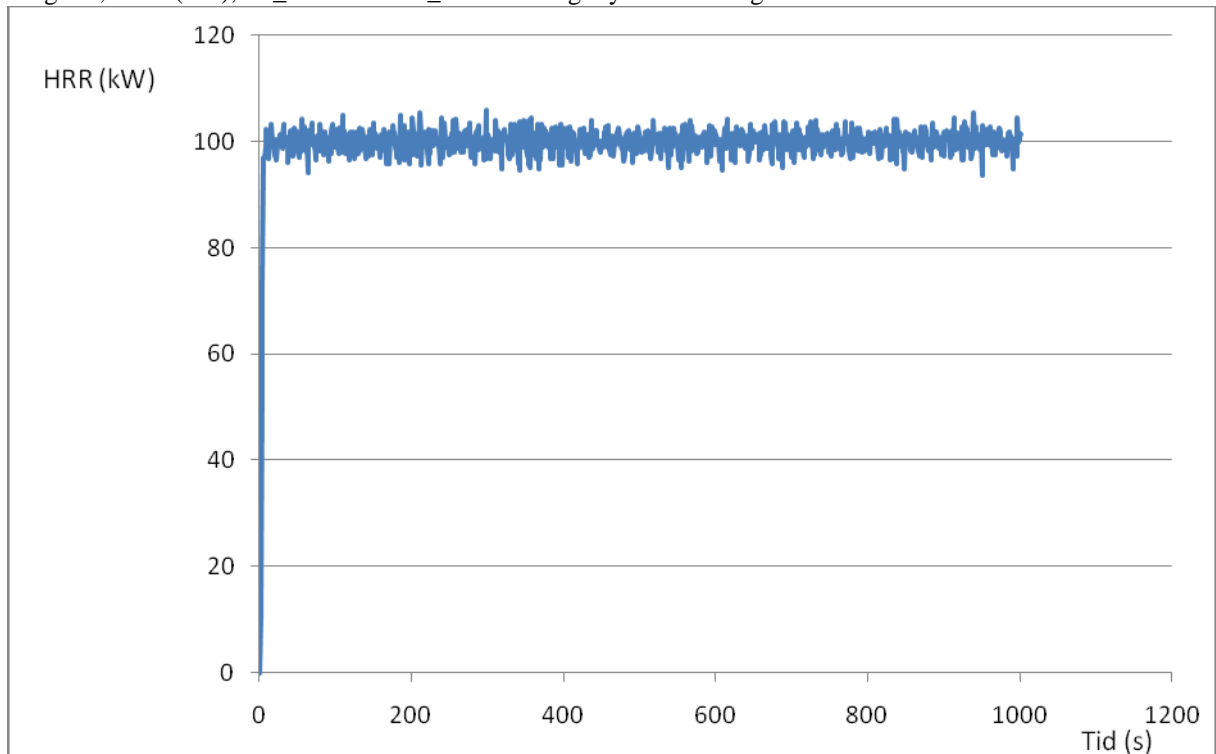
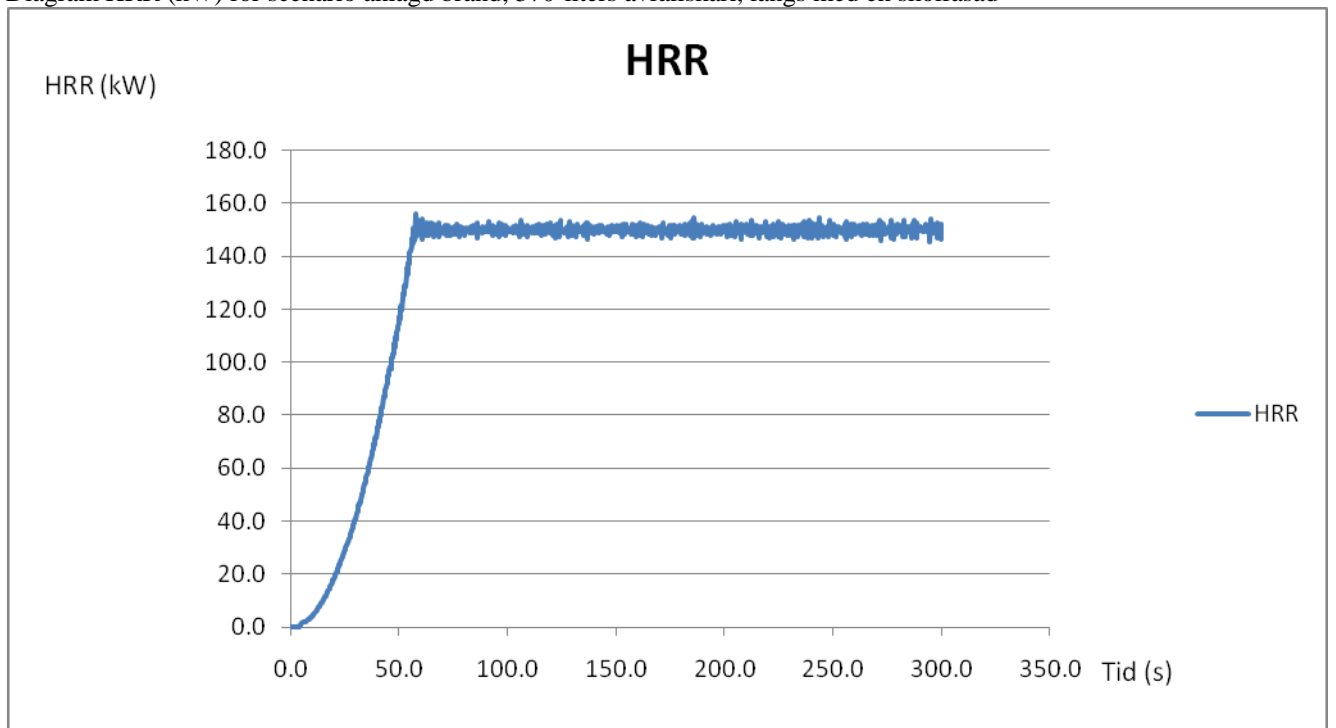


Diagram HRR (kW) för scenario anlagd brand, 370-liters avfallskärl, längs med en skolfasad



Appendix E. Konvergent

Ju mindre domän som simuleras desto svårare är det att uppnå en acceptabel konvergens inom domänen. Den acceptabla konvergensen kan hamna i randen av domänen vilket den gör i FDS bas, utförd av SP⁴⁸.

SP_50liten

Grid Dimensions, Mesh 1

Cells in the X Direction	20
Cells in the Y Direction	20
Cells in the Z Direction	54

Time Step 102439 June 6, 2010 18:29:03

```
-----  
CPU/step:      0.103 s, Total CPU:      2.76 hr  
Time step:    0.00000 s, Total time:   550.92 s  
Max CFL number: 0.37E+01 at (4, 20, 1)  
Max divergence: 0.63E+04 at (4, 20, 2)  
Min divergence: -0.48E+04 at (5, 20, 2)  
Max div. error: 0.47E-05 at ( 4, 20, 48)  
Total Heat Release Rate:      126.724 kW  
Radiation Loss to Boundaries:  45.700 kW
```

Max och min divergence är ända ute i cell nr 20 i y-riktningen i SP_50liten.

SP_50stor

Grid Dimensions, Mesh 1

Cells in the X Direction	50
Cells in the Y Direction	100
Cells in the Z Direction	80

Time Step 101200 June 8, 2010 14:46:31

```
-----  
CPU/step:      2.007 s, Total CPU:     46.53 hr  
Time step:    0.00505 s, Total time:  553.21 s  
Max CFL number: 0.93E+00 at (4, 52, 44)  
Max divergence: 0.11E+02 at (5, 49, 38)  
Min divergence: -0.12E+02 at (5, 49, 14)  
Total Heat Release Rate:      98.639 kW  
Radiation Loss to Boundaries:  38.650 kW
```

Max och min divergence är inne i domänen till skillnad från SP_liten50 där max och min divergence var ända ute i 20:e cellen i y-led.

Appendix F. Avfallskärlet.

Nedanstående bild visar avfallskärlet som användes som utgångspunkt för de genomförda simuleringarna med olika ventilationsöppningar i den här rapporten.



Mått avfallskärlet använt i scenariot anlagd brand i avfallskärl intill en skolfasad .

Djup=0.8 meter

Total höjd=1.0 meter

Bredd =0.75 meter