

BRANDFORSK
2018:2:3



Taktik och metodik för släckning av höga trähus

Lotta Vylund och Krister Palmkvist



Brandforsk

Key words: firefighting; tall timber buildings; fires in cavities; hidden fires

Nyckelord: räddningstjänst; brandsläckning; höga trähus; konstruktionsbrand; dolda bränder

RISE Research Institutes of Sweden AB
RISE Rapport 2017:65
ISBN: 978-91-88695-35-2

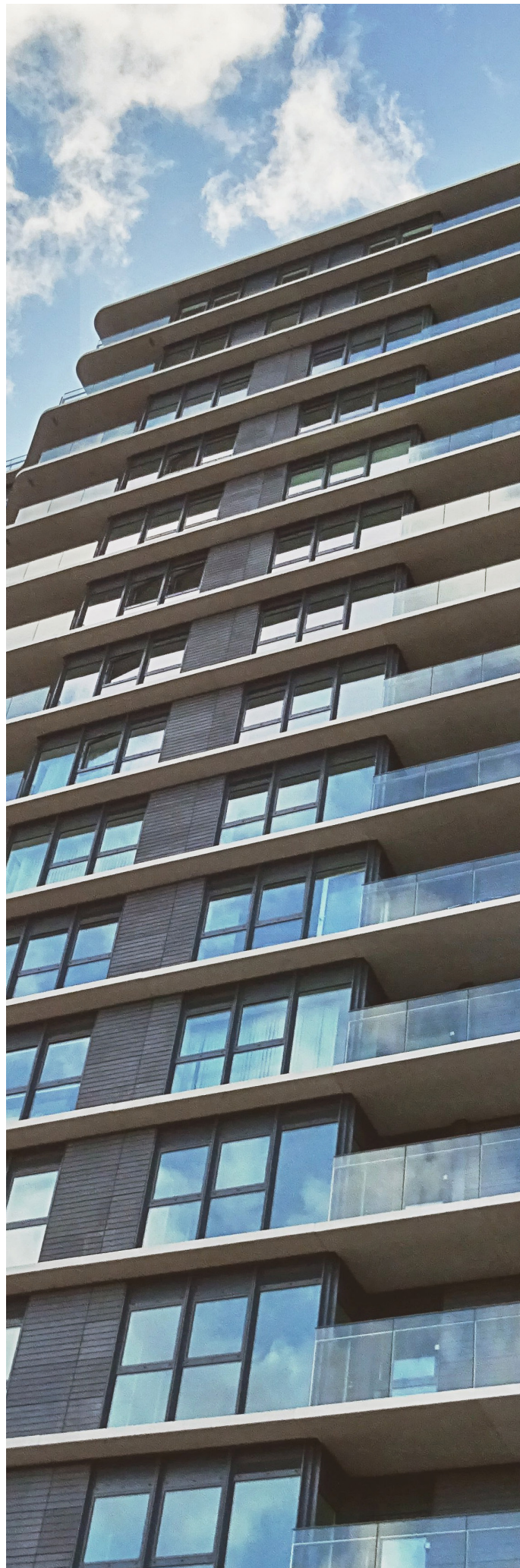
This report constitutes a final working manuscript for the headlined project.

The official project report, to which reference should be made, can be found on the RISE's website.

"Taktik och metodik för släckning av höga trähus"

www.ri.se

BRANDFORSK 2018:2:3



Abstract

Extinguishment strategies for tall timber buildings

Different extinguishment strategies for fires in cavities in tall timber buildings are presented together with their effectiveness and possibility to minimize water damages. In addition are exercises suggested to give training in how to extinguish fires in cavities in tall timber buildings.

Tall timber buildings are well fire protected today, but wood is a combustible material and the spread of fire to cavities sometimes occur. The first action when there is a hidden fire in a cavity is to identify the structure of the building. Infrared (IR) cameras are a good tool for identifying the building structure and indicate the location of the fire. However, it is important to have a good basic training of using the camera to correctly interpret the IR images.

The most important thing during the extinguishing work is to avoid opening the cavities and thereby add oxygen to the fire before the fire is under control. Extinguishing media must therefore be applied through small openings. Tests have shown that, among water-based extinguishing media, the cutter extinguisher is the most efficient for fires in cavity with the least water supply. Potential other extinguishing agents are nitrogen or carbon dioxide, but techniques and tactics when using these extinguishing media must be further developed. The main drawback of these media is the limited cooling capabilities of the surfaces and gas volume.

Key words: firefighting; tall timber buildings; fires in cavities; hidden fires

Nyckelord: räddningstjänst; brandsläckning; höga trähus; konstruktionsbrand; dolda bränder

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport 2017:65

ISBN: 978-91-88695-35-2

Borås 2017

Innehåll

Abstract	1
Innehåll	2
Förord	4
Sammanfattning	5
1 Inledning	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Avgränsning.....	8
1.3 Syfte och mål.....	9
2 Risker med höga trähus	10
3 Byggnadskonstruktion och brandspridningsvägar	12
3.1 Isolering.....	12
3.2 Byggnadskonstruktionen.....	13
3.3 Brandspridningsvägar	14
4 Dolda bränder	16
4.1 Exempel på taktiska övervägande vid användning av IR-teknik	18
5 Taktik och metodval	23
5.1 Att beakta vid brand i höga byggnader.....	24
5.2 Användning av olika släckmedel	24
5.2.1 Vatten som släckmedel.....	25
5.2.2 Öppna upp med hjälp av motorsåg	25
5.2.3 Skärsläckare.....	26
5.2.4 Dimspik	28
5.2.5 Tillsatsmedel och skum	28
5.2.6 Koldioxid	29
5.2.7 Flytande kväve.....	30
5.2.8 Pulver.....	31
5.2.9 Pyrotekniskt genererade aerosoler (PGA).....	31
5.2.10 Sammanfattning av släckmedel	31
5.3 Påföra släckmedlet på rätt plats	32
5.4 Avslut av räddningsinsats.....	32
6 Slutsatser	34
7 Exempel på övningar	36
7.1 Olika konstruktioner.....	36
7.2 Övningar med IR-kamera.....	36
7.2.1 Fläktvärmepistol.....	36

7.2.2	Modellhus.....	37
7.2.3	Övrigt.....	37
7.3	Övningar för brandsläckning.....	37
8	Fortsatt forskning.....	40
9	Referenser.....	41
	Bilaga 1: PP-presentation av rapporten.....	1

Förord

Denna rapport är en del av projektet "brandskydd i flervåningsträhus" som finansierats av Brandforsk. Projektets syfte är att ta fram kunskap och information om egendomsskydd vid brand i flervåningsträhus som kompletterar den befintliga kunskapen om brandteknisk dimensionering för personsäkerhet som är huvudmålet i Boverkets byggregler. Egendomsskydd är speciellt intressant för försäkringsbranschen och fastighetsägare.

Avsikten med rapporten är att sammanställa den senaste kunskapen kring metoder och taktik för att släcka höga trähus utan att orsaka stora vattenskador. Internt har rapporten granskats av Haukur Ingason och Petra Andersson, RISE och projektet har också haft en extern referensgrupp som varit med och stöttat i arbetet. Författarna vill speciellt tacka Johan Helsing, Räddningstjänsten Storgöteborg, Jon Moln-Teike, Kiruna Räddningstjänst och Robert Jansson McNamee, Brandskyddslaget för värdefulla kommentarer.

Sammanfattning

Höga trähus definieras här som byggnader högre än två våningar där den bärande stommen är av trä och där uppförandet skett efter Boverkets uppdaterade byggregler 1994 eller senare versioner av byggreglerna. Utifrån definitionen är fokus på vilken typ av stomme huset är uppbyggt med och därför har rapporten inte tagit med brand i träfasad utan avgränsat sig till brand i trästommen. Rapporten har också avgränsat sig till konstruktionsbränder i hålrum (kaviteter). Syftet med rapporten är att presentera en kunskapssammanställning kring taktik för att släcka konstruktionsbränder i hålrum utan att orsaka stora vattensador.

Dagens höga trähus har ett bra brandskydd men trä är ett brännbart material och brandspridning till konstruktionen kan ske. Det kan t.ex. bero på dåligt installerade brandstopp eller ombyggnationer som påverkar brandskyddet. Branddynamiken inne i hålrummet beror på hur konstruktionen är uppbyggd, hur stort hålrummet är, hur mycket ventilation som finns samt om isoleringsmaterial finns i kaviteten. Det är stor skillnad om ett brännbart isoleringsmaterial som cellplast använts jämfört med en obrännbar isolering som till exempel mineralull. Särskild försiktighet ska vidtas om cellplast som EPS är installerat då de först brinner med en väldig låg effekt, ungefär som ett stearinljus, men sedan bildar en poolbrand med snabb och kraftig brandutveckling.

Det första steget för att identifiera dolda bränder i hålrum är att definiera byggnadskonstruktionen. Genom att ha kunskap om de vanligaste byggnadsteknikerna genom tiderna går det att skapa sig en uppfattning om vilken konstruktion som finns bakom fasaden. Hos byggnadskontoret finns i vissa fall ritningar på fastigheten eller så går det att få tag på fastighetsägaren eller fastighetsskötaren som möjligen kan ha koll på byggnadskonstruktionen. En IR-kamera (värmekamera) kan också hjälpa till att identifiera olika byggnadssätt samt svagheter i konstruktionen. En sista utväg är att skära upp ett hål i konstruktionen och undersöka. Detta hål ska vara långt bort från den dolda branden så att branden inte riskerar att syresättas för mycket.

För att lokalisera branden ska visuella iakttagelser kompletteras med IR-scanning, gärna både från utsidan och insidan. IR-kameran är ett bra hjälpmedel men det är viktigt med utbildning så att man kan tolka informationen som IR-bilden ger. Under släckningsarbetet kan en rätt hanterad IR-kamera minska den vattenmängd som behövs för att släcka.

Vid släckningsarbetet är det viktigt att inte öppna upp konstruktionen innan branden är under kontroll. Släckmedel måste alltså påföras genom så små öppningar som möjligt. Tester har visat att bland några av de vanligaste vattenbaserade släckmetoder så släcker skärsläckaren konstruktionsbränder i hålrum effektivast med minst vattenåtgång [23]. Dels på grund av dess förmåga att snabbt skära upp hål och dels på grund av ett effektivt utnyttjande av vattnets släckkapacitet. De små vattendropparna kyler först brandgaserna genom förångning. När brandgaserna sedan blivit nerkylda kommer vattendropparna att träffa heta ytor och bilda ytterligare vattenånga. De små vattendropparna som övergått till vattenånga förhindrar även återstrålning från heta ytor och därmed förhindrar fortsatt brandspridning. Med tillsatsmedel kan öka vattnets inträngningsförmåga i materialet och därmed öka effekten ytterligare.

1 Inledning

Allt fler väljer trä som material vid byggnation av höga hus. Trä anses vara bra ur miljösynpunkt och är ett material som har många bra egenskaper. En nackdel ur brandsynpunkt är att trä är brännbart. Denna rapport tar avstamp i det skadeavhjälpande arbetet; vilka möjligheter finns det att släcka brand i höga trähus? Rapporten är en kunskapssammanställning från den senaste forskningen, genomförda tester samt erfarenheter från verkliga bränder. Rapporten vänder sig till personal på räddningstjänsten som arbetar med metodutveckling och övningsupplägg. Kapitel 1 behandlar bakgrund och problemställning kring höga trähus.

Kapitel 2 tar upp de risker som finns med höga trähus och en beskrivning av hur olika byggnadskonstruktioner är uppbyggda samt hur dessa går att identifiera.

Kapitel 3 går igenom olika tekniker för att hitta dolda bränder i byggnadskonstruktioner.

Kapitel 4 går igenom olika släckmedel och resonerar kring taktik och metodval.

Kapitel 5 summerar diskussionen om taktik och metodval.

Kapitel 6 tipsar om hur man kan bygga upp olika övningsmoment för att hitta dolda bränder samt släcka dem.

Kapitel 7 diskuterar hur man ytterligare kan utveckla nya effektiva metoder för att släcka dolda bränder i konstruktioner.

1.1 Bakgrund

På grund av det ökade kravet på energisnåla hus gäller god täthet för byggnader oberoende av material. Flervåningshus med trästomme byggs till största delen som volymelement eller med stora planelement. I båda fallen gäller det att elementfogarna utformas på ett korrekt sätt för att säkerställa god täthet [2]. Risken, ur ett brandperspektiv, med att bygga med volymelement är att det kan bildas kaviteter (hålrum) i konstruktionen där bränder kan sprida sig, t.ex. trossbottnar, golv, väggar, tak luftspalter, rörkanaler, ventilationsschakt etc. Räddningstjänsten brukar klassa dessa typer av bränder som konstruktionsbränder. Begreppet konstruktionsbrand kan diskuteras och i en fallstudie kring konstruktionsbränder från 2016 [3] definierades konstruktionsbränder som:

- Brand i byggnadskonstruktion (t.ex. krypvind, kattvind, ventilationsspalt)
- Svårt för räddningstjänsten att komma åt branden
- Underventilerad brand
- I många fall långsammare förlopp än rumsbrand.

Konstruktionsbrand kan också innebära att det brinner i fasaden eller i synlig konstruktionen i rummet, men för räddningstjänstens del uppfattar de flesta att det är en brand enligt punktlistan ovan när de hör ordet konstruktionsbrand.

I en analys gjord på egendomsskador från bränder framkom det att materialvalet i hålrummen har mindre betydelse för den initiala spridningen, men om branden väl spred sig in till hålrummen tenderade branden att bli mer omfattande [4]. Möjliga orsaker till detta är att konstruktionsbränder är svåra att upptäcka och svåra att släcka. Även i de fall där branden spred sig till vinden blev branden ofta omfattande eftersom vindsbränder ofta får hastiga förlopp vid stora osektionerade ytor.

Om hålrummet är stängt med skyddande gipsskivor och riktigt installerade brandstopp eller om hålrummet mellan gipsskivorna är mindre än 25 mm kommer inte materialet i kaviteterna ha en avgörande betydelse för brandspridning eftersom det krävs tillräckligt med syre för att branden ska kunna utvecklas [5]. I verkligheten finns det dock risk för att det blir fel i installation eller fel vid renovering och ombyggnationer. Ett exempel på detta är en brand i "Organic Valley dairy cooperativ" i Wisconsin 2013 [5], där det uppstod en konstruktionsbrand trots brandstopp installerade. Räddningstjänstens försökte att stoppa branden men den fortsatte att sprida sig i 18 timmar. Den totala skadekostnaden hamnade på 13 miljoner dollar. Brandens utbredning berodde till stor del på att isoleringsmaterialet inuti kaviteterna bestod av återvunna bomullsfiber. Solceller på fasaden samt lättreglar och lättbalkar hindrade också brandmännens åtkomst och orsakade en snabbare kollaps av byggnaden.

I byggprocessen ska en brandskyddsdocumentation upprättas som beskriver byggnadens brandskydd, men i ett examensarbete från 2010 som analyserade ett antal brandskyddsdocumentationer på höga trähus fann man flera brister i denna dokumentation [6]. De största bristerna fanns i beskrivning av hur brandstopp i byggnaden var installerade samt planerna för drift och underhåll.

En statistikstudie i Sverige visade dock att brandincidenter i höga trähus (mer än två våningar) uppförda under perioden 1994–2015 var färre än i det totala beståndet av flerbostadshus [1]. Detta resultat baseras dock på ett mycket litet statistiskt underlag och någon jämförelse med brandincidenter i det totala beståndet 1994–2015 kunde inte genomföras eftersom det inte fanns sådan statistik tillgänglig. Det kan finnas anledning att misstänka att antalet bränder i det nyare beståndet är lägre än i det gamla beståndet p.g.a. demografi. T.ex. är det färre dödsbränder i hus byggda efter 1990 [7]. I de incidenter som rapporterats har de flesta inte spridit sig till mer än startföremålet och det är endast i en incident som stommaterialet bestående av trä haft någon påverkan på brandförloppet. Beståndet av höga trähus i Sverige är dock fortfarande litet och det är därför svårt att göra några statistiska analyser. Dessutom är de höga trähus som finns är relativt nyuppförda, vilket kan förklara de få fall av incidenter som finns i denna typ av hus. Beståndet av trähus ökar för varje år så en uppföljning av statistiken kan vara aktuellt om några år igen för att kunna genomföra mer direkta jämförelser.

Beroende på bland annat byggnadens höjd, storlek och användningsområde (bostäder, industri, vårdhem etc.) krävs det att konstruktionsdelar som vägg- och bjälklagselement har ett brandmotstånd och/eller avskiljande förmåga under en viss tid, t.ex. 30 – 240 minuter. Massivt trä kan uppnå en hög bärförmåga vid brand eftersom trä sakta förkolnas och bildar ett skyddande skikt. Dock ställs det höga krav på materialets ytskiktssklass på synliga byggnadsdelar och fasader för att reducera brandspridningsrisken vilket obehandlat trä inte kan uppnå. För att öka brandsäkerheten kan träet brandskyddsbehandlas eller så kan sprinkler installeras.

Dessa krav ställs för att klara personskyddet, d.v.s. att människor ska hinna utrymma och egendomsskyddet finns bara inkluderat på ett indirekt sätt i byggreglerna.

Ytterligare en rapport som analyserar en stor brand i flerbostadshus av trä menar att det är stor skillnad på brandsäkerheten i moderna hus med trästomme jämfört med det äldre beståndet [8]. Författarna menar att utmaningen är att säkerhetsställa att detaljlösningarna på brandskyddet är rätt utformade eftersom bränder där bristande funktion hos detaljlösningar bidragit till omfattande brandspridning. Massivt trä kan vid brand bilda ett förkolnat lager som kan fördröja att det friska träet börjar brinna. Lättbjälklag bildar inte ett förkolnat lager och behöver därför skyddas med exempelvis gipsskivor. Risken ökar därmed för att fel i installationen bidrar till att en brand kan riskera att nå bjälklaget. Generellt rekommenderas att brännbara hålrum ska undvikas i största möjliga mån i höga träbyggnader, genom att mestadels använda massivt trä [9].

Inom det svenska trähusbeståndet med fler våningar än två är den dominerande byggtekniken för bärande väggar träregelstomme (90 %), sedan utgör massiv trästomme 8 % och limträstommar övriga 2 % [1]. Lägenhetsavskiljande bjälklag utgör till största del av träkonstruktioner, men i knappt 3 % av bostäderna har någon form av prefabricerat betongbjälklag använts. Då de flesta trähus i Sverige är uppbyggda med träregelstomme och träbjälklag sammansatta av träbjälkar, isolering och skivmaterial finns det risk för att omfattande hålrumsbränder kan uppkomma om brandförloppet är komplicerat och det finns sektioneringsbrister eller brister i räddningstjänstens insats [3]. Andelen konstruktioner med massiv trästomme ökar dock snabbt, särskilt för byggnader över 6–7 våningar.

Brandförloppet i en konstruktionsbrand styrs av mängden och typen av brännbart material samt hur ventilationsförhållandena ser ut. Räddningstjänstens svårigheter att förhindra brandens spridning kan bero på olika aspekter såsom prioritering av livräddning, att man missbedömt effektiviteten av olika tekniker för olika förhållanden eller för att räddningstjänstens kapacitet helt enkelt inte räckt till. För att kunna minimera eller förhindra att bränder uppstår och sprids i kaviteter krävs både en insats från räddningstjänsten och ett bra byggnadstekniskt brandskydd.

1.2 Avgränsning

Höga trähus definieras här som byggnader högre än två våningar där den bärande stommen är av trä och där uppförandet följt Boverkets uppdaterade byggregler 1994 eller senare versioner av byggreglerna [1]. Utifrån definitionen är fokus på vilken typ av stomme huset är uppbyggt av och därför har rapporten inte tagit med brand i träfasad utan avgränsats till brand i trästommen. De specifika riskerna vid brand i höga trähus, i jämförelse med andra flervåningshus, är risken för konstruktionsbränder i hålrum eller vindsbränder. Dessa bränder orsakar stora egendomsskador även på hus utan trästomme, men detta beror på att vinden och taket oftast är uppbyggt med trä även på ett betonghus. Taktik och metod för att släcka vindsbränder med minskade vattenskador finns väl beskrivet i en rapport från MSB [10] och därför kommer inte rapporten att behandla problematiken med vindsbränder. Inga försök har genomförts och därför grundar sig resultaten mestadels på resultat genomförda i andra projekt och försök. Även erfarenheter från verkliga bränder har beaktats.

1.3 Syfte och mål

Syftet är att presentera en kunskapssammanställning kring taktik för att släcka konstruktionsbränder i hålrum utan att orsaka stora vattensador. Målet är att besvara följande frågeställningar:

- Vilka risker finns det vid konstruktionsbrand i hålrum i höga trähus?
- Vilka metoder finns för att hitta dolda bränder?
- Vilken sorts släckmetod behövs för att minska risken för vattensador?

Dessutom ska rapporten bidra med övningsexempel som räddningstjänsten kan använda i sin verksamhet.

2 Risker med höga trähus

I Storbritannien, där byggande med trä har en längre tradition, har brandmännen sedan länge uppmärksammat att dåligt installerade gipsskivor eller annat brandskydd i byggnader kan medverka till att branden kan spridas okontrollerat i hålrum, se Figur 1 för skiss på ett vanligt utformat hålrum. Även vid ett bra installerat brandskydd finns risken att brandskyddet försämras under byggnadens livstid genom nya installationer eller ombyggnationer. Försäkringsbolagen uppmärksammade att en av fyra byggnader har problem med sina brandstopp och att det är just trähus som innebär de största riskerna eftersom de har brännbart material i hålrummen [11].

2009 skrev en grupp av experter inom räddning och brand till parlamentet i England om deras oro över brand i trähus[12]. Bland annat tar de upp svårigheten för brandmän att veta vilken konstruktion som döljer sig bakom fasaden på en byggnad och därmed en risk att felbedöma brandens vidare utveckling (branddynamiken). De tar också upp behovet av att forska på effektiviteten av att använda IR-kamera för att hitta hålrumbränder. I den senaste versionen av deras nationella operativa vägledning i "best practice" utvecklad av experter inom räddningstjänsten från både Storbritannien och utomlands påpekar de följande risker med byggnader i trä [13]:

- Den bärande stommen kan vara byggd av trä även om ytterväggen är byggd av något annat.
- Trä är ett brännbart material men beroende på typ av konstruktion kommer det att bete sig olika vid brand.
- Övrigt material i konstruktionen samt hur konstruktionen är uppbyggd kommer att påverka på vilket sätt trämateriallet brinner.
- Massivt trä antänds inte lätt och förkolning kan fungera som en form av isolering mot ytterligare skador från branden.
- När trästommar brinner minskas dess inneboende styrka och kan leda till en kollaps.
- En brand i en trästomme kan förbli oupptäckt och bidra till brandspridning i hela byggnaden.
- Vid brand i hus med trästomme, överväg alltid möjligheten till brandspridning till konstruktionen som kan leda till kollaps.
- Massivt trämaterial ersätts av bearbetat trä som är lättare och mer styva och kan sträcka sig över mycket större avstånd utan behov av mellanliggande strukturellt stöd. Denna form av trämaterial måste dock brandskyddas och är ofta gömda bakom passivt brandskyddande system. Detta skapar ofta hålrum där branden kan spridas.

UL (Underwriters Laboratory) som är ett forsknings- och provningsinstitut i USA har undersökt hur en brand sprider sig i olika väggkonstruktioner [14]. Resultatet från dessa försök visar att moderna byggkonstruktioner är mindre brandbeständiga och har mycket högre energivärde än gamla vilket medför att konstruktionsbränder tenderar att växa

och spridas snabbare. Om det dessutom finns dåligt installerade brandstopp i byggnaden kan stora kaviteter i konstruktionen uppstå vilket ytterligare bidrar till snabbare brandspridning. Sammanfogningssystemen mellan olika konstruktionselement kan också bli skadade vid en brand vilket kan orsaka en kollaps. De trycker på att man, trots att alla synliga effekter visar på släckt brand, alltid ska beakta sekundära antändningar eftersom branden i en konstruktion kan ligga och pyra länge innan den tar sig. Den syrekonzentration som begränsar förbränning så till den grad att branden självslocknar varierar med bränsle och temperatur [15], och en pyrande brand kan fortgå och börja brinna igen hastigt vid tillgång på nytt syre.

En annan sekundär risk är risken för mögel i träkonstruktioner efter släckning med vatten. Till exempel rekommenderas att virke som används vid nybyggnation ska ha en fuktkvot på max 18 % varför det är viktigt att använda så lite vatten som möjligt.

3 Byggnadskonstruktion och brandspridningsvägar

Det finns många olika byggnadskonstruktioner i Sverige och för att kunna identifiera risken för brandspridning till konstruktionen i hålrum måste man identifiera viktiga faktorer i byggnadens konstruktion parallellt med aktuell branddynamik. Figur 1 visar två vanliga konstruktioner på avskiljande väggar i Sverige. Väggen är ofta uppbyggd med träregelstomme och träbjälklag med träbjälkar, isolering och skivmaterial. I hålrummen som uppstår finns det risk för att omfattande brandspridning sker.

El klass	Konstruktionslösning	Beklädnad		Isolering		Min regelhöjd	åns
EI 60		GtF	15	-	-	70	62,3
EI 60		GtF	15	Stenull	26	145	63,9

Figur 1: Principskiss för en vanlig väggkonstruktion för avskiljande väggar. Tabellen reproducerad från Brandsäkra trähus, version 3 [16].

3.1 Isolering

Brandförloppet i en konstruktionsbrand styrs av mängden och typen av brännbart material samt hur de lokala ventilationsförhållandena ser ut. Vanligt är att isoleringsmaterialet består av mineralull som är obrännbart. Mineralull delas in i stenull eller glasull där stenull har en högre smältpunkt än glasull. Heta brandgaser kan dock passera genom den porösa ullstrukturen och därför är det bättre ur brandsynpunkt att använda ull med hög skrymdensitet. Mineralullen är obrännbar men om skrymdensiteten är låg eller om mineralen smälter på grund av brand förändras ventilationsförhållandena så att branden kan spridas i konstruktionen. Branden i det höga trähuset i Luleå 2013 spred sig förbi stenullen och ner längs med hålrummen[3]. Stenullen var klädd i plast så det var sannolikt plasten samt brännbara regler som bidrog till brandspridningen.

Cellplast är en brännbar isolering som blir allt vanligare på grund av dess goda värmeisoleringsförmåga samt låga kostnad. Cellplast är ett samlingsnamn för olika oljebaserade plastmaterial, t.ex. EPS, XPS, PIR och PUR. Gemensamt är att de alla är brännbara och materialet kan börja smälta vid så låga temperaturer som 100 °C. Tester genomförda på vertikala skivor av EPS visade att materialet sakta smälter och brinner långsamt nedåt med en temperatur på 100 – 150 °C [17]. Det var när hela skivan hade smält och bildat en poolbrand som häftig brand i omslutande konstruktion uppstod. PIR sägs ha den bästa brandegenskapen av cellplasterna genom att den är svårantändlig, droppar ej och ger endast upphov till en liten mängd rök [20].

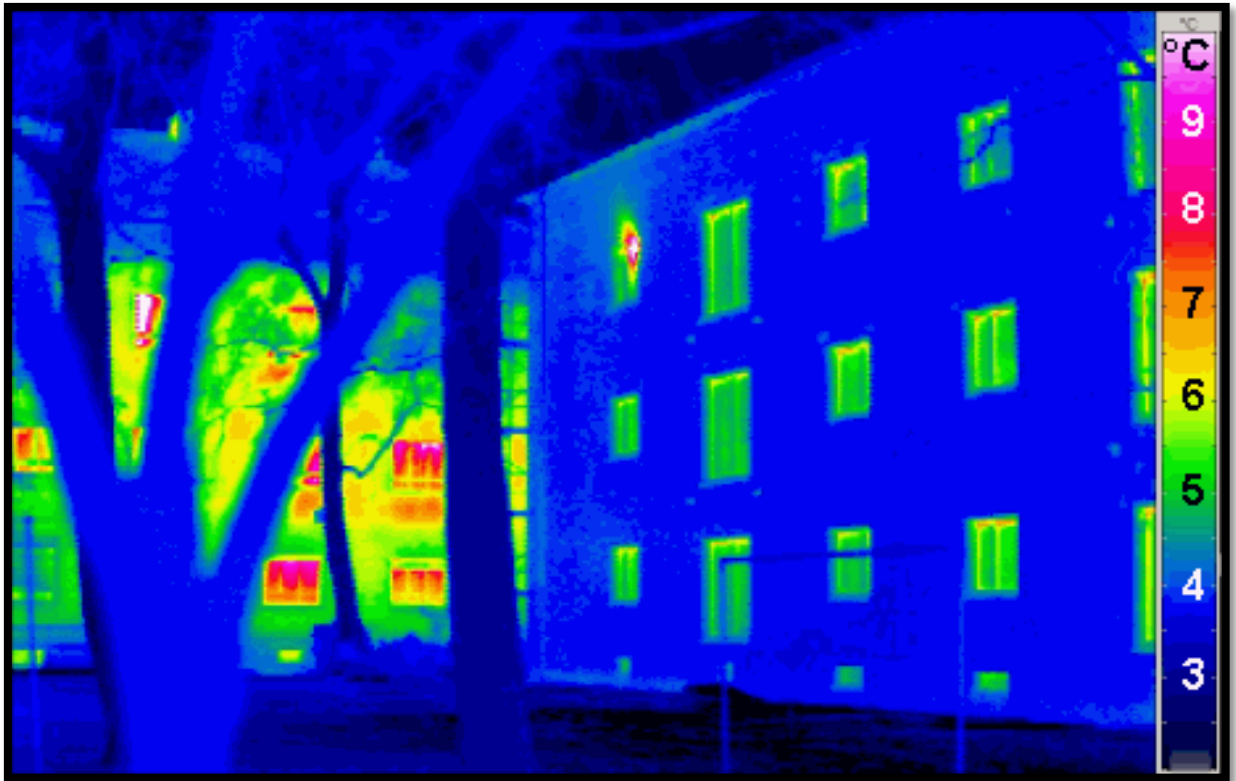
3.2 Byggnadskonstruktionen

Det är svårt att på utsidan se hur byggnadskonstruktionen är uppbyggd och vilken materiel som använts. Att ha en generell uppfattning kring hur husen byggts under olika årtionden kan ge en indikation på hur konstruktionen är uppbyggd. I böckerna så "Så byggdes husen" och "Så byggdes villan" finns det bra beskrivningar av olika konstruktioner som var vanliga under 1900-talet. För modernt träbyggande kan man hitta illustrationer av olika konstruktioner hos träguiden¹. Ytterligare ett sätt för att identifiera att det är trähus är hur infästningen till balkongen ser ut. Balkonger i trähus fäst nästan alltid upp med hjälp av dragstag som fäst i väggen, antingen i höjd med räcket överlag eller i höjd med undersidan av balkongen ovanför.

I den bästa av världar finns det en fastighetsskötare som går att fråga om byggnadskonstruktion eller bygglovsritningar hos byggkontoret. Även om detta finns att tillgå är det inte garanterat att uppgifterna stämmer, ombyggnationer eller renoveringar kan ha ändrat förutsättningarna. Ytterligare en metod att överväga är att säga upp ett hål i konstruktionen för att med egna ögon kunna bedöma vilken konstruktion som huset har. Detta skadar huset och bör vara sista alternativet.

En annan möjlighet är att använda sig av IR-teknik som kan ge fler ledtrådar om vilken konstruktion som gömmer sig bakom fasaden. Figur 2 visar två hus med olika värmeledningsförmåga. Huset till höger i bild är ett så kallat passivhus där endast lite av värmen passerar ut till omkringliggande miljö. På grund av den höga isoleringsförmågan är det sannolikt att det är ett nyare hus och man bör fundera på om någon form av cellplast använts som isolering. På det andra huset till vänster kan man tydligt se hur värmen strålar ut från fönster samt se elementens placering under fönstren, vilket tyder på en dåligt isolerad byggnad med tvåglasfönster.

¹ <https://www.traguiden.se/>

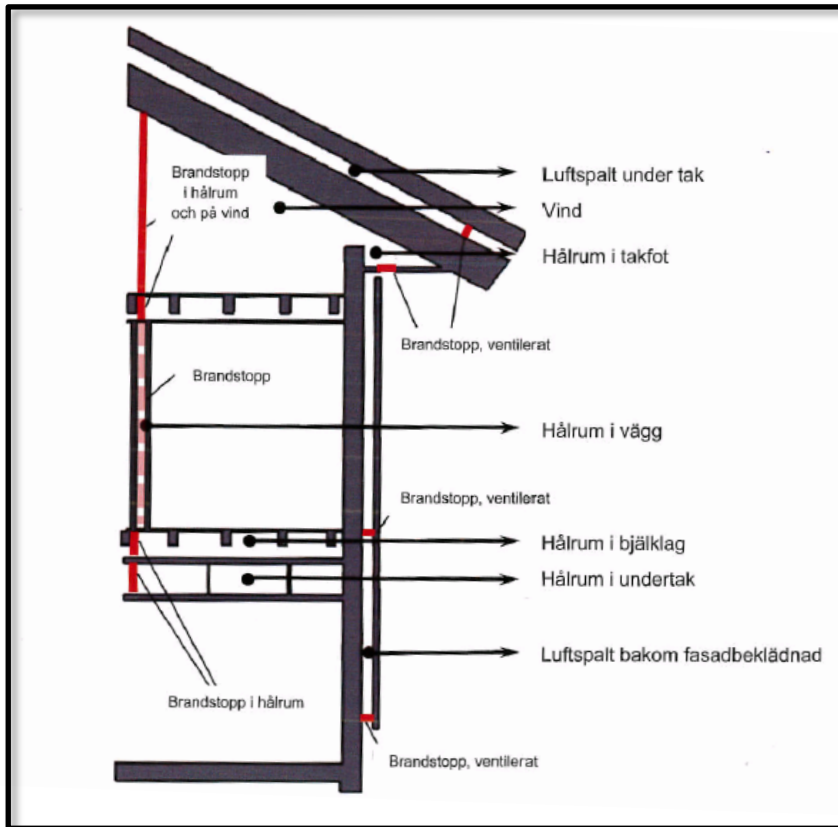


Figur 2: IR-bild på två hus med olika värmeisoleringsförmåga. Vilken information ger bilden? Hur kan du använda information för att bedöma byggnadens konstruktion? Foto: FLIR

3.3 Brandspridningsvägar

Figur 3 visar en bild tagen från handboken "Brandsäkra trähus [16]", figuren visar var olika brandstopp bör installeras för att undvika brandspridning i hålrum. Om det inte finns brandstopp installerade eller om dess funktion är undermålig finns det risk för att branden sprider sig i dessa hålrum. Idag finns det en ökad förekomst av inredning med högt energinnehåll samt att vi har allt större öppna ytor och stora glaspardier. Detta medför att brandeffekten kan bli mycket hög och om de stora fönsterpartierna spricker ökar spridningsrisken både sidledes och vertikalt i byggnaden.

Det finns alltid en risk för att en rumsbrand eller brand mot fasaden kan ha spridit sig in till hålrum i konstruktionen. Var startbranden började är viktigt att beakta för att få en uppfattning om hur brandspridningen kan ha gått till. Det är skillnad på branddynamiken om brandspridning sker vertikalt eller horisontellt samt om det sker uppifrån och ner eller tvärtom.



Figur 3: Olika brandspridningsvägar i hålrums. De röda markeringarna visar var brandstopp bör vara installerat. Bild hämtad från Brandsäkra trähus, version 3 [16].

4 Dolda bränder

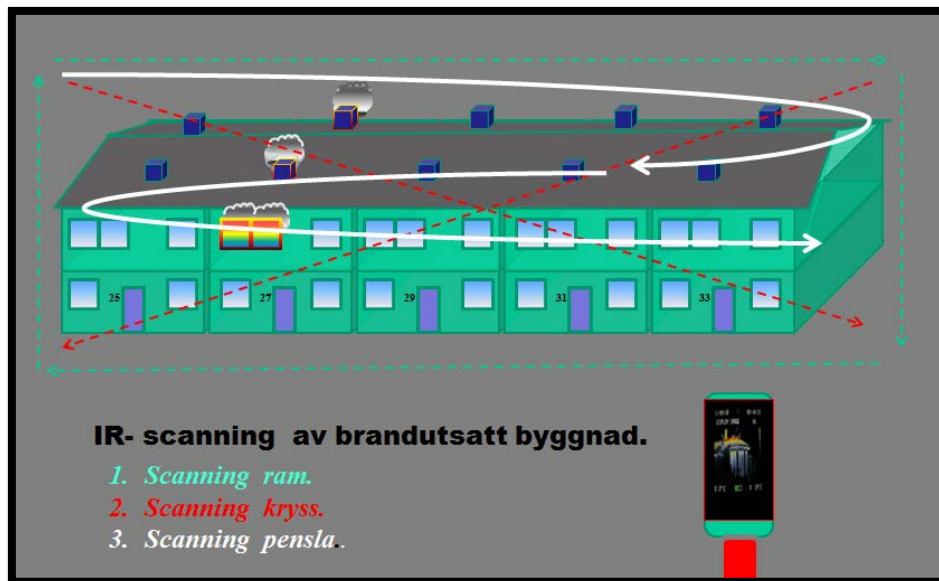
För att hitta dolda bränder ska svagheter eller öppningar i byggnaden, t.ex. ventilationsöppningar följas för att identifiera brandutvecklingen [13][14]. Varifrån kommer röken, går det att känna att det är varmare på vissa ställen? Ett sätt att identifiera branden är att borra ett litet hål och se om det kommer ut brandrök från hålet. Detta hål kan sedan användas för påföring av släckmedel. Konstruktionsbränder kan dock lätt spridas utan några synliga tecken från utsidan och att identifiera brandkällan med hjälp av brandgaserna kan vara missledande eftersom brandgaserna kan ha spridit sig långt ifrån brandkällan inuti hålrummen i konstruktionen.

IR-kamera är ett bra hjälpmedel för att upptäcka osynlig brand och osynliga brandgaser [21]. Viktigt vid arbete med kameran är dock att ha kunskap om vad den visar. Kameran avläser temperaturskillnader i fasaden, vilket kan bero på fler faktorer än en pågående brand. Alltjämt är den ett bra hjälpmedel som kan användas både under dygnets ljusa och mörka timmar, för att indikera förlopp och spridning.

Tre olika principer används idag för att scanna en byggnad (se Figur 4 på nästa sida); 1) att scanna en ram, 2) ett kryss eller 3) med pensling. Informationen används för att bedöma om branden är ventilations- eller bränslekontrollerad och hur den sprider sig samt bedömning av effekten av släckinsatsen [22]. De olika scanningsmetoderna hjälper till att bedöma:

- Ram: Storlek och typ av byggnad, konstruktion, antalet lägenheter, kontor etc.
- Kryss: Placering av dörrar och fönster (som kanske inte syns om det är mörkt ute). Alternativa angreppspunkter.
- Pensla (sakta scanna byggnaden från vänster till höger med början från taket): Detaljer som väggventilering, takfotsventilation, taknocksventilation, takhuvar, skorsten och andra svagheter i konstruktionen där branden kan få syretillgång men också möjlighet till spridning.
- Fortsatt scanning: Effekt av trycksättning och insatt släckmetod.

Ett examensarbete som undersökte hur IR-kameran kan användas vid utvändigt scanning av brandutsatt byggnad visade att det tar lång tid för värmevågen att gå igenom en konstruktion [21]. Det är därför främst vid svagheter eller ventilation i konstruktionen som det går att urskilja ökad temperatur i början av ett brandförlopp. Om det syns en värmeförändring på stor del av konstruktionen går det att anta att brand pågått under längre tid. Värmeförändringar vid ventilationsöppningar behöver dock inte innebära att brandkällan befinner sig där eftersom brandgaser kan transporteras långa sträckor i hålrum i konstruktionen. Examensarbetet visar också vikten av att rikta kameran rätt för att få det avläsningsområde man önskar. De flesta kameror har en automatisk sökning efter högsta yttemperaturen inom det område som man scannar och därför kan man få olika temperaturdifferenser beroende på var man siktar och därmed olika bilder.



Figur 4: Metoder för att scanna av byggnaden. Illustrering Krister Palmkvist.

Temperaturen som visas i kameran ska aldrig ses som exakt temperatur eftersom den exakta temperaturen beror på emissiviteten och skenbar reflektionstemperatur. Solen påverkar t.ex. skenbar reflektionstemperatur och ett väderomslag kan snabbt förändra avläsningstemperaturen. Det är alltså temperaturdifferensen i en konstruktion och inte den exakta ytemperatur som ska avläsas vid en räddningsinsats. Det kan också vara bra att ha koll på att blanka material som t.ex. ett ventilationsgaller generellt ser kallare ut än vad de är eftersom emissiviteten är låg jämfört med omgivande material och man endast kan ha en emissivitet inställd på kameran. De olika väggmaterialen som testades under examensarbetet visade att det tar minst 20 minuter för en värmevåg att ta sig igenom vanliga väggar utan svagheter förutsatt att ingen övertändning skett. Ett oisolerat tak kan visa en värmeeökning efter två minuter medan ett vanligt isolerat tak inte visar någon värmeeökning de första tio minuterna. Exempelvis som visas i Figur 2 kan nya energisnåla byggnader med mycket isolering minska chansen att hitta dolda bränder med hjälp av IR-kamera. Slutsatsen från examensarbetet är dock att värmekameror är ett bra hjälpmedel för räddningstjänsten för att upptäcka varma ytor innan de kan ses med blotta ögat. Figur 5 visar bilder från försöket 10 sekunder in i brandförloppet. Vid svagheter i konstruktionen syns värmevågen ut från byggnaden direkt.



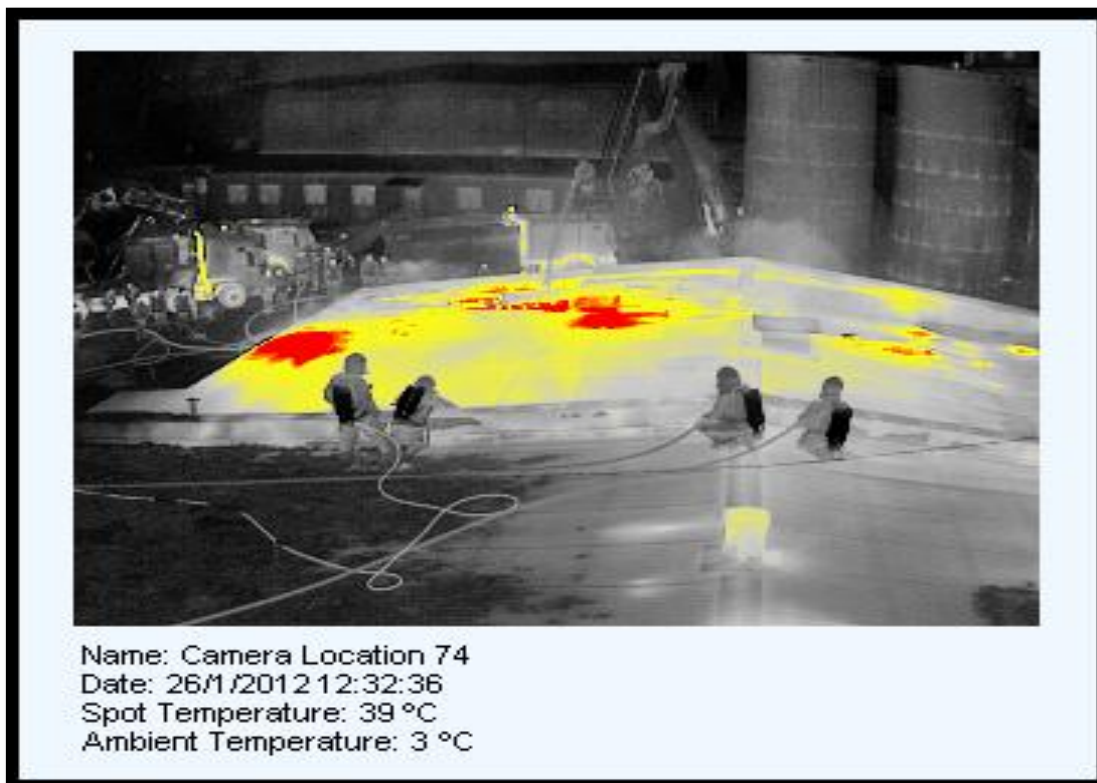
Figur 5: Bilderna visar hur det ser ut från utsidan av byggnaden 10 sekunder in i brandförloppet. IR-bilderna är från Dräger 9000-kamera (ovan) och Dräger 7000-kamera (nedan). Bild tagen från Gudmundsson och Studahl (2015), sidan 43 [21].

Norska försök med att släcka olika konstruktionsbränder visade vikten av att lokalisera branden med hjälp av IR-kamera för effektiv släckning [23]. Försöken visade också på vikten av att använda IR-kameran på rätt sätt och att det är viktigt med en grundlig utbildning kring kamerans funktioner. I försöken var användning av IR-kamera och förståelsen för var branden fanns direkt relaterat till hur mycket vatten som krävdes för att släcka branden. Bra kännedom om kamerans begränsningar och hur den praktiskt ska användas för en rättvisande bild är en nödvändighet för att användas vid taktiska övervägande.

4.1 Exempel på taktiska övervägande vid användning av IR-teknik

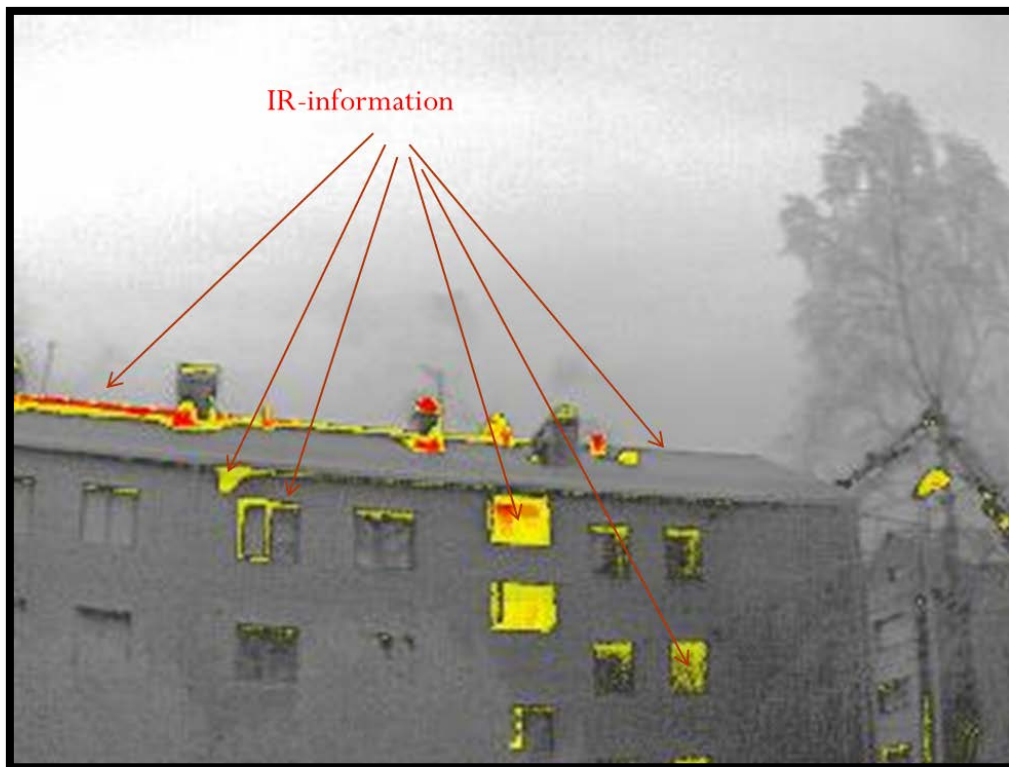
Temperatur och scanningsresultat kan hjälpa räddningstjänsten under hela insatsen. Yttertemperaturer överstigande 20–25 grader över rumstemperatur som strålar ut från

byggnaden är av intresse för insatspersonalen för att kunna bedöma startbrand och brandutveckling. Räddningstjänstens möjlighet att snabbt involvera IR-tekniken för att läsa av byggnadskonstruktion och branddynamik underlättas om värmescanningen av byggnaden sker efter ett inövat mönster. Ett alternativ är att regelbundet under brandförloppet scanna byggnaden som exemplet ovan (ram, kryss, pensla) för att upptäcka skillnader i branddynamiken. Ett annat är att följa temperaturförändringen vid en viss punkt för att få återkoppling på vald släckmetod. Nedan följer ett par IR-bilder som ger information som inte hade varit möjlig att få utan tillgång IR-kamera. Studera IR-bilderna nedan och fundera på vilken information de ger dig. Vilka taktiska övervägande bör du överväga?



Figur 6: Brandmännen sitter på andra sidan av en brandmur och släcker en pågående takbrand. Vilka risker kan du upptäcka med hjälp av IR-bilden? Vilka omedelbara åtgärder bör vidtas?

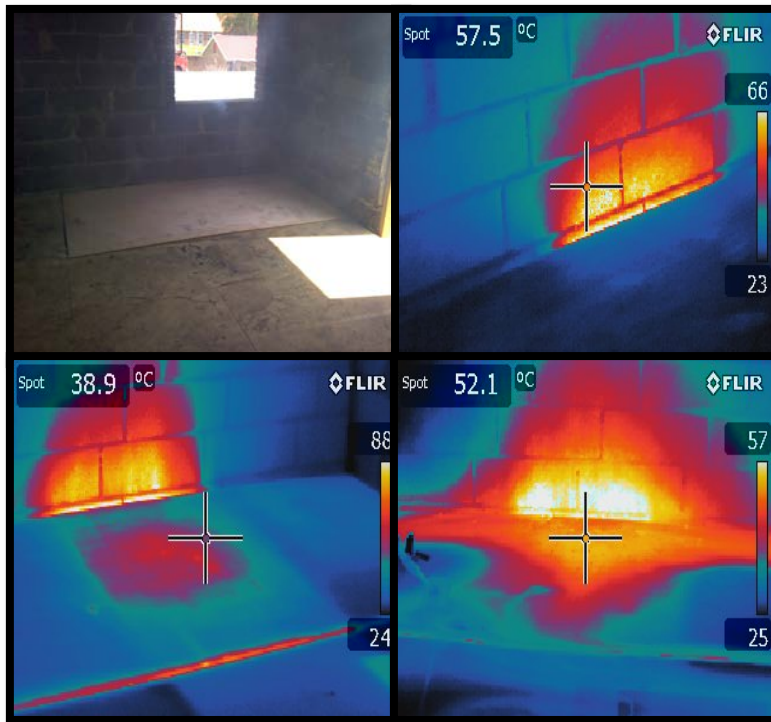
I Figur 6 syns det en liten uppvärmning av taket på samma sida brandmuren som brandmännen sitter på. Skorstenen visar också förhöjd temperatur vilket indikerar att branden lyckats passera brandmuren. Omedelbara åtgärder måste sättas in för att stoppa brandspridning och för att inte riskera att brandmännen befinner sig ovanför branden.



Figur 7: Flerfamiljshus där det brinner på vinden. Till höger i bilden syns hävaren varifrån man använder skärsläckaren för att försöka släcka vindsbranden.

IR-informationen från höger till vänster i Figur 7:

- Skärsläckaren ger effekt på branden närmast gaveln, men effekten når inte till brandcentrum.
- Avvikande temperatur från övriga lägenhetsfönster.
- Dörren upp till vinden syns i bilden.
- Översta lägenheterna är uppvärmda av branden, men det ser inte ut att vara något brandgaslager i lägenheterna.
- Brandgaser trycks ut från försvagningar i takkonstruktionen.
- Troligt att brandcentrum är här, förutom hög temperatur går det att skönja brandgaser ovanför taknocken.



Figur 8: Brand i trossbotten. Utan IR-kamera går det endast att se rökutveckling men svårt att veta var branden är. Bilden uppe till höger visar första mätningen som ger en indikation på var branden är vid fortsatt scanning blir det mer uppenbart hur branden sprider sig.

Figur 8 visar vikten på att följa temperaturvariationen i materialet. Vid den första scanningen hade inte värmevägen gått igenom materialet utan kunde bara upptäckas vid försvagning mellan golv och vägg där heta brandgaser läckte ut.



Figur 9: Till vänster syns IR-bild och till höger samma situation med vanlig kamera, det går att notera gungstolen i IR-bilden. Hur tolkar du brandförloppet?

Figur 9 visar hur värmevägen tagit sig ut vid försvagningar i konstruktionen som bindningen mellan vägg och golv samt fönsterfoder och där väggarna möts. Figur 10 visar sedan hur det såg ut dagen efter där varma brandgaser trycks ut vid försvagningar i konstruktionen. Hela konstruktionen har varit brandpåverkad vilket visar vikten på att värmevägen först tar sig igenom svagheter även om hela konstruktionen är involverad i branden.



Figur 10: Samma hus som i Figur 9, dagen efter branden. Vad säger oss dessa bilder?

5 Taktik och metodval

I en analys av Johansson (2015) [3] bedömdes det som nödvändigt med både en effektiv räddningsinsats som ett bra byggnadstekniskt brandskydd för att begränsa skador som spridit sig till konstruktioner. Utan bra tekniskt brandskydd har räddningstjänsten svårt för att hålla begränsningslinjer och samtidigt räcker det inte enbart med ett bra tekniskt brandskydd för att inte branden ska sprida sig.

Många gånger jagar räddningstjänsten en konstruktionsbrand i hålrum eftersom den syresätts och sprids vidare vid frilägningsarbetet och räddningstjänsten får hela tiden reagera på brandens spridning. Oftast är det bättre att arbeta mer defensivt, dämpa branden och få kontroll över situationen, för att sedan kunna agera mot branden.

UL i USA som gjort omfattande tester med konstruktionsbränder ger följande rekommendationer till räddningstjänsten [14].

- Identifiera hur konstruktionen är uppbyggd samt av vilket material.
- Identifiera alla brandgaser från ventilationshål i konstruktionen eller andra ovanliga platser.
- Använd IR-kamera för att identifiera förhöjda temperaturer.
- Var observant på tecken på konstruktionsbrott som kan leda till kollaps.
- Initiera en grundlig undersökning av konstruktionen efter branden för att vara säker på att branden är helt släckt. Stora delar av konstruktionen kan behövas öppnas upp för undersökning. Beakta då effekten av ventilationsflödet vid öppnandet.

UL trycker hårt på vikten av att inte öppna upp och förse en konstruktionsbrand med syre innan branden är under kontroll. Alla öppningar som görs in till konstruktionen skapar ett luftflöde som kan förändra brandens beteende och öka risken för spridning och skapandet av en rumsbrand. Vid skapande av en öppning kanske inte spridning sker direkt, men öppningen kan medföra att branden hittar en spridningsväg i konstruktionen till ett rum långt ifrån startbranden. Tester på ventilationskontrollerade vindsbränder visade att brandförhållandena kan ändras snabbt när en öppning görs, exempelvis ökade temperaturen med över 200 grader på 5 sekunder vid syretillförsel.

Johanssons [3] analys av 12 bränder visar på vikten av att räddningstjänsten har god kunskap om byggnadstekniskt brandskydd samt god kunskap i branddynamik. Denna kunskap ökar möjligheten till att kunna läsa av byggnaden och förstå branddynamiken och därmed kunna sätta upp bra begränsningslinjer samt använda rätt teknik vid brandsläckning. I rapporten ges ett exempel på en brand i ett högt trähus där räddningstjänsten trodde att huset var ett stenhus och använde sig av vattenkanon för att släcka vindsbranden. Men den brandavskiljande konstruktionen i modulernas tak kunde inte stå emot vattentrycket och branden spred sig till lägenheterna under.

Analysen av ett antal bränder med stor skadeomfattning [10] visade att det är viktigt med snabba beslut för att kunna hejda brandförloppet, men det är också viktigt med god kommunikation mellan befäl och brandmän för att kunna avgöra om insatt metod fått

avsedd effekt [10]. Att hela tiden kontrollera effekten av insatt metod medför att man snabbt kan ändra arbetssättet för att optimera släckeffekten.

Vid misstanke om konstruktionsbrand ska mobila fläkten användas med försiktighet och enligt riktlinjer från Storgöteborgs räddningstjänst, ska fläkt undvikas vid konstruktionsbränder då den syresätter glödbränder och trycker branden vidare i konstruktionen [24]. Om behovet uppstår att man behöver arbeta inifrån är det viktigt att skapa en bra arbetsmiljö, dels för att undvika att vistas i tät rök och dels för att kunna arbeta mer effektivt. Bara naturlig ventilation kan ibland vara otillräcklig. Att sätta fläkten på lågt varvtal med stora frånluftöppningar för att förbättra arbetsmiljön har i flera verkliga fall visat att fläkten inte medverkat till ökad spridning av konstruktionsbrand [25]. Viktig är att iaktta förändringar hos brandgaserna och direkt avbryta ventileringen om oönskad effekt uppstår. Ett övertryck i intilliggande utrymmen som inte är brandutsatta kan effektivt minska risken för spridning till dessa lokaler [10].

5.1 Att beakta vid brand i höga byggnader

Brand i höga byggnader, oavsett om det är ett trähus eller inte, medför svårigheter att få en överblick. Dessutom kan byggnaden vara analytisk dimensionerad och därigenom är det svårare att förutspå hur brandskyddet och konstruktionen är uppbyggd. Vid släckning från utsidan måste räddningstjänsten komma åt fasaden med hävare eller med stege vilket inte alltid går och vid riktigt höga byggnader kan släckning endast ske inifrån byggnaden. Utrymningsstrategi är extra viktigt vid höga byggnader och ibland kan det uppstå en konflikt mellan utrymnande personer och insatspersonal som behöver använda samma trapphus. I komplexa byggnader kan radiokommunikationen påverkas. Vindpåverkan mot byggnaden kan vara stor högt upp och det kan vara en utmaning att få brandgasventilationen att fungera. Vidare finns det risker med nedfallande objekt som kan vara svåra att förutse.

Vid brand på de översta våningarna i flervåningshus uppstår ytterligare en svårighet med att få upp vald släckmetod till det våningsplan som brinner. Enligt BBR ska byggnader med en byggnadshöjd över 24 meter installeras med stigarledningar, men där det inte finns krävs en hel del logistik med att få upp materialet. Vid slangläggning i trapphus kan det uppstå en del trassel varför det är viktigt att öva hur slangarna ska läggas ut.

Sammanfattningsvis så krävs det av räddningstjänsten följande tre förutsättningar för en begränsad skadeomfattning vid konstruktionsbrand:

- En släckinsats med begränsad vattenpåföring,
- En bra satt begränsningslinje som upprätthålls genom kylning och bevakning,
- Kunskap/erfarenhet av byggnadstekniskt brandskydd samt branddynamik.

5.2 Användning av olika släckmedel

Nedan redovisas hur man taktiskt kan använda olika släckmedel, både traditionella och nya som ännu inte finns kommersiellt på marknaden. Fokus är att släcka den identifierade konstruktionsbranden i hålrum med så lite konsekvenser som möjligt till följd av vald släckmetod. En grundprincip vid konstruktionsbränder är att få släckmedel på branden innan man öppnar konstruktionen.

För att en brand ska kunna uppkomma och fortsätta brinna krävs det att alla fyra komponenter i brandtetraeden uppfylls. De fyra beståndsdelarna är bränsle (brännbart material), syre för att upprätthålla förbränning, tillräcklig värme för att materialet ska nå dess antändningstemperatur och en exoterm förbränning. Släckmedel fungerar så att de minskar någon eller flera av beståndsdelarna och därmed släcker branden. Det räcker med att en av dessa tas bort för att branden ska släckas.

Vatten som är det vanligaste släckmedlet fungerar så att det kyler materialet under dess antändningstemperatur eller kyler flammorna så att de inte längre kan existera och därmed stoppar branden. Vattendropparna hindrar eller dämpar också återstrålningen och därmed minskas uppvärmningen och pyrolys av intilliggande material. Vattenånga som bildas kan också medföra en sänkning av syrenivån vilket ytterligare bidrar till släckeffektiviteten av vatten. Torra släckmedel som koldioxid släcker främst genom att ta bort syret, men har också en viss kylande effekt. Pulver påverkar flera av de nämnda beståndsdelarna i brandtetraeden.

5.2.1 Vatten som släckmedel

Stora droppar kyler ytor bättre än små droppar, dels på grund av att små droppar hinner förångas innan de når ytorna och dels då små droppar har högre ytspänning vilket medför att de "studsar" på materialet istället för att sjunka in i det. Små droppar kyler istället brandgaser mer effektivt än större droppar och de har också förmågan att följa med luftströmmen vilket ger större verkningsområde. Ett första tecken på effekt av vattendimma är att brandgaser slutar läcka ut på grund av den trycksänkning som förångning av brandgaserna medför (undertryck). Nästa fas uppstår när brandgaserna kylts tillräckligt och vattendropparna når de heta pyroliserade ytorna och förångningen av vattenånga ökar. Den ökade produktionen av vattenånga medför att ångan expanderar och sprids i hålrummen. Från utsidan av branden är tecken på att detta sker att ljus rök börjar tränga ut från brandutrymmet. Denna process tränger alltså undan syrerik luft i brandutrymmet (inertering) och därmed minskar brandens intensitet. I slutna utrymmen kan denna inerteringseffekt effektivt sänka syrenivån så att branden inte kan fortgå.

5.2.2 Öppna upp med hjälp av motorsåg

En traditionell metod att släcka konstruktionsbränder är att öppna upp med hjälp av motorsåg och släcka med vanligt lågtryckssystem med vatten. Först identifieras området där branden är och sedan öppnas det upp runt branden. Man börjar arbeta en bra bit ifrån branden för att vara på den säkra sidan. Sedan arbetar man sig inåt genom att öppna upp och plocka bort det som brinner. Det som inte går att riva bort släcks med släckmedel. Det finns dock stora risker att man syresätter branden som då lätt kan sprida sig långa avstånd [14].

Vid okomplicerade konstruktionsbränder har tester visat att det går att släcka utan att använda så mycket vatten men så fort scenariot blir mer komplicerat så visade sig andra metoder vara mer effektiva [23].

Stora droppar som finns i ett lågtryckssystem väter ytorna mer än små droppar, men risken för vattenskador ökar samtidigt. Dock kan det vara nödvändigt vid

eftersläkningsarbetet att öppna upp och kontrollera konstruktionen och släcka de glödbänder som potentiellt återstår.

5.2.3 Skärsläckare

I tester utförda på konstruktionsbrand hos RISE Fire Research i Norge [23] stoppade skärsläckaren snabbt branden med liten vattenåtgång. Av de tre testade metoderna (kommersiellt, dimspik och skärsläckare) var skärsläckaren den som ansågs släcka konstruktionsbranden effektivast. Dels var det inte så viktigt att angreppspunkten blev rätt eftersom det går snabbt att flytta skärsläckaren till nya angreppspunkter efter behov. Dels gick det snabbt att sätta igång insatsen och de små vattendropparna var effektiva till att nå och släcka branden. Det var dock lätt att skära igenom hela väggkonstruktionen vilket dels kan vara farligt om någon befinner sig på andra sidan väggen och dels kommer inte släckmedlet in i konstruktionen. För att inte skära igenom hela väggkonstruktionen arbetade testpersonalen med korta pulsationer. Testpersonalen upplevde också att det hade varit positivt om det hade gått att ändra spraymönstret under insatsen så att strålen inte riskerar att gå igenom samtliga hela väggkonstruktionen [23].

Skärsläckare producerar små vattendroppar med lång räckvidd och har en skärande effekt så att hål slipper borrar upp i förhand. Optimalt för en skärsläckare är ett inte alltför stort oventilerat utrymme, gärna avlångt, med höga gastemperaturer. Vid lägre gastemperaturer blir förloppet mer utdraget eftersom förångningen inte sker lika snabbt och brandgaserna inte inerteras lika snabbt. En konstruktionsbrand har inte optimala förhållanden för en skärsläckarinsats, men genom att variera tekniken (ändra vinklar, rotera, pulsa in vattendimma i korta perioder med mera) går det att öka effekten även på korta avstånd. Vid mjuka eller porösa material, kan andra metoder med mindre tryck krävas.

På marknaden idag finns det en leverantör som har utvecklat ett dimmunstycke till sin skärsläckare. Genom att först använda sig av skärmunstycket för genomskärning och sedan snabbt byta till dimmunstycket kan finfördelad vattendimma spridas i konstruktionen utan att riskera att skära igenom konstruktionen helt. Vattendimman har också större chans att sprida sig i längsgående led i hålrummet utan att slå i konstruktionsdelar².

Vid arbete med skärsläckaren mot konstruktionsbrand bör branden ringas in. Det vill säga man bör börja i ytterkant av brandområdet och sedan arbeta sig inåt mot brandens centrum med korta pulsationer³ [24]. Det är viktigt att börja en bit ifrån branden eftersom det tar tid för värmen att transporteras genom materialet och därför kan branden ha spridit sig längre än de man ser i IR-kameran. Korta pulsationer är viktigt dels för att inte skära igenom materialet och dels för att inte kyla branden för snabbt utan



Figur 11: Skärsläckaren skär igenom båda konstruktionerna och ut i luften igen [23].

² Samtal med Richard Qvarfell, X-fire, 2017-10-24

³ Övning mot konstruktionsbrand, Guttasjön 2017-10-04.

nyttja produktionen av vattenånga för att sprida effekten av inerteringen i hålrummet. Kyls brandgaserna för snabbt minskar förmågan att förångas vätskan vilket i sin tur minskar inerteringseffekten. Risken blir då att vattendropparna inte förångas utan stannar kvar där de hamnade. Detta medför dels risk för vattenskadorna och dels sänks inte syrenivån längre ifrån angreppspunkten vilket riskerar fortsatt brandspridning [25]. Ytterligare ett argument till att branden bör ringas in är att det visat sig i verkliga fall att strålen från skärsläckaren tryckt ihop mineralullen så pass mycket att vattendimman inte haft möjlighet att sprida sig i utrymmet.

Vid tillsats av ett skärmedel (abrasiv) i vattnet ökar skärsläckarens skärande förmåga vilket är positivt i den bemärkelsen att det går snabbare att komma in till hålrummet. Det är dock större risk att man skjuter igenom hela golvet eller väggen och därmed ingen effekt på branden i hålrummet, se Figur 12. Här får man avgöra från fall till fall beroende på materialet i konstruktionen. Det är också viktigt att arbeta med korta pulsationer för att inte skära igenom bjälklaget. Ha också gärna en vinkel på skärsläckaren för att minska risken för genomskärning samt öka effekten av kastlängden [23][25]. Genom att arbeta med hålet i väggen och röra munstycket betar sig strålen som ett sprinklerhuvud och man kan generera ett tidigt uppbrott av strålen [10].

Ur arbetsmiljösynpunkt kan det dock vara lättare att arbeta rakt uppifrån vid kända, tjocka bjälklag. Hela tiden är det oerhört viktigt med kommunikation vid arbete med skärsläckare. En personal bör utses som kontrollerar och förmedlar effekten till skärsläckaroperatören för att undvika skär- och/eller vattenskadorna i utrymmen som inte är branddrabbade.

För brand högt upp i ett höghus måste slangen transporteras upp högt. Man har mätt tryckförluster samt förmågan att transportera abrasiv upp till 100 meter över pumpen hos skärsläckaren utan att förmågan försämrats nämnvärt⁴. Vid släckning från utsidan bör man främst arbeta från ett höjdfordon eftersom detta är det säkraste alternativet.

Behöver man arbeta från insidan har Storgöteborg tillsammans med ett skärsläckarföretag prövat tre strategier för att få upp slangen:

- Dra den längs med trappan,
- Dra upp slangen längs med ytterväggen och in genom ett fönster med hjälp av rep, eller
- Använda sig av öppna schakt i byggnaden som ventilationsschakt eller hisschakt.

Att använda sig av trappan visade sig svårt på grund av skarpa svängar och friktionen från slangen. Att dra upp slangen längs med ytterväggen är möjligt om det finns ett lämpligt fönster eller liknande som går att öppna. Dock kan det bli kritiskt vid stark vind som kan medföra att slangen åker iväg. Det måste finnas en säker plats att fästa inhalningsrepet i och skarpa kanter måste undvikas. Att använda sig av schakt är väldigt effektivt sätt att få upp slangen i höga byggnader även om det krävs en del logistik. Det är dock viktigt att personalen är tränade i att arbeta på höga höjder och att varje person som går nära schaktet är säkrad.

⁴ Samtal och dokument sänt via mail med Johan Biorstmark hos cold cut system den 2017-07-06.

5.2.4 Dimspik

Vid upprättandet av begränsningslinjer kan dimspik vara en bra metod och effekten är ofta god i det korta närområdet. Det finns dock en stor risk att vattnet sätts på och sedan inte stängs av, vilket kan medföra omfattande vattenskador. Kyls brandgaserna för snabbt nyttjas inte produktionen av ånga och inerteringseffekten minskar, se resonemang under kapitel 5.2.3. Dimspik producerar större vattendroppar än skärsläckaren så det är viktigt att arbeta med mycket korta pulsationer för att låta vattnet verka och bilda vattenånga [10]. Med dimspik är det dock lättare att ha kontroll över var släckmedlet hamnar eftersom den inte riskerar att skjuta igenom materialet.

Räddningstjänsten Storgöteborg använder dimspikar med självstängande ventiler på attackdimspikar för det förhöjda lågtryckssystemet. Detta för att undvika att vattnet sätts på utan att stängas av när det inte längre bidrar till släckeffekt. Fjädern medför att operatören måste hålla in handtaget för att påföra vatten och släpps handtaget stängs vattnet av.



Figur 12: Dimspik med fjäder för att undvika att dimspiken sätts på och sedan inte stängs av.

I tester utförda av RISE Fire Research Norge med att släcka konstruktionsbränder genomfördes det ett test med dimspik. Det positiva med dimspik var att man kom åt hålrummet utan att öppna upp. Det som var mindre positivt var att det krävdes förbörade hål. Arbetar personen ensam tar det extra tid att byta mellan borr och dimspik vilket fördröjer insatsen. Arbetar man två stycken kan detta snabbas på. Testpersonalen upplevde också problem med att hitta hålen i den rök som uppstod vilket ytterligare fördröjde insatsen. Vattenförbrukningen var ungefär samma som med testet att släcka med lågtryckssystem och motorsåg [23].

5.2.5 Tillsatsmedel och skum

De flesta tillsatsmedel är till för att minska ytspänningen i vattendropparna vilket medför att vattnet kan tränga in i materialet lättare. En del tillsatsmedel verkar också genom att minska droppstorleken vilket ökar förmågan att kyla brandgaserna. I Hummelgård och Linde [27], ett examensarbete från LTH, genomfördes tester för att mäta släckeffekten för olika tillsatsmedel samt en skuminblandning. Testerna genomfördes genom att tända eld på uppstaplade träreglar placerade på ett roterande bord. Släckmedlet påfördes med samma tryck, flöde och avstånd från branden i alla försök. Testerna visade att alla tillsatsmedel förutom ett ökade vattnets släckkapacitet avsevärt. De tillsatsmedel som bildade ett skum vid påföring visade sig ha svårare att komma åt svåråtkomliga

geometrier. Endast ett test per produkt genomfördes och därför går det inte rangordna de olika produkterna mot varandra och dessutom mätte inte testerna återantändningsskyddet vilket är en viktig aspekt. Slutsatsen är dock att tillsatsämnen kan öka vattnets släckkapacitet avsevärt.

Miljöeffekten är också något man behöver ta hänsyn till vid val av tillsatsmedel. I examensarbetet [25] genomfördes ett försök för att utvärdera miljöaspekten, men tillgången till data var för liten. Miljöbalken säger att bästa möjliga teknik alltid ska användas för att minska effekterna på miljön (Miljöbalken 2 kap 3§). Det har också fallit en dom där räddningstjänsten anses ansvariga för att förgiftat en ett par brunnar vid användning av skum⁵. Domstolen skriver att "räddningstjänsten kan anses vara en verksamhetsutövare enligt Miljöbalken 10 kap. och måste därmed iaktta försiktighet vid användning farliga kemikalier utan att för den skull hämmas i sin myndighetsutövning att släcka bränder." 2016 genomfördes tester på ett antal A-skum och B-skum samt ett tillsatsämne [28]. Alla släckprodukter påverkade miljön och A-skum behöver inte vara mindre akuttoxiskt jämfört med B-skum. Tillsatsmedlet gav lägst toxisk effekt med viss övergödande effekt om utsläpp sker på samma plats.

Ur miljösynpunkt avråder Kemikalieinspektionen, Naturvårdsverket och MSB från användning av flourbaserade brandsläckningsskum för de allra flesta typer av bränder. Allt släckvatten är giftigt, även om endast vatten använts. Vid tillsats av skum har det visat sig att släckvattnet blir ännu giftigare genom att dels dess innehåll av toxiska produkter [28] och dels att skummet tvättar ur giftiga produkter från det som brinner [29]. Allt överblivet släckvatten bör samlas upp och det är viktigt att veta hur tillsatsämnen påverkar miljön. Det är också viktigt att snabbt få bort brandrester innan nederbörd för annars sprids föroreningar i naturen.

Att få ner vattenförbrukningen är viktigt för att minska risken för vattenskador. Tillsatsämnen kan hjälpa till att effektivisera vattnets släckeffekt och därmed få ner vattenförbrukningen och minska den totala miljöbelastningen. Vissa tillsatsämnen verkar genom att minska vattnets ytspänning och vissa har också förmågan att minska vattnet droppstorlek och maximera inerteringseffekten [30]. Tillsatsämnen kan också förbättra återantändningsskyddet. Viktigt är dock att beakta tillsatsämnets miljöpåverkan och om det kan påverka träets egenskaper på något sätt. I rapporten "Förmåga och begränsningar i förekommande släcksystem" finns en längre diskussion om olika tillsatsmedels effektivitet mot bränder [22].

5.2.6 Koldioxid

Koldioxid (CO₂) är en färglös och luktfri gas som övergår direkt från fast form (torris) till gas vid -78°C. För att förekomma i vätskefasen måste trycket vara över 517 kPa och under 31°C. Densiteten av fri gas vid 20 °C är 1,8 kg/m³ och är därmed tyngre än luft. Fördelen med att släcka med koldioxid är att den inte smutsar ner eller bidrar till vattenskador. Branden kan dock lätt flamma upp igen om koldioxiden försvinner innan materialet hunnit svalna tillräckligt. Ett småskaligt test genomfördes i projektet som visade att koldioxid har potential att släcka konstruktionsbränder [26].

I ett examensarbete i Luleå av Larsson och Paulsson [31] testades att släcka ett antal konstruktionsbränder med hjälp av koldioxid i lite större skala. Ett problem de upplevde

⁵ <http://www.tjugofyra7.se/artiklar/Nyhet/raddningstjansten-ansvarig-i-hamre/> Hämtad 2017-10-23

var att vid applicering så fastnade en stor del av torrisen i mineralullen vilket medförde att kyleffekten mestadels blev lokal. Torrison skadade inte materialet utan avdunstade vid öppning av konstruktionen. Trots att mycket av torrison fastnade så spreds sig en del av släckmedlet och släckte branden. Försöken visade att det är mycket viktigt att få in allt släckmedel i konstruktionen och att konstruktionen är tät. Både vid applicering mot brandens bas såväl som längre bort från branden visade sig koldioxid ha en positiv släckverkan.

Vid ett storskaligt brandprov av ett helt trähus [32] genomfördes ett försök med att släcka konstruktionsbranden med hjälp av CO₂. Konstruktionen var uppbyggd med trästomme, stenullsisolering och hålrum. I detta försök gick det inte att släcka med hjälp av CO₂ och detta berodde sannolikt på att släckmedlet påfördes i hålrummet, medan stenullsisoleringen förhindrade släckmedlet att nå branden i trästommen.

Fler tester behöver genomföras innan det går att avgöra när och om det går att släcka med hjälp av CO₂.

5.2.7 Flytande kväve

Cirka 79 % av vår luft består av kväve (N₂). Kväve övergår till gasfas redan vid -196°C och är en färglös, luktfri och smaklös gas som är något lättare än luft. Det går åt en hel del värme för att förånga och värma upp gasen. Gasen expanderar cirka 682 gånger vid övergången från flytande till gasfas. Fördelen med gasen är att den inte är giftig för människan att andas in, men risk finns att syrehalten kan bli för låg för att en människa ska kunna överleva i ett rum där gasen använts för att släcka en brand. För brandsläckning i Silo rekommenderas att släcka med flytande kväve för att få ner syrekonzentrationen till under 5 %. Användning av kvävgas istället för koldioxid rekommenderas på grund av:

- Koldioxid kan under de förhållanden som råder vid en silobrand (brännbart material, syreunderskott, vattenånga och höga temperaturer) ge upphov till kemiska reaktioner som leder till bildning av stora mängder kolmonoxid samt vätgas, vilket kan leda till en allvarligt förvärrad situation.
- Flytande kväve är betydligt enklare att förånga än flytande koldioxid, mer lättillgänglig och är dessutom billigare.
- Det medför inte risk för statisk elektricitet vid gasinmatningen.

Paralleller kan dras till konstruktionsbränder i och med liknande ventilationsförhållande, men annars är det främst punkt två som ger kväve en fördel mot koldioxid vid konstruktionsbränder. I dagsläget finns dock ingen lämplig påföringsmetod eller förvaringsmöjlighet för kvävgas hos räddningstjänsten. Vid användning vid silobrandsläckning behövs en specialutrustning för att förånga kvävgasen innan den förs in i silon. De som arbetar med den flytande kvävgasen måste också ha erforderlig skyddsutrustning för att minska risken för köldskador.

I ett examensarbete i Luleå [31] testades att släcka konstruktionsbränder med flytande kväve. Släckverkan var positiv men det behövs fler tester för att avgöra hur bra släckmetoden är vid större konstruktionsbränder samt hur temperaturkänsliga element påverkas eller om tryckupbyggnaden kan bli så pass stor att väggen tar skada. Det behöver också utvecklas en bra påföringsmetod samt att förvaring av släckmedlet måste lösas innan det går att använda hos räddningstjänsten.

5.2.8 Pulver

Pulver har en hög släckeffekt som förklaras av att pulverkornen, som från början är fasta partiklar genomgår två energikrävande fasövergångar; smältning och förångning, alternativt ett kemiskt sönderfall. I projektet genomfördes ett småskaligt försök att släcka en konstruktionsbrand i hålrum. I detta försök visade det sig att det krävdes stora mängder pulver för att lyckas släcka branden [26].

Några andra tester på att släcka konstruktionsbränder med hjälp av pulver har inte gått att finna.

5.2.9 Pyrotekniskt genererade aerosoler (PGA)

I ett examensarbete vid Luleå tekniska högskola testade Andersson [33] att släcka konstruktionsbränder med hjälp av PGA. Tre konstruktioner byggdes upp och släckmedlet applicerades med hjälp av stavar. I två av fallen mitt i konstruktionen och i ett fall direkt i branden. Vid applicering av släckmedlet gick det att se både temperatursänkning och stegring, men i de fall där sänkning av temperaturen skedde så steg den snabbt igen efter en stund. Problem med släckmedlet var dels dess höga ingångstemperatur och dels appliceringsmetoden som medförde att släckmedlet enbart riktades rakt in i konstruktionen.

Slutsatsen i examensarbetet var att släckstavar med PGA inte är optimala att använda vid släckning av konstruktionsbränder.

5.2.10 Sammanfattning av släckmedel

I ett hus byggt med trästomme är det viktigt att använda så lite vatten som möjligt och torra släckmedel bör övervägas. Det behövs dock fler tester av släckning med torra släckmedel för att kunna rekommendera en metod. En konstruktionsbrand i hålrum har oftast begränsad tillgång till syre (mest genom inertering från CO₂ och vattenånga i brandgaserna) vilket bör utnyttjas vid påföring av släckmedel. Att snabbt kyla ned ytorna behöver nödvändigtvis inte vara det bästa eftersom det då bara blir en lokal påverkan på branden medan den kan fortsätta sprida sig i resten av hålrummet. Genom att nyttja den låga tillgången av ventilation och ytterligare sänka syrenivån med hjälp av vattenånga kan branden släckas genom inertering. Det är dock viktigt att tillse att branden inte får tillgång till syre så länge som temperaturen i konstruktionen är hög. Genom att arbeta med små droppar och korta pulsationer nyttjas vattnets verkningsgrad i så hög grad som möjligt och därmed minskas risken för vattenskadorna. Att använda tillsatsmedel i släckvattnet som både minskar dropparnas storlek och förbättrar ytkylningen kan med fördel användas för att minska vattenåtgången. Viktigt att beakta är tillsatsämnets miljöpåverkan samt om det kan påverka träets egenskaper på något sätt. Fler tester behövs för att veta vilken påverkan som vattenbaserade släckmetoder har på träets egenskaper och risken för fuktskador. Finns det risk för fuktskador även vid optimal vattenpåföring?

Fördelen med icke vattenbaserade släckmedel är att det inte finns risk för vattenskadorna. Både kväve och koldioxid har potential till att kunna användas för att släcka konstruktionsbränder i hålrum. Dess effektivitet beror dock till stor del på hur väl inneslutet utrymme är eftersom släckmedlet måste stanna kvar i konstruktionen tills

temperaturen sjunkit under antändningstemperatur. Samtidigt är det problem med att släckmedlet kan fastna i isoleringsmaterialet vilket begränsar effekten. Kväve finns idag inte tillgängligt hos räddningstjänsten men de flesta räddningstjänster har en koldioxidsläckare. Negativt är att ett hål behöver förböras med risk för att branden syresätts. Potentialen finns men fortfarande återstår en del frågetecken om bästa möjliga taktik.

5.3 Påföra släckmedlet på rätt plats

Det är naturligtvis viktigt att försöka välja det bästa släckmedlet i den aktuella situationen men det absolut viktigaste, både ur miljösynpunkt och för att uppnå bäst släckeffekt, är vilken påföringsmetod som används och att brandmannen har tillräcklig kunskap om släckmetoden. Nyckeln till en lyckad och effektiv insats med så små egendomsskador orsakade av släckmedel och så liten miljöpåverkan som möjligt är att **”varje droppe släckmedel ska göra nytta”**. Varje brandman som på något sätt påför släckmedel har ett stort ansvar att det påförs från rätt plats med rätt metod, på rätt ställe och i rätt mängd⁶.

Att veta var rätt plats är och att man använder rätt metod är svårt, t.ex. kan det finnas flera lager av konstruktionsmaterial och flera hålrum i samma vägg, särskilt i äldre hus som blivit renoverade. Om släckmedlet då påförs i fel hålrum kommer branden inte att släckas och om vattenbaserat släckmedel används finns det även större risk för vattenskadorna. Vet man inte hur konstruktionen är uppbyggd kan det vara idé att röra munstycket lite upp och ner också för öka chansen till att få in släckmedel till där det brinner.

I genomförda släckförsök med CO₂ [32] gick det inte att släcka konstruktionsbranden eftersom det brann i trästommen mellan vägg och stenullisoleringen, där stenullen förhindrade CO₂ att nå branden. Om det kan finnas liknande problem för vattenbaserade släckmedel går inte att säga.

Ett annat exempel är att vid vattenpåföring med högt tryck kan isoleringsmaterial tryckas ihop och bilda en barriär som medför att släckmedlet stannar i närområdet, vilket minskar effektiviteten på släckverkan. En mjuk påföring av släckmedlet kan förhindra detta.

Alla dessa exempel visar på vikten att hela tiden följa effekten av vald metod så att metoden eller val av plats kan ändras tills släckeffekt uppnås.

5.4 Avslut av räddningsinsats

Oxfordshire Fire Brigade i Storbritannien har ändrat sina rutiner vad gäller trähus. Vid en brand i trähus måste räddningsledaren återvända efter fyra timmar för att kontrollera så att branden inte flammats upp igen i hålrummen [11]. Tester vid UL [14] visade att det är viktigt med en översyn av hela den exponerade konstruktionen efter att branden antas vara släckt eftersom pyrande förbränning kunde noteras i alla sorters väggsystem.

⁶ Kommentar från Johan Helsing, Räddningstjänsten Storgöteborg 2017-11-08.

Erfarenheter från ett verkligt fall väntade man med att öppna till IR-kamerorna registrerat temperatursänkning under 20–30 minuter [22]. Sedan öppnades konstruktionen upp utan risk för häftig brandspridning vid syresättning.

Som ett beslutsstöd kan man plotta några utvalda värmepunkter, först med täta intervall och sedan, om temperaturen sjunker med allt längre intervall. För exakt punktmätning variera mätvinkeln och mät differensen i temperatur mot sidoobjekt. Använd gärna foto och/eller videofunktionen för att sedan kunna bedöma förändring av IR-bilderna.

Då det finns svårigheter med att bedöma hur mycket vatten som använts vid släckningen måste fastighetsägare informeras om att byggkonstruktionen kan ha en högre halt av vatten och bör därför avfuktas så att inga mögelskador uppstår efter släckinsatsen.

6 Slutsatser

En mycket stor förekomst av varierande byggnadstyper finns runt om i Sverige. Dessa byggnader skapar varierande svårigheter vid bekämpande av bränder. Den konventionella släcktaktiken innebär att snabbt forcera in med rökdykare i byggnader för att lokalisera startbrandrummet och släcka branden.

Idag finns det en ökad förekomst av varierande typer av släckfordon med varierat antal brandpersonal i bemanning samt tillgång till nya typer av släcksystem. Bland dagens släcktaktik finns därför också en möjlighet att påbörja insats från utsidan av byggnaden. Därför är det av största vikt att inledningsvis, vid räddningstjänstens framkomst, kunna identifiera viktiga faktorer i byggnadens konstruktion parallellt med aktuell branddynamik för att möjliggöra räddningsledarens riskbedömning och val av släcktaktik och släckmetoder. Det ställs också stora krav på brandmannen som genomför vald släckmetod att den har tillräcklig kunskap om släckmetoden så att släckmedlet påförs på rätt plats och i rätt mängd.

Byggnader med bärande stomme av trä är idag byggda med god brandsäkerhet, men trä är ett brännbart material och kan brinna. Det kan t.ex. handla om ett felaktigt installerat brandskydd eller att byggnaden genomgått renoveringar som försämrat brandskyddet. Branddynamiken inne i konstruktionen beror inte bara på om det är trästommen som brinner utan beror också på hur konstruktionen är uppbyggd, hur stort hålrummet är (större hålrum bidrar generellt till snabbare brandspridning) och vilken isolering som använts.

Beroende på isolering kan mjuk påföring av släckvatten krävas så att isoleringen inte packas ihop och förhindrar släckmedlets spridning i konstruktionen. Mineralull är obrännbart, men om densiteten är låg kan brandgaser ändå sprida sig vidare. Mineralull är även ibland inklädd i plast som kan brinna. Mineralull kan bestå av antingen glasull eller stenull med lite olika brandegenskaper. Glasull har en lägre smältpunkt än stenull. Cellplast brinner/smälter vid låga temperaturer vilket kan försvåra för värmevägen att ta sig förbi ytterkonstruktionen vilken minskar chansen till att upptäcka branden med hjälp av IR-kamera. Tester genomförda på vertikala skivor av EPS visade att materialet sakta smälter och brinner långsamt nedåt med en temperatur på 100–150 °C. Det var när hela skivan smält och bildat en poolbrand som häftig brand i omslutande konstruktion uppstod [17]. Om branden istället börjat underifrån hade en poolbrand bildats tidigare och ett häftigare förlopp även i början av brandförloppet är att vänta.

Vid dolda bränder är det viktigt att identifiera konstruktionen och hitta branden för att sedan kunna välja vilken släckmetod som ska användas. Visuella iakttagelser bör kompletteras med scanning av IR-kamera. Tester [18] visade att rätt användning av IR-kamera var viktigt för att kunna släcka branden effektivt. Det är därför viktigt att ha en gedigen utbildning på IR-kamera och hur man ska tolka bilderna.

Torra släckmedel som kväve eller koldioxid har stor potential att vara effektiva mot bränder i hålrum, men fler tester behöver genomföras för att bekräfta detta. Dessutom behöver teknik och taktik utvecklas. För vatten är det viktigt att utnyttja att branden är ventilationskontrollerad och påföra släckmedlet utan att öppna upp konstruktionen. Så lite vatten som möjligt bör användas och därför är små vattendroppar effektiva eftersom de förångas snabbt och bildar vattenånga. Denna process sänker både temperaturen och

syrenivån i hålrummet. Skärsläckaren är ett effektivt redskap då den kan skära igenom materialet snabbt utan att öppna upp ett för stort hål och att angreppspunkten snabbt kan ändras vid behov. Viktigt är att arbeta med korta pulsationer så att inte strålen går igenom alla lager i konstruktionen. Vid tunna material kan dimspik vara ett alternativ men det kräver mer arbete eftersom förborring måste ske. Dimspik ger också större vattendroppar som ökar risken för vattenskadorna. Även vid dimspik är det viktigt att arbeta med korta pulsationer och låta vattnet verka och bilda vattenånga.

Vid brand i höga hus finns det ytterligare en svårighet, nämligen att få upp släckmedlet till där det brinner. Ska man släcka från utsidan behöver man beakta om man kan komma åt våningen det brinner på med hävaren eller stege. Kommer man enbart åt med stege måste stora försiktighetsåtgärder vidtas om vald metod är arbete med skärsläckare. Tryckförluster är också något som behöver tas hänsyn till. I tester genomförda med skärsläckaren visade det sig att tryckförluster upp till 100 meter över pumpen inte var några problem, men för lågtryckssystem eller förhöjt lågtryck kan kanske tryckförlusterna bli så stora att t.ex. dimspiken inte kan producera små vattendroppar och därmed har den tänkta släckeffekten minskat. För släckning från insidan kan det finnas stigarledningar installerade, men beroende på vald metod kan vattentrycket vara för litet. Beroende på utformningen av byggnaden behöver rutiner tas fram för att få upp vald släckmetod till högsta våningen.

Det är viktigt att beakta att konstruktionen kan bestå av flera lager med flera olika hålrum t.ex. på grund av renoveringar eller ombyggnationer. Detta kan medföra att släckmedlet påförs i fel hålrum. Vet man inte hur konstruktionen är uppbyggd kan det vara bra att röra strålen lite upp och ner också för att öka chansen att släckmedlet träffar branden.

Vi avslut av räddningsinsatsen bör några utvalda värmepunkter plottas, först med täta intervall och sedan, när temperaturen sjunker, allt längre mellan intervallerna. En konstruktionsbrand kan ligga och glöda flera timmar innan den upptäcks och därför ska man ha som rutin att åka tillbaka efter några timmar för att scanna av sina värmepunkter. Plotten är ett bra beslutstöd för att kunna avsluta räddningsinsatsen. Vid användning av en vattenbaserad släckmetod går det aldrig att vara 100 % säker på att det inte uppstått förhöjd fuktkvot i konstruktionen. Fastighetsägaren bör därför alltid informeras att förhöjd fuktkvot kan ha uppstått.

7 Exempel på övningar

En viktig slutsats är att kunskap och identifiering av olika konstruktioner, hur man använder IR-kameran och en korrekt genomförd släckinsats är alla viktiga faktorer för att effektivt kunna släcka konstruktionsbränder effektivt med så liten negativ påverkan i form av vattensador som möjligt. Nedan presenteras ett antal förslag på olika övningar som kan genomföras för att bli bättre på detta.

7.1 Olika konstruktioner

Läs kapitel 3 och fundera över hur olika isolering påverkar brandspridning i hålrum i konstruktionen. Tips på övning är också att bygga upp en konstruktion med olika sorters isoleringsmaterial. Starta en konstruktionsbrand och studera branddynamiken.

7.2 Övningar med IR-kamera

Det är en bra övning att scanna olika byggnader i kommunen och diskutera vilken information som IR-kameran kan ge, t.ex. Var kan man hitta försvagningar i konstruktionen. Varje byggnad läcker värme ifrån svagheter i konstruktionen även när det inte brinner. Denna övning fungerar bättre när det är kallt ute.

En annan bra övning är att bara leka med kameran, testa att filma från olika vinklar eller med olika inställningar och fundera på hur bilden förändras. T.ex. hur påverkas den synliga temperaturskillnaden om du ändrar färgpaletten? Denna övning kan bygga upp en förståelse för hur bilderna ska läsas. Att ta kort eller filma med IR-kameran under pågående insats och sedan använda dessa bilder i övningar är också bra för erfarenhetsåterföring och reflektion över insatsen. När bilderna studeras kan man fundera över vilken information de ger och vilka taktiska övervägande som bör göras.

7.2.1 Fläktvärmepistol

En enkel övning som kan genomföras är att instruktören penslar byggnadsmaterialet i vägg och golv med en fläktvärmepistol. En temperaturhöjning på 20–25 grader över rumstemperatur kommer att innebära färgförändringar på skärmen i IR-kameran. Instruktören kan med egen IR-kamera bygga upp värmebilden för att sedan låta övningsgruppen tolka bilden och lämna förslag på åtgärder. Värmepensling kan användas för att illustrera olika scenarios, exempelvis brand runt elkontakter, strömbrytare och elledningar inne i väggar. Det går att pensla övre delen av dörrkarmar och fönsterkarmar för att simulera hur långt ner brandgaslager är i brandrummet. Övningen kan med fördel genomföras både i dagsljus samt i mörkklagda rum för att öka förståelsen för hur vi uppfattar skillnaderna i IR-bilderna om det är mörkt eller ljust ute. Värmepensling utförd av instruktör inför ett övningsmoment kan ge värmeskillnad i displayen under 10–15 minuter.

Värmepenslingen måste ske med försiktighet för att ej skapa risk för antändning under övningsmomentet.

7.2.2 Modellhus

På marknaden finns det så kallade modellhus att köpa för att öva ventilering på. Dessa modellhus går också att använda till att öva IR-scanning med. Det går att använda värmepensling eller stearinljus för att illustrera eller utgöra en startbrand. Den ökade temperaturen och tryckskillnaden inne i modellhuset scannas med IR-kamera och övningsmoment kan varieras beroende på scenariot.

Modellhus går också att bygga upp själv med exempelvis 8–10 mm tjocka träfiberskiva som sågas till och bildar golv, ytterväggar och tak. Sedan kan tegelläkt monteras på utsidan. Våningsplan kan byggas upp till önskvärd höjd och trapphus, källarplan och fönsterpartier kan byggas. Fönsteröppningar kan sågas upp i boardskivan och täckas av pappersversionen av fönstret. Värmspridningen detekteras då snabbt mellan kamerans detektor och förhöjd värmspridning i fönsterytan. Tak och väggytor skall målas med matt färg. Detta för att minska risken för att färgen reflekterar infallande temperatur allt för mycket.

7.2.3 Övrigt

En värmekabel för golvvärme alternativt värmekabel för takrännor och stuprör kan användas för att simulera förhöjda temperaturer. Kan exempelvis användas runt fönster, takfot, taknock eller bakom gardiner (endast fantasin sätter gränser).

Värmeblåsar, så kallade kupévärmare, kan sättas bakom dörrar för att illustrera förhöjd temperatur i sidoutrymme och förhöjd temperatur på dörrspeglars etc. Värmekabelmatta för golvvärme kan hängas upp bakom dörr för att simulera brandgaslager bakom dörren.

7.3 Övningar för brandsläckning

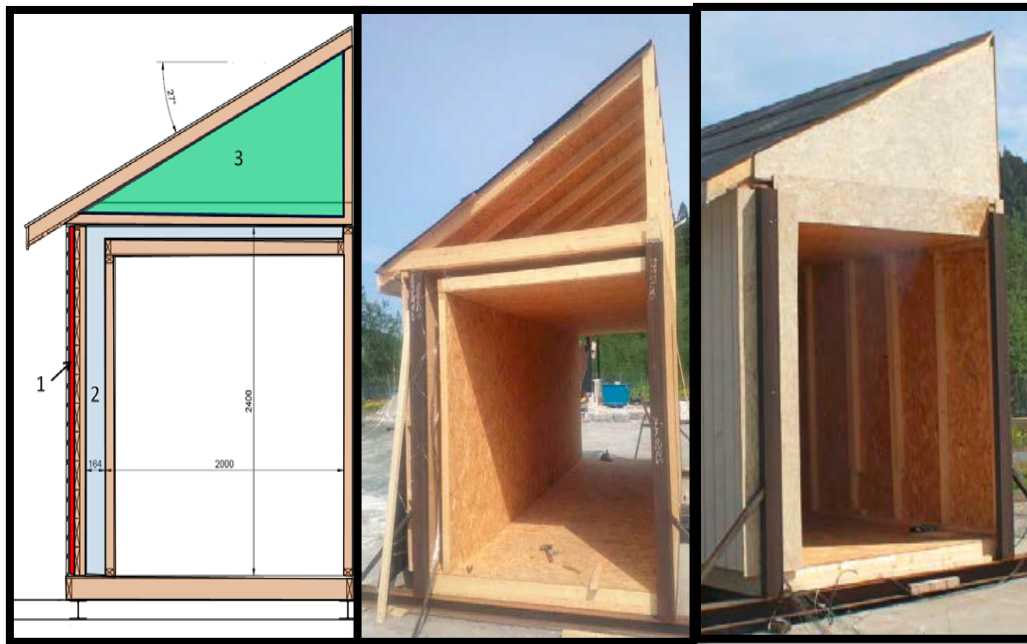
På övningsfältet Karholmen i Göteborg och på Guttasjön i Borås har man byggt upp moduler för att öva konstruktionsbrand, se Figur 13. Figur 14 visar hur man byggt upp en övningsmodul i Danmark som simulerar brand i trossbotten, se också Figur 8. Intressant hade dock varit att även öva på vertikal brandspridning eller spridning från trossbotten till vägg och sen till vind. Att bygga upp ett likande övningshus som användes i de norska försöken [23] är ett alternativ för att öva mer komplicerade konstruktionsbränder. Bra att ha en brandbeständig stomme för att sedan kunna byta ut olika isoleringsmaterial och fasadmaterial.



Figur 13: Övningsmoduler för att öva konstruktionsbrand på Storgöteborgs brandövningsplats Karholmen. Foto Lotta Vylund.



Figur 14: Övningsmodul för att identifiera och släcka konstruktionsbränder. Foto Krister Palmkvist.



Figur 15: Huset som användes vid testerna i Norge [23].

8 Fortsatt forskning

För brand i träbyggnader måste även hänsyn tas till fuktkvoten i träet efter en insats, eftersom en förhöjd fuktkvot ökar risken för fukt- och mögelskador. Av de genomförda testerna som rapporterats här har man inte mätt fuktighetshalten i trämaterialen efter släckning. Intressant vore att mäta fuktighetshalten i träet före och efter olika genomförda släckmetoder, men eftersom olika sorters trä drar åt sig fukt olika mycket är det viktigt att samma slags trä används i försöken för att kunna jämföra olika släckmetoder. Det behövs också fler tester på lämplig släckmetod om den brinnande träkonstruktionen skyddas av obrännbar isolering som t.ex. stenull, det vill säga att branden inte finns inne i själva hålrummet utan det är regelverket som brinner.

Just nu är IR-kamera det hjälpmedlet som räddningstjänsten har tillgå för att bedöma effekten av vald släckmetod. Men eftersom det finns en tröghet i hur värmevägen transporteras i konstruktionen kanske det finns andra sätta att mäta effekten av vald släckmetod. En intressant frågeställning här är om det går att använda sig av tryckmätning för att avgöra när tillräckligt mycket släckvatten förts in i konstruktionen. Ett första tecken på effekt av vattendimma är att trycket faller, sen ökar det igen när vattenånga bildas. Genom att sluta påföra släckvatten precis när trycket faller kan släckverkan optimeras.

Dessutom hade det varit intressant att undersöka om det finns ytterligare indikeringsverktyg för att hitta dolda bränder. Cellplast brinner/smälter t.ex. vid låga temperaturer vilket kan försvåra för värmevägen att ta sig förbi ytterkonstruktionen, vilken i sin tur minskar chansen till att upptäcka branden med hjälp av IR-kamera. Vid silobränder mäts vilka gaskoncentrationer som finns i silon för att avgöra om brand pågår och något likande hade kanske kunnat användas i konstruktionsbränder.

9 Referenser

- [1] Eriksson, P.-E., Nord, T., & Östman, B. (2016). *Kartläggning av brandincidenter i flervåningshus med trästomme – erfarenheter från 20 års brukande* (SP rapport 2016:12), Stockholm
- [2] Gustafsson, A., Eriksson, P.-E., Engström, S., Wik, T., & Serrano, E. (2012). *Handbok för beställare och projektörer av flervånings bostadshus i trä* (SP Rapport 2012–70)
- [3] Johansson, N. (2015). *Fallstudie av konstruktionsbränder*, (Rapport:3191, avdelningen för brandteknik, Lunds universitet), Lund
- [4] Coxner, M. & Dalgren Wikland, M. (2014). *Egendomsskydd vid brand i flerbostadshus* (Rapport 5475, avdelningen för brandteknik, Lunds universitet), Lund
- [5] Roberts, B., C., Webber, M., E. & Ezekoye O., A. (2015). Development of a multi-objective optimization tool for selecting thermal insulation materials in sustainable designs. *Energy and buildings, volume 105, 358–367.*
- [6] Wahlsten, V. (2010). *Brandskyddsdocumentationer för höga trähus: sammanställning, analys och förslag till riktlinjer* (Rapport 2010:123, Luleå tekniska universitet)
- [7] Johansson, N. (2017). *Dödsbränder i bostäder 2012–2015 – En studie av fastighetsinformation*, (Rapport:3204, avdelningen för brandteknik, Lunds Universitet), Lund
- [8] Östman, B., & Stehn, L. (2014). *Brand i flerbostadshus av trä – Analys, rekommendationer och FoU-behov* (SP Rapport 2014:07). Stockholm
- [9] “*Understanding Fire Risks In Combustible Cavities*” Chiltern International Fire: <http://www.cwc.ca/documents/Industry/Tall%20Wood%20Buildings%20-%20Final%20Report.pdf> Hämtad 2017-04-05.
- [10] Holmstedt, G., Johansson, N., Särdaqvist, S., Vylund, L., Ingason, I., Lindström, J., Palmkvist, K., Nystrand, B., *Storskadeproblematiken – Brand i byggnad* (MSB827).
- [11] Fire alarm by Andy Pearson & Thomas Lane. <https://www.building.co.uk/news/fire-alarm/1020174.article> Hämtad 2017-10-25.
- [12] Our Fire and Rescue Service Practitioners´ Forum. 2010-04-27 by John Barton, Item No 10/23. <http://therfu.org/wp-content/uploads/2013/12/Appendix-4.pdf> Hämtad 2017-10-25.
- [13] National Operational Guidance Programme, *Fires in the built environment and fires in buildings under construction or demolition*, BRE, version 1.5, February 2016.
- [14] Kerber, S., & Zevotek, R. (2014). *Study of residential attic fire mitigation tactics and exterior fire spread hazards on fire fighter safety.*, UL Fire Safety Research Institute.
- [15] Karlsson, B. & Quintiere, J.G. (2000). *Enclosure fire dynamics*. Boca Raton, FL: CRC Press.

- [16] Östman, B. m fl (2012). *Brandsäkra trähus 3 – Nordisk-baltisk handbok*. (SP-rapprt 2012:18), Stockholm
- [17] Nellgård, J. (2017). *Experimental Fire Study of Expanded Polystyrene Insulation in Concrete and Lightweight Concrete Wall Constructions*, Luleå
- [18] Björk, C., Kallstenius, P., Reppen, L., *Så byggdes husen 1880–2000 – Arkitektur, konstruktion och material i våra flerbostadshus under 120 år*, Stockholm, 2013.
- [19] Björk, C., Nordling, L., Reppen, L., *Så byggdes villan 1890–2010 – Svensk villaarkitektur från 1890 till 2010*, Stockholm, 2009.
- [20] Jardemyr, P., & Touma, S. (2013). *Tillämpning av högpresterande isolering: PIR-isolering - ett effektivt isoleringsmaterial*. KTH
- [21] Gudmundsson, A. & Studahl, P., (2015). *IR-teknik som hjälpmedel vid brandbekämpning*. (rapport 5490, brandteknik, lunds universitet), Lund.
- [22] Lindström, J., Appel, G., Palmkvist, K., Bialas, K.O., *Förmåga och begränsningar av förekommande släcksystem vid brand i byggnad – fokus på miljöarbete*, MSB rapport MSB618, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2013
- [23] Hox, K. & Sæter Bøe, A., (2017). *Slokkemetoder med lite vann*. (SPFR-rapport A17 20099–01:1), Trondheim
- [24] Övningskompendium för “Skärsläckartaktik – Brand i byggnad”
Räddningstjänsten Storgöteborg övning 1430, 2015-05-26;
<http://www.rsgbg.se/globalassets/dokument/utbildningar/operativ-raddningstjanst/1430-skarslackartaktik-20150526.pdf> Hämtad 2017-10-18
- [25] Cutting extinguisher: concept and development, FoU Rapport PUBP21- 362 – Räddningsverket, Karlstad
- [26] Just, A. & Brandon, D.,(2017). *Fire Stops in Buildings*. (SP Report 2017:10), Stockholm
- [27] Hummelgård, M. & Linde, R. (2014). *Släckeffekt hos tillsatsmedel I släckvatten*. (rapport 5452, Brandteknik Lunds universitet).
- [28] Kärrman, A., Bjurlid, F., Hagberg, J., Ricklund, N., Larsson, M., Stubleski, J., & Hollert, H. (2016). *Study of environmental and human health impacts of firefighting agents: A technical report*. Örebro, Sweden
- [29] Lönnermark, A., & Blomqvist, P. (2005). Emissions from Tyre Fires (SP Rapport 2005:43). Borås
- [30] Försth, M., Ochoterena, R., Lindström, J. (2012). *Spray characterization of the cutting extinguisher*, (SP Arbetsrapport 2012:14), Borås.
- [31] Larsson, C. & Paulusson, H., (2017). *Småskalig släckning av konstruktionsbränder*, (Luleå tekniska universitet).
- [32] Brandon, D., Just, A., (2018) *Two storey CLT compartment fire test*. Ej publicerad vid färdigställandet av denna rapport.

[33] Andersson, J. (2016). *Pyrotekniskt genererade aerosoler vid konstruktionsbränder* (Luleå tekniska universitet)

Bilaga 1: PP-presentation av rapporten

I denna bilaga finns åhörarkopior av en PP-presentation som kan användas av instruktörer för att förmedla innehållet i rapporten till sin medarbetare. Presentationen finns att laddas ner på www.rise-first.com

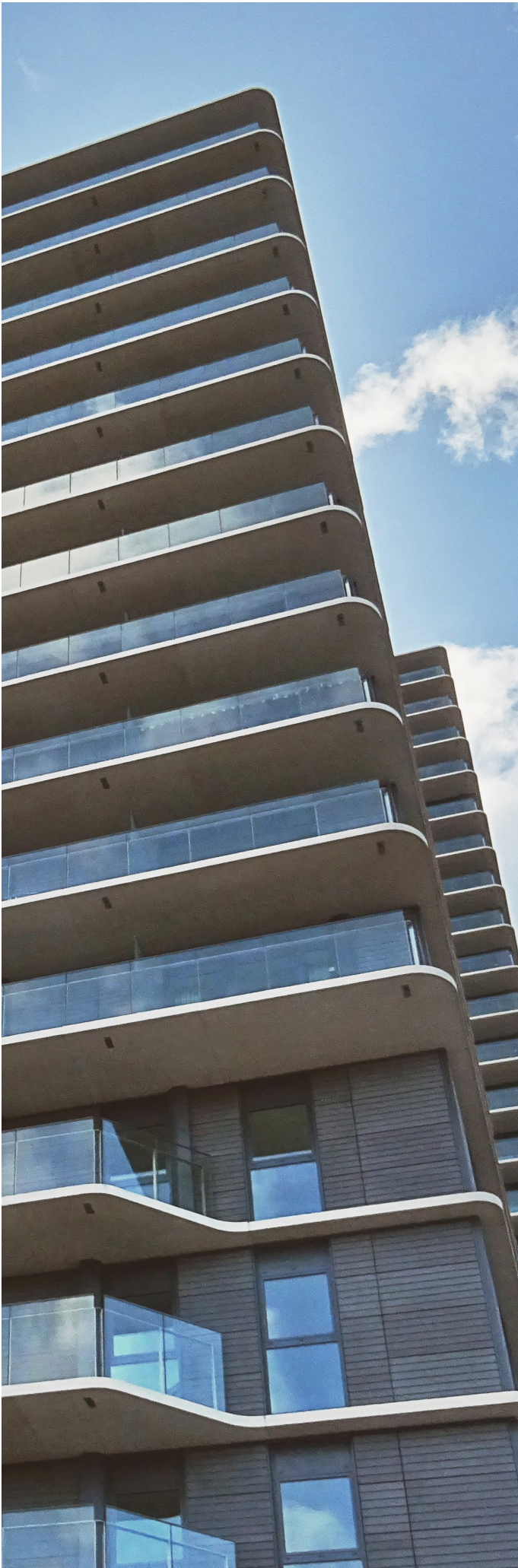
- Denna PP-presentation är ett komplement till rapporten "Taktik och metodik för släckning i höga trähus" och är ett förslag på hur en instruktör kan lägga upp en utbildning kring taktik och metodik för släckning av konstruktionsbrand med fokus på höga trähus.
- PP-presentationen avgränsar sig till innehållet i rapporten och en fullständig utbildning för brandmän kan behövas kompletteras med utrymningsstrategier etc.
- Bilderna i presentationen ger förslag på olika diskussionspunkter och i varje bild finns hänvisningar till olika sidor i rapporten som kan användas som information till instruktören.
- Rapporten och även PP-presentationen är uppbyggd enligt följande:
 - Risker med trähus
 - Identifiera byggnadskonstruktionen
 - Spridningsvägar
 - Hitta dolda bränder
 - Hur man kan använda IR-teknik
 - Taktik och metodval
 - Höga byggnader
 - Val av släckmedel
 - Påföringstaktik
 - Avslut av räddningsinsats

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 200 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB
Box 857, 501 15 BORÅS
Telefon: 010-516 50 00
E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se

Safety
RISE Rapport 2017:65
ISBN:978-91-88695-35-
2



RI. SE

RISE Research Institutes of Sweden
P.O. Box 857, 501 15 BORÅS, SWEDEN
PHONE: 0046-10-516 50 00
E-post: info@ri.se,
Internet: www.ri.se

OUR SPONSORS & PARTNERS:





The Swedish Fire Research Board, Brandforsk, is a non-profit body, formed in collaboration between insurance companies, industry, associations, government agencies and local municipalities.

The purpose of Brandforsk is to initiate and fund research and knowledge development within the field of fire safety in order to reduce the negative social and economic impact of fire.

The work is under the leadership of the board of directors and is undertaken in the form of projects at universities, institutes of technology, research organisations, government agencies and industrial enterprises. The Secretariat of Brandforsk shares the premises of the Swedish Fire Protection Association, SFPA, which is also the principal organization.



Brandforsk

Årstaängsvägen 21 c
P.O. Box 472 44, SE-100 74 Stockholm, Sweden
Phone: 0046-8-588 474 14
brandforsk@brandskyddsforeningen.se
www.brandforsk.se