

# Analys av storskaliga bränder och dödsbränder i höga hus med trästomme, inträffade i USA mellan 2007 och 2015

*Fatima Silvia Al-Breidi & Erika Lövström*

---

Brandteknik  
Lunds Tekniska Högskola  
Lunds Universitet

Fire Safety Engineering  
Lund University  
Sweden

Rapport 5534, Lund 2017  
Examensarbete på brandingenjörsutbildningen



**Analys av storskaliga bränder och dödsbränder i höga hus  
med trästomme, inträffade i USA mellan 2007 och 2015**

**Fatima Silvia Al-Breidi & Erika Lövström**

**Lund 2017**

Analys av storskaliga bränder och dödsbränder i höga hus med trästomme, inträffade i USA mellan 2007 och 2015

A study of large-scale fires and fatal fires in tall buildings with wood frame, occurred in the USA between 2007 and 2015

Fatima Silvia Al-Breidi & Erika Lövström

**Report 5534**

**ISSN: 1402-3504**

**ISRN: LUTVDG/TVBB-5534-SE**

Number of pages: 73 (Including appendix)

Illustrations and pictures: All illustrations and pictures are used with permission.

Keywords: Wood frame, USA, residential building, multi-storey building, fire, fire spread, sprinkler, water damage, costs.

Sökord: Trästomme, USA, flerbostadshus, flervåningshus, brand, brandspridning, sprinkler, vattenskador, kostnader.

#### Abstract

A study is presented in the report regarding fires that have occurred in the USA between 2007 and 2015 in tall residential buildings with wood frame. The work is based on fire investigations compiled by NFPA and does only include large-scale fires and fatal fires.

The general conclusions that have been made are that sprinklers have a positive impact on the extent of a fire and that an installation of sprinkler in buildings save lives. The sprinkler system operated in 96,7 % of the studied cases, but only operated effectively in 68 % of the cases. Further, in buildings established in the 1970s, fires spread outside the original fire compartments in all the studied cases. In buildings built after the 1970s, the percentage of fires that spread outside the original fire compartment was reduced to below 50 percent for each decade. The last conclusion is that to prevent fire spread between fire compartments in wood buildings, it is important that the detailed construction solutions are properly executed.

© Copyright: Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, Lund 2017.

---

Avdelningen för Brandteknik  
Lunds Tekniska Högskola  
Lunds Universitet  
Box 118  
221 00 Lund

<http://www.brand.lth.se>

Tel: 046 222 73 60

Division of Fire Safety Engineering  
Faculty of Engineering  
Lund University  
P.O. 118  
SE-221 00 Lund  
Sweden

<http://www.brand.lth.se>

Tel: +46 46 222 73 60

# Sammanfattning

---

Detta arbete studerar bränder inträffade i USA mellan åren 2007-2015 i höga hus med trästomme. Höga hus definieras som byggnader med minst tre våningsplan och arbetet studerar endast flerbostadshus eller liknande byggnader såsom lägenhetshus för äldre. Arbetet är tänkt att kunna användas i Sverige, men studien är trots det genomförd i USA.

Anledningen är att USA bygger fler höga hus i trä och har gjort det under en längre tid. Fler byggnader medför även att det har inträffat fler bränder i dessa byggnader och således finns det ett större underlag att studera.

Det har i Sverige varit tillåtet att bygga höga hus med trästomme sedan 1994. Lagstiftningen har sedan dess varit funktionsbaserad vilket innebär att det ställs samma krav på byggnader oavsett stommaterial. När lagstiftningen ändrades fanns det väldigt liten kunskap om hur man bygger i trä för att uppfylla byggreglerna. Sedan dess har utvecklingen gått framåt och idag byggs cirka tio procent av alla nya flerbostadshus med trästomme. Trots det råder det delade meningar om huruvida det är bra att bygga högt i trä och det saknas fortfarande kunskap inom området. Projektets syfte är att öka kunskapen kring huruvida bränder beter sig annorlunda i byggnader med trästomme jämfört med byggnader med annat stommaterial. Syftet är även att öka kunskapen om hur bränder påverkar byggnader med trästomme.

Arbetet inleddes med att studera litteratur kring trä som stommaterial, detta låg sedan till grund för resterande arbete. Bland annat studerades Sveriges historia gällande byggande med trä och hur lagstiftningen sett ut. Även amerikansk lagstiftning studerades för att skapa en förståelse för hur den är uppbyggd. Efter detta inhämtades kunskap om hur trä fungerar som byggnadsmaterial, hur det påverkas av brand samt hur det påverkas av vatten. Sist studerades bland annat olika byggnadstekniker, träprodukter och stomsystem för att få en inblick i hur byggnation med trästomme sker.

Målet med detta arbete är att analysera och tillgängliggöra information om bränder inträffade i flerbostadshus med trästomme. Informationen hämtas från ett arkiv av brandutredningar, sammanställda av NFPA, gällande storskaliga bränder och dödsbränder inträffade i USA mellan åren 2007 och 2015. Utredningarna finns inte för alla bränder som inträffat i USA, utan är endast genomförda för de bränder där dödsfall inträffat, höga ekonomiska kostnader uppstått eller en kombination av dessa inträffat. Således innehåller arkivet endast utredningar av storskaliga bränder och dödsbränder och utredningar för mindre bränder finns inte med. Konsekvensen blir att resultaten i rapporten inte är representativt för bränder i allmänhet, utan endast för allvarligare bränder.

Det studerade arkivet innehöll sammanlagt 1222 brandutredningar för bränder inträffade i alla typer av byggnader med minst tre våningsplan under 2007-2015. De brandutredningar som sedan studerades vidare var tvungna att uppfylla vissa kriterier för att vara relevanta för arbetet. Kriterierna var att byggnaderna ska vara utförda med trästomme, bestå av minst tre våningsplan, utgöras av flerbostadshus eller liknande, vara utförda år 1970 eller senare samt vara i bruk. En sortering utefter dessa kriterier genomfördes vilket resulterade i 36 fall som studerades vidare.

I arbetet formulerades elva frågeställningar som behandlar fyra olika områden. Dessa områden berör brändernas omfattning och brandspridning, sprinklers inverkan och vattenskadorna, påverkan på den bärande stommen och fortskridande ras samt kostnader som uppstod i samband med bränderna. I den första delen gällande brandspridning ställdes även frågan om samma brandspridning hade kunnat ske för byggnader med annat stommaterial. Frågeställningarna kunde besvaras i olika utsträckning. I alla frågeställningar har svar kunnat formuleras utifrån de studerade bränderna, men dessa svar har inte alltid lett till generella slutsatser. I vissa fall beror detta på att det inte fanns tillräckligt med information för att några generella slutsatser skulle kunna dras. För vissa frågeställningar fanns all information tillgänglig, men då dessa frågeställningar sökte ett samband som visade sig inte finnas, kunde inga slutsatser dras från dessa.

De slutsatser som har kunnat dras från arbetet och det studerade underlaget är följande:

- Sprinkler har en positiv inverkan på brandens omfattning. Detta då branden i sprinklade byggnader begränsades till den ursprungliga brandcellen i drygt två tredjedelar av fallen, jämfört med cirka en tredjedel för osprinklade byggnader.
- En installation av sprinkler i byggnaden räddar liv, då det sänker andelen dödsbränder.
- Sprinklersystemet aktiverade i 96,7 % av de studerade fallen där sprinkler fanns installerat. I dessa fall hade det dock endast en effektiv inverkan på brandförloppet i 68 % av fallen.
- I byggnader utförda på 1970-talet spred sig bränderna utanför den ursprungliga brandcellen i samtliga fall. Därefter har det skett en minskning av andelen bränder som spridit sig till under hälften av fallen.
- Utifrån de studerade bränderna kan inga skillnader påvisas gällande spridningsvägar i byggnader med trä som stommaterial, jämfört med byggnader med ett annat stommaterial.
- För att förhindra att brandspridning sker mellan brandceller i trähus är det viktigt att detaljlösningarna utförs korrekt.

## Summary

---

This thesis studies fires that have occurred in the United States between 2007 and 2015 in tall buildings with wood frame. Tall buildings are defined as buildings with at least three floors, and the study employ an additional limitation to study residential buildings, and comparable buildings such as homes for the elderly. The study has been conducted in the United States but the results are targeting the Swedish context. The United States have a longer experience of building tall wood buildings, and thereby implying that there exists an extensive body of research on the subject of fires in wood buildings.

In Sweden it has been permitted to build tall buildings with wood frame since 1994. Since then the law has been performance-based, meaning that buildings have the same requirements regardless of frame material. When the law changed, the understanding of how to build with wood frame to comply with the law was limited. Since then progress has been made, and today approximately ten percent of all new residential buildings are built with wood frame in Sweden. There are different opinions on whether wood buildings are preferable, however, there is a knowledge gap on the subject. In particular, there is a lack in knowledge regarding whether fires behave different in buildings with wood frame, compared to buildings with other frame materials. There is also a lack in knowledge regarding how fires affect buildings with wood frame. The purpose with this thesis is to contribute with more knowledge on the subject.

The study began with a study of literature that laid the foundation for the rest of the thesis work. Sweden's history was studied in this part regarding the usage of wood, and old requirements on how to build with wood. American standards were also studied to create an understanding for their methods and the differences. After this, knowledge was obtained on how wood functions as a building material, how it reacts to fire, and how it reacts to water. Lastly different building techniques, wood products and frames were studied to gain an insight on how to build with wood frame.

The aim of the thesis is to analyse statistics and information about fires in residential buildings with wood frame. Moreover, when possible the results were compared with how the outcome would be if the buildings had a different frame material than wood. The information regarding the fires was gathered from an archive of fire investigations compiled by the American organisation National Fire Protection Association, NFPA. These investigations do not include all fires that have occurred in the United States. The investigations only include fatal fires, fires where high economic costs have occurred, or when a combination of these two has occurred. Thus, the archive only contains investigations of large-scale fires and fatal fires, and investigations of smaller fires are not included. The consequences of this is that the results in this report do not apply to fires in general, they only address more serious fires.

In total, the studied archive contained 1222 fire investigations for fires occurred in all types of buildings with at least three floors during 2007-2015. The fire investigations that were later studied further had to meet certain criteria to be relevant for the thesis. The criteria were that the buildings must be constructed with wood frames, contain at least three floors, consist of residential buildings or similar, be built in 1970 or after, and not be under construction. An

assortment was made according to these criteria which resulted in 36 cases that were studied further.

Eleven questions were formulated in the thesis that covers four different areas. The studied areas cover the extent of the fires and fire spread, sprinklers impact and water damage, implication on the frame material, progressive collapse, and lastly the economic costs that were directly caused by the fire. In the first part about fire spread a comparison was accomplished regarding if the fire spread could have occurred in the same way in buildings with other frame materials. Depending on the content of the fire investigations, the questions could be answered in various degrees. In all questions, it has been possible to formulate an answer, but these have not always resulted in a general conclusion due to insufficient data for a solid general conclusion to be drawn. In some questions all information was available, but since the questions searched for a relation that appeared to not exist, no conclusions could be drawn from these.

The study has resulted in the following conclusions:

- Sprinklers have a positive impact on the extent of a fire. This conclusion is based on the observed cases where in buildings with sprinklers, the fire was contained to the original fire compartment in just over two thirds of the cases, compared to approximately one third in buildings without sprinklers.
- An installation of sprinklers in buildings save lives, hence it minimizes the percentage of fatal fires.
- The sprinkler system operated in 96,7 percent of the studied cases, but only operated effectively in 68 percent of the cases. This result is based on the cases where sprinkler was installed.
- In buildings established in the 1970s, fires spread outside the original fire compartments in all the studied cases. In buildings built after the 1970s, the percentage of fires that spread outside the original fire compartment was reduced to below 50 percent for each decade.
- No differences were discovered regarding how the fire spread in the studied buildings with wood frame, compared to how fires spread in buildings with other frame materials.
- To prevent fire spread between different fire compartments in wood buildings, it is important that the detailed construction solutions are properly executed.



# Förord

---

Detta examensarbete utgör den avslutande delen av vår brandingenjörsutbildning vid avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola.

Under arbetets gång har vi haft både med- och motgångar, men framförallt har vi lärt oss otroligt mycket både av själva arbetsprocessen och tack vare alla människor vi mött längs med vägen.

Först och främst vill vi tacka vår handledare Håkan Frantzich, som kommit med många värdefulla kommentarer till arbetet.

Sedan vill vi tacka Birgit Östman och Daniel Brandon vid SP, avdelningen för Hållbar Samhällsbyggnad. Tack för intressanta diskussioner inom ämnet, för alla synpunkter på innehållet i arbetet och för att vi fick spendera två veckor hos er.

Ett stort tack ska även riktas till alla trevliga människor vi mötte på NFPA och ett speciellt tack till Rita Fahy. Rita, du hjälpte oss mer än vi kunnat önska under tiden i USA, både med sådant som rörde arbetet men även annat som underlättade vår vistelse hos er.

Benjamin Ditch på FM Global ska även han ha ett stort tack. Tack både för intressant diskussion om arbetet samt området kring arbetet och tack även för att vi fick komma och se er stora test-anläggning och ett riktigt fullskaletest.

Tack även till Säkerhetspartner Norden AB för lån av övernattningslägenhet under våra besök i Stockholm, det underlättade vårt arbete.

Även tack till Ritma Klucis för allt stöd och hjälp under arbetets gång.

Slutligen tack till Johanna Kruse för hjälp med resebokningar.

Lund, januari 2017

Fatima Silvia Al-Breidi & Erika Lövström

# Acknowledgements

---

This thesis is the final part of the Fire Protection Engineer education at the division of Fire Safety Engineering at Lund University's Faculty of Engineering.

During the work process, we've had a lot of ups and downs, but most importantly we have learned so much both thanks to the thesis itself but also thanks to all the people we have met along the way.

Firstly, we would like to thank our supervisor Håkan Frantzich that has given us a lot of valuable comments on the work.

Then we would like to thank Birgit Östman and Daniel Brandon at SP Technical Institute of Sweden, the Sustainable Built Environment unit. Thanks for interesting discussions about the subject, for all aspects on our work and for letting us spend two weeks at your office.

Also, a big thank you to all the nice people that we met at NFPA and a special thanks to Rita Fahy. Rita, you helped us so much, both with things involving the thesis but also with other stuff that made our stay a lot easier.

Benjamin Ditch at FM Global is also worth a big thank you. Thanks, both for interesting discussions about our work and the subject. Thank you also for letting us come and see your big test-facility and a large-scale firetest.

Thank you also Säkerhetspartner Norden AB for letting us stay in your apartment during our visits in Stockholm, it made our work a lot easier.

We would also like to thank Ritma Klucis for all help and support along the way.

Finally, thanks to Johanna Kruse for help with all travel bookings.

Lund, January 2017

Fatima Silvia Al-Breidi & Erika Lövström

## Förkortningar

---

BBR	Boverkets Byggregler
BFS	Boverkets Författningssamling
CLT	Cross-Laminated Timber
CPD	Construction Products Directive
IBC	International Building Code
ICC	International Code Council
IRC	International Residential Code
ISO	International Organization for Standardization
KL-trä	Korslimmat trä
LVL	Laminated Veneer Lumber
MSB	Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap
NFPA	National Fire Protection Association
SP	Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
USD	U.S. Dollar



# Innehållsförteckning

---

1	Inledning .....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Syfte och mål.....	3
1.3	Frågeställningar .....	4
1.4	Metod .....	4
1.4.1	Studie av användandet av trä som stommaterial.....	5
1.4.2	Sammanställning av brandutredningar .....	5
1.4.3	Resultat och analys .....	5
1.5	Avgränsningar .....	5
1.6	Definitioner .....	6
1.7	Målgrupp .....	6
2	Användning av trä som stommaterial .....	7
2.1	Svensk lagstiftning .....	7
2.2	Amerikansk lagstiftning .....	8
2.3	Trä som byggnadsmaterial .....	9
2.3.1	Hur trä påverkas vid brand.....	9
2.3.2	Hur trä påverkas av vatten .....	10
2.3.3	Träprodukter .....	11
2.3.4	Byggnadstekniker med trästomme.....	11
2.3.5	Stomsystem i trä.....	13
2.3.6	Risker för brandspridning i byggnader med trästomme .....	14
2.4	Andra stommaterial .....	16
2.4.1	Betong .....	16
2.4.2	Stål .....	17
2.5	Exempel på byggnader med trästomme i Sverige.....	18
2.5.1	Limnologen i Växjö .....	18
2.5.2	Mesanseglet i Västerås.....	18
2.6	Erfarenheter av och uppfattningar om hus med trästomme .....	20
3	Beskrivning av de studerade brandutredningarna från USA .....	22
3.1	Utformning .....	22
3.2	Sammanställt material .....	23
4	Resultat och analys .....	26
4.1	Brändernas omfattning och brandspridning .....	26

Fråga 1 – Hur stor var omfattningen på bränderna och hur påverkade sprinkler denna?	26
Fråga 2 – Finns det någon relation mellan omfattningen på bränderna och vilket årtionde som byggnaden är utförd?	27
Fråga 3 – Hur skedde brandspridningen? Skiljer den sig åt från spridningsvägar i byggnader med annat stommaterial?	28
4.1.1 Analys	30
4.2 Sprinkler och vattensador	31
Fråga 4 – I hur många fall aktiverades sprinkler och hur inverkade detta på brandförloppet?	31
Fråga 5 – I hur många fall uppstod vattensador och hur omfattande var dessa?	32
Fråga 6 – I de fall då vattensador inträffade, hur inverkade sprinkler på brandförloppet samt hur stor var omfattningen på bränderna i jämförelse med samtliga inträffade fall?	33
Fråga 7 – Finns det något samband mellan andelen dödsbränder och om byggnaden var sprinklad eller inte?	34
4.2.1 Analys	35
4.3 Påverkan på den bärande stommen och fortskridande ras	37
Fråga 8 – I hur stor del av antalet inträffade bränder påverkades den bärande stommen?	37
Fråga 9 – I hur många fall inträffade fortskridande ras i byggnaden?	37
4.3.1 Analys	38
4.4 Kostnader	39
Fråga 10 – Vilka kostnader uppstod i samband med branden samt finns det någon relation mellan kostnaderna som branden orsakade och byggnadsår?	39
Fråga 11 – Hur skiljer sig kostnaderna mellan bränder i byggnader med respektive utan sprinkler?	41
4.4.1 Analys	42
5 Diskussion	43
5.1 Metod och underlag	43
5.2 Resultat	44
6 Slutsatser	47
7 Förslag till vidare studier	48
8 Referenser	49
9 Bilaga A – Erhållen information från brandutredningarna	53
Information om byggnaderna	53
Information om bränderna	55

# 1 Inledning

---

I detta kapitel redovisas bakgrunden till arbetet, de problemställningar som identifierats, arbetets syfte och mål samt tillvägagångssätt. Även avgränsningar, definitioner och målgrupp för arbetet presenteras.

## 1.1 Bakgrund

Historiskt sett har trä varit ett uppskattat och välanvänt byggnadsmaterial. Det finns många träbyggnader uppförda med gamla träbyggnadstekniker som är bevarade än idag. Sett flera hundra år tillbaka i tiden testades idéerna direkt i full skala och byggnadstekniken styrdes av tradition, upptäckarlust och intuition (Söderberg & Kjellberg 1987). Sveriges långa historia av att bygga hus i trä beror till stor del på den stora mängd skog som fanns att tillgå (Hansson 2000).

Redan under medeltiden fanns det vissa föreskrifter om hur byggandet skulle gå till. Bland annat skulle husen placeras med ett visst avstånd från tomtgränsen för att upprätthålla en god hygien och undvika brandspridning. Under slutet av 1800-talet stannade dock byggandet i trä upp i Sverige. Under denna tid trädde en allmän byggnadsstadga i kraft som i huvudsak reglerade brandsäkerhet och hygien. (Björk & Reppen 2000)

I och med den nya byggnadsstadgan blev det förbjudet i Sverige att bygga hus i trä högre än två våningar (Fredberg 1922). Lagstiftningen grundade sig på förödande erfarenheter av bränder i stadsmiljö. Ett exempel på en sådan brand var stadsbranden som inträffade i Sundsvall år 1888. Denna brand totalförstörde stora delar av staden och skördade många liv.

Brandens omfattning berodde dock inte på att stommaterialet på byggnaderna var av trä, utan på en rad andra faktorer. Branden startade efter en långvarig torka och spred sig snabbt på grund av starka vindar. Det fanns även problem med vattenförsörjningen i stora delar av staden vilket bidrog till att branden kunde sprida sig okontrollerat. (Statistiska centralbyrån 1912)

Förr i tiden hade dessutom räddningstjänsten inte samma utrustning som idag och städerna var mer tätbebyggda vilket försvårade framkomligheten. Deras fordon såg även annorlunda ut och bland annat använde de sig av häst och vagn.

Även Östman, König, Mikkola, Stenstad, Carlsson & Karlsson (2002) skriver att orsaken till bränder som denna främst inte berodde på att stommaterialet utgjordes av trä, utan att husen var utförda med fasader och yttertak av trä. Detta i kombination med att byggnaderna i städerna utfördes väldigt nära varandra ledde till att bränderna lätt spred sig mellan byggnader. Reglerna tog med andra ord inte hänsyn till andra faktorer som påverkade brandspridningen, utan förbjöd istället trä som byggnadsmaterial helt och hållet för byggnader högre än två våningar.

Under 1900-talet ledde stora framsteg inom brandteknisk forskning till att en ny syn på området började att växa fram. Man förstod bland annat att det går att utforma brandsäkra byggnader även med brännbart material. I EU införlivades detta genom Byggproduktdirektivet, CPD, år 1988. Sex år senare, år 1994, implementerade Sverige CPD i den nya byggnormen Boverkets byggregler, BBR. (Östman & Stehn 2014)

Denna lagstiftning (BFS 1993:57) innebar att byggreglerna ändrades från att vara detaljreglerande till att bli funktionsbaserade och ändringen står sig än idag. Nu är det tillåtet att bygga hus med trästomme högre än två våningar i Sverige, förutsatt att de generella funktionskraven uppfylls. Dessa krav ser likadana ut oavsett vilket stommaterial byggnaden har.

När den nya lagstiftningen trädde i kraft uppstod ett annat hinder för bebyggelseutvecklingen av höga hus med trästomme. Helt plötsligt var det tillåtet att bygga högt med trästomme, men man visste inte hur byggandet skulle utföras för att uppfylla byggreglerna (Östman & Stehn 2014). Under åren har dock flera projekt på området genomförts och flera handböcker publicerats, med syftet att öka kunskapen om hur man bygger högt i trä.

Ett exempel på ett sådant projekt är den Nationella träbyggnadsstrategin som regeringen införde 2005-2008 och som syftade till att utveckla det industriella träbyggandet. Ett annat exempel är projektet Trästad Sverige som syftar till att bidra för att Sverige ska uppnå de nationella klimatmålen. Detta projekt är ett resultat av att länsstyrelsen i Västerbotten år 2013 fick ett uppdrag av regeringen. Uppdraget var att öka kunskapen om trä som byggnadsmaterial, att utveckla kostnadseffektivt och rationellt träbyggande samt att få fler kommuner att bygga i trä. (Trästad u.å.)

Det finns fördelar med att använda trä som stommaterial. Det är miljövänligt då det är ett material som kommer från naturen, ingår i kolets kretslopp och hjälper till att binda luftens koldioxid. I Sverige finns det dessutom gott om skog vilket gör trä till en resurs nära till hands. Jämfört med stål och betong är trä en förnybar råvara och kräver mindre energi vid framställning. (Svenskt Trä a 2016)

Förutom att det är miljövänligt är en av de stora fördelarna att det tar kortare tid att bygga hus i trä, ungefär halva tiden jämfört med hus i stål och betong. Trä som byggnadsmaterial ger även en bättre arbetsmiljö för byggarbetarna. Dessutom är trä ett byggnadsmaterial som väger mindre än betong och stål samt ett material som bidrar till en lägre ljudnivå på byggarbetsplatsen. (Sundström 2014)

Idag byggs cirka tio procent av alla nya flerbostadshus med trästomme. Brandsäkerheten i moderna trähus är generellt god och utförandet av brandskyddet skiljer sig från äldre trähus. För att ett uppnå en hög brandsäkerhet i träbyggnader är det dock viktigt att de brandtekniska detaljerna utförs på rätt sätt. Detaljlösningar är viktiga i alla byggnader oavsett stommaterial, men fel utformning kan ge större konsekvenser i hus med trästomme än i andra typer av hus. (Östman & Stehn 2014)

En undersökning har genomförts av SP och Linköpings Universitet över antalet brandincidenter som uppkommit i byggnader med trästomme i Sverige. Kartläggningen visade att frekvensen över antalet bränder i flervåningshus i trä som orsakat uttryckning av räddningstjänsten varit lägre än frekvensen i det totala beståndet av flervåningshus. Analysen bygger på totalt 22 bränder i trähus som inrapporterats till MSB under perioden 1998-2014. I endast ett av de 22 fallen involverades stommen i branden. Denna brand inträffade i Luleå år 2013. (Eriksson, Nord & Östman 2016)

I en fördjupad olycksundersökning genomförd av Björkman (2013) konstaterades det att branden i Luleå startade i en kastrull med olja på spisen och spred sig sedan till fläkten och skåpet ovanför. I köksskåpet fanns en flexislang som antände och orsakade brand- och



brandgasspridning till ventilationskanalen. Därefter spred sig branden till vinden där hela takkonstruktionen förstördes och branden spred sig sedan nedåt i byggnaden. Lägenheterna i byggnaden utgjordes av moduler vilket gjorde att branden kunde sprida sig nedåt via spalterna mellan modulerna bakom tegelfasaden. Bränder bakom fasader gör det svårt för räddningstjänsten att ingripa och efter många timmars arbete bedömdes risken för ras så stor att allt invändigt arbete fick avslutas. Händelsen slutade med att byggnaden totalförstördes och fick rivas.

I Umeå inträffade år 2008 en liknande brand i ett flervåningshus där stommen utgjordes av betong. Branden startade likt den i Luleå i en kastrull med olja på spisen och spred sig vidare till fläkten och skåpet ovanför. Branden spred sig sedan via imkanalen till vinden och i ett senare skede även till underliggande lägenheter via ytterväggarna. Orsaken till brandspridningen berodde på flera anledningar. Den första var att vinden helt saknade avskiljningar och att isoleringen bestod av spån. Ytterväggarna var utförda i brännbart material med luftspalt, men de saknade brandstopp i bjälklagen. Incidenten slutade med att flera lägenheter i byggnaden totalförstördes och samtliga lägenheter fick varierande brandskador. (Lundqvist 2008)

Ovan nämnda händelser visar på att liknande bränder kan inträffa i byggnader även om de har olika stommaterial. Det visar även vikten av att detaljlösningarna är korrekt utförda. Utförs detaljlösningarna i enlighet med kraven som ställs i BBR ska det inte finnas några problem med att utföra högre byggnader med trästomme (Östman et. al. 2012). Dock råder det idag delade meningar i Sverige och i övriga världen gällande huruvida det är bra att bygga höga hus med trästomme. Många ställer sig fortfarande frågande till bland annat brandsäkerheten i trähus. Med ännu mer forskning och kunskap inom området kan förhoppningsvis dessa frågetecken rätas ut.

## 1.2 Syfte och mål

Projektets syfte är att öka kunskapen kring huruvida bränder beter sig annorlunda i byggnader med trästomme jämfört med byggnader med annat stommaterial. Syftet är även att öka kunskapen om hur bränder påverkar byggnader med trästomme.

Målet är att analysera och tillgängliggöra information om bränder inträffade i flerbostadshus med trästomme. Informationen hämtas från ett arkiv av brandutredningar, sammanställda av NFPA, gällande storskaliga bränder och dödsbränder inträffade i USA mellan åren 2007 och 2015. Projektet har även som mål att i den mån det är möjligt jämföra resultaten med hur utfallet skulle ha blivit om byggnaderna bestod av ett annat stommaterial än trä.

### 1.3 Frågeställningar

Utifrån en sammanställning av de studerade brandutredningarna ska frågeställningarna nedan besvaras. Frågeställningarna är uppdelade i olika delar utifrån vilket område de behandlar.

#### *Del 1 – Brändernas omfattning och brandspridning*

Den första delen besvarar frågor gällande brändernas omfattning och brandspridning.

1. Hur stor var omfattningen på bränderna och hur påverkade sprinkler denna?
2. Finns det någon relation mellan omfattningen på bränderna och vilket årtionde som byggnaden är utförd?
3. Hur skedde brandspridningen? Skiljer den sig åt från spridningsvägar i byggnader med annat stommaterial?

#### *Del 2 – Sprinkler och vattenskador*

I den andra delen besvaras frågor om sprinkler och vattenskador.

4. I hur många fall aktiverades sprinkler och hur inverkade detta på brandförloppet?
5. I hur många fall uppstod vattenskador och hur omfattande var dessa?
6. I de fall då vattenskador inträffade, hur inverkade sprinkler på brandförloppet samt hur stor var omfattningen på bränderna i jämförelse med samtliga inträffade fall?
7. Finns det något samband mellan andelen dödsbränder och om byggnaden var sprinklad eller inte?

#### *Del 3 – Påverkan på den bärande stommen och fortskridande ras*

Den tredje delen besvarar frågor gällande påverkan på stommen och fortskridande ras.

8. I hur stor del av antalet inträffade bränder påverkades den bärande stommen?
9. I hur många fall inträffade fortskridande ras i byggnaden?

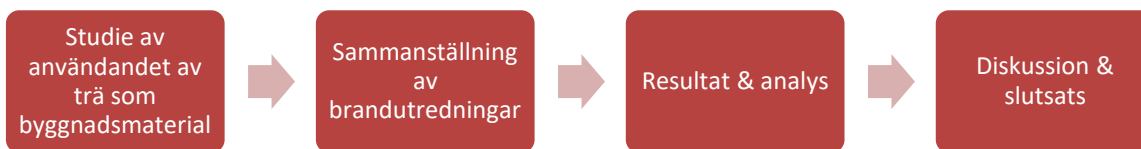
#### *Del 4 – Kostnader*

I del fyra besvaras frågor gällande kostnader som uppstod i samband med bränderna.

10. Vilka kostnader uppstod i samband med branden samt finns det någon relation mellan kostnaderna som branden orsakade och byggnadsår?
11. Hur skiljer sig kostnaderna mellan bränder i byggnader med respektive utan sprinkler?

### 1.4 Metod

I avsnittet nedan presenteras den metod och det tillvägagångssätt som användes i arbetet. Arbetet inleddes med att formulera ett syfte och mål samt frågeställningar. Efter det studerades litteratur inom området som låg till grund för resterande arbete. Därefter genomfördes en sammanställning av brandutredningar på National Fire Protection Association (NFPA) i Quincy, Massachusetts, USA. När sammanställningen genomförts anpassades frågeställningarna utefter det erhållna underlaget, då flera av de ursprungliga frågeställningarna inte kunde besvaras. Informationen analyserades sedan för att besvara de nya frågeställningarna. Sist diskuterades arbetet samt dess resultat och utefter det formulerades slutsatser. I figur 1 illustreras arbetets flödesschema och nedan följer en mer detaljerad beskrivning av de olika momenten i metoden.



Figur 1. Flödesschema över arbetsgången.

#### 1.4.1 Studie av användandet av trä som stommaterial

En studie av användandet av trä som stommaterial inledde arbetet i syftet att skapa en kunskapsgrund inom området att bygga vidare på. Detta gjordes genom att först kartlägga den litteratur som har publicerats. För att finna denna litteratur genomfördes sökningar via Lunds Universitets biblioteks söktjänst LUBsearch och även via sökmotorer på Internet. Sökningarna genomfördes båda på svenska och engelska. Även personer kunniga inom området samt bibliotekarier konsulterades för att finna litteratur. De funna informationskällorna utgjordes bland annat av vetenskapliga rapporter och artiklar, examensarbeten, publikationer och hemsidor. En fullständig lista över denna litteratur återfinns i referenslistan i kapitel 8.

#### 1.4.2 Sammanställning av brandutredningar

Efter studien av litteratur genomfördes studier av brandutredningar på NFPA i Quincy, Massachusetts. Arkivet bestod av utredningar av bränder som inträffat i USA mellan 2007-2015 och som orsakat dödsfall eller höga ekonomiska kostnader. Ett underlag sammanställdes utefter kriterierna att byggnaderna skulle ha trästomme, vara minst tre våningar, vara utförda efter 1970 och nyttjas som flerbostadshus eller liknande. Informationen i dessa sammanställdes sedan i Excel för att användas till att besvara frågeställningarna.

#### 1.4.3 Resultat och analys

Efter sammanställningen av brandutredningarna studerades det insamlade materialet för att besvara arbetets frågeställningar. Detta genomfördes bland annat med hjälp av Excel för att studera samband och presentera resultatet. Arbetets frågeställningar är uppdelade i fyra delar och resultatet presenterades var för sig för dessa, tillsammans med en analys för varje del.

### 1.5 Avgränsningar

I arbetet studeras statistik från inträffade bränder i USA. Arbetet avgränsas till att endast studera byggnader uppförda från 1970 och framåt. Vidare avgränsas arbetet till att studera flerbostadshus och liknande byggnader såsom ålderdomshem. Arbetet avgränsas ytterligare till att endast studera byggnader som var i bruk under den inträffade branden. Ingen hänsyn tas till skillnader i släckningsmetoder mellan USA och Sverige som kan påverka resultatet gällande vattenskadorna.

## 1.6 Definitioner

Arbetet studerar byggnader med *trästomme*. I detta arbete definieras byggnader med *trästomme* som byggnader där stommaterialet enbart utgörs av trä.

Arbetet behandlar området *höga hus* med trästomme. I detta arbete definieras begreppet *höga hus* samt begreppet *flervåningshus* som byggnader med minst tre våningar.

Arbetet studerar vidare endast *nya hus* med trästomme. I detta arbete definieras *nya hus* som hus uppförda från 1970 och fram till idag.

## 1.7 Målgrupp

Målgruppen för detta projekt är aktörer i Sverige såsom brand- och riskingenjörer som arbetar med brandskydd i byggnader med trästomme, forskare på området, projektörer och andra från byggbranschen samt försäkringsbranschen.

## 2 Användning av trä som stommaterial

---

I detta kapitel presenteras en sammanställning av den litteratur som ligger till grund för rapporten. Sammanställningen inleddes med att ta reda på Sveriges historia gällande byggande med trä och hur lagstiftningen kring detta sett ut. Då arbetet studerar bränder inträffade i USA inhämtades även kunskap om amerikansk lagstiftning. Efter detta studerades hur trä fungerar som byggnadsmaterial, hur det påverkas av brand samt hur det påverkas av vatten. För att få en inblick i hur man bygger med trä undersöktes olika byggnadstekniker, träprodukter och stomsystem. Även stommaterialen stål och betong presenteras översiktligt för att skapa en förståelse om vad som skiljer dessa byggnadsmaterial från trä.

I nästa steg studerades två byggnader i Sverige som uppförts med trästomme. Detta genomfördes för att ge en bild av varför byggnaderna uppförts med trästomme, vilka byggnadstekniska lösningar som gjorts, vilka svårigheter man stött på i de olika projekten samt hur ett färdigställt flervåningshus med trästomme kan se ut. Sist studerades litteratur för att få en närmare bild av vilka uppfattningar om och erfarenheter av byggnader med trästomme som finns, dels från projektörer och arbetare inom produktion, men även från boende i flervåningshus där trä utgör stommaterialet.

### 2.1 Svensk lagstiftning

År 1994 blev den svenska lagstiftningen funktionsbaserad och det blev då tillåtet att bygga höga hus med trästomme. Lagstiftningen utgörs av Boverkets byggregler (BBR) som ställer samma krav på byggnader oberoende av stommaterial. Brandskyddet kan utformas på två sätt, det ena alternativet är genom förenklad dimensionering som innebär att föreskrifterna i BBR uppfylls. Det andra alternativet är genom analytisk dimensionering som innebär att ingenjörsmässiga lösningar tillämpas för att uppnå ett brandskydd som minst motsvarar föreskrifterna i BBR. Oavsett vilken dimensioneringsmetod som tillämpas fokuserar lagstiftningen på att rädda liv och mindre hänsyn tas till skydd av egendom (Östman & Stehn 2014).

Då detta arbete fokuserar på bränder i hus med tre eller fler våningsplan studerades kraven för dessa. Alla bostadshus med minst tre våningsplan klassas som Br1-byggnader. Däremot har småhus i tre våningsplan ett lägre krav på byggnadsklass och byggnader med fler än 16 våningsplan ett högre krav.

Byggnadsklassen påverkar tillsammans med brandsäkerhetsklassen vilka krav på bärförmåga som ställs på byggnaden. Kraven på bärförmåga regleras i BFS (2015:6). I Br1-byggnader upp till fyra våningsplan är kravet på bärverket generellt R 60. Detta innebär att bärverket ska motstå en brand i minst 60 minuter vid provning enligt ISO 834. I hus mellan fem och åtta våningsplan är kravet för bjälklag R 60 och för vertikala bärverk samt stomstabiliserande horisontella bärverk R 90. För ännu högre byggnader är det generella kravet R 90. I sprinklade byggnader lättas det dock på kraven och alla bärverk får utföras i R 60.

## 2.2 Amerikansk lagstiftning

Eftersom detta arbete behandlar bränder inträffade i USA är det viktigt att skapa en bild över hur den amerikanska bygglagstiftningen ser ut. Detta för att underlätta förståelsen av de studerade brandutredningarna.

USA har ingen gemensam bygglagstiftning som gäller för hela landet, utan varje stat bestämmer självständigt vilket regelverk som ska tillämpas. Bygglagstiftningen kan även skilja sig inom en stat då olika städer i viss utsträckning själva kan bestämma hur regelverken ska användas. Dessutom är det inte säkert att en stat eller en stad använder ett regelverk rakt av, utan delar från andra regelverk kan även tillämpas.

I huvudsak finns det två olika valmöjligheter när det gäller bygglagstiftning i USA, antingen tillämpas regelverk upprättade av ICC eller regelverket NFPA 5000. Idag använder dock alla USAs 50 delstater ICC i hela eller delar av staten. ICC står för International Code Council och är en medlemsorganisation som utvecklar olika regelverk och standarder tillämpbara i byggnadsprocessen. Dessa innehåller bland annat föreskrifter gällande byggnadssäkerhet och brandskydd. (ICC a 2016)

Två exempel på regelverk publicerade av ICC är International Building Code (IBC) och International Residential Code (IRC). Dessa används till olika typer av byggnader, men båda fokuserar på människors liv, hälsa och säkerhet. IBC har funnits längst och är även det vanligaste regelverket att använda när byggnader ska utföras (ICC a 2016). IRC utvecklades för att underlätta projektering av mindre hus såsom villor, småhus och radhus med högst tre våningsplan (ICC b 2016).

ICC har även ett funktionsbaserat regelverk vid namn ICC Performance Code. Detta kan tillämpas vid all typ av byggnation och ger en vägledning för hur byggnader ska utföras med ett funktionsbaserat tillvägagångssätt. (ICC 2009)

År 2002 publicerades NFPA 5000 som då konkurrerade med ICCs International Building Code (Wright 2002). NFPA 5000 är ett regelverk som kan tillämpas för alla typer av byggnader och värnar om liv, hälsa och egendom. Regelverket reglerar bland annat krav på utformning, utförande, ytskikt och underhåll (NFPA 2016). Det finns även ett avsnitt med vägledningar för hur byggnader kan utföras med ett funktionsbaserat tillvägagångssätt. Kriterierna som ställs i detta avsnitt liknar minimikraven som ställs i IBC (Gerad, Barber & Wolski 2013).

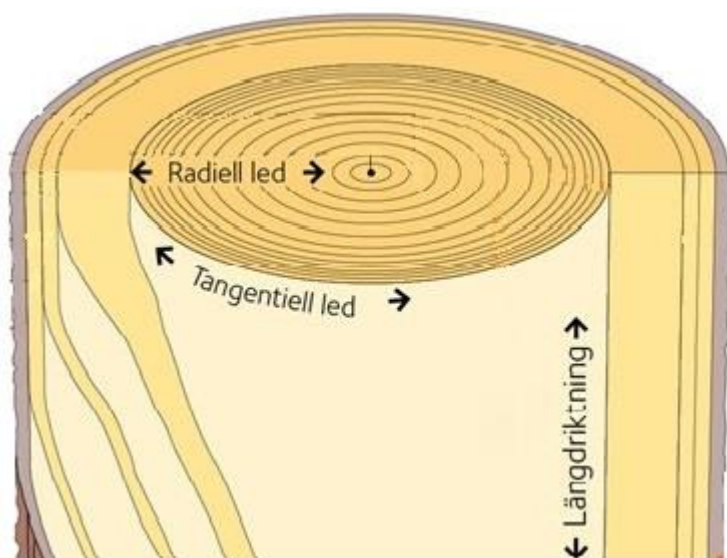
International Building Code och NFPA 5000 tillåter olika antal våningsplan för byggnader med massiv trästomme. Antalet tillåtna våningsplan påverkas även av om byggnaden är sprinklad eller inte, se tabell 1.

Tabell 1. Antalet tillåtna våningsplan i en byggnad med massiv trästomme. (Gerad, Barber & Wolski 2013)

Regelverk	Sprinkler	Inte sprinkler
IBC (2013)	5	4
NFPA 5000 (2012)	6	5

## 2.3 Trä som byggnadsmaterial

I Sverige finns det god tillgång till skog och därmed finns möjlighet att i stor utsträckning bygga med trä. För att erhålla ett byggnadsmaterial med hög kvalitet är tillverkningsprocessen viktig. Bland annat ställer de anisotropa fuktrörelserna i träet krav på sågningsprocessen, då processen har en väsentlig påverkan på dimensionsstabiliteten. Att trä är anisotropt innebär att det ser olika ut i dess olika huvudriktningar. Huvudriktningarna delas in i fiberära, radiella samt tangentiella riktningar. Fiberriktningen går längs med stammens längdriktning, den radiella riktningen är vinkelrät mot fiberriktningen och årsringarna, och den tangentiella riktningen är vinkelrät mot fiberriktningen och går parallellt med årsringarna, se figur 2. (Burström 2006)



Figur 2. De tre huvudriktningarna i stammen. Källa: Svenskt trä.

### 2.3.1 Hur trä påverkas vid brand

Trä är ett brännbart material som kan självantända mellan temperaturerna 200-530 °C (Östman et. al. 2012). Temperaturen för självantändning beror i stor utsträckning på hur hög värmestrålning träet utsätts för samt på avståndet till en eventuell låga.

Redan när temperaturen i träet överstiger 100 °C avdunstar vattnet som adsorberats av cellväggarna och materialet torkas ut. När temperaturen uppgår till 200-250 °C sker sedan en termisk nedbrytning av fibrerna i träet och ett fast kolskikt bildas. De produkter som bildas vid förbränningen utgörs av en brännbar blandning av gaser, vattenångor och tjära. När dessa produkter blandas med luften i omgivningen brinner de med en lysande flamma. (Östman et. al. 2012)

Förbränningen i materialet sker inåt med en relativt konstant hastighet. Kolskiktet som bildas ger en värmeisolerande effekt och förhindrar dessutom syretillförseln till förbränningszonen. Detta innebär att när kolskiktet bildats sker värmeinträngningen till materialet relativt långsamt. (Isaksson, Mårtensson, Thelandersson 2010)

Den värmeisolerande förmågan skyddar det bakomliggande träet vilket ger trä bra brandtekniska egenskaper trots att det är ett brännbart material. De brandtekniska egenskaperna påverkas även av dimensionerna på materialet, större dimensioner ger ett högre brandmotstånd (Östman et. al. 2012).

Riktigt stora dimensioner på tvärsnittet ger därför bra brandtekniska egenskaper även utan skydd. Mindre dimensioner såsom lätta träkonstruktioner måste dock skyddas från direkt brandpåverkan. En träregelvägg skyddas framförallt med gipsskivor och även med mineralull mellan reglarna. I bostadsbyggnader i byggnadsklass Br1 är kravet att brandcellsavskiljande väggar ska förhindra brandgasspridning och värmeledning genom väggen i 60 minuter. För att uppnå detta krävs dubbla gipsskivor på vardera sidan av väggen. (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2010)

En trästomme kan även skyddas med fibersilikatskivor eller stenuvlskivor. Fibersilikatskivor har både låg värmeledningsförmåga och hög värmekapacitet, vilket innebär att ett högt brandmotstånd kan uppnås med ett ganska tunt skikt. Även skivor av stenuvls har mycket goda brandegenskaper, då de tål temperaturer över 1000 °C. (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2010)

För att behålla träs goda brandegenskaper är det viktigt att tänka på hur användandet av skruvar, spikar och andra metaller sker. Vid användning bidrar dessa till att värmeinträngningen sker snabbare in i materialet (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2010). Detta leder till att värmen i träs yttre delar leds till det bakomliggande skiktet, som annars hade förblivit opåverkat en längre tid.

### 2.3.2 Hur trä påverkas av vatten

Då en del av detta arbete behandlar aktivering av sprinkler och vattenskador på byggnaden är det viktigt att ha kunskap om hur vatten påverkar trä och träkonstruktioner. Vattenskador kan uppstå både under byggprocessen och när byggnaden är färdigställd. Fuktkällor som kan påverka trä är bland annat fuktproduktionen inomhus, läckage från installationer samt luftfuktigheten utomhus. Vattenskador kan även uppstå i samband med utlösning av sprinkler eller vid en insats av räddningstjänsten.

Trä är ett poröst material vilket innebär att det alltid innehåller en viss mängd fukt. Dock ska materialets fukthalt inte överstigas då detta kan bidra till ogynnsamma konsekvenser. Bland annat kan röta och mögel uppstå på konstruktionen, vilket innebär att den får sämre beständighet. När den relativa fuktigheten uppgår till 70-85 % uppstår risk för mögel och vid 75-95 % uppstår risk för röta. (Burström 2006)

En ökning av fukttnehållet innebär även att materialet expanderar och en minskning innebär att det krymper i samma grad. Vid byggnation är detta viktigt att ta i beaktande. Svällningar bör inte förhindras då tryckspänningar kan uppstå i materialet samt i anslutande element. Även uttorkning är viktigt att beakta då trä är ett anisotrop material som deformeras olika i de olika längdriktningarna. (Burström 2006)

Burström (2006) skriver även att andelen fukt i materialet påverkar värmeledningsförmågan. Luftporerna i träet ger en god isolerande förmåga och när luften ersätts med vatten försämras denna. Detta innebär att värmeisoleringsförmågan i konstruktionen försämras med en ökad fukthalt.

Generellt är det för alla byggnadsmaterial viktigt att beakta risken för problem med fukt redan i ett tidigt skede i byggprocessen. Dock är detta extra viktigt för trä då det är känsligare mot fukt än andra stommaterial. För att undvika risken för fuktskador under byggprocessen kan byggnationen ske under tak. Fördelen med att bygga med trä är att när byggnaden är



färdigställd behöver ingen tid läggas på att ventilera ut fukt (Sveriges Träbyggnadskansli 2016).

### 2.3.3 Träprodukter

Det ökade intresset för högre träbyggnader beror bland annat på att en utveckling av olika träprodukter skett. Det finns flera olika produkter som används vid byggnation med trästomme och nedan följer en beskrivning av de vanligaste.

#### Korslimmat trä

Korslimmat trä förkortas ofta KL-trä eller CLT som härstammar från engelskans Cross-Laminated Timber. Produkten benämns även som massivt trä och består av hyvlat granvirke som sedan limmas ihop. För att öka materialets formstabilitet limmas vartannat skikt korslagt och materialet används oftast till väggar och golv (Gerad, Barber & Wolski 2013). Korslimmat trä lämpar sig bäst för användning till en hel våning, då det kan utnyttjas som bärande och stomstabiliserande bärverk (Gustafsson, Eriksson, Engström, Wik & Serrano 2013).

#### Fanerträ

Fanerträ är en av de mest använda konstruktionsprodukterna. På engelska heter fanerträ Laminated Veneer Lumber och förkortas LVL. Fanerträ består av flera skikt tunna träfaner, där varje skikt är cirka 3 mm tjockt. Varje skikt limmas parallellt med varandra under speciella tryck- och värmeförhållanden för att skapa en produkt med förhöjd hållfasthet. (Gerad, Barber & Wolski 2013)

Fördelen med att skiva träet i tunna faner och sedan limma ihop dem igen är att det minskar befintligheter av brister i träet. Dessa brister kan bero på krökta partier och delar där det suttit grenar. Laminerat fanervirke används vanligtvis till pelare, balkar och reglar. (Gerad, Barber & Wolski 2013)

#### Limträ

Limträ är uppbyggt av hållfasthetssorterade trälameller som staplas och limmas mot varandra. Denna process resulterar i en produkt som är mer kraftfull än enbart massivt trä. Limträ tillverkas i olika storlekar och används vanligtvis som pelare och balkar. (Gerad, Barber & Wolski 2013)

Att trälamellerna limmas mot varandra innebär att balkar kan åstadkommas med önskade dimensioner. Dessa har i förhållande till sin egenvikt en högre bärförmåga än stål och betong. Detta gör produkten lämplig att använda till byggnader med stora fria ytor. (Martinssons 2016)

Fördelar med limträ är bland annat att det är formstabil då det varken vrider eller kröker sig. Produkten är även formbar och kan tillverkas i vilken form som helst. (Svenskt trä b 2016)

### 2.3.4 Byggnadstekniker med trästomme

I samband med att fler och fler inom byggbranschen ökar sitt intresse för att använda trä som stommaterial utvecklas även byggnadsteknikerna. Processen från start till en färdigställd byggnad kan se olika ut beroende på vilken teknik som tillämpas. De vanligaste teknikerna att använda är platsbyggnation, byggande med planelement eller byggande med volymelement och dessa beskrivs nedan.

### Platsbyggt

Platsbyggnationer innebär att hela arbetet sker på byggarbetsplatsen utan avancerade lyftredskap. Materialet som används är antingen färdigkapat virke eller virke som kapas på byggarbetsplatsen. Byggnadsmetodiken används för både enbostadshus och flervåningshus och är även vanlig i USA. (Svenskt Trä a 2016)

Det första steget i byggnadsprocessen är vanligtvis att bygga stommen som en öppen regelstomme utan skivor och isolering. Sedan byggs taket för byggnaden och när taket är färdigställt sker inbyggnad av fuktkänsliga material såsom isolering och gipsskivor. Vid byggnation av flervåningshus kan det ibland krävas vindstabiliserade skivor för att skydda stommen. (Svenskt Trä a 2016)

För denna byggnadsmetodik är det även viktigt att beakta materialets känslighet mot fukt då arbetet sker utomhus. Ytterligare en viktig aspekt att beakta är känsligheten mot uttorkning som kan inträffa vid långvarig solexponering. (Burström 2006)

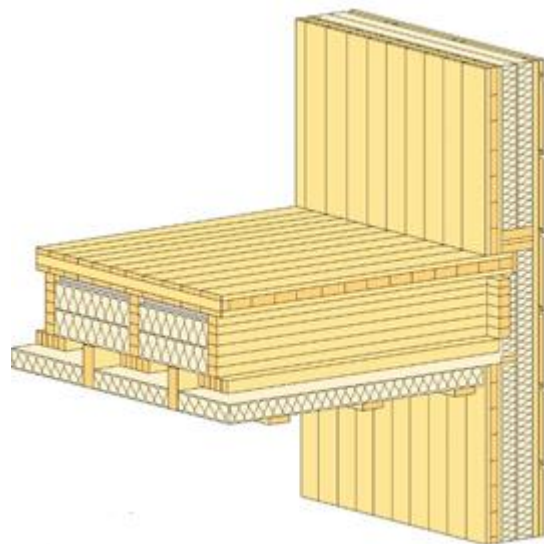
### Byggande med planelement

Denna byggnadsteknik innebär att förtillverkade element används vid byggnation. Tekniken kan antingen användas till hela stommen eller endast delar av byggnaden. Vid byggande med planelement finns det både förtillverkade väggar, bjälklag och tak.

Vanligtvis levereras väggelementen som traditionella regelväggar, de är oftast isolerade och kräver endast invändig ytbehandling. På ytterväggar kan även fasadbeklädnaden vara monterad och grundmålad, och i regel är även fönster installerade. Byggande med planelement är vanligt för flera typer av byggnader, däribland flervåningshus. Tekniken kräver dock någon form av lyftredskap som ska kunna hantera vikter upp till tre ton. Det är även viktigt att elementen skyddas mot regn och flervåningshus som tar mer än en dag att montera kräver alltid någon typ av täckningsskydd. (Svenskt Trä a 2016)

Förutom som regelväggar finns planelementen även som massiv träkonstruktion. Väggarna består då av KL-trä vilket möjliggör att elementen kan byggas upp på olika sätt. För att skapa ett komplett bärande system formas kanterna till att passa ihop med bjälklag, se figur 3. (Svenskt Trä a 2016)

En av fördelarna med att bygga med element är att byggtiden kan förkortas. Tillexempel utfördes i London det nio våningar höga flervåningshuset Stadthaus, Murray Grove, på endast nio veckor år 2009. (Boutin 2016)



Figur 3. Exempel på sammanfogning av planelement för bjälklag och vägg. Källa: Svenskt trä.

### Volymelement

Volymelement skiljer sig från planelement på så sätt att de förtillverkade elementen består av ett eller flera rum, se figur 4. När volymerna levereras till byggarbetsplatsen kopplas de sedan ihop med fler volymer för att skapa en komplett byggnad. Oftast levereras volymerna med redan färdiga installationer, men ibland sker detta i ett senare skede. Exempelvis är det vanligt att volymelementen innehåller installationer för el, tele och data. (Svenskt Trä a 2016)

På en byggarbetsplats monteras cirka 20-30 volymer per dag. Innan ett tak har monterats är volymelementen känsliga mot regn. Precis som för de andra träbyggnadsteknikerna är det viktigt att skydda materialet från nederbörd, detta kan till exempel göras med hjälp av ett temporärt tacktäckningssystem. (Svenskt Trä a 2016)



Figur 4. Montering av volymelement i Vinsta, Stockholm. Källa: Svenskt Trä. Foto: Johan Ardefors.

### 2.3.5 Stomsystem i trä

Förutom att det finns olika byggnadstekniker kan även träbyggnader utföras med olika typer av stomsystem. Valet av stomme är viktigt eftersom olika stomsystem passar olika bra beroende på behov och önskemål. De vanligaste stomsystemen vid byggnation av flervåningshus i trä är massiv trästomme, pelar-balksystem och regelstomme. Nedan följer en beskrivning av dessa.

#### Massiv trästomme

Massiva trästommar är uppbyggda av korslimmat trä och kännetecknas av balkar och pelare med ett ungefärligt tvärsnitt på  $150 \times 150 \text{ mm}^2$  (Gerad, Barber & Wolski 2013).

Stomsystemet kännetecknas av att det har en hög bärförmåga och kan hantera stora spännvidder. Kombinerat det korslimmade träet med limträ kan bjälklaget klara ännu högre spännvidder. Stommen har även en god förmåga att ta upp stora horisontella krafter och har stabila ytor för infästningar. (Gustafsson et. al. 2013)

Den relativt låga egenvikten som massiva trästommar ger även fördelar när det kommer till grundläggning, transport och montering jämfört med förtillverkade betongelement. (Gustafsson et. al. 2013)

### Pelar-balksystem

Denna konstruktion består av pelare och balkar med stora tvärsnitt, konstruerade av fanerträ eller limträ. Produkterna ger konstruktionen en hög bärförmåga och även en förmåga att klara stora spännvidder. Detta ger möjlighet till utförande av stora öppna ytor i byggnaden. Stomsystemet är vanligast för publika lokaler och kontorsbyggnader. (Gerad, Barber & Wolski 2013)

Stomstabilisering av byggnaden sker oftast genom att horisontella laster överförs med hjälp av strävor eller väggskivor till grunden. Dessa placeras exempelvis vid trapphus eller i fasaden för att inte störa planlösningen. (TräGuiden 2003)

### Regelstomme

Detta stomsystem är vanligtvis uppbyggt av lättbalkar eller konstruktionsvirke. Regelstommar har generellt lägre bärförmåga än massiva trästommar och därför måste dessa kompletteras med exempelvis plywood- eller gipsskivor för att klara de horisontella lasterna i systemet.

Lätt regelstomme har länge använts vid utförande av småhus med trästomme. När stomsystemet ska användas i högre byggnader är det viktigt att ta hänsyn till de stora lasterna som de nedersta knutpunkterna mellan väggar och bjälklag kommer att utsättas för. För att minimera eventuella deformationer i knutpunkterna kan därför inhängda bjälklag användas. (Gustafsson et. al. 2013)

### 2.3.6 Risker för brandspridning i byggnader med trästomme

Till skillnad från andra stommaterial, såsom betong och stål, är trä brännbart vilket kan ge större konsekvenser vid brand om detaljlösningarna inte är korrekt utförda. För att kunna säkerställa byggnadens brandsäkerhet måste därför konstruktionsdetaljerna utföras noggrant (Östman et. al. 2012).

I flervåningshus idag utformas varje lägenhet och även trapphus som krävs för utrymning som egna brandceller. I Br1 byggnader är kravet på brandcellsgränser generellt EI 60, vilket innebär att varje brandcell ska motstå ett brandförlopp i minst 60 minuter vid provning enligt ISO 834. Risken som finns är att brandspridning sker mellan brandceller inom den utsatta tiden. Därför är det viktigt att väggar och bjälklag håller den givna brandtekniska klassen och genomförs noggrant enligt konstruktionslösningarna. Även detaljlösningarna kring genomföringar i brandcellsgränser är väldigt viktiga för att branden inte ska sprida sig.

Brandcellsavskiljande konstruktioner ska även hålla den brandtekniska klassen vid eventuella ombyggnationer. Håltagningar i brandcellsgränser ska därför tätas så att den avskiljande konstruktionen bibehåller sin funktion, då otätheter i konstruktioner kan utgöra en spridningsväg för en eventuell brand.

Brandspridning kan även ske i dolda utrymmen, såsom i hålrum i väggar och bjälklag. Denna risk finns för byggnader med alla typer av stommaterial men kan ge större konsekvenser i träbyggnader (Östman et. al. 2012). Det som skiljer dessa byggnader åt är att i trähus är stommen brännbar och således riskerar konstruktionen att bidra till brandförloppet. Även hålrum i byggnader med andra stommaterial kan dock innehålla brännbart material, då isoleringen kan utgöras av exempelvis cellplast.

Bränder i hålrum är dolda och ibland svåra att upptäcka. De kan vara antingen pyrande eller fullt utvecklade. I vilket stadiet branden befinner sig och hur snabbt den utvecklas är en stor utmaning för räddningstjänsten att ta reda på. Storleken på branden beror till stor del på tillgången på syre i hålrummen. Fullt utvecklade bränder kan uppstå i otäta konstruktioner och en pyrande brand kan snabbt bli större om den får tillgång till mer syre. Detta kan ske till exempel genom att konstruktionen bryts upp, en sådan brand är oförutsägbar och har ett snabbt brandförlopp. (Östman et. al. 2012)

För att minska risken för brandspridning i hålrum, som kan leda till brandspridning mellan brandceller, bör brandstopp installeras. Den vanligaste typen av brandstopp är massiva brandstopp. Dessa är lufttäta och kan bestå av trä, stenull eller gips. Alternativet till detta är ventilerade brandstopp som används i ventilerade hålrum i brandcellsgränser och som består av trä, metall eller brandsvällande material. Brandstoppens funktion i Br1 byggnader är att säkerställa att brandmotståndet EI 60 upprätthålls hos väggar och bjälklag. (Östman et. al. 2012)

Brandspridning i dolda utrymmen kan även ske till vindar, undertak samt ventilationsöppningar i fasader och tak. Detta kan dock ske för alla typer av stommaterial och beror på hur byggnaden är utformad. En brand kan exempelvis sprida sig i luftspalter bakom fasadbeklädnaden och vidare upp till tak och vind. Denna typ av brandspridning kan förhindras genom brandstopp i luftspalter och takfötter. Brandstoppen som används i dessa fall är ventilerande och kan bestå av smala spalter eller bafflar (Östman et. al. 2012).

Brandspridning kan även ske utanpå fasaden, detta är dock oberoende av stommaterial då materialet på fasaden är oberoende av materialet på stommen. Många förknippar dock hus med trästomme med träfasader, men i BBR (BFS 2016:13) ställs samma krav på fasader oavsett stommaterial. För att heltäckande träfasad ska vara ett alternativ i höga byggnader krävs att fasaden är godkänd enligt SP Fire 105. Ett av alternativen till detta är att utföra första våningen i obrännbart material samt att installera sprinkler i byggnaden, då kan resterande våningar utföras med träfasad.

Boendesprinkler kan installeras i en byggnad som en del i byggnadens brandskydd eller som en egen ambition utöver de krav som ställs i BBR. Boendesprinklernas huvudsakliga uppgift är att skydda lägenheter mot övertändning och på så sätt rädda liv. Detta innebär även att sprinklersystem har en positiv inverkan på brandförloppet och kan påverka brandspridningen inom byggnaden. Hall (2013) har genomfört en undersökning över inträffade bränder där resultatet visade att sprinkler aktiverade 91 % av fallen. Undersökningen visade även att då sprinklersystemet aktiverade hade det en effektiv inverkan på branden i 96 % av branden. Studien inkluderade inga små bränder, men behandlade alla typer av byggnader förutsatt att de var i bruk.

De utmaningar som kan uppstå vid brandskyddsprojektering av trähus är bland annat att se till att detaljlösningarna är rätt utformade. Vid en slutkontroll av byggnaden är detaljlösningarna och även utformningen på schakt omöjliga att se. Eftersom ett fel vid byggnation kan ge större konsekvenser om det börjar brinna i ett trähus är det viktigt att kunna kontrollera att utförandet är korrekt. Detta kan göras genom en utförandekontroll i ett tidigt skede. Östman et. al. (2012) skriver att kontroll av brandstopp i hålrum, runt genomföringar samt installationer måste ske på byggarbetsplatsen under byggtiden för att garantera avsedd funktion.

Beroende på vilken byggnadsteknik som används kan det finnas ytterligare saker att tänka på som är viktiga vid utförandet. Vid byggande med planelement är det viktigt att knutpunkterna mellan väggar och bjälklag är noggrant tätade för att förhindra en eventuell konstruktionsbrand. När volymelement används uppstår en spridningsväg för brand mellan elementen då en luftspalt bildas där. I luftspalterna är det särskilt viktigt med brandstopp för att förhindra brandspridning mellan volymelementen.

Även dimensionerna på träet har en signifikant påverkan på brandförloppet och påverkar därför även utförandet av brandskyddet i byggnaden. Massiva träkonstruktioner har större dimensioner och en förutsägbar förkolningshastighet, där det förkolnade skiktet blir isolerande och skapar ett inre brandmotstånd i träet (Gerad, Barber & Wolski 2013). Vid byggnation med lätt regelstomme innehåller konstruktionen mer hålrum, vilket ger större konsekvenser vid brand än massiv trästomme.

I en rapport av Coxner & Dalgren Wikland (2014) genomfördes en studie över 113 olycksundersökningar publicerade av MSB, gällande bränder inträffade i flerbostadshus i Sverige mellan 2005 och 2014. Där studerades bland annat hur valet av konstruktionsmaterial påverkade brandspridningen mellan brandceller. Utifrån studien gjorde de en bedömning att användningen av trä inte innebär en förhöjd risk i sig. Dock lyfts det osäkerheter kring detta resultat i form av ett begränsat antal studerade olycksundersökningar.

## 2.4 Andra stommaterial

Trots att det idag börjar bli allt vanligare att bygga flervåningshus med trästomme, är fortfarande majoriteten av husen som byggs av betong eller stål. Dessa stommaterial presenteras nedan, tillsammans med dess för- och nackdelar samt hur de påverkas vid brand.

### 2.4.1 Betong

Redan innan vår tideräkning byggdes det med material som liknar dagens betong (Burström 2006). Under en period användes betongen i väldigt stor utsträckning, men sedan upphörde användandet och återupptogs först på 1700-talet (Betongföreningen u.å.). Idag består betong av cement, vatten och ballast, och den används till att bygga allt från bostadshus till broar.

Betong är inget brännbart material och bidrar således inte till ett brandförlopp.

Konstruktioner av betong har i allmänhet god motståndskraft mot brand främst därför att betong är ett relativt värmetrögt material. Det som avgör hur en betongkonstruktion påverkas av en brand är dels vilken temperatur den utsätts för, men också hur länge konstruktionen utsätts för branden. (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut u.å.)

När betong utsätts för en brand sönderdelas ballastmaterialet. Detta sker vid temperaturer mellan 500-800 °C beroende på vilket ballastmaterial betongen består av. Om armeringen i betongen tappar sin hållfasthet tappar betongen sin draghållfasthet, därför måste armeringen alltid ha ett ordentligt täcksikt för att skyddas mot brand och korrosion. (Uneram 2009)

När betong utsätts för brandpåverkan kan betongen spjälkas. Värmen gör att det kemiskt bundna vattnet i betongen når sin kokpunkt. När det sker uppstår inre spänningar i betongen då vattnet expanderar och betongen kan spjälkas av om dessa spänningar blir tillräckligt stora. Om detta sker försämras konstruktionens brandskydd då bland annat tvärsnittet minskar och armeringen kan exponeras. (Grönbäck, Pettersson, Tveter & Österlund 2015)

Vid räddningstjänstens insats i samband med brand eller vid utlösning av sprinkler kan betongen utsättas för stora mängder vatten. Konsekvensen av vattenskador kan vara både kostsamma och tidsödande att åtgärda. Johansson (2005) skriver att det finns många skadefall där fuktiga betonggolv orsakat problem. Han skriver också att det dock aldrig är betongen som tar skada utan endast andra material som till exempel golvbeläggning, där problem kan uppstå med kemisk nedbrytning, biologisk påväxt och fuktrörelser.

#### 2.4.2 Stål

Stål är en legering som till huvudsak består av järn, men som även innehåller kol och andra grundämnen (Burström 1999). Under mitten av 1800-talet började stål att användas i byggnadskonstruktioner till följd av att nya metoder för massframställning av stål hade utvecklats (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2010). Idag är stål ett material som används i stor utsträckning vid byggande av bland annat höga byggnader och broar. Drygt hälften av alla världens byggnader över 200 meter är utförda med stålstomme (Löw u.å.).

När stål används i konstruktioner är det bland annat viktigt att beakta materialets hållfasthetsförmåga. Hållfastheten anges vanligen som ett värde på sträck- respektive brottgränsen. Sträckgränsen utgörs av ett intervall där belastningen gör att materialet börjar få stora plastiska deformationer. När plastiska deformationer uppstår benämns detta ofta som att materialet flyter. Om spänningarna i materialet överstiger sträckgränsen uppnås tillslut brottgränsen, vilket är ett mått på den maximala spänningen som materialet klarar av. (Burström 2006)

Konstruktionsstål har en kristallin struktur och är obrännbart. Materialets nackdel är dess känslighet mot höga temperaturer. Vid ökad omgivningstemperatur uppstår det spänningar i materialet och hållfasthetsförmågan påverkas (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2010). Vid brand förändras även materialets kristallina struktur och stålet expanderar. Förändringarna i strukturen leder till att den bärande förmågan minskar vilket tillslut kan leda till brott (Grönbäck, Petterson, Tvetter & Österlund 2015).

Vid 450 °C räknas det med att stålets bärförmåga har reducerats till 70 % av den ursprungliga bärförmågan. Vid ännu högre temperaturer minskar hållfastheten snabbt. Stålets egenskaper vid brand beror på dess specifika värmekapacitet samt värmekonduktivitet. Båda dessa värden är höga för stål vilket innebär att stål kräver mindre energi för att värmas upp samt att det leder värme väldigt bra. Detta medför att i en konstruktion måste stål skyddas mot värmepåverkan, vilket kan åstadkommas genom att till exempel brandskyddsmåla eller klä in stålet med skivor av exempelvis gips eller stennull. (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2010)

Förutom att det kan uppstå skador på en stålkonstruktion på grund av värme, kan det även uppstå skador orsakat av vatten. Risken för att korrosion ska ske uppkommer när den relativa fuktigheten överstiger 60 %. Sedan ökar risken desto högre fukthalten är. Korrosionshastigheten ökar också kraftigt vid närvaro av klorider samt svaveldioxid. Vid närvaro av smuts på metallytan kan fukt hållas kvar och korrosion kan uppstå även då den relativa fuktigheten understiger 60 %. (Burström 2006)

## 2.5 Exempel på byggnader med trästomme i Sverige

Idag finns det flera byggnader i Sverige där trä utgör stommaterialet, nedan presenteras kort två sådana.

### 2.5.1 Limnologen i Växjö

Som en del i kommunens arbete för en hållbar miljö har Växjö kommun tagit fram en träbyggnadsstrategi, kallad Växjö – den moderna trästaden. Ett av kommunens mål är att år 2020 ska 50 % av alla nya hus som byggs av kommunkoncernen vara byggda i trä. (Växjö Kommun 2016)

Limnologen färdigställdes år 2008 och utgörs av åtta stycken flervåningsbostadshus byggda med massiv trästomme, se figur 5. Varje byggnad består av åtta plan, där den understa våningen har utförts i betong, bland annat därför att egentvyngheten underlättade förankringen av övriga våningar. (Ehrnström & Selvarajah 2011)



Figur 5. Limnologen i Växjö, flervåningsbostäder utförda med massiv trästomme. Källa: Midroc. Foto: Ole Jais.

Det vertikala bärverket och systemet för horisontell stomstabilisering har utförts i R 90 och det horisontella bjälklaget har utförts i R 60. Husen är utrustade med boendesprinkler vilket möjliggjort vissa tekniska byten. Det första var att ytskikten på undersidan av balkongerna kunde utföras i massivt trä och att den södra fasaden kunde utföras med träpanel, se figur 5. På den nordvästra fasaden minskades även det vertikala avståndet mellan fönstren till 0,75 m från BBR:s föreskrift på 1,2 m. Bytena kunde genomföras då man visade att byggnadens totala brandsäkerhet inte försämrats. (Frantz 2008)

Erfarenheten från byggnationen av Limnologen är att det tog lång tid att lösa den brandtekniska dimensioneringen och att inblandade myndigheter inte verkar vara vana att tolka lagarna för högre trähus. (Östman et. al. 2012)

### 2.5.2 Mesanseglet i Västerås

I Västerås bestämde sig det kommunala bostadsbolaget att bygga en hyresfastighet i trä. Med sina böljande balkonger och tydliga inslag av trä i både lägenheter och trapphus sticker dess



arkitektur ut från mängden, se figur 6. Huset är ett sex våningars flerbostadshus uppfört med massiv trästomme. (Asplind 2015)



Figur 6. Mesanseglet i Västerås, flerbostadshus uppfört med massiv trästomme. Källa: Woodsafe. Foto: Thomas Bengtsson.

Huset, som färdigställdes år 2016, är helt byggt i trä. Förhoppningarna var att beställa allt material från Sverige, men då träindustrin inte hängde med i utvecklingen beställdes stommen från Österrike. (Westerberg 2016)

Byggprojektchefen säger att det varit spännande att bygga med trästomme och menar också att det är miljövänligt samt att det förbättrar arbetsmiljön för byggarna, mycket positivt med andra ord. Projektet blev dock försenat då den första entreprenören gick i konkurs. (Norström 2016)

Byggnaden är osprinklad och bäkraven på byggnaden är R60 på horisontella delar och R90 på vertikala delar. Den utvändiga träfasaden är impregnerad på sådant sätt att SP Fire 105 uppfylls, vilket är föreskriften för denna byggnad enligt BBR.<sup>1</sup>

Fastighetens brandskyddsprojektör lyfter att det viktiga när man projekterar träbyggnader är att tänka på att allt invändigt trä kläs in för att uppfylla kraven i BBR. Speciellt gäller det att tänka på alla dolda utrymmen som kan finnas, som i detta projekt var ovanför undertaket, i elnischer i trapphuset samt ytskiktet i hisschaktet. För brandskyddsprojektören är det även viktigt att se till att de andra projektörerna förstår de krav som ställs på de olika byggnadsdelarna så att inget krav glöms bort.<sup>2</sup>

---

<sup>1,2</sup> Robin Palmgren, Brandingenjör på Fire and Risk Engineering Nordic AB, mail den 25 november 2016.

## 2.6 Erfarenheter av och uppfattningar om hus med trästomme

De personer som i slutänden påverkas av valet av stommaterial i flerbostadshus är främst projektörer, arbetare inom produktion och självklart inte minst de boende. Därför är det intressant att veta vilka uppfattningar de har om trä som stommaterial.

Lindén och Pålsson (2016) har genomfört intervjuer med ett antal personer med erfarenhet från projektering och byggproduktion. Där tas det av de intervjuade upp att valet av trä som stommaterial bidrar till en bättre arbetsmiljö under produktionen. Anledningen till detta anses främst vara att trä kräver ett bättre väderskydd än andra material, vilket även ger skydd för de som arbetar och bidrar till ett fysiskt bättre arbetsklimat. De anger dessutom att trä är ett mer lätthanterat material och även ger en tystare arbetsmiljö.

Ett högre krav på väderskydd anses dock även som en nackdel, främst ur ett kostnadsperspektiv. Vidare ansågs det av flera personer i intervjuerna som ett problem att trä kräver extra skydd mot fukt, troligtvis då lika omfattande åtgärder för skydd mot väder inte är nödvändiga för andra stommaterial.

Ett annat problem som lyftes i studien var brist på erfarenhet och brist på kunskap inom byggbranschen, vilket även stöds av Xia, O'Neill, Zuo, Skitmore & Chen (2014) som också skriver att användandet av trä av vissa personer kan ses som gammaldags och opassande för byggnader. I studien av Lindén och Pålsson (2016) anser dock de tillfrågade att de ser positivt på trästommens framtid och att det bästa sättet att komma ifrån problemen med okunskap är att fortsätta bygga med trä.

Lindén och Pålsson (2016) genomförde i sin studie även åtta stycken intervjuer med boende i hus med trästomme. I studien fanns det inga problem kopplade till stommaterialet som upprepades av flertalet respondenter. Två av åtta upplevde svaj och vibrationer i byggnaden till följd av vind. I övrigt var samtliga respondenter positiva i inställningen till trä som byggnadsmaterial. I intervjuerna nämnde de boende bland annat att trä är ett material för framtiden, att det ser trevligt ut och att det känns naturligt och friskt.

Även om många av de intervjuade ställer sig positiva till byggande med trästomme, möter utvecklingen motstånd från bland annat försäkringsbranschen. Försäkringsgivarna ser ett problem med att man bygger högt när det sker i kombination med att allt byggs i trä. Främst ser de ett problem när det kommer till vattenskador, där de förutspår en ökad kostnad om huset är byggt i trä. (Zommorodi 2015)

Att bygga högt i trä möter även motstånd hos Svenska Brandskyddsföreningen. De ser en ökad risk med detta och ställer sig frågande till om säkerheten går förlorad till förmån för utseendet på byggnader. Främst ser de två problem som båda är relaterade till att trä är brännbart. Det första är att den bärande stommen är brännbar, vilket enligt dem medför en ökad rasrisk vid brand. Detta kan leda till att räddningstjänsten inte kan utföra släckningsarbete inuti en byggnad och att hela huset riskerar att gå förlorat. Det andra problemet som brandskyddsföreningen lyfter är att riskerna ökar ytterligare med en brännbar fasad. Även här ser de problem som kan påverka räddningstjänstens insats, då en brinnande fasad försvårar stegutrymning. (Brandskyddsföreningen u.å.)

Det är dock viktigt att tänka på att materialet i stommen inte nödvändigtvis är samma som materialet på fasaden och att samma krav ställs i BBR på fasader oavsett stommaterial. Byggnader med annat stommaterial kan också ha träfasad och det är även vanligt att

byggnader med trästomme har ett annat material på fasaden. Brandskyddsföreningen (u.å.) skriver även att byggande av höga hus i trä förbjöds av en anledning och att ingen vill riskera att det sker en ny stadsbrand. Dock finns idag många övriga skillnader i hur byggnader och städer utformas, som minskar risker för brandspridning främst mellan hus. Bland annat ställs det idag andra krav på fasader och husen byggs inte lika nära varandra. Dessutom skiljer sig räddningstjänstens arbete, framkomlighet och utrustning mycket från då till nu. Förr i tiden hade därför räddningstjänsten inte samma möjligheter, vilket kan ha varit en minst lika stor bidragande faktor till de inträffade stadsbränderna.

I detta avsnitt blir det tydligt att det finns olika åsikter om trä som stommaterial. För att lösa problemen krävs det en ökad dialog mellan olika aktörer och även ett förbättrat kunskapsunderlag.

## 3 Beskrivning av de studerade brandutredningarna från USA

---

Syftet med detta arbete är att erhålla kunskap kring hurvida bränder beter sig annorlunda i byggnader med trästomme, jämfört med byggnader med annat stommaterial, samt kunskap om hur bränder påverkar byggnader med trästomme. Efter studien av användningen av trä som stommaterial genomfördes därför analyser av brandutredningar sammanställda av den amerikanska organisationen National Fire Protection Association, NFPA. Anledningen till att studien genomfördes på bränder inträffade i USA är att landet bygger fler höga hus med trästomme. Det har även inträffat fler bränder i trähus i USA än i Sverige, vilket gav bättre möjligheter till att uppfylla arbetets syfte.

Under arbetets gång har den totala siffran för antalet höga hus med trästomme i USA eftersökts, samt den totala siffran på antalet bränder som inträffat i dessa byggnader. Denna information söktes både via Internet och även med hjälp av olika kontakter på NFPA och FM Global. Eftersökningarna gav dock inga resultat.

Nedan presenteras först utformningen på de studerade brandutredningarna. Sedan presenteras hur urvalet skett samt det sammanställda materialet som urvalet resulterade i och som ligger till grund för arbetet.

### 3.1 Utformning

De studerade brandutredningarna finns samlade i pappersform i ett stort arkiv på NFPAs kontor i Quincy, Massachusetts, USA. Den studerade delen av arkivet består av utredningar av bränder som inträffat i USA mellan 2007–2015, i alla typer av hus och konstruktioner. Dessa utredningar finns inte för alla bränder som har inträffat i USA, utan endast för de bränder där dödsfall inträffat, höga ekonomiska kostnader uppstått eller en kombination av dessa inträffat. Således innehåller arkivet endast utredningar av storskaliga bränder och dödsbränder, vilket gör detta till en studie av allvarligare inträffade bränder. Detta innebär att resultaten i rapporten inte är representativa för bränder i allmänhet.

Utredningarna består av en sammanställning av insatsrapporter och tidningsartiklar, samt i vissa fall även av redogörelser från räddningspersonal. Sammanställningen genomförs av NFPA, men innehållet i brandutredningarna är inte skrivet av dem. Omfattningen på utredningarna varierar från endast ett par sidor till cirka hundra sidor. Således varierar även mängden information som kan erhållas från utredningarna. Informationen påverkas även av vem som skrivit insatsrapporten och vilken räddningstjänst den tillhör. Detta då personen som skrivit rapporten själv avgjort vad som varit viktigt att ta upp eller ej, vilket gör att i vissa fall kan värdefull information ha utelämnats. De tidningsartiklar som finns med i brandutredningarna består oftast av utdrag från lokala tidningar som skrivit om branden. Innehållet i tidningsartiklarna fokuserar ofta på hur de boende i husen påverkades av branden samt hur räddningstjänstens insats sett ut.

Alla utredningar är sammanställda nära inpå den inträffade branden, oftast inom någon vecka. Detta bidrar till att undersökningar som genomförts i ett senare skede inte fanns tillgängliga när sammanställningen av NFPA gjordes och således inte finns med i de studerade brandutredningarna. I enstaka fall har dock utredningarna blivit kompletterade med nytt material som tillkommit, till exempel om en ordentlig utredning av brandorsaken genomförts och NFPA tagit del av denna.

### 3.2 Sammanställt material

De brandutredningar som studerades vidare var tvungna att uppfylla vissa kriterier för att vara relevanta för arbetet, vilka presenteras nedan. Byggnaderna var tvungna att:

- vara utförda med trästomme
- bestå av minst tre våningsplan
- utgöras av flerbostadshus eller liknande, såsom lägenhetshus för äldre
- vara utförda år 1970 eller senare
- vara i bruk.

Alla dessa kriterier är formulerade utefter syftet samt de avgränsningar som har gjorts i arbetet. Anledningen till att byggnaderna måste bestå av minst tre våningsplan är att detta arbete endast studerar höga hus med trästomme.

Skälet till att byggnaderna skulle vara utförda tidigast år 1970 var för att erhålla ett resultat som är jämförbart med byggnader i Sverige uppförda med trästomme. Detta då lagstiftningen i Sverige endast tillåtit att utföra byggnader med trästomme i minst tre våningsplan sedan 1994. Anledningen till att året inte valdes till 1994 utan till 1970 var dock att ett tillräckligt stort underlag för arbetet skulle kunna erhållas.

Kravet att byggnaderna skulle varit i bruk under den inträffade branden ställdes för att vid byggnationer är det väldigt svårt att veta om brandskyddet upprätthålls under tiden. Till exempel är det svårt att veta om brandcellsgränserna är intakta under en ombyggnation eller inte. Att brandskyddet upprätthålls är en förutsättning i arbetet för att kunna studera bränder och brandspridning. Således sorterades alla ej färdigställda nybyggnationer och ombyggnationer bort.

För att erhålla brandutredningar som uppfyllde alla kriterier söktes det först i en databas på alla konstruktioner med minst tre våningar och som hade någon typ av trästomme, då erhöles en lista över dessa fall. Efter det hämtades varje utredning från pappersarkivet och studerades. Om de sedan uppfyllde de övriga kriterierna för arbetet antecknades informationen i dem.

De fall som uppfyllde alla kriterier antecknades systematiskt i ett väl förberett Excel-dokument för att all information skulle tillvaratas. Informationen delades in i tre olika kategorier. Den första kategorien innehöll information om själva byggnaden som branden inträffade i, den andra innehöll information om branden och i den tredje kategorin antecknades information om hur byggnaden påverkades av branden. Vissa av de informationspunkter som antecknades förbereddes redan innan vistelsen på NFPA. Andra tillkom när brandutredningarna började studeras, då det noterades att annan information fanns tillgänglig, till exempel kostnader som uppstod i samband med bränderna. Nedan visas samtliga informationspunkter som antecknades, förutsatt att information fanns tillgänglig. Ett exempel på information som nästan aldrig fanns tillgänglig var räddningstjänstens strategi i samband med insatsen samt deras insatstid. Begränsad information fanns även om hur stommen påverkades i samband med bränderna samt brandens spridningsvägar.

### Om byggnaden

- Rapportnummer
- Typ av byggnad
- Adress
- Byggnadsår
- Våningsplan
  - Antal våningar
  - Källarplan
- Material
  - Stomtyp
  - Väggar
  - Golv
  - Tak
- Sprinkler
  - Ja/Nej
  - Typ av sprinkler
- Larm
  - Ja/Nej
  - Typ av larm

### Om branden

- År
- Startkälla
- Brandspridning inom brandcell
- Brandspridning till andra brandceller
  - Ja/Nej
  - Antal andra brandceller
  - Spridningsvägar
  - Övrigt
- Tid som branden pågick
- Brandförloppets karaktär
- Hur branden släcktes
- Speciella förhållanden
- Dödsfall
  - Civila
  - Brandmän
- Övrig information om branden
- Information om räddningstjänstens insats
  - Insatstid
  - Strategi

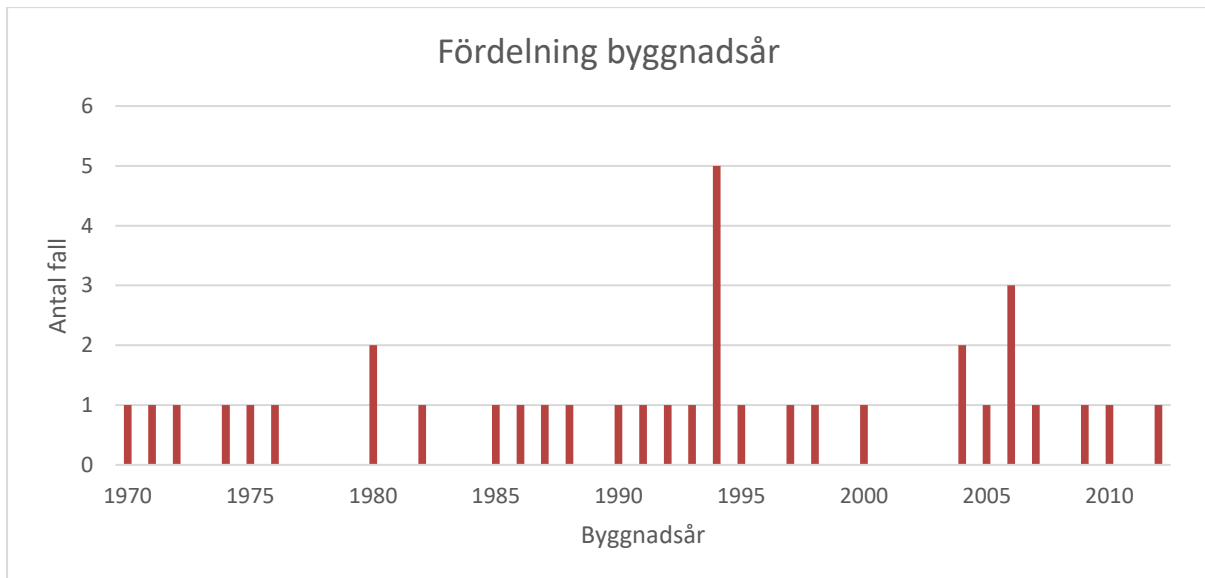
### Hur byggnaden påverkades

- Direkta skador
  - På stommen
  - Ja/Nej
  - Information
  - Övrigt
- Vattenskadorna
  - Ja/Nej
  - Information
- Senare skador
  - Vattenskadorna
  - Ja/Nej
  - Information
  - Övrigt
- Kunde byggnaden fortsätta användas
  - Ja/Nej
  - Information
- Kostnader
  - Värde byggnad
  - Förlorat byggnadsvärde

Det studerade arkivet innehöll sammanlagt 1222 brandutredningar för bränder inträffade i alla typer av byggnader med minst tre våningsplan under 2007–2015. Av dessa hade 634 stycken någon typ av trästomme, 53 stycken med massiv trästomme och 581 stycken med lätt regelstomme.

Sorteringen ledde till slut till ett underlag på 36 fall som uppfyllde alla kriterier och därför var relevanta för arbetet. Många utredningar sorterades således bort trots att byggnaderna hade trästomme, anledningen var oftast att byggnaderna var byggda innan år 1970 och/eller att de inte gick under kategorin flerbostadshus.

Det erhållna underlaget på 36 fall består av träbyggnader med en spridning på byggnadsår mellan 1970 och 2012, se figur 7.



Figur 7. Spridning av byggnadsår för de studerade fallen.

Byggnaderna varierar i antalet våningsplan, enligt tabell 2 nedan. För detaljer om informationen som erhöles i dessa brandutredningar, se bilaga A.

Tabell 2. Tabellen visar fördelningen över antalet byggnader med respektive antal våningsplan.

Våningsplan	Antal byggnader
3	19
4	14
5	3

## 4 Resultat och analys

Det underlag från brandutredningarna som beskrivs i kapitel tre har analyserats för att besvara arbetets frågeställningar och resultatet presenteras i det här kapitlet. Arbetets frågeställningar är uppdelade i fyra delar beroende på vilket ämne de behandlar. Därför är även resultatet uppdelat i fyra avsnitt enligt nedan. Varje avsnitt innehåller även analyser av resultaten.

- Avsnitt 4.1 – Besvarar frågeställningarna 1–3 gällande brändernas omfattning och brandspridning.
- Avsnitt 4.2 – Besvarar frågeställningarna 4–7 gällande sprinkler och vattenskador.
- Avsnitt 4.3 – Besvarar frågeställningarna 8–9 gällande påverkan på stommen och fortskridande ras.
- Avsnitt 4.4 – Besvarar frågeställningarna 10–11 gällande de kostnader som uppstod i samband med bränderna.

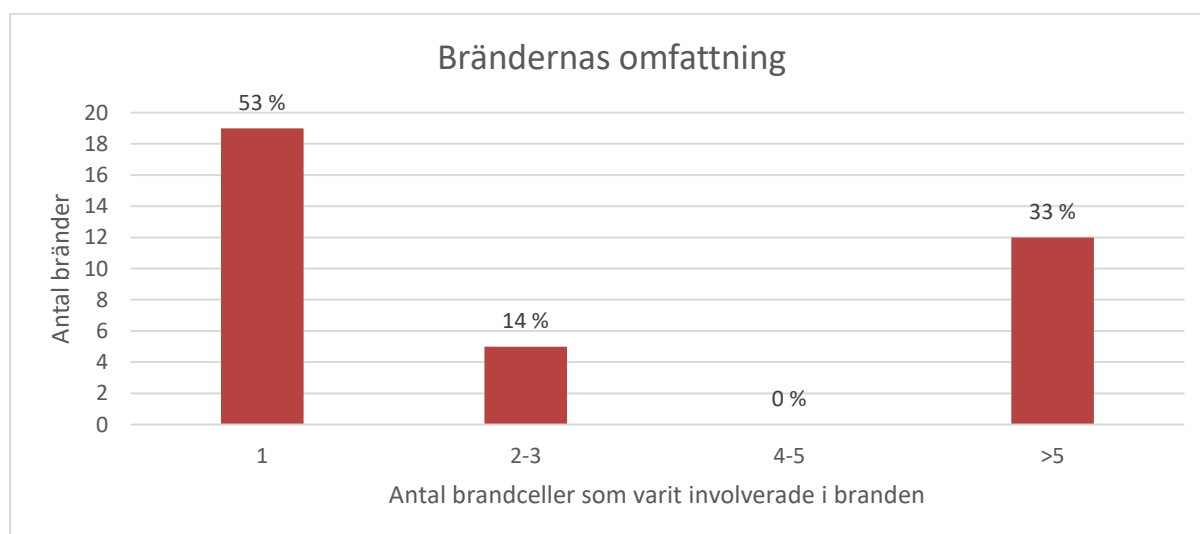
### 4.1 Brändernas omfattning och brandspridning

I denna del besvaras frågeställningarna 1-3 gällande omfattningen på bränderna och brandspridningen i byggnaderna. I slutet av avsnittet analyseras även resultaten från respektive frågeställning.

#### Fråga 1 – Hur stor var omfattningen på bränderna och hur påverkade sprinkler denna?

Brändernas omfattning studerades genom att analysera antalet brandceller som involverats i branden. Resultatet visade att i drygt hälften av de 36 bränderna begränsades branden till en brandcell. I fem av fallen var två till tre brandceller involverade i branden och i resterande tolv fall involverades fler än fem brandceller. Detta presenteras i figur 8 nedan.

Resultatet bygger på tolkningar från brandutredningarna om hur många brandceller som varit involverade i branden, samt hur brandcellsindelningen har sett ut. Tolkningarna gjordes för att det inte fanns någon tydlig information i form av ritningar, skisser eller liknande och baserades på informationen i textmaterialet från utredningarna. I samtliga byggnader fanns det fler än fem brandceller.



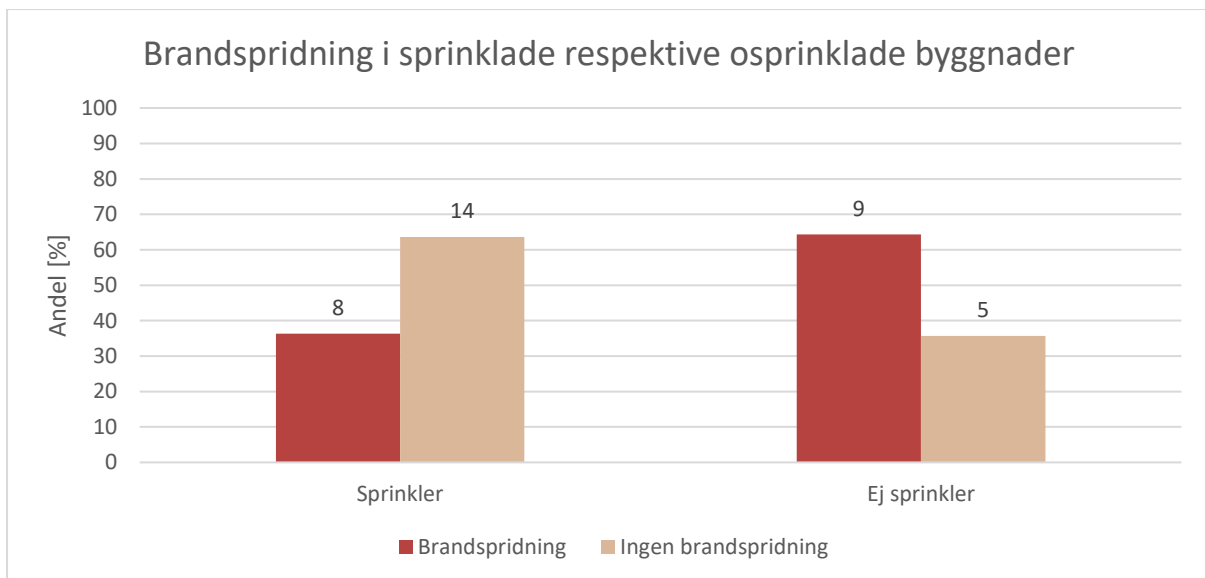
Figur 8. Fördelningen av antalet brandceller som varit involverade i branden.



I denna frågeställning studerades även hur brändernas omfattning påverkades av om byggnaden var utrustad med sprinkler eller ej. Av de 36 studerade brandutredningarna, fanns det 23 fall då byggnaden var utrustad med sprinkler. Av dessa 23 fall aktiverades sprinkler i alla fall utom ett, anledningen till detta var att vattnet var avstängt i hela byggnaden. Med andra ord fanns det 22 fall där byggnaden var utrustad med ett fungerande sprinklersystem.

Då brandens omfattning studerades i dessa 22 fall visade det sig att branden hade begränsats till en brandcell i 14 av fallen, vilket motsvarar 64 %. Således hade branden spridit sig utanför den ursprungliga brandcellen i 8 av fallen, vilket då motsvarar 36 %.

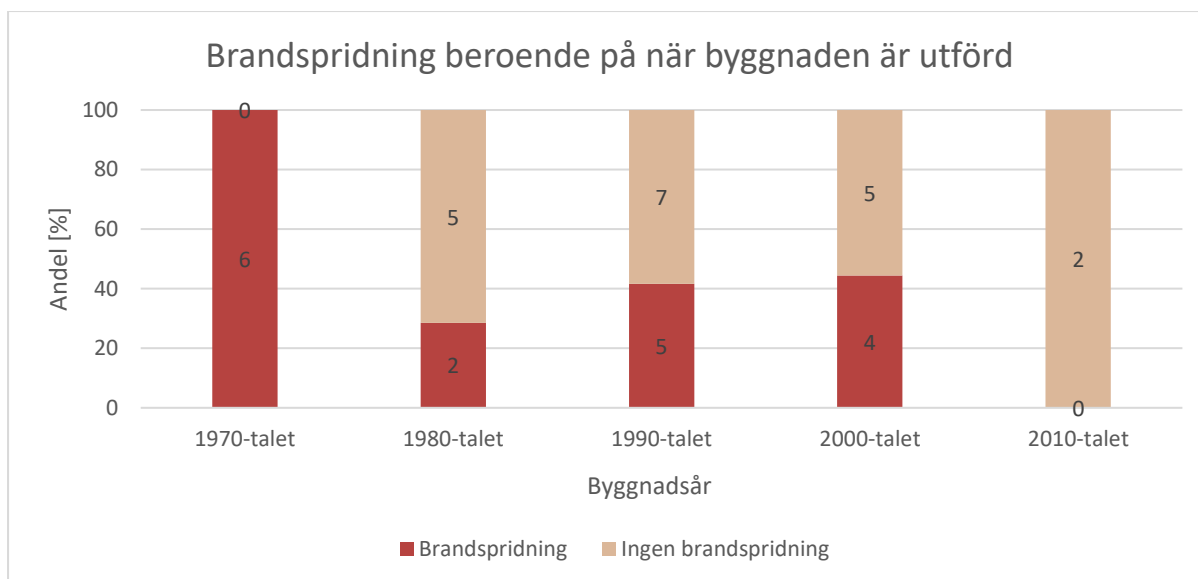
I de fall då byggnaden ej hade ett fungerande sprinklersystem skedde ingen brandspridning i fem fall, det vill säga i 36 % av fallen. I de övriga nio fallen spred sig branden vidare till brandceller utanför den ursprungliga. Detta resultat presenteras även i figur 9 nedan.



Figur 9. Andel av fallen som brandspridning skett respektive inte skett utanför den ursprungliga brandcellen, beroende på om byggnaden varit sprinklad eller ej. Siffrorna ovanför staplarna anger antalet fall för respektive händelse.

## Fråga 2 – Finns det någon relation mellan omfattningen på bränderna och vilket årtionde som byggnaden är utförd?

I denna frågeställning studerades brändernas omfattning i relation till vilket årtionde som byggnaden var utförd. Detta genomfördes för att studera om brandspridningen begränsats i större omfattning för de modernare byggnaderna. I figur 10 nedan presenteras fördelningen över detta.



Figur 10. Andelen bränder då brandspridning skett respektive inte skett utanför den ursprungliga brandcellen, beroende på vilket årtionde som byggnaden är utförd. Siffrorna vid staplarna visar antalet fall för respektive händelse.

Resultatet visar att i byggnader som är utförda under 1970-talet skedde brandspridning utanför den ursprungliga brandcellen i alla bränder. I byggnader utförda på 1980-talet skedde brandspridning i cirka 30 % av fallen. I byggnader från 1990-talet var denna siffra 42 % och under 2000-talet 44 %. I byggnader utförda på 2010-talet spred sig inte branden utanför den ursprungliga brandcellen i något av fallen, dock var det bara två bränder som inträffat i dessa byggnader.

### Fråga 3 – Hur skedde brandspridningen? Skiljer den sig åt från spridningsvägar i byggnader med annat stommaterial?

Av de 36 studerade fallen skedde brandspridning utanför den ursprungliga brandcellen i 17 av fallen. Dock finns det endast information om hur brandspridningen skedde i sex utav dessa fall, vilket ledde till att det inte gick att få en allmän bild över de vanligaste spridningsvägarna för bränderna. De sex fall där det fanns information hur brandspridningen skedde var fall 4, 10, 15, 18, 19 och 31 i bilaga A och dessa beskrivs även nedan.

I det första fallet startade en brand inuti ett sopnedkast i höjd med golvet på andra våningen i byggnaden. Då sopnedkastet var fullt med sopor fanns det gott om brännbart material och branden kunde snabbt sprida sig i hela nedkastet. Dessutom fanns det god tillgång till syre då den fjäderstyrda luckan längst ned i nedkastet inte fungerade som den skulle utan var öppen. Sopnedkastet var även öppet upp till vinden vilket bidrog till att nedkastet fungerade som en skorsten. Detta innebar även att brandspridningen kunde ske vertikalt upp till vinden och antända träelement där. Branden spred sig sedan oupptäckt på vinden och detekterades först då rök spred sig till våningen nedanför och brandlarmet aktiverades.

Branden spred sig även horisontellt i byggnaden genom termisk strålning från det upphettade sopnedkastet av aluminiumstål. Nedkastet agerade som ett konduktivt metallobjekt och strålningen gjorde att trästrukturen i mellanrummen mellan våningsplanen antände. Branden växte sedan och spred sig vidare i och utanför hållrummen vilket så småningom ledde till ett fortskridande ras i byggnaden. Hela byggnaden totalförstördes av branden.

Sopnedkastet liksom resten av byggnaden var utrustat med sprinkler, men vattnet i byggnaden var tillfälligt avstängt då branden inträffade. Orsaken till att vattnet var avstängt var att det läckte vatten från en lägenhet och mannen som bodde där vägrade att öppna dörren, varpå en ansvarig person för fastigheten stängde av vattnet i byggnaden. Detta fall har tidigare nämnts i arbetet som det enda fall då sprinkler inte fungerade i byggnaden.

I ett fall orsakade rörmokare en brand i en byggnad då de arbetade i ett badrum på första våningen i en fyrvåningsbyggnad. En blåslampa antände trämaterial inuti en vägg varpå branden till en början spred sig inuti husets väggar. Då rörmokarna inte larmade om branden kunde den sprida sig oupptäckt i väggarna i nästan en halvtimme. Detta resulterade i en så stor brand att lågor kunde ses flera kilometer bort och byggnaden totalförstördes.

En annan brand uppstod i ett hårum mellan två våningar nära ett antal sladdar, troligtvis på grund av en elektrisk kortslutning. Branden spred sig sedan vidare från hårummet mellan de två våningsplanen och upp i ett antal väggar på våningen ovanför. Tack vare en snabb upptäckt och insats spred sig dock branden aldrig vidare därifrån.

I ett flervåningshus med totalt fyra våningar antände en cigarett barktäckningen på marken på utsidan av byggnaden. Därifrån spred sig branden vidare till plastfasaden på byggnaden och antände denna. Efter en stund nådde branden ett antal naturgastankar installerade på fasaden. På grund av värmepåverkan gick de sönder och bidrog till en ökad intensitet på branden. Därefter fortsatte branden att sprida sig längs med fasadens utsida och sedan in till vinden. Vinden var en och samma brandcell och till skillnad från resten av byggnaden var den dessutom osprinklad. När branden nått vinden spred den sig därifrån till resten av byggnaden. På grund av branden totalförstördes byggnaden och stora delar kollapsade.

I ytterligare ett fall orsakades en brand av en rörmokare som utförde ett svetsningsarbete på fjärde våningen i ett flerfamiljshus. Svetsningslågan antände väggisoleringen som bestod av cellulosa och branden spred sig upp inuti väggens hårum. Vidare spred sig branden från väggen in till ett hisschakt och sedan upp till vinden. Starka vindar utifrån bidrog även till att branden spred sig längs med vinden.

I ett annat fall startade branden på fjärde våningen i ett flerfamiljshus på totalt fyra våningar. Startkällan utgjordes av en cigarett som antände cigarettrester i en förvaringslåda av plast placerad i trapphuset. Cigaretten startade en glödbrand som sedan växte till en större brand och branden spred sig från trapphuset till vinden. Trapphuset rökfylldes snabbt och röken spred sig sedan nedåt i byggnaden.

Trapphuset var inte slutet till vinden och därför kunde branden snabbt sprida sig uppåt och sedan horisontellt åt två håll längs med hela vinden. När branden spridit sig i upp till vinden antände även trämaterial som höll taket uppe. Branden spred sig även till loftgångarna på plan tre och fyra, dock är det okänt hur detta skedde.

### 4.1.1 Analys

I detta avsnitt analyseras resultaten för frågeställningarna 1-3 som presenterats ovan.

#### *Fråga 1 – Hur stor var omfattningen på bränderna och hur påverkade sprinkler denna?*

Figur 9 visar tydligt att sprinkler har en positiv inverkan på brandförloppet, då branden oftare begränsades till den ursprungliga brandcellen när sprinkler fanns installerat. Dock förväntades det att detta resultat skulle skilja sig ännu mer från då sprinkler inte fanns installerat i byggnaderna. Anledningen till detta var att sprinklers främsta uppgift är att förhindra övertändning, vilket även minskar risken för att branden ska sprida sig.

Det kan finnas flera anledningar till att resultatet inte blev som förväntat. Den främsta är att detta arbete endast studerat allvarligare bränder. Problemet med detta är att det troligtvis finns flera fall som inträffat men som inte kommit med i det studerade arkivet på grund av att ingen har dött och inga stora ekonomiska kostnader uppstått. Ett sådant exempel kan vara att en brand uppstår i ett kök på spisen, men sprinkler utlöser och släcker branden innan den sprider sig vidare. Om sedan sprinklersystemet stängs av i tid så att inga stora kostnader uppstår på grund av vattenskador, skulle detta fall inte hamna bland de studerade brandutredningarna.

I två av fallen då sprinkler fanns installerat i byggnaden finns det dessutom information om att vinden saknade sprinkler. I dessa fall startade branden på utsidan av byggnaden och spred sig sedan in till vinden. Där kunde bränderna växa utan att sprinkler hade en chans att påverka och när bränderna väl spred sig nedåt i byggnaderna var de för utvecklade för att sprinkler skulle kunna inverka.

#### *Fråga 2 – Finns det någon relation mellan omfattningen på bränderna och vilket årtionde som byggnaden är utförd?*

Syftet med denna frågeställning var att undersöka om brandsäkerheten i byggnaderna blivit bättre ju senare de var utförda. Utefter resultatet i figur 10 går det dock inte att utläsa något tydligt samband mellan omfattningen på bränderna och vilket årtionde som byggnaden var utförd. Det enda som går att se är att för byggnader utförda på 1970-talet har branden spridit sig utanför den ursprungliga brandcellen i samtliga fall och att det därefter skett en minskning av andelen bränder som spridit sig.

Dessutom finns det endast två fall då byggnaden är utförd på 2010-talet, vilket är ett väldigt litet underlag för att göra en jämförelse med de andra årtiondena. En utav anledningarna till att det finns så få fall för detta årtionde är att endast halva årtiondet är studerat.

Det bör noteras att detta resultat först och främst är till för att göra en jämförelse mellan årtiondena. Andelen bränder då brandspridning sker utanför den ursprungliga brandcellen är med största sannolikhet mindre i verkligheten, då det endast är allvarligare fall som finns med bland de studerade brandutredningarna.

#### *Fråga 3 – Hur skedde brandspridningen? Skiljer den sig åt från spridningsvägar i byggnader med annat stommaterial?*

I fyra av de sex beskrivna fallen gällande brandspridning spred sig branden bland annat via hålrum i konstruktionen. Det är vanligt att träkonstruktioner innehåller hålrum och dolda utrymmen där branden kan sprida sig. Dock kan detta förhindras med hjälp av olika typer av brandstopp som beskrevs i avsnitt 2.3.6.

Det finns en risk för brandspridning i hålrum i alla typer av byggnader, men det kan uppstå allvarligare konsekvenser i träbyggnader. Anledningen till detta är att det finns mer brännbart material i träbyggnader jämfört med byggnader med annat stommaterial. Dock kan denna typ av brandspridning även ske i exempelvis betongbyggnader, om isoleringen är av ett brännbart material som till exempel polystyren eller cellulosa.

I två av fallen spred sig branden upp till vinden då sopnedkastet respektive trapphuset ej var slutet upptill. Detta hade lika gärna kunnat ske i byggnader med ett annat stommaterial då brandspridningen i detta fall inte berodde på stommaterialet, utan visar på vikten av utformning av byggnaden.

I ett utav fallen spred sig branden längs med fasaden på byggnaden och sedan in på vinden. Brandspridningen längs med fasaden hade även kunnat ske med ett annat stommaterial då byggnader med olika stommaterial fortfarande kan ha samma fasad. Det är oklart hur branden sedan spred sig in till vinden från fasaden. Dock är detaljlösningar viktiga när takfötter utformas och om de är felaktigt utformade kan de utgöra en svag punkt när det kommer till brandspridning.

Utifrån denna frågeställning kan slutsatsen dras att inga skillnader kan påvisas när det gäller spridningsvägar i byggnader med trä som stommaterial, jämfört med byggnader med ett annat stommaterial. Detta stöds även av studien genomförd av Coxner & Dalgren Wikland (2014) där de bedömde att användningen av trä som konstruktionsmaterial i sig inte innebär en förhöjd risk för brandspridning mellan brandceller.

## 4.2 Sprinkler och vattenskador

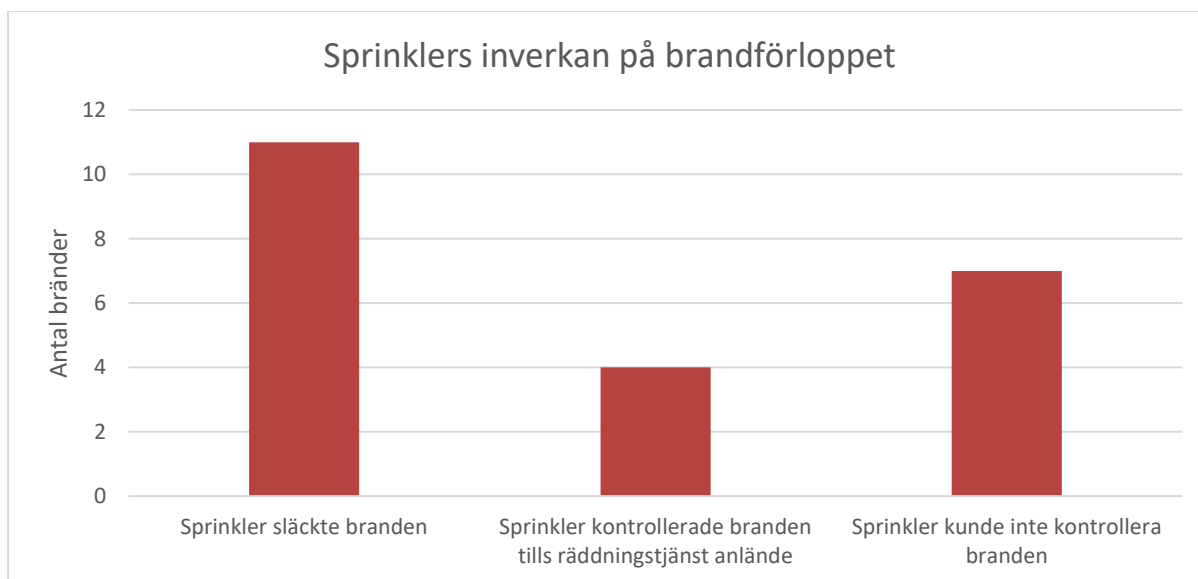
Nedan presenteras resultatet för frågeställningarna 4-7. Efter resultatet presenteras även en analys över resultaten i respektive frågeställning.

### Fråga 4 – I hur många fall aktiverades sprinkler och hur inverkade detta på brandförloppet?

Som det nämndes i del ett var 23 av de studerade 36 byggnaderna utrustade med sprinkler. I ett utav dessa fall aktiverades inte sprinklersystemet då vattnet var avstängt i hela byggnaden. Således fanns det ett fungerande sprinklersystem installerat i 22 av fallen och dessa aktiverades i samtliga fall.

Sprinkleraktiveringens inverkan på brandförloppet studerades genom att dela upp fallen i kategorierna sprinkler släckte branden, sprinkler kontrollerade branden tills räddningstjänst anlände och sprinkler kunde inte kontrollera branden.

Resultatet visade att sprinkler släckte branden i elva av de 22 av fallen och kunde kontrollera branden i fyra av fallen. I sju av fallen kunde däremot inte sprinkler vare sig släcka eller kontrollera branden utan branden släcktes av räddningstjänsten. Detta resultat visas även i figur 11 nedan.



Figur 11. Sprinklers inverkan på brandförloppet i de olika fallen.

### Fråga 5 – I hur många fall uppstod vattenskador och hur omfattande var dessa?

Då vattenskador studerades visade det sig att av de 36 studerade fallen fanns det information om vattenskador inträffat eller ej i 20 fall. Av dessa hade vattenskador inträffat i 19 fall och således var det känt att inga vattenskador hade inträffat i ett fall. I de fall då det är känt att vattenskador inträffat varierade dessa i omfattning från att vara begränsade till en lägenhet till att ha påverkat hela byggnaden.

I de 16 fall då det är okänt om vattenskador uppstod totalförstördes byggnaden av branden i två utav fallen. Således är eventuella vattenskador på byggnaden i dessa fall av liten betydelse och de nämns inte i brandutredningarna. I de övriga 14 fallen fanns ingen information om huruvida vattenskador inträffat eller ej.

Det som orsakar vattenskador vid brand är räddningstjänstens insats och/eller en eventuell sprinkleraktivering. Dock är det svårt att generellt säga något om vilken av dessa som påverkar mest, då det kan skilja sig mycket åt från fall till fall. Ett exempel på då sprinkler orsakat vattenskador är fall 16 i bilaga A. Branden startade i en soffa på andra våningen och spred sig till brännbart material runt om soffan, men släcktes sedan av sprinkler. I detta fall uppstod det stora vattenskador på hela andra våningen och i tre lägenheter på första våningen.

Ett annat exempel då räddningstjänsten istället orsakat vattenskador är fall 5 då en brand startade i en säng på grund av antingen en cigarett eller en kortslutning i en syregenerator. Branden utvecklades sedan snabbt och resulterade i en övertändning av lägenheten. Branden släcktes sedan av räddningstjänsten utan att sprida sig vidare till andra lägenheter. Räddningstjänstens insats orsakade dock vattenskador i ett okänt antal lägenheter.

I de ovanstående exemplen är det väldigt tydligt att sprinkler respektive räddningstjänsten orsakat vattenskadorna. Nedan följer två fall då både sprinkler aktiverat och räddningstjänsten gjort en släckningsinsats, vilket gör att båda har bidragit till vattenskadorna i okänd utsträckning.

I fall 14 i bilaga A orsakades en brand av en cigarettfimp på en balkong. Branden spred sig från balkongen upp på taket och till vinden, där sprinkler aktiverades och kontrollerade

branden fram tills räddningstjänsten anlände. Detta ledde till att byggnaden fick omfattande vattenskador och vinden var tvungen att renoveras för att undvika att mögelskador uppstod i ett senare skede.

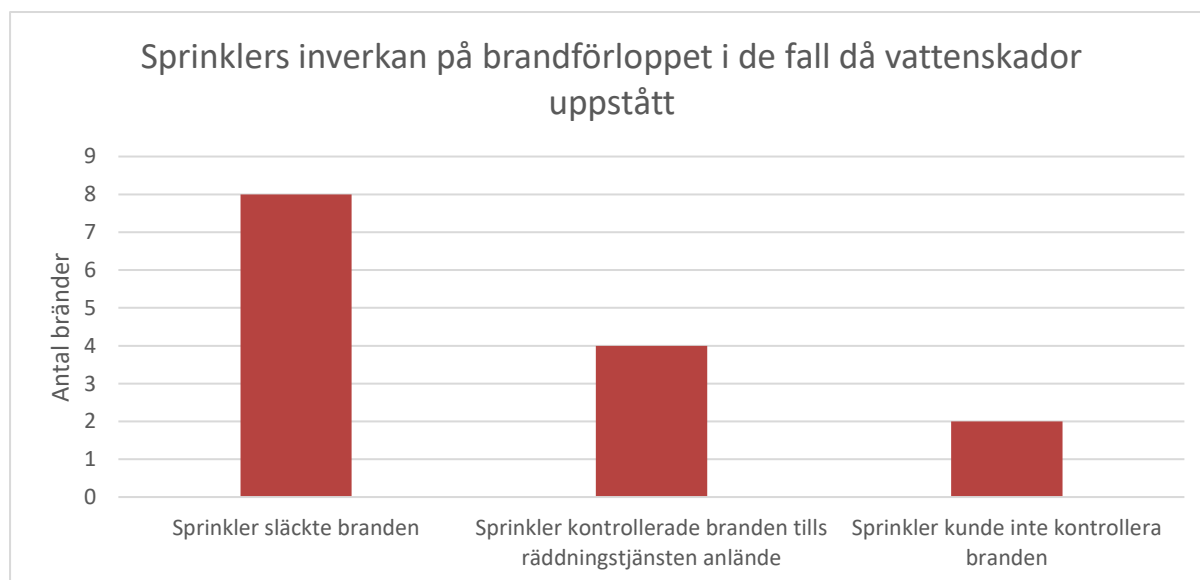
I fall 6 uppstod vattenskador i samband med branden då en säng antändes av en cigarett och branden spred sig sedan till resten av sovrummet. Därefter begränsades branden av sprinkler tills räddningstjänsten anlände och släckte branden. Detta resulterade i att lägenheten det brunnit i och den direkt under erhöll vattenskador.

Det är värt att notera att de studerade brandutredningarna är sammanställda nära inpå den inträffade branden, vilket innebär att eventuella vattenskador som upptäckts i ett senare skede inte finns med. Ibland syns inte vattenskador direkt, utan vattnet kan gömma sig i till exempel hållrum. I värsta fall upptäcks de först långt senare då allvarliga vattenskador såsom röta och mögel uppstått.

### Fråga 6 – I de fall då vattenskador inträffade, hur inverkade sprinkler på brandförloppet samt hur stor var omfattningen på bränderna i jämförelse med samtliga inträffade fall?

I föregående frågeställning konstaterades det att det är känt att vattenskador uppstått i 19 av de 36 fallen. Det är intressant att ta reda på om dessa fall skiljer sig åt med avseende på andra aspekter jämfört med samtliga inträffade fall.

Till exempel är det en naturlig följd att vatten uppstår i en byggnad när sprinkler aktiveras. Därför är det intressant att undersöka hur sprinkler inverkat på brandförloppet i de fall då vattenskador inträffat och resultatet av detta presenteras i figur 12 nedan. Totalt finns det 14 fall då vattenskador uppstått och sprinkler aktiverat.



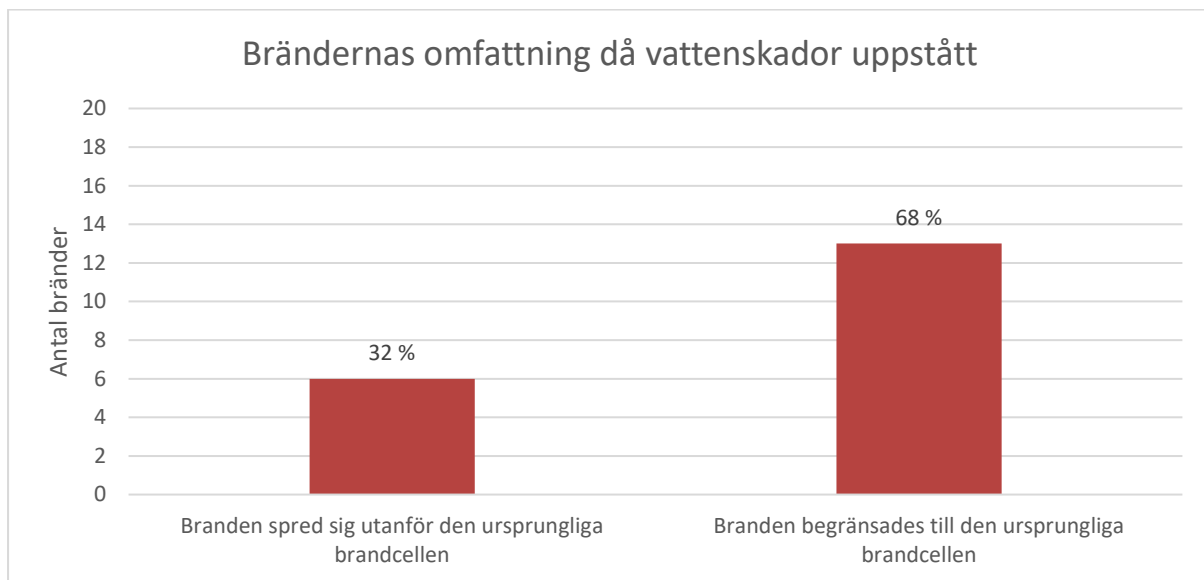
Figur 12. Sprinklers inverkan på brandförloppet i de fall då vattenskador uppstått.

Resultatet visar att i åtta av de 14 fall då vattenskador uppstått och sprinkler aktiverat släcktes branden, vilket motsvarar 57 %. I fyra av fallen kunde sprinkler kontrollera branden tills räddningstjänsten anlände, vilket motsvarar cirka 30 %. I de övriga två fallen, motsvarande 14 %, kunde sprinkler inte kontrollera branden.

Ställs resultaten i figur 11 och 12 i relation till varandra visar det sig att då vattenskador inträffade släckte sprinkler branden i 57 % av fallen, i jämförelse med i 50 % då samtliga fall är inräknade. Då vattenskador uppstod kontrollerade sprinkler branden i 29 % av fallen jämfört med 18 % för samtliga fall. Detta innebär att då vattenskador uppstod hade sprinkler en positiv inverkan på brandförloppet i 86 % av fallen jämfört med 68 % då samtliga fall är inräknade.

Jämförelsen visar att trots att vattenskador inträffat har sprinkler haft en positiv inverkan på branden i en större utsträckning. Detta innebär att det finns en skillnad jämfört med när samtliga fall är inräknade, även om skillnaden är liten.

Vidare studerades även brändernas omfattning i de 19 fall då vattenskador uppstått. Resultatet visade att i en tredjedel av fallen då vattenskador uppstått spred sig branden utanför den ursprungliga brandcellen och i två tredjedelar av fallen begränsades branden till den ursprungliga brandcellen, i enlighet med figur 13 nedan.



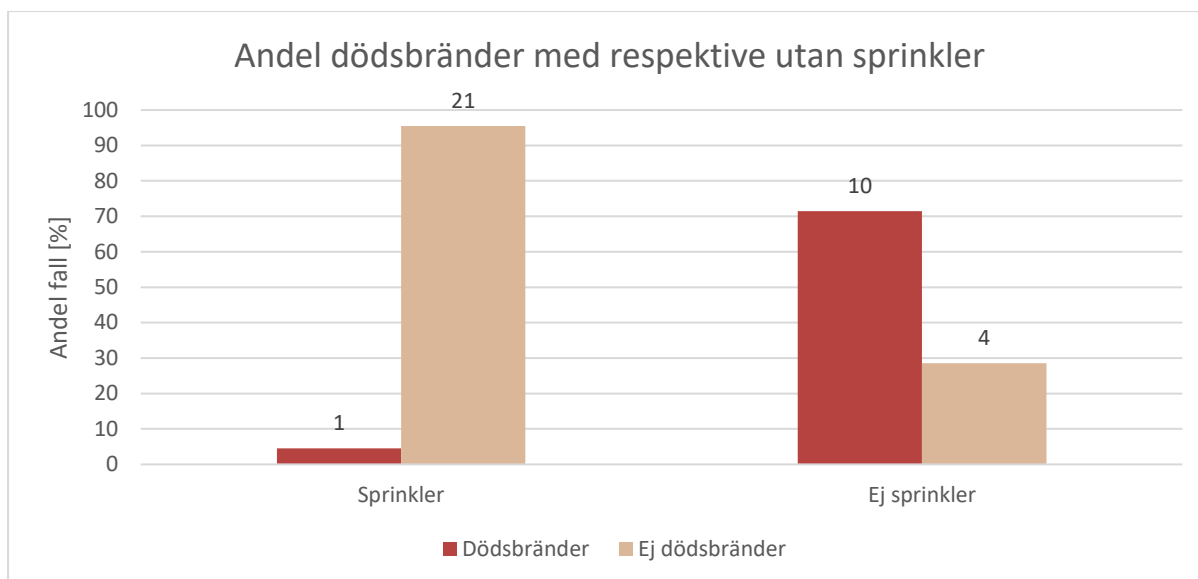
Figur 13. Brändernas omfattning då vattenskador uppstått. Ovanför respektive stapel anges procentsatsen för hur många gånger respektive händelse inträffade.

Detta resultat jämfördes med brändernas omfattning i samtliga 36 fall som presenterades i figur 8. Jämförelsen visade att då vattenskador inträffat begränsades branden till den ursprungliga brandcellen i 68 % av fallen, jämfört med 53 % då samtliga fall var inräknade.

### Fråga 7 – Finns det något samband mellan andelen dödsbränder och om byggnaden var sprinklad eller inte?

Som det nämnts tidigare i arbetet fanns det ett fungerande sprinklersystem i byggnaden i 22 av de 36 studerade fallen. En studie över antalet inträffade dödsbränder i dessa fall visade att endast en dödsbrand inträffade i de sprinklade byggnaderna, jämfört med tio dödsbränder i de osprinklade byggnaderna. Detta visas i figur 14 nedan. Totalt sett inträffade dödsfall i elva av de 36 fallen, dock uppstod sammanlagt 17 dödsfall, varav 16 civila och en brandman.





Figur 14. Andelen bränder i sprinklade respektive osprinklade byggnader som dödsfall har inträffat. Siffrorna ovan på staplarna visar antalet fall för respektive händelse.

Figur 14 visar att det fall då en dödsbrand inträffade och byggnaden var sprinklad motsvarar 4,5 % av alla fallen då byggnaden var sprinklad. Detta kan jämföras med de fall då byggnaderna ej var sprinklade, där dödsfall inträffade i drygt 70 % av fallen.

I det fall då byggnaden var sprinklad och en dödsbrand inträffade var det en person som dog. Branden inträffade i ett lägenhetshus för äldre då ett levande ljus orsakade att en soffa och en mans kläder fattade eld. Branden släcktes av sprinkler och spred sig inte vidare från soffan. Mannen erhöll dock svåra brännskador och dog efter en tid på sjukhus.

#### 4.2.1 Analys

Nedan följer en analys av resultaten i frågeställningarna 4-7.

##### *Fråga 4 – I hur många fall aktiverades sprinkler och hur invercade detta på brandförloppet?*

Av de 23 fall då sprinkler fanns installerat i byggnaderna fungerade systemet i 22 av fallen. I det fallet då sprinkler inte fungerade berodde det på att en ansvarig person för fastigheten hade stängt av vattnet. Detta visar på vikten av ett fungerande systematiskt brandskydd samt förståelse för de konsekvenser som kan inträffa om detta inte följs.

Detta innebär att sprinkler aktiverade i 96,7 % av fallen, vilket kan jämföras med litteratur som togs upp i avsnitt 2.3.6. Där presenterades att Hall (2013) har genomfört en undersökning över inträffade bränder där sprinkler aktiverade i 91 % av fallen.

Dock finns det en stor skillnad mellan resultaten i denna rapport jämfört med Hall (2013). Sprinklersystem installeras i byggnader för att kontrollera eller i bästa fall släcka en brand. Resultatet i denna rapport visade dock att då sprinklersystemet aktiverat var det endast effektivt i 68 % av fallen, eftersom sprinkler inte kunde kontrollera branden i sju av de 22 fall då sprinkler aktiverat. Resultaten från Hall (2013) visade istället på en effektivitet på 96 % då sprinkler hade aktiverat.

Anledningen till att sprinklersystemet i många fall var ineffektivt i denna studie är troligen sammankopplat med att resultatet gällande sprinklers inverkan på brandens omfattning inte blev som förväntat. Detta resultat presenterades i frågeställning 1 och orsaken till att det inte

blev som förväntat analyserades i avsnitt 4.1.1. Där togs det upp att i två av fallen då sprinkler aktiverade och branden ändå spred sig berodde detta på att det brann på vinden som var osprinklad. Detta ledde till att branden kunde växa ostört på vinden och när den väl spred sig nedåt var den för stor för att sprinkler skulle kunna stoppa den.

Som det även nämndes i tidigare analys påverkas troligen dessa resultat av att de studerade brandutredningarna endast innefattade allvarligare bränder. Troligtvis hade andelen fall då sprinkler inte kunde kontrollera branden varit betydligt lägre om alla inträffade bränder var inräknade.

#### *Fråga 5 – I hur många fall uppstod vattenskador och hur omfattande var dessa?*

I mer än hälften av de studerade fallen har vattenskador inträffat, men det är okänt hur väl detta resultat stämmer överens med verkligheten. Troligen är denna andel under 50 %, detta då alla små bränder som ej krävt stora vattenmängder till släckning skulle sänka andelen om de var medräknade.

Som det nämndes i resultatet är det svårt att avgöra om sprinkler eller räddningstjänstens insats orsakar mest vattenskador. Dessutom skiljer sig räddningstjänstens släckningsstrategi åt både mellan USA och Sverige men också mellan olika delstater. Detta innebär att beroende på plats så kan räddningstjänsten bidra till olika mängder vattenskador.

I 14 av fallen fanns det ingen information om huruvida vattenskador inträffat eller ej. Det troliga är dock att i majoriteten av dessa fall har vattenskador ej inträffat, då sannolikheten att de nämns i brandutredningarna är högre om det inträffat än om det inte har inträffat.

#### *Fråga 6 – I de fall då vattenskador inträffade, hur invercade sprinkler på brandförloppet samt hur stor var omfattningen på bränderna i jämförelse med samtliga inträffade fall?*

Syftet med att analysera sprinklers inverkan på brandförloppet och brändernas omfattning i de fall då vattenskador uppstått var för att studera huruvida andra positiva effekter uppstått i de fall då vattenskador inträffat. Detta för att det inte enbart behöver vara negativt att vattenskador uppstått, utan det kan vara en följd av att till exempel sprinkler släckte branden och/eller att branden var mindre omfattande. Resultatet visade att tendenser till sådana positiva effekter har uppstått, då sprinkler i dessa fall haft större inverkan på branden och branden begränsats till färre brandceller jämfört med samtliga fall. Det bör dock poängteras att skillnaderna i resultaten var ganska små och inga slutsatser kan dras kring detta.

#### *Fråga 7 – Finns det något samband mellan andelen dödsbränder och om byggnaden var sprinklad eller inte?*

I resultatet visades att sprinkler hade en tydlig positiv inverkan på andelen dödsbränder som inträffat. Dödsbränder inträffade i endast 4,5 % av fallen för sprinklade byggnader, jämfört med hela 70 % för osprinklade byggnader. Med andra ord blir det här tydligt att sprinkler räddar liv.

Dessutom rådde det speciella omständigheter kring det enda fall då en dödsbrand inträffade trots att sprinkler fanns. Tyvärr är det svårt för sprinkler att hinna inverka i tid då branden startar i en människas kläder. Detta då det krävs en viss värmeutveckling innan sprinkler aktiverar och då kan personen redan ha tagit stor skada.

Syftet med denna frågeställning är endast att undersöka skillnaden mellan andelen dödsbränder i sprinklade respektive osprinklade byggnader. Själva procentsatserna gällande antalet dödsbränder sett till det totala antalet bränder är alltså inte det viktiga i sammanhanget. Dessa skulle vara lägre om samtliga inträffade bränder skulle vara inräknade.

### 4.3 Påverkan på den bärande stommen och fortskridande ras

Resultatet för frågeställning 7 gällande om den bärande stommen påverkades i bränderna presenteras nedan. Efter det presenteras resultatet för frågeställning 8 som tar upp i hur många fall ett fortskridande ras har inträffat i byggnaden. Slutligen analyseras resultatet för respektive frågeställning.

#### Fråga 8 – I hur stor del av antalet inträffade bränder påverkades den bärande stommen?

I de studerade brandutredningarna fanns det väldigt begränsad information om skador på den bärande stommen. I 15 av de 36 studerade fallen är det känt att det uppstod skador på den bärande stommen och i nio fall är det känt att det inte uppstod några skador. I tolv av fallen fanns det dock ingen information alls om den bärande stommen påverkats av branden eller ej.

I många av fallen då det är känt att den bärande stommen påverkades beror detta på att hela eller stora delar av byggnaden totalförstördes i branden. Ett exempel är fall 11 i bilaga A där en brand som startade på en balkong på översta våningen i ett trevåningshus. Branden orsakades av en cigarett som tände eld på en sidovägg som avgränsade balkongen mot grannen. Från balkongen spred sig branden sedan vidare upp till vinden och in i lägenheten.

Flera lägenheter på tredje våningen fick mycket stora skador på grund av branden och delar av taket förstördes. Hela andra och tredje våningen var brand- och rökskadad. Flera väggar var totalförstörda och delar utav golvet förkolnat. Vissa stomelement fick även stora skador orsakade av byggnadsdelar som fallit ned ovanifrån. Förutom skador orsakade direkt av branden uppstod även stora vattenskadade orsakade både av sprinkler och av räddningstjänstens insats.

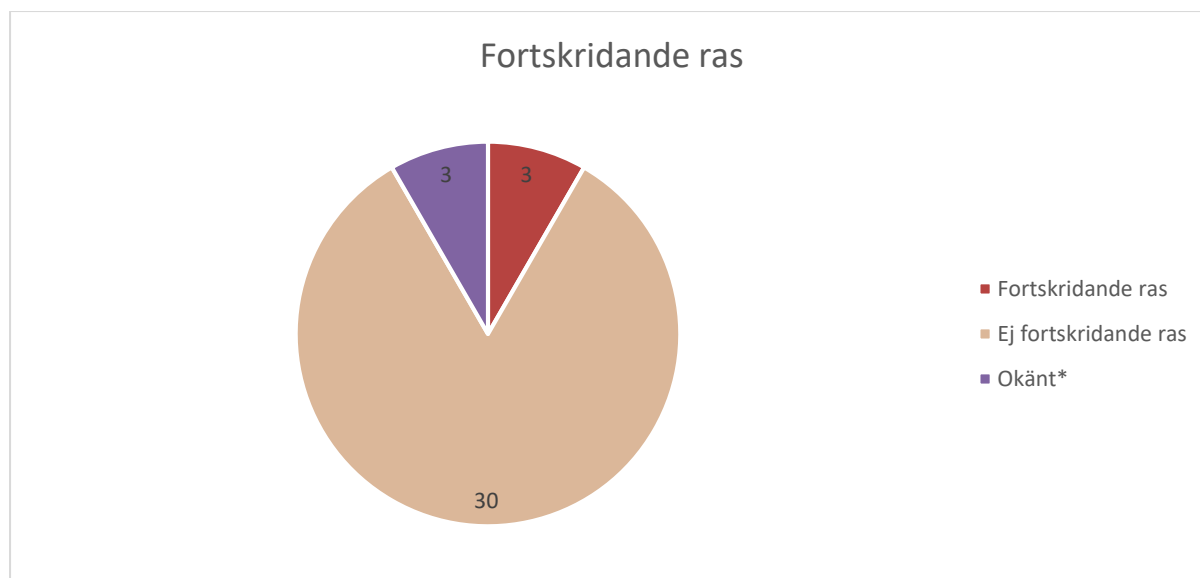
Ett annat exempel då stommen påverkades är fall 15 som även beskrevs i resultatet till frågeställning tre gällande hur brandspridningen skedde. Branden startade i ett hålrums mellan två våningar, troligen orsakad av en elektrisk kortslutning i en sladd. Från det utrymmet spred sig branden vidare upp i ett antal väggar tillhörande våningen ovanför. Branden upptäcktes dock tidigt och en snabb insats gjorde att branden inte spred sig vidare därifrån.

Trots det orsakade branden skador på den bärande stommen, även om de var begränsade till en liten del av byggnaden. Ett antal byggnadsdelar i golvet förkolnade delvis och i rummet direkt ovanför branden bedömdes golvet som ostabilt och osäkert. Dessutom hade räddningstjänsten brutit upp delar av väggarna och golvet för att komma åt branden.

#### Fråga 9 – I hur många fall inträffade fortskridande ras i byggnaden?

I de studerade brandutredningarna fanns det tre fall där hela byggnaden brann ned och i dessa fall är det okänt om ett fortskridande ras inträffade någon gång under brandförloppet. I övriga fall är det känt huruvida fortskridande ras inträffat eller ej och detta presenteras i figur 15 nedan.

Det bör nämnas att i de fall då det anges att ett fortskridande ras har inträffat så är det för att detta har angetts av skribenterna i de studerade brandutredningarna. Allmänt definieras fortskridande ras som en lokal skada som sedan sprider sig till flera element, för att sedan leda till ett ras av hela eller stora delar av konstruktionen (American Society of Civil Engineers, 2010).



Figur 15. Bränder där fortskridande ras inträffat respektive inte inträffat. \*I tre fall brann hela byggnaden ned och i dessa fall är det okänt om ett fortskridande ras inträffade någon gång under brandförloppet.

Det är alltså känt att fortskridande ras inträffade i tre av fallen, dock är orsaken endast känd i ett utav dessa fall. I de andra två fallen fanns det information om att ett fortskridande ras hade inträffat någon gång under brandförloppet, men inte omständigheterna kring detta.

Det kända fallet är fall 4 i bilaga A och detta har även tidigare beskrivits i frågeställning tre. Branden startade i ett sopnedkast och spred sig sedan vidare upp till vinden samt i byggnadens hållrum. Branden i hållrummen, som så småningom spred sig utanför hållrummen, orsakade ett fortskridande ras. Raset skedde plötsligt och helt utan förvarning efter ett långt brandförlopp. En brandman fastnade i byggnaden på grund av raset och dog innan han återfanns av sina kollegor.

#### 4.3.1 Analys

Nedan analyseras resultatet från frågeställningarna 8 och 9 som presenterats ovan.

*Fråga 8 – I hur stor del av antalet inträffade bränder påverkades den bärande stommen?*

Resultatet visar att i drygt 40 % av fallen påverkades den bärande stommen, sett till verkligheten är denna siffra troligtvis mycket lägre. Detta då alla mindre bränder som inträffat inte finns med i det studerade arkivet och i mindre bränder är det troligare att den bärande stommen inte påverkas.

*Fråga 9 – I hur många fall inträffade fortskridande ras i byggnaden?*

Resultatet visar att i drygt 8 % av fallen inträffade fortskridande ras i byggnaden. Detta är dock inget resultat som speglar verkligheten, då det inträffat många bränder som inte finns med i det studerade arkivet av brandutredningar och som skulle sänka snittet om de var medräknade.

Det förutsätts att alla bränder då fortskridande ras inträffat finns med i det studerade arkivet, då ett fortskridande ras alltid bidrar till höga ekonomiska kostnader. Dock finns det en osäkerhet i det erhållna resultatet då det är okänt om ett fortskridande ras inträffat eller ej i de bränder då hela byggnaden brunnit ner. Detta kan bero på att det ansetts ointressant i sitt sammanhang att nämna, då hela byggnaden ändå totalförstörts i branden.

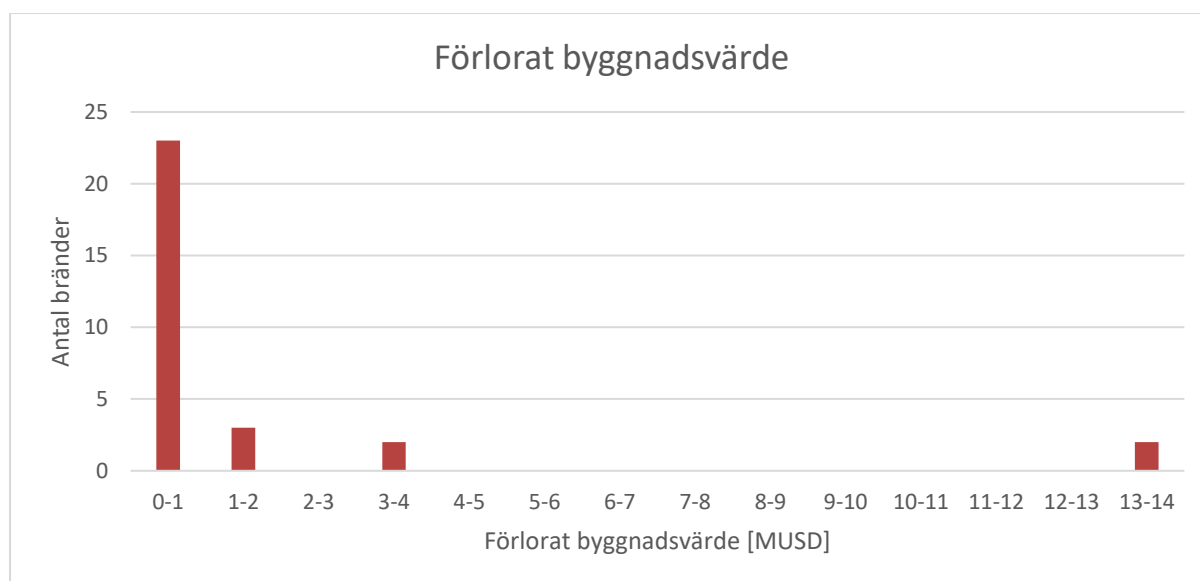
#### 4.4 Kostnader

Detta avsnitt utgör den sista delen i resultatet och besvarar frågeställningarna 10 och 11 gällande kostnader som uppstått i samband med bränderna.

Med kostnader menas i denna rapport det i brandutredningarna uppskattade förlorade värdet på grund av skadorna på byggnaden direkt orsakade av branden och det vatten som tillfördes från sprinkler och räddningstjänst. I denna siffra ingår inte värdet av förlorad inredning i byggnaden och inte heller eventuella inkomstförluster eller extra utgifter till följd av branden.

#### Fråga 10 – Vilka kostnader uppstod i samband med branden samt finns det någon relation mellan kostnaderna som branden orsakade och byggnadsår?

Det förlorade byggnadsvärdet varierade kraftigt mellan de olika fallen. I figur 16 nedan presenteras en översikt över kostnadsfördelningen. Resultatet bygger på 30 fall där det fanns information om det förlorade byggnadsvärdet, i övriga sex fall saknades denna information.



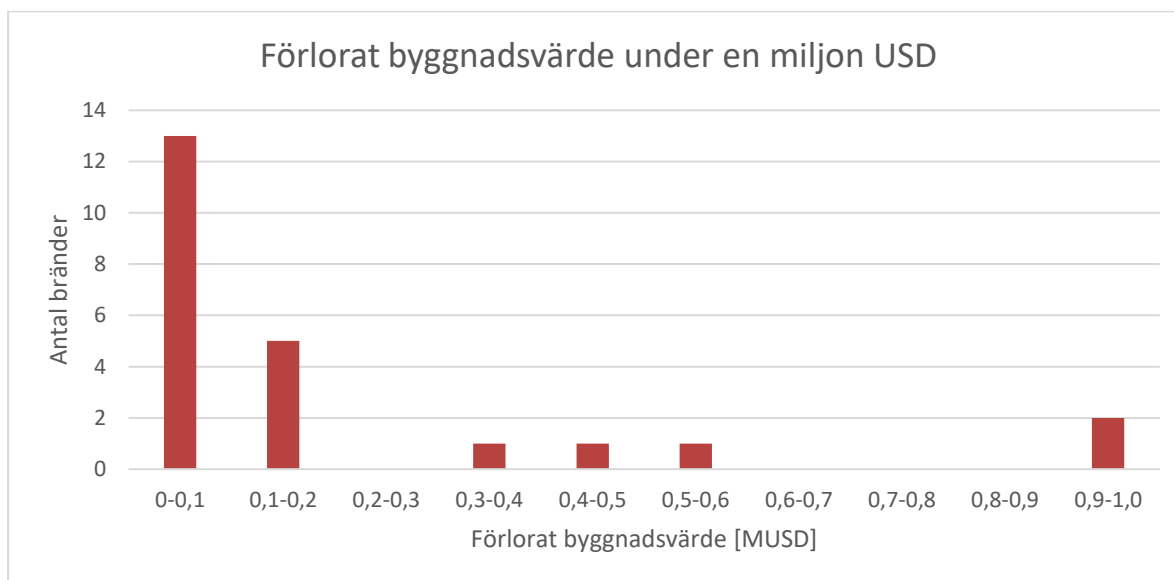
Figur 16. Fördelning över byggnadsvärdet som gick förlorat i bränderna.

Diagrammet visar att spridningen av kostnaderna är stor och varierar mellan under en miljon USD till strax under 14 miljoner USD. I de två fall då kostnaderna låg på 13-14 miljoner USD bestod byggnaderna av dyra lägenhetshus som totalförstördes i branden. I dessa bränder uppstod inga dödsfall. Även för de två fall då kostnaderna uppgick till 3-4 miljoner USD uppstod inga dödsfall, men stora skador på byggnaden inträffade. I det ena fallet totalförstördes byggnaden och i det andra fallet fick delar av stommen stora skador och det uppstod även stora vattenskadorna i byggnaden.

Då kostnaderna var 1-2 miljoner USD totalförstördes byggnaden i två utav fallen. I det ena fallet som byggnaden totalförstördes var det även fyra personer som omkom i branden, se fall

31 i bilaga A. I det fall byggnaden inte totalförstördes var det trots det minst åtta lägenheter som involverades i branden och en person omkom.

För majoriteten av bränderna var dock kostnaden under en miljon USD och för att få en bättre bild över spridningen bland dessa studerades de närmare. Resultatet visade att i 13 av fallen var kostnaderna under 100 000 USD och i 21 fall under 500 000 USD, se figur 17 nedan.



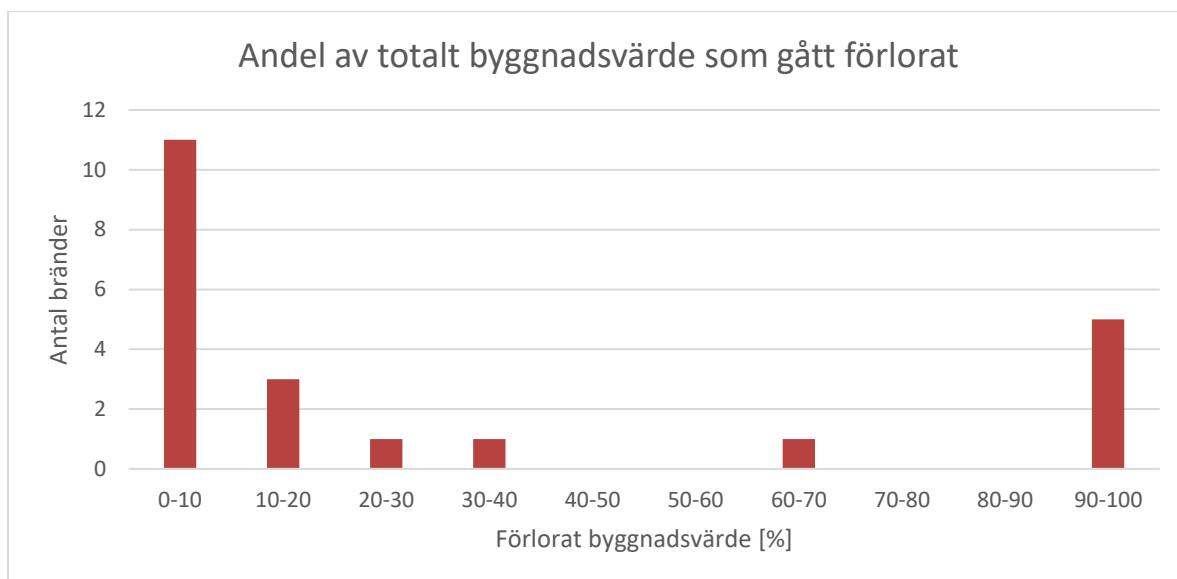
Figur 17. Fördelning över det förlorade byggnadsvärdet för de fall då värdet ej översteg en miljon USD.

För de två fall då kostnaderna för branden uppgick till 0,9-1,0 miljoner USD uppstod inga dödsfall, men stora delar av byggnaden tog skada i bränderna. För de tre fall där kostnaderna var mellan 0,3-0,6 miljoner USD uppstod det ett dödsfall och i alla tre fall var endast 1-2 brandceller involverade i branden.

Då kostnaderna uppgick till 0,1-0,2 miljoner USD inträffade det dödsfall i tre av de fem fallen. I ett av fallen då dödsfall inte inträffade totalförstördes tolv lägenheter i branden, i övriga fall involverades endast 1-2 brandceller i branden. För de tretton fall som hade de lägsta kostnaderna involverades endast en brandcell i alla fall utom ett, i det sista fallet involverades två brandceller i branden. I dessa bränder uppstod det dödsfall i tre av de tretton fallen.

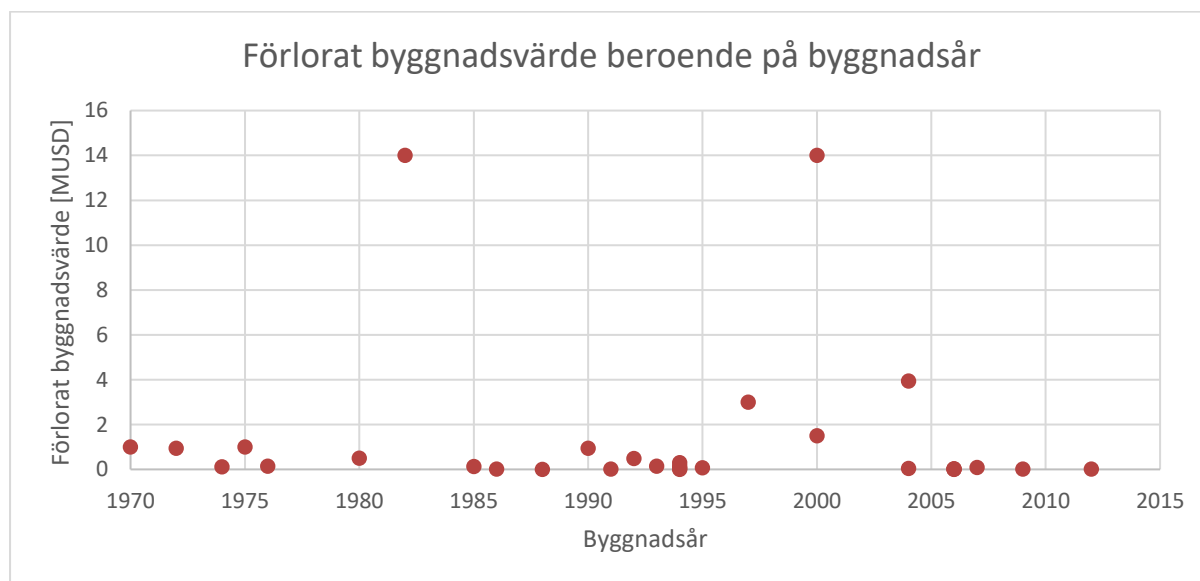
Det är även intressant att studera hur stor andel av det totala byggnadsvärdet som gick förlorat. Detta kan bland annat ge en bild över hur stor del av byggnaden som påverkades av branden och hur stor kostnaden var sett till helheten. Detta var möjligt att genomföra för 21 av fallen, då det i de resterande 15 fallen inte fanns någon information tillgänglig om det totala byggnadsvärdet.

Resultatet visade att i elva av fallen utgjordes kostnaderna endast av 0-10 % av det totala byggnadsvärdet. I fem av fallen gick dock 90-100 % av värdet på byggnaderna förlorat i bränderna, se figur 18 nedan för hela fördelningen.



Figur 18. Fördelning över andelen av det totala byggnadsvärdet som gick förlorat i branden.

Det undersöktes även om det fanns något samband mellan när byggnaden var utförd och vilka kostnader som uppstod och resultatet av detta visas i figur 19.



Figur 19. Förlorat byggnadsvärde beroende på byggnadsår.

Från figuren går det inte att utläsa några tydliga samband mellan kostnaderna som uppstod och byggnadsår.

### Fråga 11 – Hur skiljer sig kostnaderna mellan bränder i byggnader med respektive utan sprinkler?

För att undersöka om en aktivering av sprinkler reducerade kostnaderna som branden orsakade beräknades ett medelvärde av det förlorade byggnadsvärdet för byggnader med respektive utan sprinkler. Det enstaka fall där sprinkler inte aktiverade på grund av att sprinklersystemet var avstängt räknades till byggnader utan sprinkler då systemet ej fungerade. Undersökningen genomfördes på de 30 fall där det fanns information om det förlorade byggnadsvärdet.

Resultatet visade att det förlorade byggnadsvärdet i snitt var något lägre då sprinklersystem fanns installerat och fungerade, men skillnaden var väldigt liten. Medelvärdet för sprinklade byggnader var 1,29 miljoner USD, jämfört med 1,64 miljoner USD för byggnader utan sprinkler.

#### 4.4.1 Analys

I detta avsnitt analyseras resultatet från frågeställning 10 och 11.

*Fråga 10 – Vilka kostnader uppstod i samband med branden samt finns det någon relation mellan kostnaderna som branden orsakade och byggnadsår?*

Syftet med att undersöka kostnaderna i förhållande till byggnadsår var att utreda om det fanns något samband mellan de ekonomiska förluster som bränderna orsakat och när byggnaderna var utförda. Resultat visar att ett sådant samband bland dessa fall inte finns. Detta kan bero på det begränsade underlaget arbetet baseras på.

I verkligheten borde det finnas ett samband som visar att de ekonomiska förlusterna är mindre desto senare byggnaden är utförd. Detta baseras på att byggnadstekniken hela tiden går framåt och att kunskapen om hur man bygger brandsäkert hela tiden ökar, framförallt för träbyggnader där det hänt mycket de senaste årtiondena. Dessutom förändras lagkraven och generellt ställs högre krav idag jämfört med längre tillbaks i tiden. Med andra ord är det troligare att en brand som inträffar i en byggnad utförd på 70-talet sprider sig mer och därmed bidrar till högre kostnader än en brand i en byggnad utförd på 2000-talet.

*Fråga 11 – Hur skiljer sig kostnaderna mellan bränder i byggnader med respektive utan sprinkler?*

Resultatet visade att det förlorade byggnadsvärdet i snitt var 350 000 USD lägre i de fall då byggnaden var sprinklad. Denna siffra är så pass liten att det egentligen inte kan påvisas någon skillnad i kostnaderna beroende på om byggnaden var sprinklad eller ej.



## 5 Diskussion

---

I detta kapitel förs en diskussion kring arbetet. Diskussionen är uppdelad i två delar, i den första diskuteras arbetets metod och det studerade underlaget av brandutredningar. I den andra delen förs en allmän diskussion kring arbetets resultat.

### 5.1 Metod och underlag

I arbeten där hela resultatet bygger på att mycket information ska samlas in på kort tid är det viktigt med noggranna förberedelser. Inför resan arbetades ett tillvägagångssätt fram för att samla in information på ett snabbt och effektivt sätt, vilket underlättade arbetet i USA.

Trots ett bra tillvägagångssätt och noggranna förberedelser gick tiden i USA väldigt snabbt. Det tog tid att bekanta sig med upplägget av och innehållet i de studerade brandutredningarna på NFPA. Materialet som studerades berörde bränder inträffade mellan 2007–2015. Med längre tid på plats hade tidigare årtal kunnat studeras och ett större underlag erhållas. Mer tid hade även inneburit att samma data för andra stommaterial hade kunnat studeras. Detta var ursprungstanken med arbetet för att sedan kunna jämföra resultaten mellan de olika stommaterialen.

De studerade brandutredningarna varierade i omfattning och även i innehåll beroende på vilken person som skrivit insatsrapporten. Insatsrapporterna var är viss mån subjektiva, då personen som skrivit rapporten själv avgjort vad som varit viktigt att ta upp eller ej, vilket gör att i vissa fall kan värdefull information ha utelämnats.

Personerna som skrivit insatsrapporterna tillhör även olika räddningstjänster vilket innebär att de kan vara påverkade av vad den räddningstjänsten anser är viktigt. I en stat kanske man till exempel aktivt arbetar med att förebygga brandspridning inom byggnaden och därför intresserar man sig av hur detta har skett vid en brand. Troligtvis anser då även skribenten av insatsrapporten att detta är viktigt och tar således upp det i rapporten.

Brandutredningarna var dessutom sammanställda nära inpå den inträffade branden, vilket innebar att undersökningar som genomförts i ett senare skede inte fanns med. Detta medförde framförallt att ingen information fanns om hur byggnaden påverkades i längden. I vissa fall kan till exempel vattenskador på byggnaden ha upptäckts långt senare, då de blivit tydligare på grund av att röta eller mögel uppstått. Det kan även ha genomförts fler utredningar kring bland annat brandspridning på respektive räddningstjänst, men som inte kommit med i NFPAs sammanställning då denna gjorts innan utredningarna varit klara.

En osäkerhet i arbetet är att det inte fanns någon information om hur byggnaderna i de studerade brandutredningarna är utförda och hur brandskyddet är utformat. Troligtvis skiljer även sig byggnaderna åt i utformning och detta beror på flera olika anledningar. Den första är vilken stat byggnaden tillhör då detta påverkar vilket regelverk som tillämpats. Även vilket år byggnaden är utförd påverkar vilket regelverk som använts, som i sin tur påverkar utformningen på byggnaden. Dessutom skiljer sig byggnaderna åt på så sätt att vissa är utförda med massiv trästomme och andra med lätt regelstomme.

Detta arbete hade kunnat genomföras som en fallstudie. Anledningen till att detta inte gjorde var att det inte fanns tillräckligt med tid för detta på plats i USA. Då all tid gick åt att finna de

fall som var relevanta för arbetet och anteckna informationen i dessa, varpå det inte fanns någon tid kvar att studera dessa fall i detalj.

## 5.2 Resultat

Det studerade arkivet innehöll endast brandutredningar med allvarligare bränder, det vill säga bränder där stora ekonomiska kostnader uppstått eller där dödsfall inträffat. Det innebär att alla bränder där detta inte uppstått ej finns med, vilket är viktigt att tänka på när resultaten i denna rapport beaktas. Troligtvis har detta påverkat resultaten på ett sådant sätt att de visar en allvarligare bild än hur det faktiskt ser ut i verkligheten, vilket innebär att resultatet inte är representativt för bränder i allmänhet. Om alla bränder varit medräknade hade andelen allvarligare fall varit lägre, då fall med mindre allvarliga konsekvenser hade varit inkluderade i studien.

Ett exempel på detta är i kapitel 4.2 då sprinklers inverkan på branden studeras. Där saknas alla de fall då sprinkler släckt branden, ingen människa har omkommit och inga stora kostnader har uppstått. Trots att dessa fall saknas visar resultatet att sprinkler bidrar till att brändernas omfattning begränsas i större utsträckning. I sprinklade byggnader begränsades branden till den ursprungliga brandcellen i 64 % av fallen, jämfört med 36 % av fallen för osprinklade byggnader. Dock skulle troligtvis en ännu större positiv inverkan av sprinkler kunnat ses om samtliga bränder var inräknade.

Trots att många bränder där sprinkler haft en positiv inverkan på branden inte kommit med i det studerade arkivet, visar även andra resultat att det finns flera fördelar med att installera sprinkler. Då antalet dödsbränder undersöktes för sprinklade respektive osprinklade byggnader visade det sig att dödsfall endast inträffade i 4,5 % av fallen för sprinklade byggnader. Detta jämfördes med resultatet för osprinklade byggnader, där dödsfall inträffade i 70 % av bränderna. Slutsatsen som kan dras av detta är viktig och innebär att sprinkler räddar liv. Detta är vanligtvis även det huvudsakliga syftet när sprinkler installeras i flerbostadshus.

Då kostnaderna som uppstått i samband med bränderna undersöktes för sprinklade respektive osprinklade byggnader, kunde ingen skillnad påvisas mellan dessa två. Dock förväntades en skillnad i detta resultat då sprinklers är avsedda för att begränsa bränder. Därmed bör kostnaderna efter en brand minska då sprinklers är installerat.

Resultatet i denna rapport visade att sprinklersystemet aktiverade i 96,7 % av de studerade fallen. Denna siffra kan jämföras med en undersökning genomförd av Hall (2013) där sprinkler aktiverade i 91 % av de studerade fallen. Det finns dock en stor skillnad mellan resultatet i denna rapport och undersökningen genomförd av Hall (2013). Detta då resultatet i denna rapport visade att när sprinklersystemet aktiverat hade det endast en effektiv påverkan på branden i 68 % av fallen, jämfört med 96 % i studien genomförd av Hall (2013).

I detta arbete analyserades sprinklers inverkan på brandförloppet och brändernas omfattning i de fall då vattenskador uppstått. Detta genomfördes för att studera huruvida andra positiva effekter uppstått i de fall då vattenskador inträffat. Anledningen till att detta gjordes är att vattenskador inte alltid behöver vara negativt, utan de kan vara en följd av att till exempel sprinkler släckte branden och/eller att branden var mindre omfattande. Resultatet visade att tendenser till sådana positiva effekter har uppstått, då sprinkler i dessa fall haft större

inverkan på branden och branden begränsats till färre brandceller jämfört med samtliga fall. Det bör dock poängteras att skillnaderna i resultaten var ganska små.

Det finns dock aktörer som är tveksamma till att installera sprinkler i träbyggnader. De ser en risk för att sprinklersystemen ska orsaka vattenskador även då det inte brinner, till exempel genom läckage eller en felutlösning. Om detta sker kan vattnet rinna in i konstruktionens hålrum och kan sedan vara svårt att torka ut. Därför finns det en risk att det i ett senare skede uppstår skador som till exempel mögel och röta i byggnaderna. Detta är dock en risk som existerar i alla typer av byggnader oavsett stommaterial. Huruvida vattenskadorna kan få större konsekvenser i byggnader med trästomme är dock intressant och något som skulle kunna studeras vidare i ett annat arbete.

Då brandsäkerheten i trähus är ifrågasatt från flera håll var ett utav de ursprungliga syftena med detta arbete att undersöka skillnaden i brandsäkerhet mot byggnader med andra stommaterial. Bland de viktigaste parametrarna när det gäller brandsäkerhet i byggnader är att branden inte sprider sig mellan brandceller inom utsatt tid. För att kunna förhindra detta är det viktigt att veta hur bränder sprider sig mellan brandceller. Därför undersöktes i detta arbete brandens spridningsvägar i de olika fallen.

Det visade sig att av de 36 studerade bränderna så spred sig branden utanför den ursprungliga brandcellen i 17 av fallen. Trots det fanns det bara information om hur brandspridningen skedde i sex utav dessa fall. I fyra bränder spred sig branden via hålrum i konstruktionen. I ett av dessa fall spred sig branden även via ett sopnedkast som ej var slutet upp till vinden. Även i ytterligare ett fall spred sig branden upp till vinden på grund av att trapphuset ej var slutet till vinden. I det sista fallet som det fanns information om brandspridningen spred sig branden via utsidan på byggnadens plastfasad och in till vinden.

När dessa fall studerades konstaterades det i analysen att samma typ av brandspridning även kan ske i byggnader med annat stommaterial. Detta resultat adderat med det faktum att det fanns få fall med information om hur brandspridningen skedde, gör att det från detta arbete inte går att dra några slutsatser om huruvida brandspridningen i trähus skiljer sig åt från andra typer av byggnader. Dock har det konstaterats att det alltid är viktigt att detaljlösningar blir rätt utformade för att förhindra brandspridning mellan brandceller, oavsett stommaterial.

I arbetet undersöktes det om det gick att utläsa några samband om hur omfattande bränderna blev kopplat till vilket årtionde som byggnaderna var utförda. Resultatet visade att för byggnader utförda på 1970-talet har branden spridit sig utanför den ursprungliga brandcellen i samtliga fall. Därefter har andelen bränder som spridit sig minskat till strax under hälften av fallen, men efter det går det inte att utläsa någon tydlig skillnad över årtiondena.

Skillnader över årtiondena undersöktes även för de kostnader som bränderna har orsakat. Det förväntades att resultaten skulle visa på en minskad omfattning och minskade kostnader ju senare byggnaderna var utförda. Studien över omfattningen visade på ett visst sådant samband, men det förväntades att det skulle vara tydligare över alla årtiondena. Undersökningen gällande kostnaderna visade dock att det utifrån de studerade fallen inte går att utläsa något sådant samband. Anledningen till att en minskning över årtiondena förväntades är att kunskapen om hur man bygger brandsäkert i trä hela tiden har utvecklats. Det har även lagstiftningen gjort och den ställer högre krav idag än förr i tiden.

Även om denna studie baseras på amerikansk statistik, är det tänkt att resultaten ska kunna användas i Sverige. Därför är det viktigt att reflektera över hur väl dessa förhåller sig till Sverige. Det är dock svårt att säga hur förhållandet ser ut då resultaten beror på många olika faktorer och behandlar olika områden. Till exempel beror resultatet kring brändernas omfattning främst på hur brandskyddet är utformat, medan det gällande vattenskador beror mycket på räddningstjänstens släckningsstrategi och sprinklers vattentäthet.

En faktor som talar för att jämförbarheten bör vara god är att Sverige och USA använder sig av liknande byggprodukter, byggnadstekniker och stomsystem vid byggnation av trähus. Ett problem är däremot att lagstiftningen skiljer sig åt mellan länderna. Det är svårt att säga hur mycket detta påverkar och det försvåras ytterligare på grund av att lagstiftningen i USA även skiljer sig åt mellan delstaterna.

Generellt anses dock resultaten förhålla sig relativt väl till Sverige. Däremot är det viktigt att vid användning av specifika resultat fundera på vad som påverkat just de resultaten och hur de går att använda.

Från början fanns det en tanke med arbetet att i större utsträckning studera hur stommen påverkades i samband med bränderna. I de studerade brandutredningarna fanns det tyvärr knapp information om detta vilket gjorde studien svår att genomföra. Det vore intressant att studera hur de egendomsskador som uppstår i samband med en brand skiljer sig åt i flervåningshus med trästomme jämfört med flervåningshus med andra stommaterial.

Något annat som hade varit intressant är att ställa resultaten i detta arbete i relation till hur resultaten skulle se ut för ett annat stommaterial. Detta är dock svårt att genomföra utan att ha studerat brandutredningarna på NFPA även för de andra stommaterialen.

Arbetets syfte var att bidra till att fylla igen kunskapsluckor inom området höga hus med trästomme. I syftet togs det upp att det framförallt saknas kunskap kring hur bränder beter sig i byggnader med trästomme och hur bränder påverkar dessa byggnader. Arbetet har bidragit till att det nu finns mer information om storskaliga bränder och dödsbränder som inträffat i höga hus med trästomme. Detta innebär även att det har fyllts på med kunskap inom området, vilket i sin tur innebär att syftet har uppfyllts.

## 6 Slutsatser

---

Efter genomfört arbete har de olika frågeställningarna kunnat besvaras i olika utsträckning. I alla frågeställningar har svar kunnat formuleras utifrån de studerade bränderna, men dessa svar har inte alltid lett till generella slutsatser. De slutsatser som dragits från arbetet och det studerade underlaget är följande:

- Sprinkler har en positiv inverkan på brandens omfattning. Detta då branden i sprinklade byggnader begränsades till den ursprungliga brandcellen i drygt två tredjedelar av fallen, jämfört med cirka en tredjedel för osprinklade byggnader.
- En installation av sprinkler i byggnaden räddar liv, då det sänker andelen dödsbränder.
- Det förlorade byggnadsvärdet direkt orsakat av branden var 350 000 USD lägre för sprinklade byggnader jämfört med osprinklade byggnader.
- Sprinklersystemet aktiverade i 96,7 % av de studerade fallen där sprinkler fanns installerat. I dessa fall hade det dock endast en effektiv inverkan på brandförloppet i 68 % av fallen.
- I byggnader utförda på 1970-talet spred sig bränderna utanför den ursprungliga brandcellen i samtliga fall. Därefter har det skett en minskning av andelen bränder som spridit sig till under hälften av fallen.
- Utifrån de studerade bränderna kan inga skillnader påvisas gällande spridningsvägar i byggnader med trä som stommaterial, jämfört med byggnader med ett annat stommaterial.
- För att förhindra att brandspridning sker mellan brandceller i trähus är det viktigt att detaljlösningarna utförs korrekt.

## 7 Förslag till vidare studier

---

Överlag är området kring höga hus med trästomme relativt outforskat, inte minst när det kommer till frågor som rör brand och brandspridning. Detta beror bland annat på att det i Sverige endast varit tillåtet att bygga höga hus med trästomme sedan 1994. Utvecklingen på området har gått framåt, men det finns fortfarande ett behov av mer kunskap inom området.

Det finns både aktörer som är positiva och negativa till att det byggs fler höga hus i trä idag. För att få en bättre dialog mellan dessa parter krävs det fortsatt forskning inom området.

Under arbetets gång har främst tre behov till vidare studier observerats. Dessa rör vattenskadors konsekvenser, vilka egendomsskador som uppstår i samband med brand samt hur resultatet i detta arbete skulle se ut för byggnader med andra stommaterial. Förslagen för vidare studier är följande:

- Studera huruvida vattenskador kan få större konsekvenser i höga hus med trästomme jämfört med höga hus med annat stommaterial.
- Studera om de egendomsskador som uppstår i samband med en brand skiljer sig åt i flervåningshus med trästomme jämfört med flervåningshus med andra stommaterial.
- Ställa resultaten i detta arbete i relation till hur resultaten skulle se ut för byggnader med ett annat stommaterial. Detta genomförs genom att studera brandutredningarna på NFPA för de andra stommaterialen.

## 8 Referenser

---

American Society of Civil Engineers, (2010). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Reston, Virginia, USA: American Society of Civil Engineers.

Asplind, B. (2015). Mimer bygger Västerås högsta trähus. *Fastighet & Bostadsrätt*, 20 januari. <http://www.fastighetochbostadsratt.com/Industriellt-byggande/53833-Forsta-sagtaget-for-Vasteras-hogsta-trahus---Kvarteret-Mesanseglet.html>

Björk, C. & Reppen, L. (2000). *Så byggdes staden*. 2a uppl. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.

Björkman, C. (2013). *Fördjupad olycksundersökning – Brand i flerbostadshus i Luleå Klintvägen*. (Diarienummer 241.2013.00510/32866). Umeå: Umeå Kommun, Brandförsvär & Säkerhet.

BFS 1993:57. *Boverkets byggregler (föreskrifter och allmänna råd)*. Karlskrona: Boverket.

BFS 2015:6. *Boverkets konstruktionsregler, EKS 10*. Karlskrona: Boverket.

BFS 2016:13. *Boverkets byggregler (föreskrifter och allmänna råd)*. Karlskrona: Boverket.

Betongföreningen (u.å.). *Materialet betong*. <http://betongforeningen.se/materialet-betong/> [2016-09-13]

Boutin (2016). Tall Timber Buildings – How tall should we go? *NFPA* [blogg], 21 november. <https://community.nfpa.org/community/nfpa-today/blog/2016/11/21/tall-timber-buildings-how-tall-should-we-go> [2016-12-11]

Brandskyddsföreningen (u.å.). *Höga trähus*. <https://www.brandskyddsforeningen.se/vart-arbete/trahus/> [2016-12-22]

Burström, P.G. (1999). *Livslängdsbedömningar av byggnadsmaterial*. (Rapport TVBM-7147). Lund: Avd Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola.

Burström, P.G. (2006). *Byggnadsmaterial*. Lund: Studentlitteratur AB.

Coxner, M. & Dalgren Wikland, M. (2014). *Egendoms skydd vid brand i flerbostadshus*. (Rapport 5475). Lund: Lunds Tekniska Högskola.

Ehrnström, B. & Selvarajah, S. (2011). *Kv. Tvättstugan, ett flerbostadshus med massiv trästomme – Ett examensarbete om akustisk- och brandkrav samt en jämförelse av energi- och fuktaspekter*. Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan.

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: SP Hållbar Samhällsbyggnad.

Frantz, Å. (2008). *Limnologen – Inblick i svenskt träbyggnad*. Växjö: Växjö universitet.

Fredberg, C.R.A. (1922). *Det gamla Göteborg : lokalhistoriska skildringar, personalia och kulturdrag*. Göteborg.

- Gerad, R., Barber, D. & Wolski, A. (2013). *Fire Safety Challenges of Tall Wood Buildings*. (Job number 230561-00). Quincy, Massachusetts, USA: The Fire Protection Research Foundation, National Fire Protection Association.
- Grönbäck, D., Pettersson, J., Tvetter, F., & Österlund, R. (2015). *Branden i World Trade Center – En studie av höghus svagheter ur ett brandsäkerhetsperspektiv*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- Gustafsson, A., Eriksson, P.-E., Engström, S., Wik, T. & Serrano, E. (2013). *HANDBOK för beställare och projektörer av flervånings bostadshus i trä*. (SP Rapport 2012:70). Växjö: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- Hall, JR. (2013). *U.S. Experience with sprinklers*. Quincy, Massachusetts, USA: National Fire Protection Association.
- Hansson, T. (2000). 1000 års träbyggnad. *Träinformation – en tidning om trä*, (2), s. 13-22.
- ICC (2009). *2009 ICC Performance Code for Buildings and Facilities*. USA: International Code Council.
- ICC a (2016). *About ICC*. <http://www.iccsafe.org/about-icc/overview/about-international-code-council/> [2016-11-21].
- ICC b (2016). *Overview of the IRC*. <http://www.iccsafe.org/codes-tech-support/codes/2015-irc/codes/irc/> [2016-12-05].
- Isaksson, T. Mårtensson, S. & Thelandersson, S. (2010). *Byggkonstruktion*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Johansson, N. (2005). *Uttorkning av betong: inverkan av cementtyp, betongskvalitet och omgivande fuktförhållanden*. Lic.-avh. (Rapport TVBM-3124). Lund: Lunds Universitet, Lunds Tekniska Högskola.
- Lindén, N. & Pålsson, I. (2016). *Flervåningshus med trästomme – uppfattningar från projektering, byggproduktion, boende och förvaltning*. Halmstad: Högskolan i Halmstad.
- Lundqvist, M. (2008). *Fördjupad olycksundersökning – Brand i byggnad Geografigränd 2 A-J i Umeå 2008-12-24*. (Brandförsvarets insatsrapport 2008/888-889). Umeå: Umeå Kommun.
- Löw, J. (u.å.). *Stål används allt mer när världens högsta byggnader byggs*. <http://sbi.se/nyhet/stal-anvands-allt-mer-nar-varldens-hogsta-byggnader-byggs#.V9ulBph9670> [2016-09-21]
- Martinssons (2016). *Limträbalk och limträpelare*. <http://www.martinssons.se/byggprodukter/limtrabalk-pelare> [2016-11-29]
- NFPA. (2016). *NFPA 5000: Building Construction and Safety Code®*. <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards?mode=code&code=5000> [2016-12-05]
- Norström, J. (2016). Inflyttning i unikt trähus. *Vestmanland Läns Tidning*, 8 augusti. <http://vlt.se/nyheter/vasteras/1.4147518-inflyttning-i-unikt-trahus>



- SP Sveriges Tekniska forskningsinstitut (u.å.) *Renovering av byggnader – brand*.  
<http://www.renoveringavbyggnader.se/sv/construction/Stomme/Betong/fire/Sidor/default.aspx> [2016-09-13]
- Statistiska centralbyrån (1912). *Bidrag till Sveriges officiella statistik. H, Kungl. Maj:ts befallningshavandes femårsberättelser. Åren 1886-1890. Vesternorrlands län*. Stockholm: Statistiska centralbyrån.
- Sundström, N. (2014). "Fler måste bygga stort i trä".  
[http://www.skogsindustrierna.org/skog-industri/innehall/skog\\_och\\_industri\\_nyhetsarkiv/intervjun/fler-maste-bygga-stort-i-tra](http://www.skogsindustrierna.org/skog-industri/innehall/skog_och_industri_nyhetsarkiv/intervjun/fler-maste-bygga-stort-i-tra) [2016-09-11]
- Svenskt Trä a (2016). *Trä i byggprocessen*. <http://www.svenskttra.se/om-tra/att-valja-tra/bygga-i-tra/> [2016-10-31].
- Svenskt trä b (2016). *Om Limträ*. <http://www.svenskttra.se/om-tra/om-limtra> [2016-11-29]
- Sveriges träbyggnadskansli (2016). *Vanliga frågor om trähus*.  
<http://www.trabyggnadskansliet.se/vanliga-fragor-om-trahus> [2016-09-08]
- Söderberg, U. & Kjellberg, H. (1987). *TRÄ byggnadsmaterial förr och nu*. (Rapport RAÄ 1987:6). Stockholm: Riksantikvarieämbetet.
- TräGuiden (2003). *Pelar-balkstommar - generellt*.  
<http://www.traguiden.se/planering/planera-ett-trabygge/byggsystem/byggnader-med-stor-spannvidd/pelar-balkstommar---generellt/> [2016-12-14]
- Trästad (u.å.). *Ett nätverk för samhällsbyggande i samverkan*. <http://www.trastad.se/om-trastad/> [2016-12-23]
- Uneram, C. (2009). *Skydd mot brand – Före, under och efter räddningsinsats*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- Växjö Kommun (2016). *Trästaden*. <http://www.vaxjo.se/trastaden/> [2016-09-06]
- Westerberg, U. (2016). Västerås högsta trähus inflyttningsklart. *Svt Nyheter Västmanland*, 8 augusti. <http://www.svt.se/nyheter/lokalt/vastmanland/vasteras-hogsta-trahus-inflyttningsklart>
- Wright, G. (2002). Code battle begins as NFPA hits the streets. *Building Design Construction*, 1 oktober. <https://www.bdcnetwork.com/codes-battle-begins-nfpa-5000-hits-streets>
- Xia, B., O'Neill, T., Zuo, J., Skitmore, M. & Chen, Q. (2014). Perceived obstacles to multi-storey timber-frame construction: an Australian study. *Architectural Science Review*, 57:3, 169-176.
- Zommodi, L. (2015). Höga trähus på tapeten. *BrandSäkert*, (6).
- Östman, B., König, J., Mikkola, E., Stenstad, V., Carlsson, J. & Karlsson, B. (2002). *Brandsäkra trähus 2*. Utgåva 2. Stockholm: Träteknik.
- Östman, B. & Stehn, L. (2014). *Brand i flerbostadshus av trä - Analys, rekommendationer och FoU-behov*. (SP Rapport 2014:07). SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Östman, B., et. al. (2012). *Brandsäkra trähus 3*. Utgåva 3. Stockholm: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

## 9 Bilaga A – Erhållen information från brandutredningarna

I denna bilaga presenteras den information som erhöles från de studerade brandutredningarna.

### Information om byggnaderna

I tabell 3 och 4 nedan listas alla fall tillsammans med erhållen information om byggnaderna.

Tabell 3. Information som erhöles om de olika byggnaderna från de studerade brandutredningarna.

Fall	Byggnadsår	Antal våningar	Stat	Stomtyp
1	1970	3	Indiana	Wood frame
2	1994	3	North Carolina	Wood frame
3	2010	4	Mississippi	Wood frame
4	1980	3	Texas	Wood frame
5	1986	3	Texas	Wood frame
6	2004	4	Vermont	Wood frame
7	1998	3	Iowa	Wood frame
8	1990	3	Washington	Wood frame
9	2009	3	North Dakota	Wood frame
10	2000	4	New Jersey	Lightweight wood frame
11	1997	3	Missouri	Wood frame
12	2006	4	Missouri	Wood frame
13	2000	4	Missouri	Wood frame
14	1992	5	Vermont	Wood frame
15	2007	5	Texas	Wood frame
16	1988	3	Kalifornien	Wood frame
17	1980	4	Kalifornien	Wood frame
18	2004	4	Massachusetts	Wood frame
19	1982	4	Alaska	Wood frame
20	1972	4	Connecticut	Heavy timber
21	1987	3	Connecticut	Wood frame
22	1974	3	Okänd	Wood frame
23	1993	3	Chicago	Wood frame
24	1994	3	Washington	Wood frame
25	1994	3	Washington	Wood frame
26	2012	3	Oklahoma	Wood frame
27	1985	3	North Dakota	Wood frame
28	1991	3	Kalifornien	Ordinary wood frame
29	1971	3	Maryland	Wood frame
30	1995	3	Michigan	Wood frame
31	1975	4	Missouri	Wood frame
32	1994	5	Minnesota	Legacy wood frame
33	2006	4	Utah	Wood frame
34	1994	4	Washington	Wood frame
35	2006	4	Connecticut	Wood frame
36	1976	4	Maryland	Wood frame

Tabell 4. Information som erhöles om de olika byggnaderna från de studerade brandutredningarna.

Fall	Sprinkler	Typ av sprinkler	Larm	Typ av larm	Totalt byggnadsvärde [USD]
1	Nej	-	Ja	Rökdetektor	Okänt
2	Ja	Okänt	Ja	Okänt	765168
3	Ja	Våtrörssystem	Ja	Automatiskt brandlarmsystem	Okänt
4	Ja	Okänt	Ja	Automatiskt brandlarmsystem	Okänt
5	Nej	-	Ja	Rökdetektor	4768641
6	Ja	Våtrörssystem	Ja	Rökdetektor	2758400
7	Ja	Våtrörssystem	Okänt	-	Okänt
8	Nej	-	Ja	Kopplade värmedetektor	Okänt
9	Ja	NFPA 13R	Ja	Automatiskt brandlarmsystem	3264000
10	Ja	Våtrörssystem	Ja	Rökdetektor	1500000
11	Ja	Våtrörssystem	Ja	Rökdetektor	5000000
12	Ja	Våtrörssystem	Ja	NFPA 72 rökdetektor	4500000
13	Ja	NFPA 13R	Ja	Rökdetektor	14000000
14	Ja	Torrörssystem	Ja	Rökdetektor	4500000
15	Ja	Våtrörssystem	Ja	Automatiskt brandlarmsystem	3447000
16	Ja	Okänt	Ja	Rökdetektor	Okänt
17	Nej	-	Ja	Rökdetektor	Okänt
18	Ja	NFPA 13R	Ja	Automatiskt brandlarmsystem	3937500
19	Nej	-	Ja	Rökdetektor	14000000
20	Ja	Okänt	Ja	Automatiskt brandlarmsystem	6000000
21	Nej	-	Ja	Okänt	Okänt
22	Nej	-	Ja	Rökdetektor	19000000
23	Nej	-	Ja	Rökdetektor	740000
24	Ja	Våtrörssystem	Ja	Okänt	800000
25	Ja	Våtrörssystem	Ja	Automatiskt brandlarmsystem	Okänt
26	Ja	Våtrörssystem	Ja	Rökdetektor	700000
27	Nej	-	Ja	Rökdetektor	1306600
28	Ja	Våtrörssystem	Ja	Rökdetektor	Okänt
29	Nej	-	Ja	Rökdetektor	Okänt
30	Nej	-	Ja	Okänt	4000000
31	Nej	-	Ja	Rökdetektor	1000000
32	Ja	Våtrörssystem	Ja	Automatiskt brandlarmsystem	1000000
33	Ja	Våtrörssystem	Ja	Okänt	Okänt
34	Ja	Våtrörssystem	Ja	Automatiskt brandlarmsystem	Okänt
35	Ja	Våtrörssystem	Ja	Rökdetektor	7600000
36	Nej	-	Nej	-	Okänt

## Information om bränderna

Den erhållna informationen om själva bränderna presenteras i tabell 5 och 6 nedan.

Tabell 5. Information som erhöles om de inträffade bränderna i de studerade brandutredningarna

Fall	År det brann	Hur branden släcktes	Skador på stommen	Antal involverade brandceller	Fortskridande ras	Dödsfall	Förlorat byggnadsvärde [USD]
1	2014	Räddningstjänst	Ja	>5	Nej	1	1000000
2	2014	Räddningstjänst	Ja	>5	Nej	0	150000
3	2015	Räddningstjänst	Okänt	1	Nej	0	Okänt
4	2013	Räddningstjänst	Ja	>5	Ja	1 (Brandman)	Okänt
5	2013	Räddningstjänst	Okänt	1	Nej	1	20000
6	2013	Räddningstjänst	Okänt	1	Nej	0	50000
7	2013	Sprinkler	Okänt	1	Nej	0	Okänt
8	2013	Räddningstjänst	Ja	>5	Okänt	0	950000
9	2015	Sprinkler	Okänt	1	Nej	0	13500
10	2015	Räddningstjänst	Ja	>5	Okänt	0	1500000
11	2015	Räddningstjänst	Ja	>5	Nej	0	3000000
12	2012	Räddningstjänst	Okänt	1	Nej	0	15000
13	2012	Räddningstjänst	Ja	>5	Nej	0	14000000
14	2011	Räddningstjänst	Ja	2	Nej	0	490000
15	2010	Räddningstjänst	Ja	2	Nej	0	85000
16	2010	Sprinkler	Ja	1	Nej	1	5000
17	2008	Räddningstjänst	Okänt	1	Nej	1	500000
18	2008	Räddningstjänst	Ja	>5	Nej	0	3937500
19	2007	Räddningstjänst	Ja	>5	Okänt	0	14000000
20	2012	Räddningstjänst	Ja	>5	Nej	0	943000
21	2014	Räddningstjänst	Nej	1	Nej	3	Okänt
22	2014	Räddningstjänst	Okänt	2	Nej	1	120000
23	2013	Räddningstjänst	Okänt	2	Ja	1	150000
24	2013	Sprinkler	Nej	1	Nej	0	300000
25	2013	Sprinkler	Nej	1	Nej	0	5000
26	2013	Sprinkler	Nej	1	Nej	0	10000
27	2013	Räddningstjänst	Okänt	1	Nej	2	125000
28	2013	Sprinkler	Nej	1	Nej	0	10000
29	2013	Räddningstjänst	Ja	>5	Ja	0	Okänt
30	2015	Räddningstjänst	Nej	1	Nej	1	75000
31	2015	Räddningstjänst	Ja	>5	Nej	4	1000000
32	2015	Sprinkler	Nej	1	Nej	0	40000
33	2010	Sprinkler	Nej	1	Nej	0	30000
34	2009	Sprinkler	Okänt	1	Nej	0	Okänt
35	2008	Sprinkler	Nej	1	Nej	0	3000
36	2007	Räddningstjänst	Okänt	2	Nej	0	150000

Tabell 6. Information som erhöles om de inträffade bränderna i de studerade brandutredningarna.

Fall	Om branden
1	Branden startade på en balkong av okänd anledning. Minst åtta lägenheter brann och ena änden av byggnaden totalförstördes. Kraftig brand med synliga flammor utifrån, beskrevs som ett inferno. När räddningstjänsten anlände brann det kraftigt i byggnaden. De blev informerade att en person fanns kvar i en lägenhet, men blev tvungna att dra tillbaka insatserna i den delen av byggnaden pga. den kraftiga branden.
2	Cigarettfimp antände andra fimpar och torra löv på en balkong. Branden spred sig längs ytterväggen och vidare upp på vinden. Tolv lägenheter totalförstördes i det snabba brandförloppet. Räddningstjänsten hade problem att komma åt tredje våningen inifrån pga. branden.
3	Ett ljus antände en soffa i en studentlägenhet. Branden i soffa aktiverade brandlarmet och sprinklersystemet vilket begränsade branden till soffan tills räddningstjänst släckte branden. Stora vattenskadorna uppstod.
4	Startade inuti ett sopnedkast i höjd med golvet på andra våningen. Nedkastet var fullt med brännbart material. God tillgång till syre då luckan längst ned i nedkastet ej var stängd och nedkastet var öppet upp till vinden. Branden spred sig upp till vinden och antände träelement där. På vinden spred den sig oupptäckt och detektion skedde först då rök spreds till våningen under. Branden spreds även horisontellt genom termisk strålning från sopnedkastet som antände trästrukturen i mellanrummen mellan våningsplanen. Branden växte sedan och spred sig vidare i och utanför hålrummen vilket så småningom ledde till ett fortskridande ras. Raset skedde plötsligt och helt utan förvarning efter ett långt brandförlopp. En brandman fastnade i byggnaden på grund av raset och dog innan han återfanns av sina kollegor. Hela byggnaden totalförstördes i branden och stora mängder vatten rapporterades även i byggnaden. Sopnedkastet liksom resten av byggnaden var utrustat med sprinkler, men vattnet i byggnaden var tillfälligt avstängt då branden inträffade. Orsaken till att vattnet var avstängt var att det läckte vatten från en lägenhet och mannen som bodde där vägrade att öppna, varpå en ansvarig person för fastigheten stängde av vattnet i byggnaden.
5	Branden startade i en säng antingen på grund av en cigarett eller en kortslutning i en syregenerator. Branden utvecklades snabbt och lägenheten var snabbt övertänd. Ingen brandspridning skedde dock till andra lägenheter, men ett okänt antal andra lägenheter fick vattenskadorna pga. räddningstjänstens insats.
6	En cigarett antände en säng och branden spred sig till resten av sovrummet. Sedan begränsades branden av sprinkler tills räddningstjänsten anlände och släckte branden. Lägenheten det brunnit i och den direkt under erhöles vattenskadorna.
7	Mat började brinna på spisen i en lägenhet men branden släcktes av sprinklers utan att sprida sig vidare.
8	En cigarett orsakade branden på en uteplats. Hur brandspridningen skedde är okänt, men tio lägenheter fick omfattande skador och det skulle utredas om en del av byggnaden kunde räddas eller om hela var tvungen att rivas. Tio lägenheter blev även vattenskadade, okänt om det var samma tio lägenheter som nämnts innan.
9	Mat började brinna på spisen i en lägenhet men branden släcktes av sprinklers utan att sprida sig vidare. Rökskadorna uppstod på hela tredje våningen och tre lägenheter vattenskadades.
10	Rörmokare som använde en blåslampa råkade starta en brand inne i en badrumsvägg på första våningen. Blåslampan antände trämaterial i väggen och branden spred sig till en början inuti väggarna. Rörmokarna larmade inte om branden och den spred sig oupptäckt i nästan en halvtimme. Hela byggnaden, innehållande 240 lägenheter, totalförstördes.
11	På en balkong på tredje våningen antände en cigarett en vägg som skiljde av balkongen mot grannen. Branden spred sig upp till vinden samt in i lägenheten och vidare från dessa ställen. Detta resulterade i en mycket stor brand och flertalet lägenheter hade

	mycket stora skador pga. branden. Delar av taket totalförstördes, liksom flera väggar, och delar utav golvet förkolnade. Vissa stomelement fick även stora skador orsakade av byggnadsdelar som fallit ned ovanifrån. Byggnaden fick omfattande vattenskador och bedömdes därför obeboelig under okänd tid.
<b>12</b>	En fimpad cigarett startade en brand i en papperskorg i ett sovrum. Branden spred sig till sängen vilket skapade en kraftig rökutveckling. Intill sängen fanns även någon typ av syregenerator. Någon gång under brandförloppet utlöste sprinkler, men branden släcktes av räddningstjänsten. Branden höll sig inom lägenheten, men orsakade vattenskador i fem lägenheter.
<b>13</b>	En brand startade på en balkong på tredje våningen och spred sig längs med utsidan på fasaden och in på fjärde våningen samt in på vinden. Kraftig vind samt två åskoväder bidrog till att branden snabbt spred sig på vinden och försvårade även räddningstjänstens insats. Vinden var inte heller sprinklad, till skillnad från resten av byggnaden. Hela byggnaden försvann i branden och det enda som stod kvar var stålramarna till loftgångarna.
<b>14</b>	Branden orsakades av en cigarettfimp i en blomkruka på en veranda på tredje våningen. Branden spred sig upp på taket och till vinden, där sprinkler sedan kontrollerade branden tills räddningstjänsten anlände. Byggnaden fick omfattande vattenskador och taket var tvunget att bytas ut pga risken att få problem med mögel i ett senare skede. Under räddningsinsatsen vägrade några personer att lämna byggnaden, vilket ledde till att det dröjde längre en nödvändigt innan insatsen för att släcka branden kunde påbörjas.
<b>15</b>	Branden uppstod i ett hålrum mellan två våningar nära ett antal sladdar, troligtvis på grund av en elektrisk kortslutning. Branden spred sig sedan vidare från hålrummet mellan de två våningsplanen och upp i ett antal väggar på våningen ovanför. Räddningstjänsten bröt upp delar av väggar och golvet för att komma åt branden. Ett antal element i golvet förkolnade delvis och golvet i rummet direkt ovanför branden bedömdes som ostabilt och osäkert.
<b>16</b>	I ett lägenhetshus för äldre startade en brand i en soffa i en lägenhet på andra våningen. Branden orsakades av ett levande ljus som även gjorde att en mans kläder fattade eld. Branden spred sig till endel brännbart material runt soffan men inte vidare därifrån då sprinkler släckte branden. Mannen erhöll svåra brännskador och dog efter en tid på sjukhus. Stora vattenskador uppstod på hela andra våningen och i tre lägenheter på första våningen.
<b>17</b>	Branden startade i vardagsrummet i en lägenhet på andra våningen av okänd anledning. Hela lägenheten involverades i branden men branden spred sig inte vidare därifrån. Lägenheten totalförstördes och andra lägenheter fick rökskador.
<b>18</b>	En cigarett antände barktäckningen på marken på utsidan av byggnaden. Därifrån spred sig branden vidare till plastfasaden på byggnaden och antände denna. Branden nådde sedan ett antal naturgastankar installerade på fasaden som gick sönder av värmepåverkan och bidrog till en ökad intensitet på branden. Därefter spred sig branden vidare upp till vinden som var en och samma brandcell och saknade sprinkler. När branden nått vinden spred den sig därifrån till resten av byggnaden. På grund av branden totalförstördes byggnaden och stora delar kollapsade. Räddningstjänsten hade problem med vattentrycket vilket försvårade arbetet.
<b>19</b>	Branden orsakades av en rörmokare som utförde ett svetsningsarbete på fjärde våningen. Svetsningslågan antände väggisoleringen som bestod av cellulosa och branden spred sig upp inuti väggens hålrum. Vidare spred sig branden från väggen in till ett hisschakt och sedan upp till vinden. Starka vindar utifrån och avsaknad av brandcellsindelning på vinden bidrog även till att branden spred sig längs med vinden. Alla lägenheter vattenskadades och dessutom skadades stora delar av byggnaden så allvarligt av branden att byggnaden ansågs totalförstörd.
<b>20</b>	Branden orsakades av en cigarett som lämnats bredvid en syretank i en lägenhet. Den goda tillgången på syre orsakade branden. Lägenheten blev övertänd och branden

	spred sig på okänt sätt till stora delar av byggnaden. Stora rök- och vattenskador uppstod.
21	En brand startade i ett vardagsrum på första våningen bakom en soffa. Orsaken var ett värmeelement som antände soffan. Branden spred sig aldrig vidare från vardagsrummet.
22	Branden startade i ett sovrum på första våningen av okänd anledning. En man hade låst in sig i rummet och blockerat ingångarna. I rummet fanns även en syregenerator. En flashover inträffade i lägenheten.
23	Branden orsakades av en överhettad strömlist. En flashover inträffade i lägenheten och två andra lägenheter fick måttliga brand- och rökskador. Ett fortskridande ras inträffade i en del av byggnaden.
24	Branden startade i en grill på en veranda då stora mängder tändvätska hälldes på grillen. Branden i grillen gjorde att fönstret in till lägenheten sprack och branden spred sig in i lägenheten. Sedan aktiverades sprinkler och släckte branden. Vattenskador uppstod i lägenheten under branden.
25	En spontanantändning skedde i oljetrasor slängda i en papperskorg i en lägenhet på första våningen. Branden spred sig längs den intilliggande väggen men släcktes sedan av sprinkler.
26	En brand orsakades i ett sovrum då en dator som laddades antände en hög med kläder. Branden spred sig till ett sängbord innan den släcktes av sprinkler. Vattenskador uppstod i okänd omfattning i anslutning till lägenheten.
27	Branden orsakades troligtvis av en cigarett som antände tyger i en lägenhet på andra våningen. Alkohol ska ha varit en faktor. Branden spred sig inom lägenheten. Delar av byggnaden fick rök- och vattenskador.
28	En handduk värmdes i mikrovågsugnen och började sedan brinna i en korg. Branden spred sig aldrig utan sprinkler släckte branden. Lägenheten fick rök- och vattenskador och ytterligare en lägenhet fick vattenskador.
29	Det började brinna i mitten av byggnaden, okänt hur. En flashover inträffade i ursprungslägenheten. 18 lägenheter skadades eller förstördes helt i branden och ett fortskridande ras inträffade i en del av byggnaden.
30	En person rökte i sin fåtölj och somnade. Bredvid fanns en någon form av medicinskt syre. Det började brinna i fåtöljen och branden spred sig i lägenheten men inte utanför. Skador från branden uppstod i lägenheten.
31	En brand startade på fjärde våningen då en cigarett antände cigarettrester i en förvaringslåda av plast placerad i trapphuset. Cigaretten startade en glödbland som sedan växte till en större brand och branden spred sig från trapphuset till vinden. Trapphuset rökfylldes snabbt och röken spred sig sedan nedåt i byggnaden. Trapphuset var inte slutet till vinden och därför kunde branden snabbt sprida sig uppåt och sedan horisontellt åt två håll längs med hela vinden. När branden spridit sig i upp till vinden antände även trämaterial som höll taket uppe. Branden spred sig även till loftgångarna på plan 3 och 4, dock är det okänt hur detta skedde. Våning tre och fyra skadades av branden och hela värdet på byggnaden gick förlorat.
32	Branden startade på första våningen i köket vid tillagningsytan. Ett bord fattade eld men sedan släcktes branden av sprinkler.
33	En brand startade på spisen i en lägenhet på tredje våningen. Hyresgästen lagade mat men somnade vilket resulterade i en torrkokning. Flammor spred sig till skåp ovanför spisen men sedan aktiverades sprinkler och släckte branden. Vattenskador uppstod i okänd omfattning.
34	Ett antal föremål på spisen fattade eld då spisen av misstag sattes på. Sprinkler aktiverades och släckte branden. Vattenskador uppstod i korridoren utanför lägenheten och i en annan lägenhet.



<b>35</b>	En brand uppstod i en garderob i en lägenhet på första våningen. En person slängde cigarettfimpar i en papperskorg i garderoben som sedan antände papperskorgen. Branden spred sig aldrig från garderoben utan släcktes av sprinkler. Vattenskador uppstod i lägenheten.
<b>36</b>	Lägenhetsinnehavaren rökte i ett sovrum på andra våningen och lämnade sedan rummet. Cigarettrester gjorde att en hög med kläder fattade eld. Branden spred sig i lägenheten och sedan av okänd anledning vidare till taket på byggnaden.