

EXAMENSARBETE

Brandspridning via den ventilerade takfoten

Claes Danielsson

Byggingenjörprogrammet, vt 2005
Byggt teknik C 10p

Abstract

We have high demands on our buildings, they shall among other things protect us from the forces of nature, have a good indoor climate and be safe. Unfortunately these demands doesn't always mix and problems occur.

When different professions only work with their own problems the risk of bigger problems occur. One type of such problem is the ventilation of the roof.

The rescue service have over a long period of time had problems with fires that spreads up to the attic. The ceiling is often ventilated to prevent damage caused by damp air and this is why the fires so quickly spreads to the attic.

How shall the problem of ventilation be solved so that the construction is more resistant to fire? There are no guidelines today to solve neither the ventilation problem or how the fire protection is to be designed.

Sammanfattning

Vi ställer höga krav på våra byggnader, de skall bland annat skydda oss mot elementen, skapa en god inomhusmiljö och vara säkra för att ta några punkter. Det är tyvärr inte alltid som dessa krav går hand i hand utan intressekonflikter uppstår.

Då olika yrkesgrupper ser till just sina problem så finns risken att stora problem uppstår. Ett sådant är den ventilerade takfoten.

Räddningstjänsten har under en lång tid haft problem med bränder som sprider sig upp till vindsvåningen. Anledningen till spridningen är oftast att takfoten är ventilerad för att förhindra fuktskador i takkonstruktionen.

Hur skall problemet med ventilationen av takkonstruktionen lösas samtidigt som den skyddas mot lågor och brandgaser? Det finns inga riktlinjer idag för hur fuktproblem i vindsutrymmen skall undvikas. På samma sätt finns det inte heller några klara lösningar på hur ett bra brandskydd skall utformas.

Förord

Under arbetets gång har jag pratat med olika människor och fått ta del av deras erfarenheter och funderingar. I början så trodde jag att grunden till problemet var att två olika branscher inte förstod varandras problem och ville ha en lösning som passade dem bäst. Så var definitivt inte fallet och intresset för att lösa både fuktproblem och brandspridning är stort inom både räddningstjänsten och byggindustrin.

Detta arbete bygger till stor del på de intervjuer jag har gjort och jag vill tacka alla som har ställt upp och lyssnat på mina frågor och funderingar.

Östersund 2004-05-26

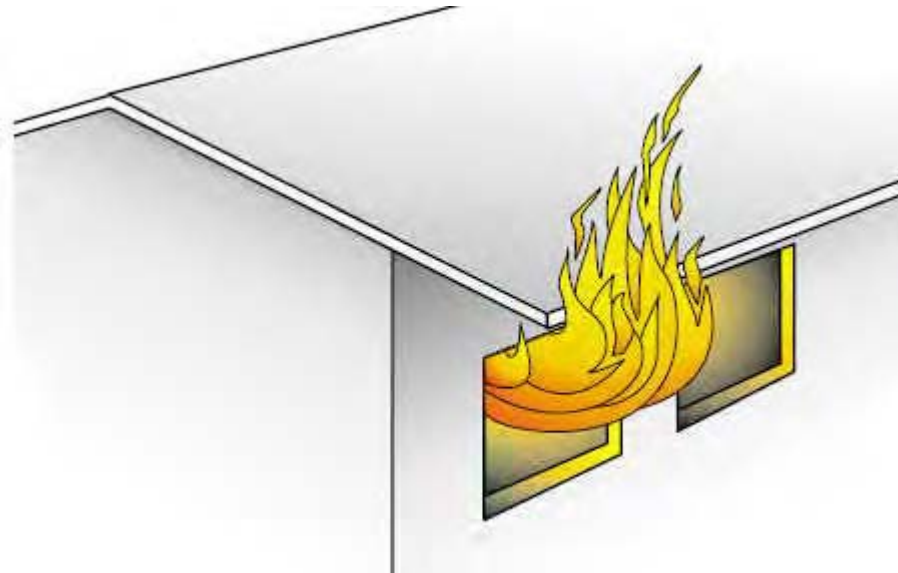
Claes Danielsson

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och mål.....	2
1.3 Arbetsupplägg	2
1.4 Avgränsningar	2
2 Grundförutsättningar	3
2.1 Takets funktion.....	3
2.1.1 Taktyper	3
2.1.2 Isoleringsutförande	5
2.2 Brand	8
2.2.1 Lagar och regler	8
2.2.2 Eld	9
2.2.3 Vad händer vid en brand	10
2.2.4 Räddningstjänsten	11
2.3 Byggfysik/Fukt.....	12
2.3.1 Grunder.....	13
1.6.2 Relativ fuktighet.....	13
2.3.2 Fuktvandring	14
2.3.3 Ventilation.....	15
2.3.4 Speciella förutsättningar för kalltak	15
3 Konflikter/Rudsbranden	18
3.1 Bakgrund	18
3.2 Konstruktion.....	19
3.3 Brandförloppet	22
3.4 Insatsen.....	25
3.5 Efterverkningar.....	25
3.6 Lagar och Regler	26
4 Problemen.....	27
4.1 Brandklassning	27
4.2 Lätta takkonstruktioner	28
5 Förslag/Åtgärder.....	31
5.1 Täta takfoten.....	31
5.2 Varma tak	31
5.3 Ökad mekanisk ventilation.....	32
5.4 En brandklassad konstruktion	32
5.5 Övriga lösningar	33
6 Slutsatser	34
7 Referenser.....	36

1 Inledning

1.1 Bakgrund



Figur 1 Exempel brandspridning till takfoten

Brandspridning via den ventilerade takfoten är för räddningstjänsten en känd utveckling av lägenhetsbränder, se figur 1. Problemet har dock ökat med införandet av lätta takkonstruktioner, speciellt i påbyggda våningsplan på befintliga hus. Ett exempel på detta är branden på Horsensgatan i Karlstad den 4 december 2001. Branden började i en lägenhet och spred sig sedan via den ventilerade takfoten. Brandskyddet fallerade mellan lägenheterna som var konstruerade i klass EI60 och ledde till att 25 lägenheter blev utbrända på bara några timmar. Enligt en preliminär undersökning av Boverket så finns det ungefär 1000 byggnader av samma typ som den på Horsensgatan i Sverige. Lösningen att ventilerade kalla vindar med en ventilerad takfot är den vanligaste i Sverige och då speciellt på äldre hus. Så antalet hus i riskzonen bör vara betydligt högre.

1.2 Syfte och mål

Syftet är att skapa ett dokument där två olika branscher kan få ökad förståelse för varandras problem. Genom att belysa de grundläggande problemen för räddningstjänsten och byggindustrin, skapa ökad insikt samt undersöka hur utbrett problemet är.

1.3 Arbetsupplägg

Genom studier av båda problemen skapa en ungefärlig bild av problemen och att via intervjuer få en uppfattning av problemen i de olika branscherna.

1.4 Avgränsningar

Arbetet har avgränsats till att enbart beröra de fysiska förutsättningarna för tak och brandspridning via takfoten. Den byggnadstyp som avses i arbetet är flervåningshus med bostads- och kontorslägenheter. Brandbekämpning och branduppkomst inne i själva lägenheten har inte beaktats. Inte heller har fuktproblem i andra konstruktioner än tak tagits upp. De angivna lösningarna på problemet har heller inte kunnats testas.

2 Grundförutsättningar

2.1 Takets funktion

De första byggnader som människor upprättade var enkla tak som hade till syfte att skydda mot nederbörd, vind och sol. Det ställs många krav på taket, det skall vara tätt mot regn, klara snö- och vindlaster.

Trä har varit det naturliga materialet att använda till takkonstruktioner, det är starkt, billigt och lätt att bearbeta. Problemet med trä är att det är känsligt för fukt och att det är brännbart.

2.1.1 Taktyper

Taket är en viktig del av en byggnads utseende, det finns i en rad olika utformningar. De kan delas in i tre olika huvudgrupper utifrån deras lutning.

De typer som är intressanta i denna rapport är branta och låglutande tak.

Branta tak

Dessa tak har en lutning som är större än 1:4 (14°). Det som skiljer denna typ av tak från de övriga är att det inte behöver kläs med ett vattentätt material. På grund av den branta lutningen så blir inte vatten stående, därmed så räcker det med två vattenavledande skikt såsom tegelpannor ovanpå tjärpapp. Se figur 2



figur 2 Exempel på ett tak med brant lutning

Låglutande tak

Dessa tak har en lutning som är mindre än 1:4 (14°). Tätskiktet på låglutande tak måste klara av ett visst vattentryck då vattenavrinningen inte är tillräckligt snabb. Se figur 3.



figur 3 Exempel på ett låglutande tak

Flacka tak

Hit räknas tak som har en lutning mellan 1:16 ($3,6^\circ$) och 1:40 ($1,4^\circ$). Konstruktionsmässigt är de lika de låglutande taken men det ställs större krav på avrinnig och täthet. Se figur 4.



figur 4 Exempel på ett flackt tak

2.1.2 Isoleringsutförande

För att göra byggnader mer energieffektiva så isoleras byggnadens vind. Det finns tre olika av utförande. De har alla olika fördelar och kombineras bäst med speciella tak utformningar.

Varmtak

Detta är en konstruktionstyp som oftast används vid flacka eller plana taklutningar. Varmtak består av ett antal olika materialskikt som ligger ovanpå varandra. Taklutning får man genom att endera luta hela konstruktionen eller använda material med varierande tjocklek.

De många skikten ger en kompakt konstruktion som helt saknar ventilation. Då denna typ av tak saknar ventilation och oftast har helt täta ytskikt så måste all eventuell byggfukt ges möjlighet att torka ut nedåt i konstruktionen.

Exempel på olika former av varmtak

- Betongtak
- Lättbetongtak
- Omvänt tak och duo-tak
- Trällstak
- Plåttak

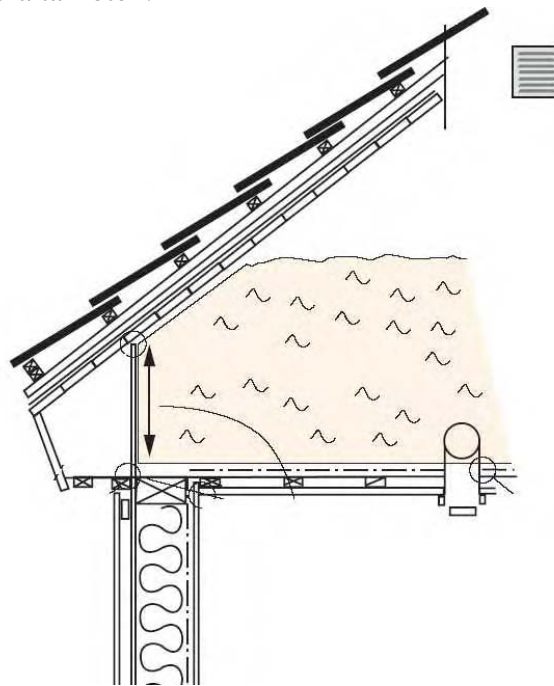
Dessa tak saknar ventilation och har heller inte någon ventilerad takfot, vilket eliminerar spridningsrisken. Detta gör att konstruktionen användas som en lösning på problemet. På grund av bristen på ventilation och inspektionsmöjligheter så är denna konstruktion väldigt känslig för läckage i ytskikten.

Kalltak

Den vanligaste typen av tak på bostadshus, är främst branta och låglutande tak. Här isoleras enbart vindsbjälklaget och yttertaket blir således kallare än övriga byggnadsdelar i fastigheten. Konstruktionen är lätt att både tätas och isolera då det görs på en plan yta och inte följer takets lutning. Det är även lätt att tilläggsisolera denna typ av tak. Se figur 5.

Genom att isolera vindsbjälklaget sänks temperaturen på vinden. Vinden är också öppen för kall uteluft och används som ett stort ventilationsutrymme. Den fukt som konstruktionen utsätts för kommer endera från fuktig inomhusluft som läcker upp genom vindsbjälklaget eller från uteluften. I vanliga kalltak så ventileras fukt bort och ut genom riklig ventilation.

Enligt SBN 80 (Statens byggnorm) var rekommenderad ventilationsarea för ett kalltak $0,2 \text{ m}^2/100 \text{ m}^2$ takyta. Idag så finns det inga riktvärden utan konstruktören måste bedöma vad som erfordrarlig ventilation. De vanligaste sätten att lösa ventilationen är med ventilationshål i gavlarna eller genom att ventileras takfoten.



figur 5 Principskiss kalltakskonstruktion

Krav på denna typ av konstruktion

- Inget vatten genom yttertakkonstruktionen
- Minimera fukt genom vindsbjälklaget
- Eventuell byggfukt måste kunna få torka ut

Som alternativ till att tät vindsbjälklaget så kan man konstruera ett motflödestak. I stället för att låta varm fuktig luft strömma upp genom otätheter i vindsbjälklaget så kan det lämnas öppet. Ventilationen gör sedan så att husets luft tas in via vinden och sugts ned igenom vindsbjälklaget.

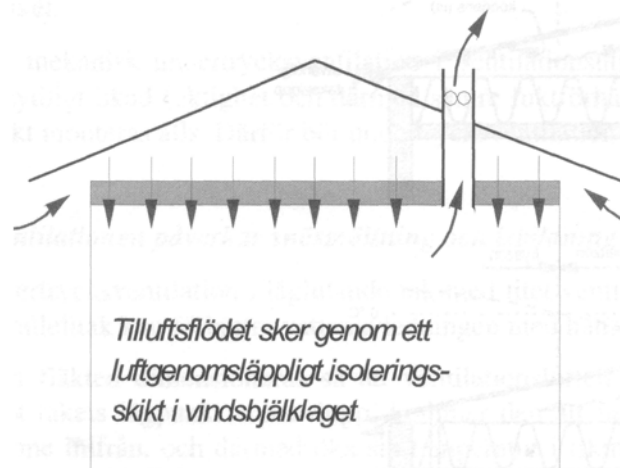


fig 5 Exempel på ett motflödestak

Tak med litet ventilationsutrymme

I hus med kalltak kan man utgå ifrån att den stora luftvolymen tillsammans med riklig ventilation gör att både värmen och fukten blir blandad i vindsutrymmet. För vindar med litet ventilationsutrymme, med luftspalt mellan 5 cm och upp till 50 cm, får inte samma omsättning på luften. Detta medför att fukt och temperatur varierar från inlopp till utlopp. Det gör att det ställs högre krav på ventilationen och att den inte hindras av avvaxlingar eller felaktigt utförda installationer.

Exempel på taktyper som oftast har ett begränsat ventilationsutrymme är

- Hus med Parallelltak
- Byggnader med uppstolpade tak såsom flerbostadshus och förvaltningsbyggnader.

2.2 Brand

2.2.1 Lagar och regler

Boverkets byggregler (BBR) anger normen för vad som krävs av en byggnad. BBR består av Allmänna råd, föreskrifter till Lagen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk mm (1994:847). I BBR kap. 5. är minimikraven på en byggnadsutformning av brandskyddet fastställt.

BBR utgår från tre olika brandklassningar av byggnader, där 1 är den högsta och 3 är den lägsta. Br1 avser byggnader med tre eller flera våningar vilket är grund för detta arbete.

I BBR framgår dessa krav för en byggnad i klass Br1.

Tabell a. Föreskriven brandteknisk klass i avskiljande avseende i en byggnad i klass Br1.

Byggnadsdel	Brandteknisk klass vid brandbelastning f (MJ/m ²)		
	$f \leq 200$	$f \leq 400$	$f > 400$
Brandcellsskiljande byggnadsdel i allmänhet, och bjälklag över källare	EI 60	EI 120	EI 240

Bränder i kontor- och bostadslägenheter antas ha en brandbelastning på $f < 200$ MJ/m² (Mega Joule). Väggar och tak i en sådan del av en vind som inreds för bostads- eller kontorsändamål i högst en våning över vindsbjälklaget får utföras i klass EI 30 mot ett vindsutrymme som inte utnyttjas.

Klassbeteckningarna är

- R bärförmåga
- RE bärförmåga och integritet (täthet)
- REI bärförmåga, integritet och isolering
- E integritet
- EI integritet och isolering

Dessa sätts sedan samman med den tidsgräns som byggnadsdelen skall klara. För en vägg i EI60 krävs att den är tät och hindrar värmespridning i 60 minuter.

I tidigare bestämmelse delades byggnadsdelarna in i klass A respektive B. Där klass A var brännbar och B var icke brännbar.

2.2.2 Eld

Eld är en snabb form av oxidation. För att skapa en brand så fordras.

- Syre
- Värme
- Bränsle

Tas någon av dessa tre bort så kan inte elden fortsätta.

I Sverige gör räddningstjänsten 11 000 utryckningar till bränder/år och skadorna av dessa uppgår till ungefär 3,2 miljarder. Av den summan utgör 1,3 miljarder bränder i bostäder.

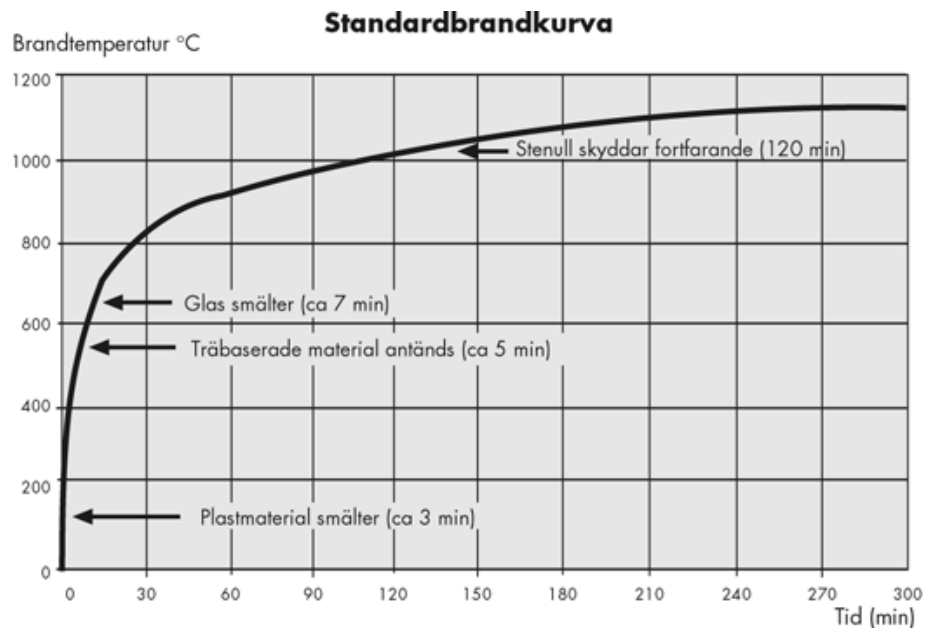
Det omkommer mellan 100 och 130 personer i bränder varje år, av dessa är de flesta äldre eller berusade. Vid bränder är det röken och inte själva elden som dödar. 2004 var ett undantag, då omkom 66 personer i bränder och av dessa 57 i bostadsbränder. Flest bränder i bostäder inträffar under månaderna december och januari

Räddningstjänstens effektivitet har ökats med åren, de har fått bättre utrustning och även större kompetens. Dessvärre har vi inrett våra bostäder med mer och brandfarligare material.

Exempel

En soffgrupp med en tre- och en två sittsoffa och en fåtölj har ett energiinnehåll motsvarande 200 l bensin.

När en brand är fullt utvecklad så förbränner den 0,8-1 mm trä/minut. Således förlorar en regel på 45X170 mm 1/3 av sitt material på ca 10 minuter. Se figur 6 för olika antändningstemperaturer för olika material.



figur 6 Olika material egenskaper vid brand.

2.2.3 Vad händer vid en brand

En brand är en kedjereaktion där inledningsförloppet är långsamt men accelererande. En normal lägenhetsbrand uppnår en temperatur på mellan 600-1 000 °C.

Urval av startföremål vid brand i byggnader 2003

<i>Elinstallationer</i>	4 % (ledning, centraler, armaturer)
<i>Fläkt- och ventilation</i>	2 %
<i>Maskiner</i>	3 %
<i>Elektrisk utrustning</i>	6 % (kyl, frys, tv, tvättmaskiner mm)
<i>Uppvärmningsanordningar</i>	3 %
<i>Eldstäder och rökkanaler</i>	17 %
<i>Spisar</i>	10 % (glömt påslagen)
<i>Okänt</i>	13 %

Här följer en ungefärlig redogörelse för ett brandförlopp.

0-1 minut

Branden har börjat

2 minuter

Branden har ökat i omfattning och frigör mer energi i form av värme och rök börjar stiga upp mot taket

3 minuter

Temperaturen stiger och är inte branden isolerad så börjar röken sprida sig till omgivande utrymmen.

4 minuter

Temperaturen är nu så pass hög att samtliga brännbara gaser som frigörs inte förbränns initialt utan samlas vid taket.

5 minuter

Är branden isolerad så når den här ett vägskalet. Endera så går branden ner i en vilofas på grund av brist på syre. Lågorna går ner men det finns fortfarande mycket värme kvar i rummet och brännbara rökgaser fortsätter att utvecklas. Sker ingen förändring så kan branden fortsätta i detta tillstånd under en lång tid. Skulle isoleringen brytas och branden får tillgång till syre så kommer den att blossa upp igen och oftast kraftigt på grund av den stora mängd brännbara gaser som finns lagrade i rummet.

Det som även kan hända här är att temperaturen i rummet har stigit så pass mycket att fönsterrutorna går sönder. Detta sker vid ungefär 300 °C för vanligt fönsterglas. Går fönstren sönder så kommer brandgaser och lågor att komma ut genom detta och det finns en risk att branden sprider sig uppåt.

Är branden inte isolerad så antänds även angränsande utrymmen.

2.2.4 Räddningstjänsten

I Sverige så har vi två typer av brandförsvär, de är heltids- och deltidbrandkårer. Skillnaden mellan de båda är att heltidsbrandkåren (90 sek) har kortare anspänningstid än deltidbrandkåren (oftast 5 min). Anspänningstid = tid från utlarmning till att första fordonet lämnar stationen.

Den larmstyrka som finns direkt tillgänglig är anpassad för att klara ett tillbud i storlek med en bilolycka eller en lägenhetsbrand. Denna styrka är fem man och det är vad som krävs för att kunna genomföra en rökdykarinsats. För att klara en större situation så tillkallas förstärkning

från andra kårer i närområdet och eventuellt tillkalla extra personal från den egna kåren.

Tidskravet för en deltidskåre är en instatstid på 10 minuter. Denna tid inräknar då tiden för brandmännen att ta sig till stationen och sedan en viss körsträcka. Byggnader som ligger utanför tätort skall ha ett förbättrat brandskydd för att klara den längre insatstiden. I dagsläget så är ca 25 % av Sveriges byggnader inom denna insatstid.

I regel är en lägenhetsbrand släckt 10-20 min efter att räddningstjänsten är på plats.

Tidsexempel:

En brand börjar i en lägenhet vid tidpunkten K. Branden upptäcks inte av lägenhetsinnehavaren och får fortsätta utvecklas tills den upptäcks av personer utanför lägenheten. Detta sker först när temperaturen har stigit så pass mycket att fönsterrutan går sönder vilket sker efter fem minuter vid en vanlig brand. Klockan K+5 så larmas brandkåren som anländer till platsen tio minuter efter att de har fått larmet. Släckningsarbetet påbörjas klockan K+15 och är avslutat vid klockan K+35. Det är då viktigt att branden under denna tid inte har spridit sig från initialbrandcellen, på grund av att arbetsinsatsen då kan bli för stor för insatsstyrkan.

2.3 Byggfysik/Fukt

Fukten i en byggnad kommer från tre olika källor. Det är inbyggd fukt, utifrån via läckage i klimatskalet eller ventilationsluften och från de aktiviteter vi genomför inne i byggnaden.

I äldre byggnader så är oftast inte fuktproblemet speciellt stort. Detta beror på den bristfälliga isoleringen och den goda ventilationen på grund av otätheter i klimatskalet. Problemet med den typen av konstruktioner är att byggnaden kräver en stor mängd energi för att upprätthålla ett behagligt inomhusklimat.

Förr var inte detta något problem då energipriserna var låga, på senare tid har det blivit ohållbart att ha en sådan energihushållning och det har sökts metoder för att sänka uppvärmningskostnaderna. Genom att öka mängden isolering och täta konstruktionen så sänks transmissionsförlusterna vilket medför att byggnaden kräver en mindre mängd energi för att bibehålla inomhusklimatet. När konstruktionens täthet ökas så minskas lufttillförseln till byggnaden och detta kompenseras med ökad mekanisk ventilation. Genom att kontrollera till- och frånluftsflödena så kan även värmeförluster via ventilationen minskas.

Ökad isolering medför även att temperaturen sänks snabbt i konstruktionen och den ökade tätheten ökar även risken för att fukt samlas på oönskade områden och inte ventileras ut. Detta medför en risk för fuktproblem i konstruktionen.

2.3.1 Grunder

När man talar om fukt i byggnader så är det i regel inte fukt i form av vatten utan ånga som man diskuterar. Vatten finns i ångform i luften omkring oss.

Luftens innehåll av vatten i form av ånga definieras man oftast genom att ange temperatur och relativ fuktighet. Vid en bestämd temperatur kan luften inte innehålla mer än en viss mängd vattenånga och har då nått en mättnadsånghalt. När temperaturen ökar kan luften ta upp mer vattenånga. Sjunker däremot temperaturen minskar mättnadsånghalten, vilket innebär en högre relativ fuktighet och en lägre halt av ånga. Resterande fukt avgår som kondens.

Ånghalt (v)

Kvot av ångans massa/ångblandningens totala volym; anges i g/m^3 eller kg/m^3 .

Mättnadsånghalt (v_s)

Största möjliga ånghalt vid viss temperatur och visst lufttryck, anges i g/m^3 eller kg/m^3 .

1.6.2 Relativ fuktighet

Relativ fuktighet är kvoten av aktuell ånghalt och mättnadsånghalt vid rådande temperatur. Den relativa fuktigheten anges vanligen i procent och betecknas φ (fi). När luften är mättad med fukt är $\varphi = 100\%$.

Sambandet kan uttryckas med hjälp av formeln:

$$\varphi = v/v_s$$

φ = Relativ fuktighet (%)

v = Aktuell ånghalt (g/m^3)

v_s = Mättnadsånghalt (g/m^3)

Uteluftens relativa ånghalt växlar beroende på temperatur och årstid även platsen spelar en stor roll.

I träkonstruktioner uppstår fuktproblem när den relativa fuktigheten når 75 %.

2.3.2 Fuktvandring

Luften inomhus har som regel en högre temperatur än luften utomhus, så därför borde vi ha torrare luft inomhus. Människor avger fukt till luften inomhus, vi andas ut vattenånga men fukt tillförs även exempelvis via matlagning, tvätt och dusch. Som ett nyckeltal anges fuktillskottet i inomhusluften vara fyra g/m³.

När inomhusluften går ut i väggar så kyls den ner eftersom isoleringen hindrar värmen inifrån att läcka ut i konstruktionen. Allt eftersom luften kyls ned så minskar dess förmåga att bära den extra fukten inifrån och den relativa ånghalten stiger



figur 8 Exempel på ytterväggskonstruktion (Isover.) Observera diffusionspärrens placering nära den varma innerväggen

För att hindra den fuktiga inomhusluften från att tränga ut i de kallare delarna av konstruktionen så tätar man den med tät plastfilm, en så kallad diffusionsspärr. Det viktiga med denna spärr är att den inte läggs för djupt in i konstruktionen då det finns risk att vattenångan kondenserar mot den samt att den hålls tät och inte punkteras. Se figur 8. Filmens täthet har även en praktisk nytta för ventilationen då den tätar mot oönskat drag i konstruktionen.

2.3.3 Ventilation

I en byggnad med mekanisk ventilation tas friskluft först och främst in i sovrum och tas ut i rum med hög fuktproduktion såsom bad och kök. Frånluftsflödet balanseras så att ett lätt undertryck uppstår inne i byggnaden. Undertrycket gör att kall uteluft sugas in i konstruktionen genom eventuella otätheter. Den kalla luften värms då upp i byggdelen och får en lägre relativ fuktighet eftersom den varmare luften kan bära mer fukt. Skulle ett omvänt förhållande råda trycks varm luft med hög fuktighet ut i samma otätheter. Denna skulle då kylas ned på vägen ut och få en höjd relativ fuktighet samt eventuellt låta en viss del av vattnet kondensera i konstruktionen med risk för fuktskador som följd.

2.3.4 Speciella förutsättningar för kalltak

Förr isolerades inte vindsbjälklagen så mycket och oftast värmdes även vinden upp av en varm skorsten. Då vinden tillfördes mycket spillvärme så var den varmare än uteluften och uteluften kunde då torka upp konstruktionen på grund av sin ökade förmåga att bära fukt.

Idag isoleras vindsbjälklaget mer och vi får inte någon temperaturökning på vinden. Detta skapar problem och då speciellt under vintern när uteluftens relativa fuktighet är mycket hög. Det kan rent av bli så att den luft som är tänkt att torka upp konstruktionen istället tillför fukt till samma konstruktion.

Fukt

Fuktskyddet i form av diffusionsspärr måste vara heltäckande i byggnaden, gäller även i vindsbjälklaget. Detta medför att vinden inte skall få något extra fukttillskott från den underliggande våningen. Trots detta kan kallvinden få problem med fuktskador. Se figur 9.



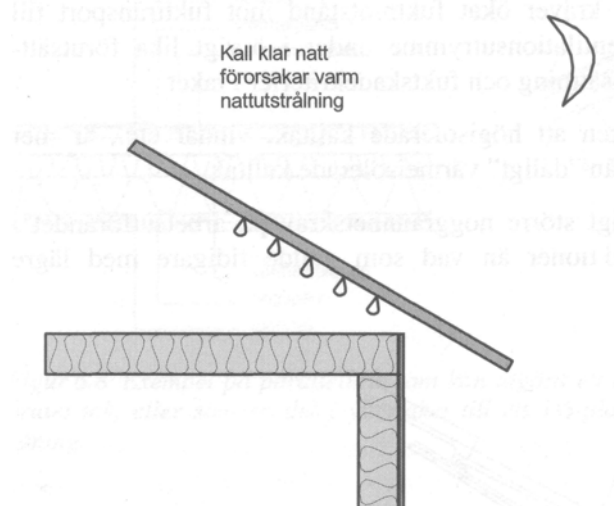
figur 9 Exempel på invändig fuktskada

På grund av ökad isolering av vindsbjälkagen kan problem med nattutstrålning uppstå. Detta fenomen uppstår på ventilerade vindar under kalla klara nätter. På grund av bristande värmetransmissioner från övriga delar av byggnaden så blir takkonstruktionens undersida kallare än den ventilerade luften utifrån. Kondens kan då fällas ut på takets undersida.

Detta problem kan lösas på olika sätt men de vanligaste är,

- Taket förses med ett material som temporärt kan lagra denna fukt
- Taket utformas så att kondensvattnet kan avledas utan att droppa
- Yttertaket värmeisoleras

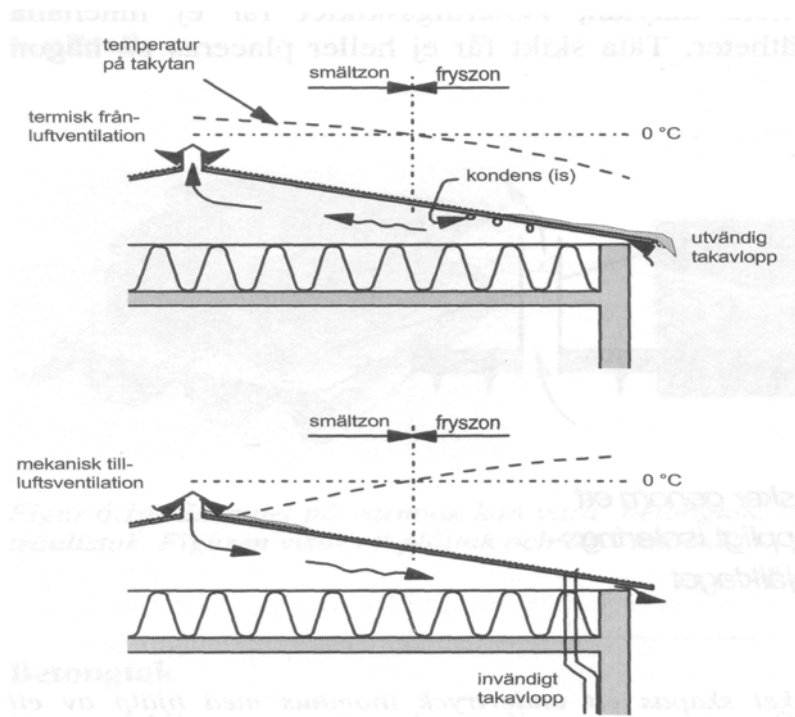
Se figur 10.



figur 10 Exempel på nattutstrålning

Snösmältning

Under vintern utgör snösmältningen en risk för takkonstruktionen och det gäller speciellt branta tak som ej har ett vattentätt ytskikt. Snön smälter dels genom den yttre påverkan men även värmeförluster genom taket. Det smältvatten som uppstår måste avledas för att förhindra isbildning som kan ge upphov till vatten ansamlingar men även förstöra ytskiktet med frostsprängningar.



figur 11 Problematiken vid snösmältning

För att förhindra isbildning så bör konstruktionen ventileras med tilluft högt upp i konstruktionen och frånluften bör tas ut långt ner i konstruktionen. Anledningen till detta är att den kalla tilluften kommer att bli uppvärmd då den sjunker ned i ventilationsutrymmet. Skulle luftströmmen gå omvänt finns risken att den kalla tilluften fryser smältvattnet och denna isbildning kan ge upphov till skador enligt figur 11.

Ventilerad takfot

Genom att ventileras bort luften i takfoten löses många problem på en gång. Ventilationen sker väldigt lågt ner i takkonstruktionen så risken för isbildning på taket minimeras. Öppningarna skyddas även till stor del från regn, vind och snö på grund av takfotens utskjutning.

3 Konflikter

Som exempel på problemet med brandspridning via den ventilerade takfoten så har jag valt att studera branden på Horsensgatan i Karlstad. Denna brand visade på ett mycket tydligt sätt på den farliga kombinationen med öppen takfot tillsammans med en lätt takkonstruktion. Se figur 12.

Problemet med denna typ av brandspridning är så pass stort att det är en standardåtgärd att skydda takfoten med vattenbegjutning om den är utsatt.

Materialet som jag har utgått ifrån är Claes Malqvists Observatörsrapport, Brand i hyreshus, Karlstad december 2001



figur 12 Vindsbrand i Linköping, okänt datum och plats

3.1 Bakgrund

Byggnaden var ursprungligen ett trevåningshus uppfört på 1960-talet och var av traditionell lamellhustyp med en betongstomme. Fastigheten var 110 m lång och byggd i vinkel som var ytterligare 60 m lån, byggnadskroppen var 12 m bred och var uppfört i ett område tillsammans med ytterligare elva liknande byggnader. 1991 så byggdes ytterligare 200 lägenheter i området varav 25 i byggdes i den aktuella byggnaden. Vid tillbyggnaden så revs den befintliga takkonstruktionen och den extra våningen uppfördes ovanpå det ursprungliga betongvindsbjälklaget.

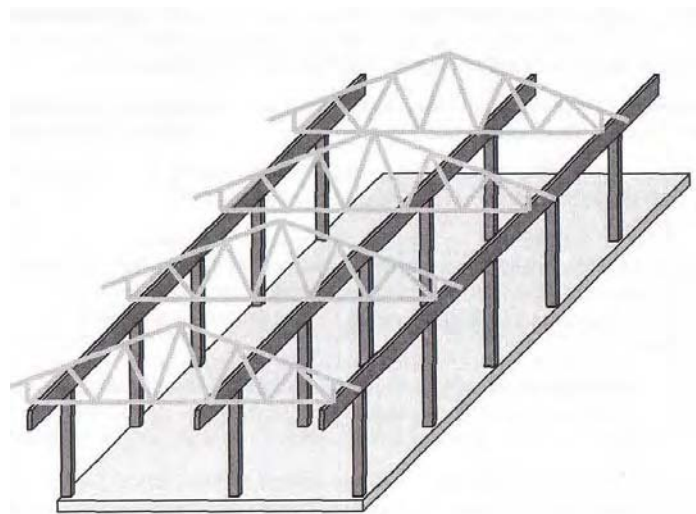
Somliga av de boende på fjärde våningen var personer med lättare och svårare psykiska handikapp vilket ledde till svårigheter vid evakueringen. En av anledningarna till att de hade placerats där var för att få ett lugnare boende där än de skulle ha fått längre ned i fastigheten.

3.2 Konstruktion

Husets stomme var av ”bokhyllkonstruktion” med bärande mellanväggar. Denna typ av byggnad är relativt vanlig och i normala fall så är den bärande mellanväggen gjord av platsgjuten betong och ca 16 cm tjock, våningsbjälklagen är också platsgjutna och har en tjocklek på 16 cm. Vindsbjälklaget har oftast en mindre tjocklek på omkring 12 cm.

Fjärde våningsplanet

Vid tillbyggnaden så bedömdes det att konstruktionen inte skulle klara den extra vikten av ytterligare en våning med en stomme av betong. Således användes en lättare konstruktion av stålpelare med ovanpåliggande limträbalkar som bar upp takstolarna. Se figur 13.



figur 13 Stomkonstruktionen, Stående stålpelare bar upp limträbalkar och överst låg de fristående takstolarna.

Stålpelarna skyddades mot brand genom att de kläddes med isoleringsskivor i klass A60 samt att de fick en brandskyddsmålning.

Vinden

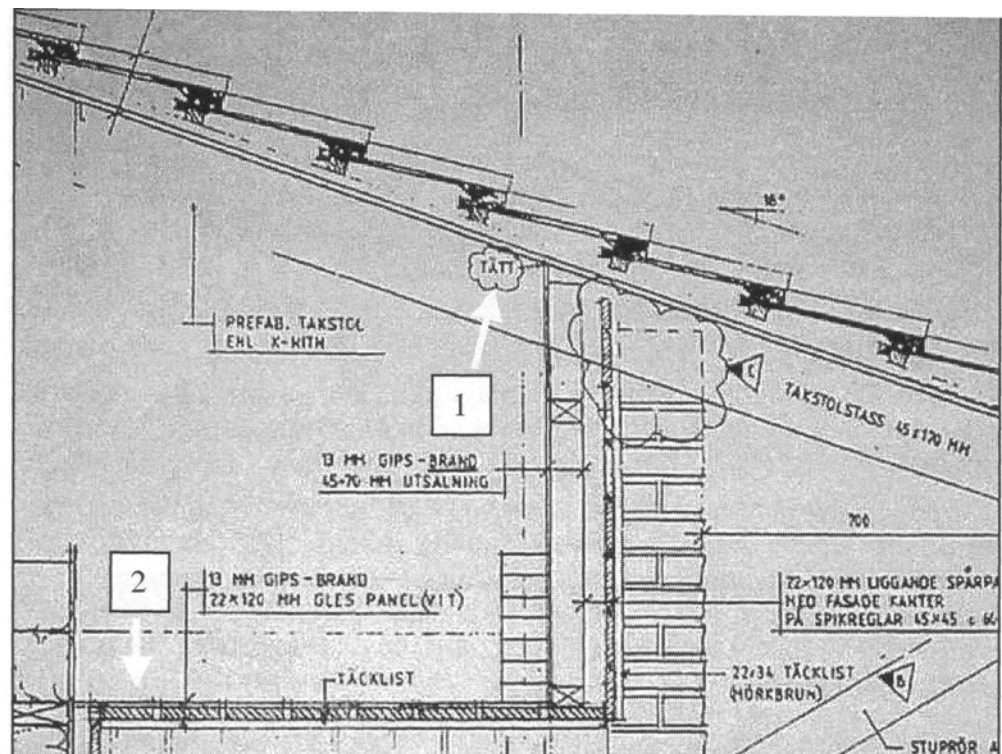
Husets tak var av typen kalltak och kan inte anses ha haft ett litet ventilationsutrymme.

Tillträdet till vinden var begränsat och kunde nås enbart från det centrala fläktrummet som i sin tur nåddes via en lucka i trapphuset. Luckan var utrustad med stege och det krävdes specialverktyg för att öppna den.

Den 1 900 m² stora vinden rymde ventilationen för lägenheterna på den fjärde våningen. Ventilationen var av TF-typ (Tilluft/Frånluft) och frånluftskanalerna från de nya lägenheterna var sammankopplade med de ursprungliga. Dessa samlingskanaler löpte längs hela vindens längd och passerade den avskärmande brandväggen. Vid passagen genom brandväggen så hade extra isolering anbringats på båda sidor av väggen men inget brandspjäll. Kanalerna var upphängda med stålband i takstolarna och bedömdes vara klassade för 15 minuter.

På grund av sin storlek (>1 200 m²) så var vinden uppdelad i två olika brandceller om vardera drygt 900 m². Brandväggen var av klass A60 och branddörren i denna höll också samma klass. Undersökningar av brandväggarna i de andra husen visade att de inte hade uppförts på ett korrekt sätt.

Övriga brandskyddande åtgärder var tätningen av takfoten ovanför de indragna balkongerna samt övriga fönster. Här skulle takfoten tätas samt brandisolereras med en 13 mm brandgipsskiva som skulle anbringas enligt ritningen. Dessa åtgärder var inte heller helt korrekt utförda i de kvarvarande husen. För exempel se figur 14.



figur 14 Brandskyddets utformning ovanför balkongerna

Yttertaket

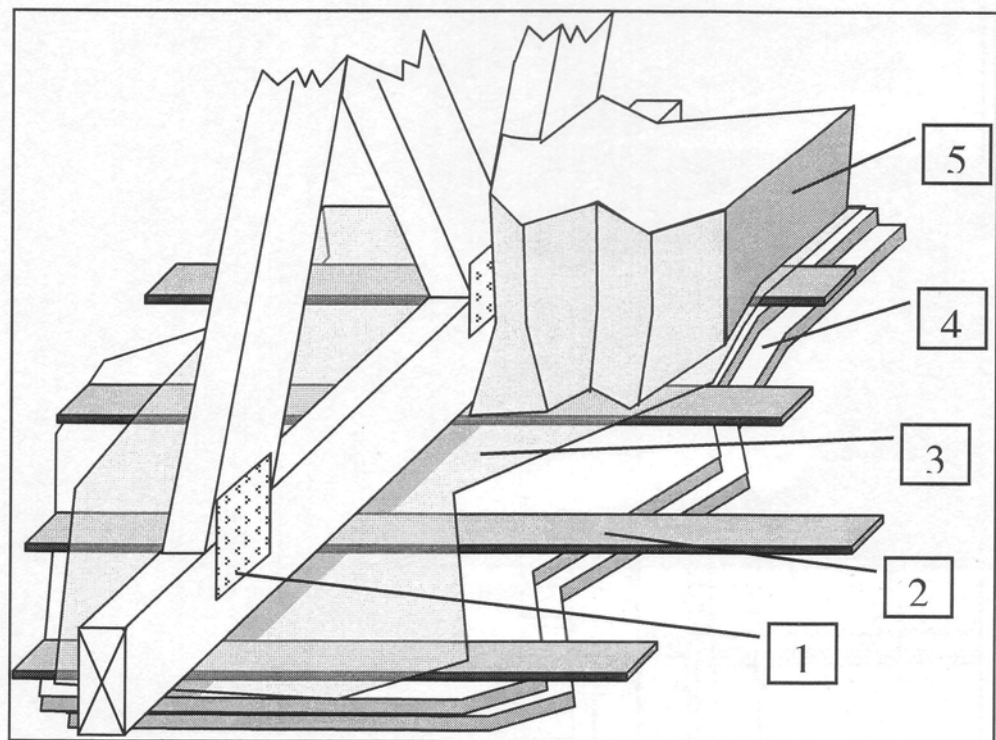
Taket var av brant typ (16° >14°) och var täckt med betongtakpannor på läkt med takpapp under. Denna i sin tur låg på råspånt som var spikad i de fribärande takstolarna.

Takstolarna var av WW-typ vilka lämpar sig för avstånd upp till 25 m. De var tillverkade av massivt virke med dimensionerna 45X170 mm. I dragband och fackverksdiagonaler var de sammanbundna med stansade spikplåtar.

Takfoten med hängrännor och snörasskydd var utdragen 0,7 m.

Vindsbjälklag

Närmast takstolens undersida var diffusionsspärr anbringad, den var gjord av glasfiberarmerad plast. Glespanelen var spikad direkt i undersidan av takstolen på c/c 400 mm och var av dimensionen 22X70 mm. I glespanelen var 2 st 13 mm gipsskivor skruvade, vilka utgjorde innertaket. Samtliga kabeldragningar var gjorda i utrymmet mellan takstolen och gipsskivorna. Se figur 15.



figur 15 Vindsbjälklaget

Som isolering av vindsbjälklaget så användes vitull från Gullfiber och den utgjordes av 350 mm lösull.

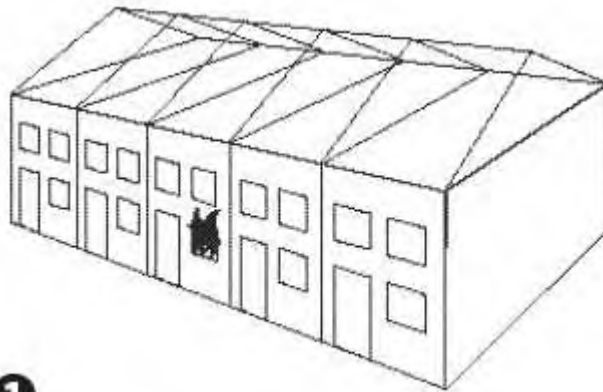
Ytterväggar

Den befintliga skalmuren byggdes på och fortsatte upp till takfoten där en ventilationspringa lämnades på ca 7 cm. Skalmuren kramlades fast i väggkonstruktionen förutom de fem varven högst upp.

Väggkonstruktionen var gjord av träreglar som isolerades och kläddes med gips, den stod på betongbjälklaget, tidigare vindsbjälklag på föregående våningsplan och i överkant så fästes de i limträbalkarna.

3.3 Brandförloppet

På grund av de omfattande skadorna så har man inte funnit brandorsaken utan bara vart branden startade, i lägenhetens vardagsrum. Dock återfanns fönsterglas med en fet tjärbeläggning på glasets insida. Detta talar för ett långsamt brandförlopp i ursprungsskedet av branden.

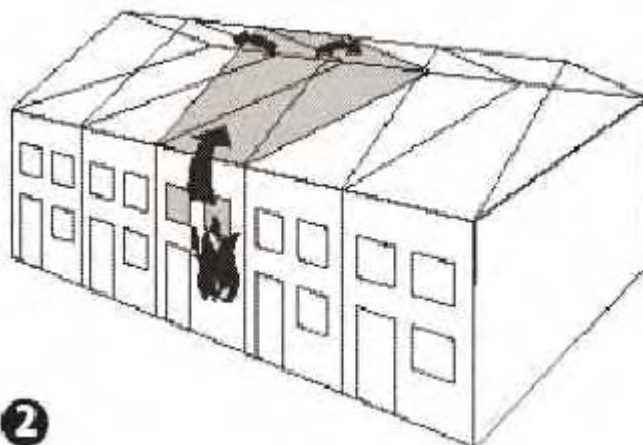


1

figur 16 Spridningsexempel

När räddningstjänsten anlände till platsen hade branden redan förstört fönsterrutorna och taket på den indragna balkongen var utsatt för heta brandgaser och öppna lågor.

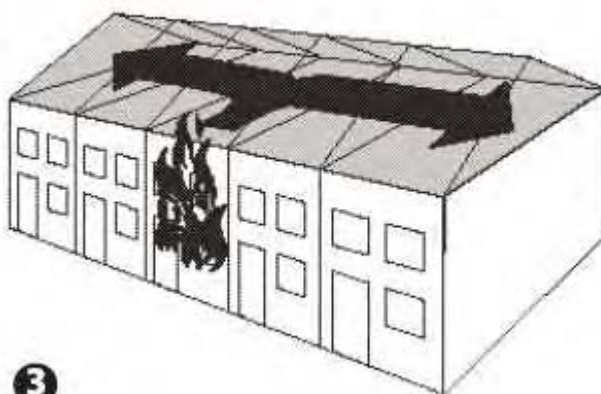
Rök och gaser kunde via otätheter i vindsbjälklaget direkt nå vinden ifrån det ögonblicket fönsterrutorna gick sönder. Lågorna från fönstret nådde och kunde sannolikt påverka glespanelen både i balkongens tak och i takfoten. Brandskyddet från balkongen bestod av en brandgipsskiva som var direkt skruvad i takstolens underram. Lågorna kunde även via den ventilerade takfoten nå in på vinden.



2

figur 17 Spridningsexempel

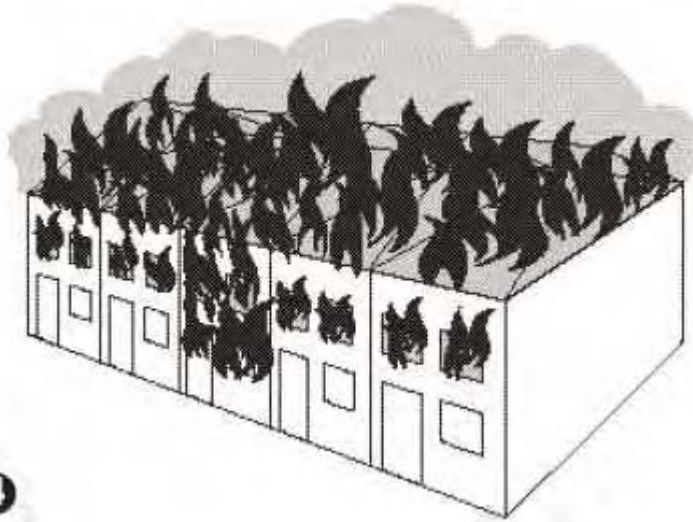
Väl på vinden kunde branden försvaga hela takkonstruktionen som var oskyddad. Enligt vittnesuppgifter så var hela vindsutrymmet antänt 45 minuter efter det att räddningstjänsten hade anlänt till platsen.



3

figur 18 Spridningsexempel

/
Då samtliga brandskyddande åtgärder var fästade i takstolarna så upphörde de att fungera som tänkt samtidigt som takstolarna rasade på grund av skadorna från branden. Det medförde att branden snabbt kunde sprida sig från vindsutrymmet ned till lägenheterna när vindsbjälklaget rasade in. Samtidigt som takkonstruktionen rasade så skadades även de lägenhetsavskiljande väggarna av det nedrasade materialet.



4

figur 19 Spridningsexempel

3.4 Insatsen

Larmet om en balkongbrand på Horsensgatan inkom 01:10 den 4 december 2001. När räddningstjänsten kom till platsen så konstaterade de att det var en fullt utvecklad rumsbrand i en lägenhet på fjärde våningen. Vid rökdykarinsatsen så konstaterades det att den inneboende hade omkommit. Branden hade nu fått fäste på vinden och räddningsledaren inriktade insatsen till att evakuera och begränsa vindsbranden och låta den antända delen brinna av under kontrollerade former.

Inne i lägenheten började vindsbjälklaget bågna och delar av det rasade in. Utanför lägenheten så rasade ljusarmaturerna ned och i hålet kunde man se att branden hade fått fäste på vinden. I och med detta konstaterades det att vindsbjälklaget inte var gjort av betong och man fattade beslut om att utrymma hela huskroppen.

Då utrymningen krävde mycket personalresurser på grund av de inneboendes handikapp kunde inga begränsande insatser göras och branden spred sig till hela vinden och med det till nästan samtliga lägenheter på den fjärde våningen. Under utrymningen fortsatte vindsbjälklaget att rasa. Delar av ytterväggarna rasade också ned på sina ställen och då i synnerhet teglet i de sista fria varven

Bjälklaget mellan den tredje och fjärde våningen var av betong och utgjorde bekämpningslinjen. Branden ovanför denna fick brinna av under bevakning

3.5 Efterverkningar

150 hyresgäster blev hemlösa, 25 lägenheter totalt utbrända. Kostnaden för att återställa fastigheten slutade på 90 miljoner, varav 71 miljoner ersattes av försäkringsbolaget. Samtliga 12 fastigheter har nu blivit utrustade med sprinklers på de tillbyggda våningsplanen och på vindarna har installerats branddetektorer. Sprinklersystemet har även utrustats med tryckvakter som larmar när sprinklersystemet aktiveras.

Efter branden återuppbyggdes inte den fjärde våningen utan det nya taket byggdes ovanpå den tredje våningen som tidigare.

Takkonstruktionen är idag den samma som tidigare med skillnaden att vindsutrymmet är helt tätt och brandväggarna är numera markerade på utsidan. Då det fanns risk för eventuella fuktproblem i konstruktionen så installerades avfuktare med fuktvakter. Dessa avfuktade konstruktionen från byggfukt och kvarvarande fukt från branden och har efter det bara varit aktiva vid ett fåtal tillfällen.

3.6 Lagar och regler

Byggnaden uppfördes under en tid då det var möjligt att välja mellan SBN 80 och nybyggnadsreglerna. I båda dessa framgår det att denna byggnadstyp skall ha

- Vertikalt bärverk jämte stomstabiliserande horisontellt bärverk skall utföras i lägst brandteknisk klass A 60
- Horisontellt ej stomstabiliserande bärverk skall utföras i lägst brandteknisk klass B 60

Takstolarna som samtliga brandhämande installationer var fastsatta i borde ha betraktas som ett horisontellt bärverk och skyddats därefter.

Det framgår även i SBN 80 att takfoten skall hålla någon form av brandteknisk klass om den skjuter ut mer än 0,5 m. Det framgår dock inte vilken klass som krävs.

4 Problemen

Yttertaket som konstruktion har till uppgift att skydda byggnadens övriga delar från påverkan uppifrån. Takfoten ökar på skyddet och skyddar även till viss del fasaden. Hela tanken med dess konstruktion är att skydda uppifrån och det klarar den av mycket bra.

Problemet är störst vid bränder i lägenheter och inglasade balkonger men finns även vid bränder i loftgångar och vanliga balkonger. Vid en brand söker sig branden uppåt. Lågorna följer fasaden och varma brandgaser och rök stiger. Finns det brännbart material kommer det att börja brinna när temperaturen är tillräckligt hög. Finns det otätheter kommer brandgaser och rök att tränga in i intilliggande utrymmen.

Detta blir ofta fallet med en ventilerad takfot. Antänder inte lågorna panel och råspont så kan fortfarande de heta gaserna tränga sig in på vinden och antändas där om temperaturen är tillräckligt hög och på så sätt skapa en sekundärbrand.

4.1 Brandklassning

Behovet och kraven på brandklassning framgår tydligt i BBR det finns dock det logiska luckor.

Lägenhetsavskiljande väggar i en fastighet i klass Br 1 skall hålla kravet EI 60. Det ställs även krav på dörrar som leder ut ur brandcellen till utrymningsvägarna. Det ställs inga krav på fönsterrutorna, trots att dessa kan ligga direkt under en tänkbar utrymningsväg för de ovanliggande våningarna.

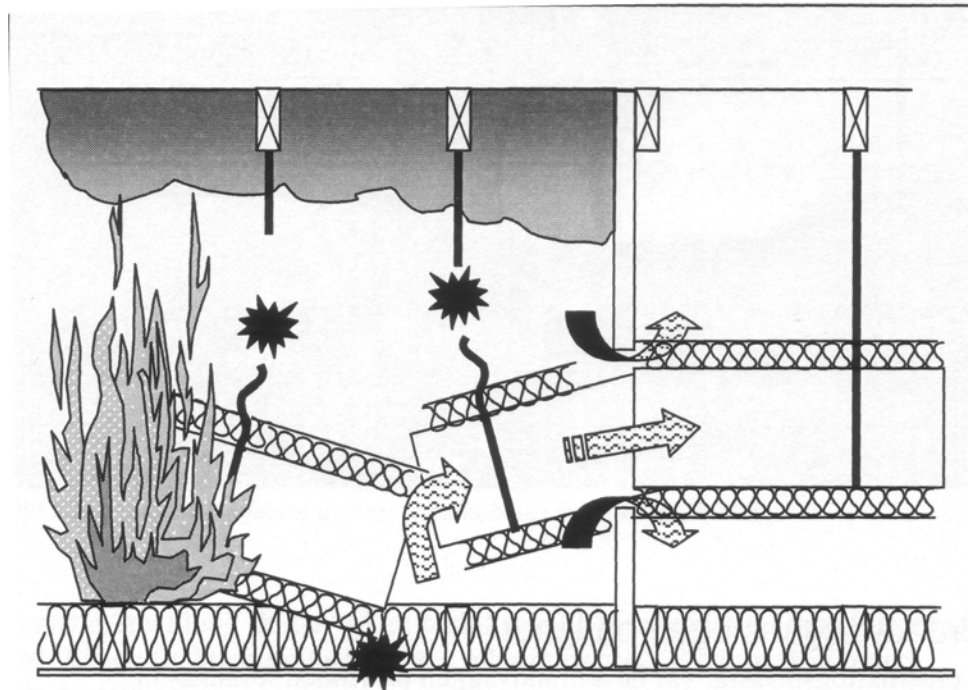
Kravet på EI 60 ger räddningstjänsten en möjlighet att bekämpa elden med de medel som de har tillgång till direkt. Då vanligt fönsterglas fallerar vid ca 300 °C, alltså 5-10 minuter efter brandens uppkomst, kan man då anse att konstruktionen håller EI 60-klassning?

För att en brandklassad konstruktion skall hålla den utsatta tiden krävs det att samtliga delar håller minst samma klassningsnivå.

Exempel

Vid undersökningar av de kvarvarande brandväggarna på Horsensgatan så fann man att upphängningen för ventilationskanalerna inte skulle klara av en brand i mer än 15 minuter..

Då en kollaps av ventilationskanalerna skulle öppna upp betydande hål i brandväggen kommer frågan, höll brandväggen EI 60 klass eller höll den EI 15? Se figur 20.

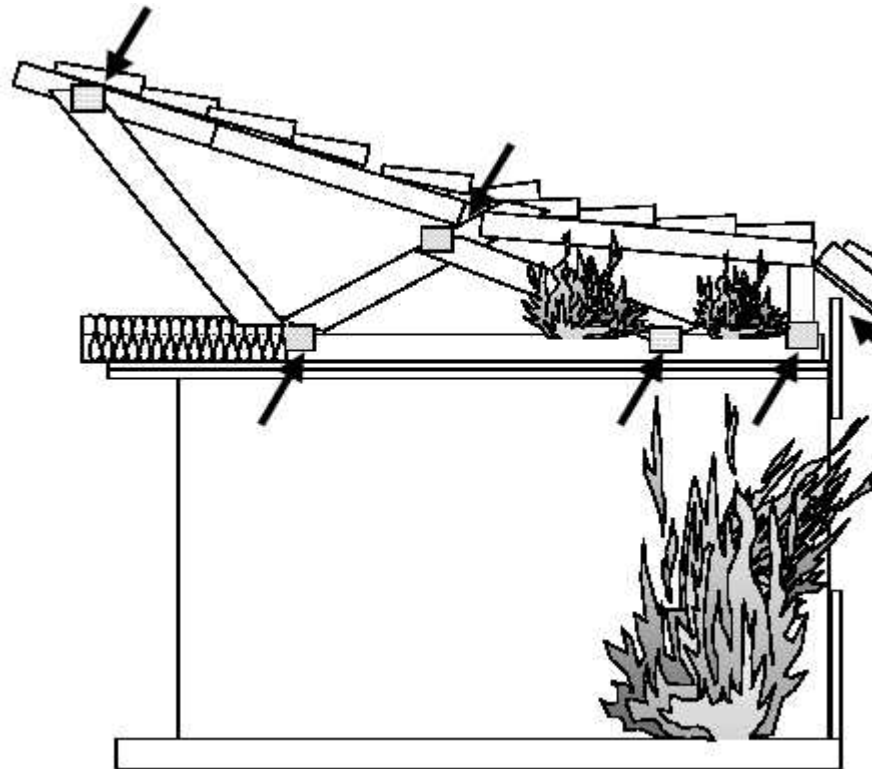


Figur 20 Exempel på kollaps vid ventilationsgenomförning.

4.2 Lätta takkonstruktioner

Trä som material är ur brandsynpunkt ett dubbelsidigt material. Det är brännbart och bidrar med bränsle till branden. Vid brand förkolnas ytskiktet och förlorar sin bärande förmåga, dock agerar även kolskiktet som isolering och skyddar virket som ligger djupare i konstruktionen som behåller sin bärighet.

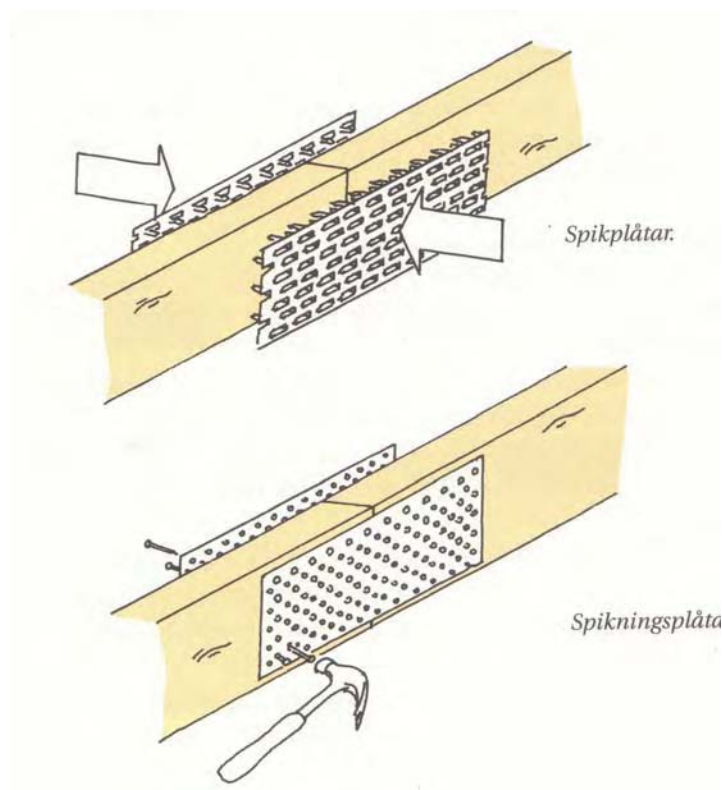
Genom att göra prefabricerade takstolar och bjälklag kan både tid och pengar sparas. På grund av ökad konkurrens inom byggsektorn har dessa konstruktioner blivit vanliga då de erbjuder ett kostnadseffektivt byggande. De levereras färdiga och kräver relativt enkla maskiner för att monteras på plats.



figur 21 Exempel på svaga punkter i lätta konstruktioner

Konstruktioner i massivt trä har en bättre förmåga att motstå brand. Det beror på dels de större dimensionerna och dels på sättet de sammanfogas. Oftast så används olika former av stålförband och de är betydligt svagare ur brandsynpunkt än virket. Dock bidrar även här storleken på de olika detaljerna att motståndskraften ökar men de behöver ändå brandskyddas.

I de prefabricerade takstolarna används ofta stansade spikplåtar för att fästa samman de olika delarna. Se figur 22. På grund av den lilla mängd material som ingår i dessa och deras begränsade förankringslängd (10-15 mm) så är de betydligt känsligare för bränder. Värmen som utvecklas gör att stålet påverkas på samma sätt som övriga stålkonstruktioner vid brand. Den korta förankringslängden tillsammans med stålets goda värmeledande egenskaper leder till att konstruktionens bärlighet kan minska oväntat snabbt. På grund av pyrolys så förkolnar virket runt spikarna och det förkolnade virket förlorar både sin bärlighet samt vidhäftningsförmåga och en kollaps kan komma plötsligt. Detta medför inte bara problem för räddningstjänsten utan även för vindsbjälklaget som inte klarar av den extra belastningen och gör att brandskyddet fallerar. Se figur 21



figur 22 Exempel på spikplåt och spikningsplåt.

5 Förslag till åtgärder

Eld behöver som tidigare nämnts syre, bränsle och värme, tas någon av dessa bort kan inte elden fortsätta att brinna. Bränsle är den svåraste byggstenen att ta bort men det går att göra i produktionsstadiet genom att bygga i icke brännbara material. Att minska mängden syre som en brand har tillgång till är relativt lätt att göra i inledningsskedet av en brand till exempel genom att stänga in den. När branden har tagit sig ut så blir det mycket svårt att begränsa syretillgången. Temperaturen kan man konstruera skydd emot genom att använda isolerande material. Sprinklers sänker aktivt temperaturen genom vattenbegjutning.

5.1 Täta takfoten

För att uppnå ett fullgott brandskydd bör takfoten tätas på något sätt. Enklast är det att helt enkelt täta ventilationsspringan. Detta ger inget fullgott skydd och konstruktionen kommer att brinna. Tätningen kommer dock att hindra brandgaser från att komma in i vindsutrymmet vilket gör att brandförloppet kan bromsas. Den förväntade brandspridningen kommer då att ske via yttertakets och inte inne i vindsutrymmet vilket möjliggör en släckningsinsats utifrån.

Ventilationen måste då ordnas på andra sätt än under takfoten. Möjliga sätt är via ventilationsöppningar i gavlarna eller ventilationshuvar ovanpå takfoten.

Denna lösning är möjlig att genomföra på befintliga hus i samband med större reparationer av fasaden eller av yttertakets.

5.2 Varma tak

De varma taken har i ett historiskt perspektiv haft fuktproblem och orsaken till detta har ofta varit läckande tätskikt på platta tak, de saknar ventilation och möjligheterna att inspektera konstruktionen är små. Materialen i själva taket utgörs oftast av mindre fukt känsligare material men fukten sprids oftast till andra delar av konstruktionen som är mer känsligare för fukt.

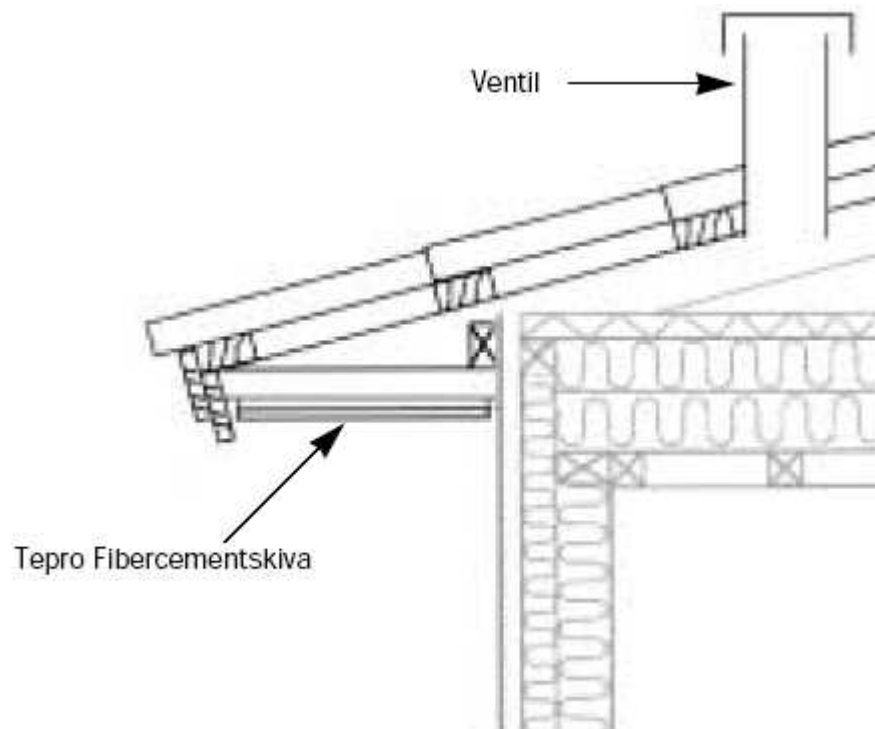
Fördelarna med konstruktionen är att de oftast byggs av icke brännbara material. Den kompakta konstruktionen försvårar även brandspridningen. Konstruktionen ger även möjligheten att öppna upp vindsbjälklaget om en brant taktyp används och skapa andra rumslösningar i byggnaden.

5.3 Ökad mekanisk ventilation

Att tätta takkonstruktionen och ventilera vindsutrymmet på mekanisk väg kan leda till svårigheter. Det gäller här att balansera ventilationen av utrymmet så att balansen mellan lufttrycken inte påverkas. Undertrycket i lägenheterna måste vara lägre än det i vindsutrymmet som måste vara lägre än lufttrycket utomhus. Detta för att få en positiv fuktvandring som torkar upp konstruktionen. Skulle inte detta råda så finns risken att fukt trängs ut ur lägenheterna genom otätheter och kan därmed förorsaka fuktproblem.

Det kan rekommenderas att följa KBABs (Karlstads Bostads AB) metod med att installera avfuktare i vindsutrymmet. Denna lösning kan antas bli mer kostsam än traditionella metoder, dock eliminerar den riskerna för fuktproblem till följd av överisolering.

5.4 En brandklassad konstruktion



figur 23 konstruktionsexempel från Tepro

Detta är ett bra exempel på hur takfoten kan skyddas av en fibercementskiva och ventilationen löses med ventilationshuvar vid takfoten. Se figur 23. Som en brandklassad konstruktion ökar den skyddet väsentligt.

5.5 Övriga lösningar

Dubbla takfötter

På samma sätt som i 5.4 kan man skydda den existerande ventilations springan med en skiva som monteras nedanför. Den lösningen ställer större krav på fiberskivan som måste klara av klimatet utan att försämras. För ett fullgott skydd skall den även klara den snabba temperaturstegringen utan att spricka.

Värmetåliga rutor

Att använda brandklassade fönster är inget realistiskt alternativ i lägenheter då de inte skall gå att öppna samt att kostnaden är svår att motivera, ca 2 000:-/m². Genom att använda ett mer tåligt glas till fönstren kan branden isoleras en längre tid. Då finns möjligheten att branden går ner i vilofas och kan enklare bekämpas.

Minskade takfotsarea

Den skyddande funktionen takfoten har på ett flervåningshus är relativt begränsad. En minskad area minskar brandbelastningen. Den arkitektoniska utformningen påverkas men det kan vara ett enkelt sätt att minimera risken för brandspridning.

Brandnät

I Östersund så krävs det idag en typ av brandnät i den ventilerade takfoten vid balkonger. Nätet är målat med en brandskyddsfärg som sväller vid höga temperaturer och på så sätt tätar det takfoten.

6 Slutsatser

Brandspridning via takfoten har länge varit ett problem för räddningstjänsten. Problemet har dock inte varit speciellt stort på grund av de byggnader som har brunnit. I byggnader uppförda i betong har takkonstruktionen kunnat brinna av under kontrollerade former och betongbjälklaget har hindrat spridningen nedåt. Skador på människor och material har varit små och även intresset att göra något åt problemet har varit litet. Antalet byggnader som har denna typ av ventilation är oerhört stort men några faktiska siffror finns inte.

Införandet av lättare takkonstruktioner har medfört en betydligt ökad risk för personskador och större ekonomiska skador. Det har inte och finns fortfarande inte en typgodkänd vindsbjälklagskonstruktion som klarar av att hindra en brandspridning från vindsutrymmet ner till underliggande våningar.

Problemen kommer att öka i takt med att det tredimensionella fastighetsägandet ökar. På de fastigheter där ytterligare våningsplan kommer att uppföras ovanpå befintliga byggnader måste konstrueras så lätta som möjligt. Placeringen av dessa byggnader kommer också att ställa ökade krav på utformningen av brandskyddet. Detta med tanke på att brandspridning mellan fastigheter inte längre kommer att vara begränsat till en två dimensionell miljö utan nu kan även fastigheten ovanför påverkas. Införandet av flervåningshus med trä som stommaterial aktualiserar även det frågan om hur brandskyddet skall utformas.

Boverket har uppfattat problemet och bitt kommunernas byggnadsnämnder att vara mer uppmärksamma på lösningen med en ventilerad takfot. Här ligger även ytterligare en del av problemet. Boverket har ingen möjlighet att öva påtryckningar på byggnadsnämnderna som däremot står under påtryckning av de förtroendevalda och intressenter på orten. Då det inte förekommer inspektioner av utomstående under byggtiden kan det ske att de planerade åtgärderna inte genomförs eller inte utförs på rätt sätt. Boverkets rekommendationer i BBR är minikrav. Vid de tillfällen som dessa regler åsidosätts finns inga säkerhetsfaktorer som kan rädda situationen.

Fuktproblem i vindsutrymmet har gett upphov till problemet med ventilationsöppningarna. Det är nu möjligt att lösningen kommer från samma källa. Ljudisolering är ett bra exempel på ett område där både de boendes krav på en god inomhusmiljö och brandskyddet kombineras.

Med stigande energipriser kommer behovet att täta konstruktioner att öka. Risken finns då att en överdriven ventilation av det kalla vindsutrymmet utlöser besvär med fukt i takkonstruktionen.

För att förhindra detta så kan två problem lösas på samma gång genom att tätta takfoten och genomföra andra ventilerande åtgärder på mindre utsatta områden.

Kostnaden för att åtgärda problemet i äldre byggnader kommer med största sannolikhet att bli för stor för att motiveras ur enbart brandsynpunkt. Sker det i samband med tilläggisolering av vinden så kan problemet lösas samtidigt som fastighetsägaren får en bättre ekonomi och möjligtvis ett bättre skydd mot fukt på vinden.

7 Referenser

Internet adresser

<http://www.boverket.se>
<http://sg-isover.inforce.dk/>
<http://www.sp.se>
<http://www.tepro.se>

Intervjuade personer

Björn Albinsson	SRV Karlstad 054-13 50 00
Staffan Malmgren	Räddningstjänsten Östersund 063-14 47 00
Claes Malmqvist	Brandskyddslaget Karlstad 054-777 74 70
Willy Osciansson	KBAB Karlstad 054-14 28 00
Morgan Palmqvist	Räddningstjänsten Karlstad 054-29 70 00
Lars Nilsson	Habelia AB Östersund 063-57 12 20

Litteratur

Träbyggnadshandbok, Tak. ISBN 91-85576-18-2
Petersson Bengt-Åke, *Tillämpad Byggfysik.* ISBN 91-44-01897-5
Sirenen nr 8/2004, 3/2005

Rapporter

Observatörsrapport, Brand i hyreshus Karlstad December 2001.
Beställningsnummer P22-408/02 ISBN 91-7253-165-7