LUND UNIVERSITY

Brandspridning och brandförlopp i tät småhusbebyggelse : fire spread and fire development in low-rise residential building areas

Ondrus, Julia

1988

Link to publication

Citation for published version (APA):
Ondrus, J. (1988). *Brandspridning och brandförlopp i tät småhusbebyggelse : fire spread and fire development in low-rise residential building areas*. (LUTVDG/TVBB--3043--SE; Vol. 3043). Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund University.

Total number of authors:
1

General rights
Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.
• Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
• You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: https://creativecommons.org/licenses/

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

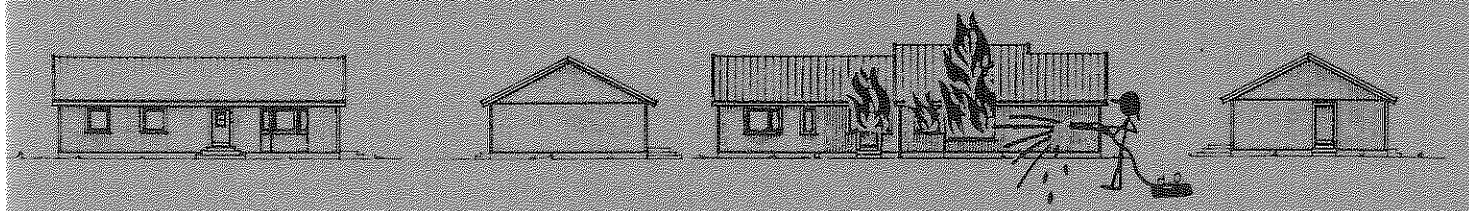
LUND UNIVERSITY · SWEDEN
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF FIRE SAFETY ENGINEERING
CODEN: SE-LUTVDG/TVBB-88/3043
ISSN 0284-933X

NORDISKA TRAHUS

JULIA ONDRUS

BRANDSPRIDNING OCH BRANDFÖRLOPP I TÄT SMÅHUSBEBYGGELSE

Fire Spread and Fire Development in Low-Rise Residential Building Areas



LUND 1988

FÖRORD

Låg, tät bebyggelse är inte en ny företeelse, utan en form som ursprungligen varit den förhärskande i all stadsbebyggelse. Miljöer som av många uppfattas som attraktiva är homogena stadsmiljöer av sammanbyggda 1-2 plans enfamiljshus. Medelhavsområdets byar, medeltida borgarstäder samt skandinaviska handelsstäder och fiskesamhällen karakteriseras av låg, tät bebyggelse. Vissa kvaliteter som kännetecknar småhusområden som markkontakt, egen uteplats och god ljudisolering saknas oftast i flerfamiljshus. En bebyggelsetyp där boendekvaliteterna hos flerfamiljshusen respektive småhusen förenas har utvecklats i form av en tät, småskalig bebyggelse - tät småhusbebyggelse.

Ur Markhushållningsprogrammet för Skåne

I de gamla homogena stadsmiljöerna, speciellt de av trä, var brand ett stort och verkligt hot. Hur förhåller det sig i dagens täta småhusbebyggelse?

Ambitionen för denna undersökning har varit att genom litteraturstudier, intervjuer och en del statistiska uppgifter samla kunskap och belysa småhusbebyggelsen i Sverige från brandsynpunkt, att belysa brandförlopp och brandspridning i enstaka hus, i sammanbyggda hus, inom en husgrupp, samt mellan närliggande husgrupper. Undersökningen berör också risk för brandspridning över större områden. Arbetet har bl a resulterat i förslag till en del samhälleliga åtgärder och framtida forskningsinsatser för att ytterligare begränsa risker för brandspridning i svensk småhusbebyggelse.

Projektet har finansierats med ekonomiskt stöd från Styrelsen för svensk brandforskning, BRANDFORSK och Institutionen för brandteknik vid Lunds tekniska högskola.

I projektets referensgrupp har följande medlemmar ingått:
Staffan Bengtson, Svenska brandförsvarsförenigen, SBF,
Ulf Norgren, Statens räddningsverk, SRV,
Hans Ohlson, Statens Planverk,
Bengt Onnermark, FOA 244,
Roland Sundler, Myresjöhus AB,
Rolf Öhman och Per-Olof Mattsson, AB Gyproc,
Birgit Östman, TräteknikCentrum.

Jag vill härmed framföra ett varmt tack till medlemmarna i referensgruppen, kollegorna på min arbetsplats och alla andra som har bidragit med inspiration, hjälp och stöd under mitt arbete med projektet.

Lund, september 1988

Julia Ondrus

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		Sidan
	FÖRORD	
	INNEHÅLLSFöRTECKNING	1
	SUMMARY	3
	SAMMANFATTNING	7
	INLEDNING	11
1	**SMÅHUSBEBYGGELSE**	13
1.1	Statistiska uppgifter	13
1.2	Tät småhusbebyggelse	16
1.2.1	Definition	16
1.2.2	Täthet	17
1.3	Grupphusområdens storlek	20
1.4	Ytterväggar, fasader och tak	21
1.5	Småhusens utformning och konstruktion	23
1.5.1	Inre vägg- och takbeklädnad	25
1.5.2	Fönster	27
1.6	Uppvärmning av småhus	27
1.7	Fritidsbebyggelse	29
2	**STATISTIK ÖVER INTRÄFFADE BRÄNDER**	31
2.1	Allmänt	31
2.2	Skadeplats och brandorsaker	33
2.3	Storbräder	36
2.4	Småhusbränder i USA	39
2.5	Småhusbränder i Norge	40
3	**BRANDSPRIDNING**	43
3.1	Bakgrund	43
3.2	Intervjuunderlag	43
3.2.1	Intervjufrågor	44
3.2.2	Sammanfattande svar	45
3.2.3	Fallstudie	48
3.3	Spridningsmekanismer	54
3.3.1	Spridningsvägar i sammanbyggda hus	57
3.3.2	Brandspridning mellan byggnader	59

3.3.3	Flambilder och flamhöjder	61
3.4	Dagens föreskrifter	67
3.4.1	Skydd mot brandspridning mellan småhus	68
3.4.2	Taktäckning	71
3.4.3	Brandkårens insats	72
3.4.4	Fjällbebyggelse	73
3.5	Brandvattenförsörjning	74
3.6	Utländska undersökningar	77
3.6.1	Från Kanada och USA	77
3.6.2	Från Japan	83
3.7	Slutsatser och förslag till åtgärder	91
4	**STORA OMRÅDESBRÄNDER**	95
4.1	Orsaker och förlopp	95
4.2	Analys av erfarenheter	96
4.3	Litteratur om konflagrationsbrand	103
5	**KLIMAT- OCH VINDFÖRHÅLLANDEN I SVERIGE**	107
5.1	Vind	107
5.1.1	Vindhastighet - statistik	108
5.1.2	Vindriktning	111
5.2	Klimat och vind i bebyggt område	113
5.3	Effekt av vind på brandspridning	116
6	**BRANDFÖRSÖK I MODELLSKALA**	119
6.1	Modellagar och skalmodeller	119
6.2	Studier i modellskala	123
7	**FORSKNINGSINSATSER I FRAMTIDEN**	125
	REFERENSER	129

SUMMARY

This investigation makes a survey of the spread of fire and the fire development in low-rise residential building areas through obtaining the literal knowledge of factors having influence on a fire in one burning building and fire spread between buildings within a group of single-family houses. The purpose of the investigation was, on basis of the knowledge, to propose improved measures and the character and extent of continuing research work.

The investigation shows that the statistical value on occured fires in low-rise residential buildings has not increased very strongly in spite of the fact that the number of building areas with low-rise residential houses and with narrow streets had increased. According to statistical figures from 1985 there are about 1,8 million dwellings in low-rise residential buildings in Sweden. The number of fire damages in low-rise residential buildings announced to insurance companies were in 1975 4 100 and 4 700 in 1985 respectively. The comparative figure for fire damages in other types of dwellings were 9 000 in both 1975 and 1985. The total of damaged buildings, with the quota limit 500 000 Swedish krowns and more, had between 1975 and 1986 cost less than 12% of all compensation costs each year.

The fires in low-rise residential buildings, which results in fire spread over a bigger part of building areas are unusual in Sweden. Fires in dwellings in low-rise residential buildings will very often be extinguished in its beginning because of the alarm coming early and the time of action being short. These factors are the positive consequences of the more closed building areas, which conpensates for the increased fire spread hazards as a result of the concentration of houses.

However, there are some problems in addition to the concentration of houses. The problems connected with fires in low--rise residential building areas in Sweden are principally: the fire spread in houses in row, especially where the attics are built together with imperfections in/or absences of separating walls. Another very usual effect to fire spread in houses built toether - houses in row - are continuous combustible eaves with a ventilation air gap for air exchange into the attics. Through these air gaps the smoke from the compartment fire can press into the attic space. This type of structure imperfections are stated as a reason to fire spread in many reports from other countries, too. Founding the optimum design of eaves, for example through some experiments, would be of use even for eaves on other buildings than single-family houses, because the same risk of fire spread through the attic spaces exists there.

The structure of low-rise residential buildings, the design of these buildings areas and the number of fie brigades are regulated in the Swedish Building Code, SBN 80. The result of this code is that the influence of one burning house to the neighbour is concentrated in the flames coming out from the windows. The influence of radiation from the window openings and the flames above the windows is probably the most dominating factor for all the Swedish structures of low-rise residential buildings. The radiation from the window openings and the flames above windows is in its turn dependent on the contents of the room burning - the materials in the furniture and on the room surfaces. The contents of the burning room determines the fire intensity until the pre-flashover, before the extinction started. That factor has an influence on the size and character of facade flames. A changing in composition of the traditional furniture to the modern furniture of syntetic materials gives a more intensive fire development. It would be desirable to develop, on this basis, a new general and distinguished design of building separation.

A fire development on the basis of a modern furniture could even be a basis of an eventual risk analysis for planing of low-rise residential building areas in the future. In Japan they are working with the modelling and developing of computer codes for risk analysis in low-rise residential building areas. A Swedish model of risk analysis after the Japanese model, probably requires some experiments defining the heat flow and burning rate from typical Swedish houses. Even older theoretical or experimental results can be used. Possibilities of studying the fire spread by experiments in model scale are limited.

The proposal for measures and research achievements in the future are founded on the knowledge conducted in this investigation and presented in this report. Chapter 1 describes the structure, size, design and development of the Swedish low-rise residential building areas. In Chapter 2 a synthesis of statistical data on occured fires in single-family houses and houses in row are presented and compared with some figures from other countries.

Chapter 3, which is the most comprehensive one, illustrates the fire development with the flame size and flame height in single-houses, mechanism of fire spread and propagation of fire in houses built together and between neighbouring houses. A lot of information has been collected through interviews with active firefighters and those who work for the prevention of fire. Case studies from other countries, the theoretical and experimental investigations from several countries show that fire spread mechanisms have relevance. The Swedish regulations concerning building fire safety in single-family houses, protection against the spread of fire between buildings, requirements of roof protecting and fire figh ting facilites are summarized and completed with some comments. Water support and water consumption in low-rise residential building areas are also described in this chapter.

From the literature from several countries are taken information concerning fire in large building areas, conflagration as it is called, the reasons for and development of this. They are presented in Chapter 4. Climate and wind circumstances in Sweden, especially in building areas and with regard to fire spread are described in Chapter 5. Chapter 6 contains the model laws and scaling models necessary for model scale experiments. In the last chapter the requirements of continuing research work, come out from this investigation, are presented.

SAMMANFATTNING

Syftet med denna undersökning har varit att kartlägga brandspridning och brandförlopp i tät småhusbebyggele, att genom litteraturstudier inhämta kunskap om de faktorer som påverkar en brand i ett enstaka hus och som kan orsaka en eventuell spridning till flera hus inom en husgrupp. Målsättningen har varit att med denna kunskap som grund föreslå förbättrande åtgärder, samt karaktär och omfattning av fortsatta forskningsinsatser.

Undersökningen visar att, trots en ökning av antalet småhusområden med sammanbyggda hustyper och smala gång- och cykelgator i stället för det gamla breda gatunätet, statistiken över inträffade småhusbränder inte har någon kraftigt ökande tendens. Enligt statistiska uppgifter från 1985 finns i Sverige ca 1,8 miljoner lägenheter i småhus. Antalet till försäkringsbolagen anmälda brandskador i småhuslägenheter har år 1975 uppgått till 4 100 st respektive 4 700 st år 1985 mot ca 9 000 st anmälda brandskador både år 1975 och 1985 i annan form av bostad. Kostnaderna per år för storskador, skador överstigande 500 000 kr, har i samband med småhusbränder varit mindre än 12% av ersättningskostnaderna för storskador totalt under en tidsperiod mellan 1975 och 1986.

Småhusbränder med spridning över större del av bebyggelse är inte vanliga i Sverige. En småhusbrand i täta grupphusområden släcks ofta i ett tidigt skede av branden eftersom larmen kommer tidigt och brandkårens insatstid är kort. Det är de positiva konsekvenserna av småhusbebyggelsens förtätning, vilka motverkar den förhöjda risken för brandspridning p g a själva förtätningen.

Det finns dock en del problem som har tillkommit med den förtätade bebyggelsen. De problem man möter vid bränder i småhusområden i Sverige är främst brandspridning i sammanbyggda

hus, huvudsakligen i samband med sammanbyggda vindsutrymmen i radhus, där sektioneringen är bristfällig eller saknas helt. En annan mycket vanlig orsak till brandspridning främst i radhus är kontinuerliga brännbara takutsprång med ventilationsspringa som förbinder vindsutrymmen med uteluften och möjliggör inträngning av rök till vinden. Denna typ av konstruktionsbrister anges som orsak till brandspridning även i utländska rapporter. Att hitta den optimala utformningen för takutsprång genom t ex en serie experiment, skulle vara till gagn även för utformning av takutsprång i flervåningshus, där takutsprånget vid en brand i någon av de 2-3 översta våningarna utsätts för samma påfrestning som i sammanbyggda småhus och där risk för brandspridning över vindsutrymmen är lika aktuell.

Husens konstruktion och områdenas och brandförsvarets dimensionering reglerade genom gällande föreskrifter gör, att påverkan från ett brinnande hus mot ett annat i dess närhet koncentreras till flammor som kommer ut genom fönstren. Påverkan genom strålning från fönsteröppningarna och flamman strax ovanför fönstren är troligen den dominerande faktorn för alla i svensk småhusbebyggelse förekommande konstruktioner. Strålningspåverkan från fönsteröppningarna och flammans storlek är i sin tur beroende av rummets innehåll - den lösa inredningen samt typ av beklädnadsmaterial på rummets innerytor. Rummets innehåll avgör rumsbrandens intensitet i brandens tidiga skede, innan släckningsarbetet påbörjas, vilket återspeglas i fasadflammornas storlek och beskaffenhet. En ändrad sammansättning i den lösa inredningen från traditionella möbler till moderna av syntetiska material medför ett intensivare brandförlopp och borde bilda grunden för en generell differentierad dimensionering av det minsta säkra avståndet mellan husen.

Det brandförlopp som motsvarar dagens lägenhetsinredning borde bilda grunden även för en eventuell riskanalys vid planering av framtida småhusområden. I Japan pågår ett om-

fattande arbete med att beskriva modeller och utveckla dataprogarm för riskanalys av småhusområden. För en för Sverige gällande riskanalys enligt den japanska modellen krävs förmodligen en del experiment där bl a den avgivna värmen från brinnande hus - hus typiska i svensk småhusbebyggelse - bestäms, eller att äldre teoretiska och experimentella resultat utnyttjas. Möjligheterna att studera brandspridning genom modellskaleförsök är begränsade.

Förslag till en del åtgärder och fortsatta forskningsinsatser grundar sig på kunskaper samlade inom ramen av projektet och presenterade i denna rapport. Kapitel 1 innehåller en beskrivning av svensk småhusbebyggelse, dess utveckling med åren, grupphusområdenas storlek, samt småhusbeståndets utformning och konstruktion. I kapitel 2 redovisas en sammanställning av statistiska uppgifter från inträffade bränder i småhus. Svensk statistik jämförs med en del utländska uppgifter.

Kapitel 3, som är det mest omfattande, belyser brandförlopp med tillhörande flambilder och flamhöjder i enstaka hus, brandspridningsmekanismer och spridningsvägar i sammanbyggda hus, och mellan flera hus inom en husgrupp. En stor del av uppgifterna har insamlats genom intervjuer med brandkårpersonal, både de som har erfarenheter av utryckningsverksamhet och de som arbetar med förebyggande åtgärder. Utländska fallstudier, teoretiska och experimentella undersökningar utförda i olika länder, ger en bild av spridningsmekanismernas relevans. Dagens svenska föreskrifter angående byggnadstekniskt brandskydd i småhus, skydd mot brandspridning mellan småhus, krav på taktäckning och brandkårens insats sammanfattas och kompletteras med synpunkter. Brandvattenförsörjning i småhusområden och vattenförbrukning vid småhusbränder beskrivs.

Från utländsk litteratur hämtas uppgifter om stora områdesbränder, s k konflagration, dess orsaker och förlopp och dessa redovisas i kapitel 4. Klimat- och vindförhållanden i

Sverige, speciellt i bebyggt område och med hänsyn till brandspridning beskrivs i kapitel 5. Kapitel 6 beskriver modellagar och skalmodeller för studier och experiment i modellskala. I sista kapitlet sammanställs de behov av framtida forskningsinsatser som framkommit av undersökningen.

INLEDNING

Under de senaste 20 - 30 åren har mängder av nya urbana miljöer byggts i ringar runt de gamla städerna. I stor utsträckning har det varit fråga om gruppbebyggelse av enfamiljshus. Detta ger ett intryck av att bebyggelsen har förtätats både genom sammanbyggda hustyper - radhus, kedjehus, parhus m m - och genom att smala gång- och cykelgator ersatt delar av det gamla breda gatunätet. Utvecklingen tycktes ha ökat riskerna för brandspridning i den täta småhusbebyggelsen.

I BRANDFORSKs program föreslogs redan för perioden 1982-84 ett forskningsprojekt där kunskapsläget vad gäller storskaliga brandspridningsfenomen i allmänhet och i den täta småhusbebyggelsen i synnerhet, skulle uppdateras och fenomenen närmare beskrivas. Projektet skulle även undersöka möjligheterna att studera brandspridning i småhusbebyggelse genom modellskaleförsök, samt föreslå karaktär och omfattning av fortsatta forskningsinsatser.

I syfte att uppdatera kunskapsläget har omfattande litteraturstudier gjorts. Dessa redovisas främst i kapitel 3 - 4. I kapitel 1 identifieras och beskrivs småhusebyggelsens utformning.

En inventering av de senaste 10 årens villa- och radhusbränder, samt övrig statistik över inträffade bränder i småhus, skadeplats och orsaker redovisas i kapitel 2. Svensk statistik jämförs med en del uppgifter från Norge och USA.

Kapitel 3 som är det mest omfattande handlar om brandspridning och innehåller bl a intervjuer med brandkårspersonal. Intervjuerna sammanfattas i 9 punkter och ger en god bild av dagens småhusbränder. Spridningsvägar och spridningsmekanismer beskrivs och karakteristiska flambilder och flamhöjder

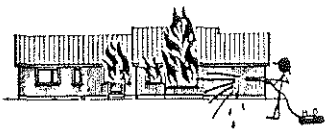
analyseras. Kapitel 3 omfattar också uppgifter om dagens svenska föreskrifter angående skydd mot brandspridning i småhus och i fjällbebyggelse, samt uppgifter om brandspridning i småhusområden från andra länder.

Stora områdesbränder s k konflagration som inträffar mest i Japan, Australien och i kustområden i USA beskrivs i kapitel 4.

En studie av klimat och vindförhållanden i Sverige, i kapitel 5, ger möjlighet att bedöma effekten av vind på brandspridning.

Slutligen, i kapitel 7 presenteras behov och omfattning av insatser i framtiden.

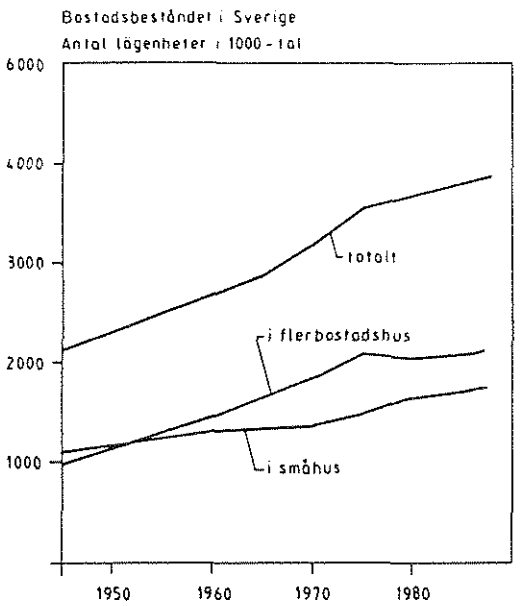
1 SMÅHUSBEBYGGELSEN



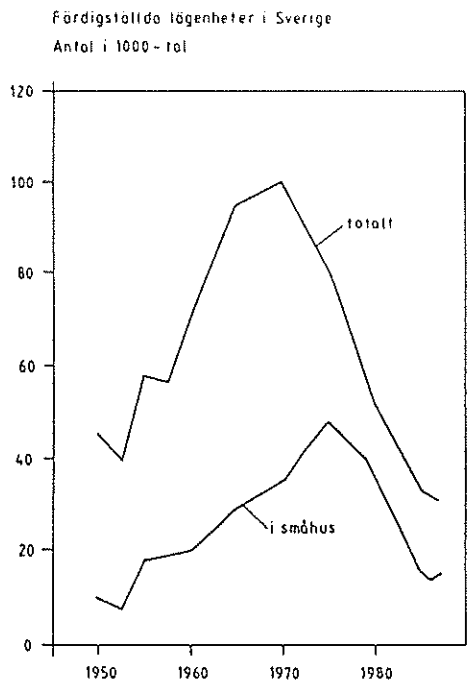
1.1 Statistiska uppgifter

Enligt 1985-års folkräkning (Statistiska centralbyrån, SCB statistik) finns i Sverige totalt ca 3,9 milj lägenheter. Antalet lägenheter i småhus uppgår till ca 1,8 milj, dvs 46%. I statistiken räknas alla hus med en eller två lägenheter som småhus. Bostadsyta för en hyreslägenhet är i medeltal 66 m^2, för en lägenhet i småhus 122 m^2.

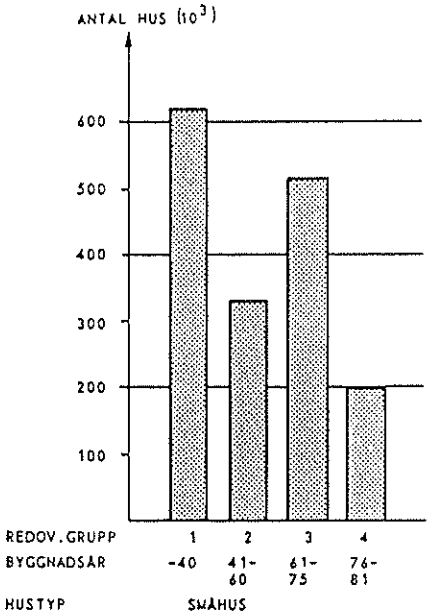
Bostadsbeståndets utveckling från 1945 fram till 1987 visas i figur 1.1. Hur många lägenheter/år som har färdigställts i Sverige genom åren redovisas i figur 1.2a. I figur 1.2b återfinns antalet småhus grupperade enligt byggnadsår i 10 års perioder. Ur figuren kan utläsas antalet småhus i olika åldrar.



Figur 1.1 Bostadsbeståndets utveckling från 1945 fram till 1987.

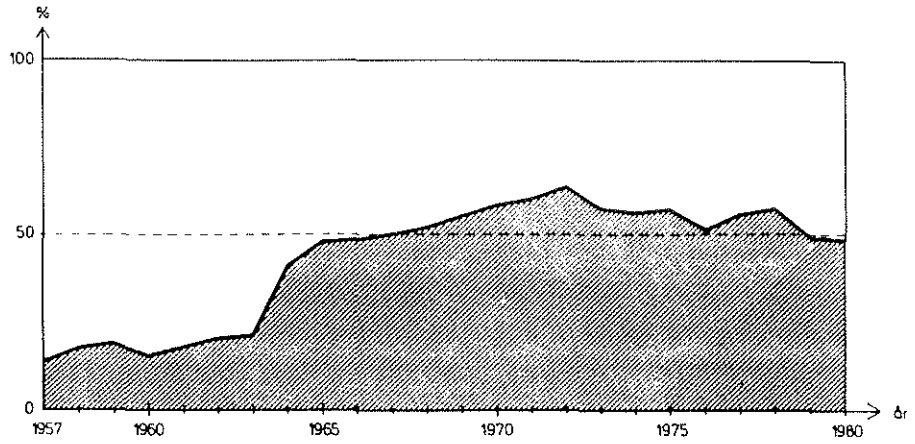


Figur 1.2a Antal färdigställda lägenheter per år.



Figur 1.2b Antal småhus grupperade enligt byggnadsår i 10 års perioder (Ur Tolstoy och Svennerstedt, Reparationsbehov i bostäder och lokaler).

Den största tillväxten av småhus skedde i början av 70-talet då även andelen gruppbyggda småhus var störst, se figur 1.3.

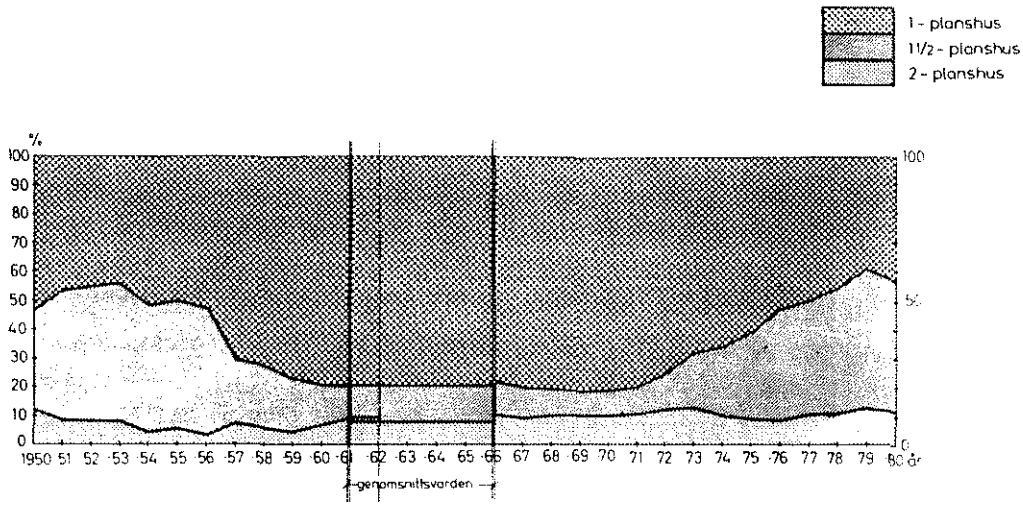


Figur 1.3 Andelen gruppbyggda småhus av samtliga småhus (Ur Leif Jonsson, Från egnahem till villa).

Idag byggs ca 40% av alla småhus som grupphus. Grupphus eller grupphusbebyggelse definieras som ett större antal enfamiljshus uppförda samtidigt oftast av en entreprenör. Husen är vanligen grupperade kring gemensamma anläggningar, som lekplats, idrottsplan, kvartersgård, m m. Ibland är även tvättstugor, garage och/eller parkering gemensamma. Bebyggelsen kan bestå av radhus, kedjehus, parhus, lamellhus, vinkel- eller atriumradhus. Enstaka friliggande hus kan ingå i gruppen.

Vid en betraktelse av hela småhusbeståndet, utgör enligt "Allmän fastighetstaxering 1981" friliggande enbostadshus ca 55% medan rad- och kedjehus ca 10% av hela beståndet. 1985 fanns ca 240 000 rad- och kedjehus, dvs ca 13% av hela småhusbeståndet. Fördelningen på radhus respektive kedjehus är ungefär 1:1. Fördelningen av samtliga småhus producerade med statliga lån åren 1950-1980 på 1, 1 1/2 respektive 2 vånings-

plan visar figur 1.4. Fördelningen av alla småhus på permanent bebodda och fritidshus är 75% respektive 25%. Medeltal tomtmark för permanenta hus är 1 200 m^2/hus, för fritidshus 5 500 m^2/hus enligt "Allmän fastighetstaxering 1981".



Figur 1.4 Andel småhus med 1, 1 1/2 respektive 2 våningsplan av samtliga småhus (Ur Leif Jonsson, Från egnahem till villa).

1.2 Tät småhusbebyggelse

1.2.1 Definition

Ur markhushållningsprogrammet för Skåne, "Hustyper i tät bebyggelse" kan utläsas att låg, tät bebyggelse inte är en ny företeelse utan en form som ursprungligen varit den förhärskande i all stadsbebyggelse. Miljöer som av många uppfattas som attraktiva är homogena stadsmiljöer av sammanbyggda 1 - 2 plans enfamiljshus. Medelhavsområdets byar, medeltida borgarstäder samt skandinaviska handelsstäder och fiskesamhällen

karaktäriseras av låg, tät bebyggelse. Vissa kvaliteter som kännetecknar småhusområden som markkontakt, egen uteplats och god ljudisolering saknas oftast i flerfamiljshus. En bebyggelsetyp där boendekvaliteterna hos flerfamiljshusen respektive småhusen förenas har utvecklats i form av en tät, småskalig bebyggelse - tät småhusbebyggelse.

Exempel på tät småhusbebyggelse kan hämtas från tidigt 70-tal då en kraftig ökning av antalet gruppbyggda småhusområden ägde rum, se figur 1.1 och 1.3.

1.2.2 Täthet

Här redovisas några grupphusområden med olika täthet. Tätheten uttrycks i % bebyggd yta enligt:

$$A_b = \left(\frac{A_{by}}{A_m}\right) \times 100 \qquad (1.1)$$

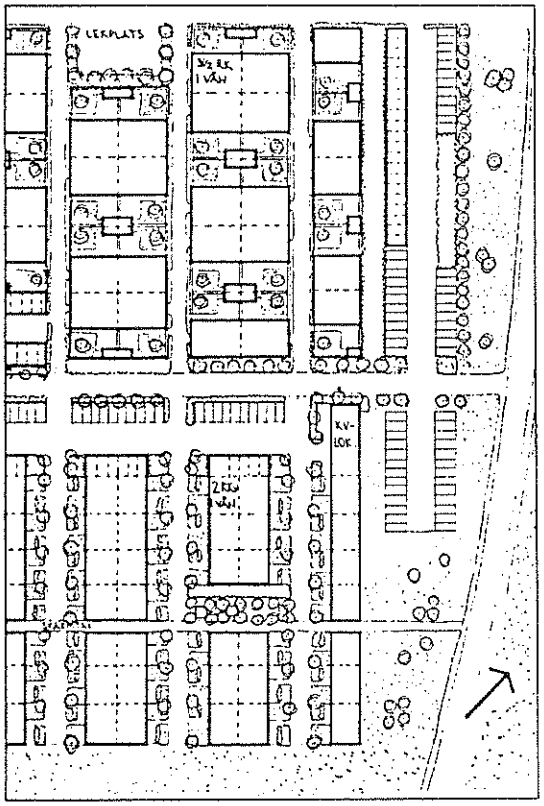
A_b - bebyggd yta, %

A_{by} - byggnadsyta, m^2

A_m - markareal, m^2

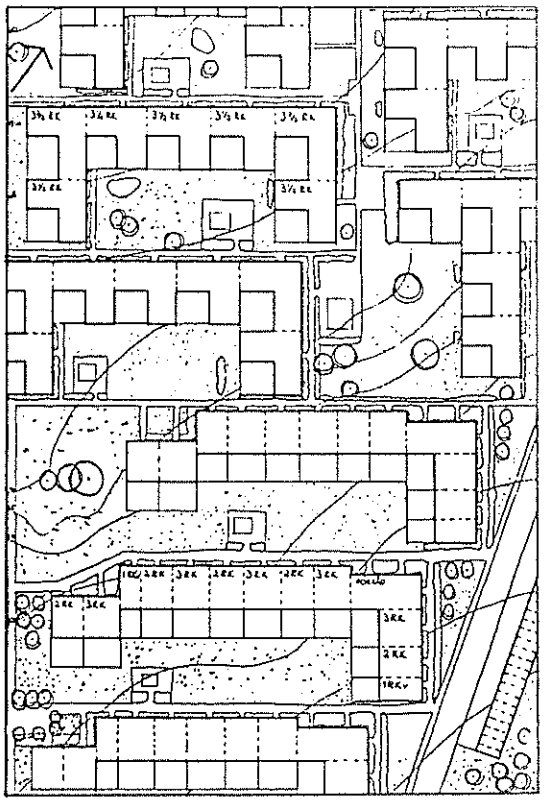
Planritningar i figur 1.5 - 1.7 är hämtade från Bostadsstyrelsens exempelsamling "Exempel på bostadsområden med låg och tät bebyggelse", våren 1973. Tätheten i % bebyggd yta har beräknats enligt ekvation (1.1) för samtliga 22 småhusområden i exempelsamlingen. Frekvensen redovisas i figur 1.8. De flesta områden ligger inom intervallet 20 - 30% bebyggd yta. I medeltal är ca 24% av markytan bebyggd.

DELAR AV BOSTADSGRUPPERNA

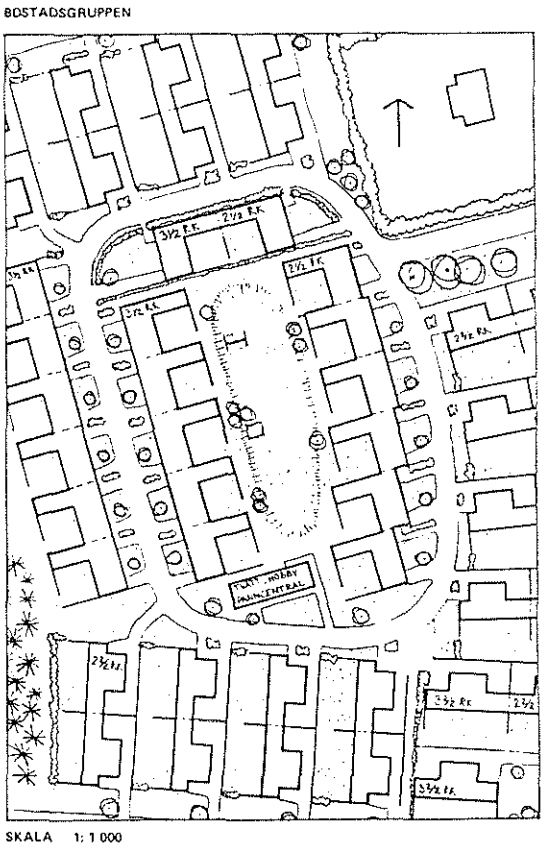


Figur 1.5
Exempel på grupphusområde med hög täthet. Byggår 1968-72, 118 lägenheter i rygg mot rygg radhus, 400 lägenheter i hörnradhus. Bebyggd yta 27% respektive 35% (Ur Bostadsstyrelsens exempelsamling).

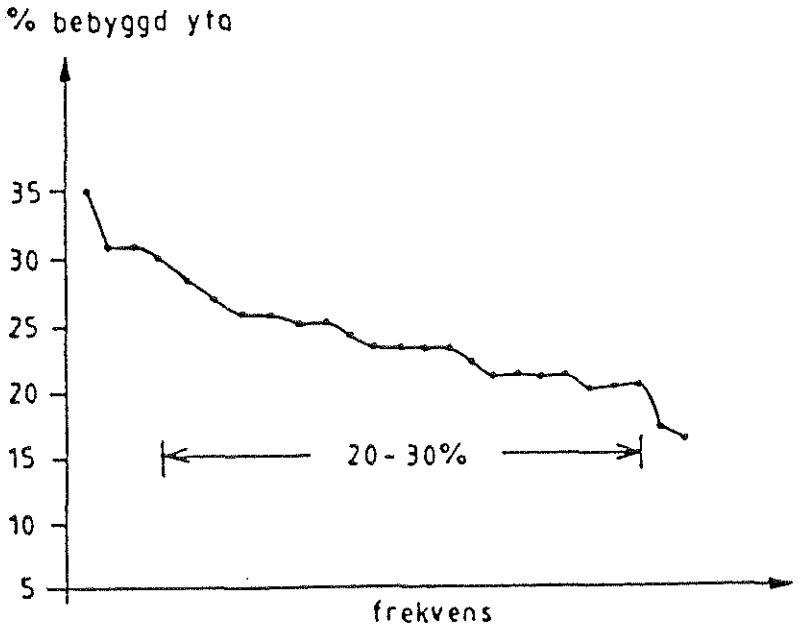
DEL AV KVARTERET



Figur 1.6
Exempel på grupphusområde med medeltäthet. Byggår 1969, 102 lägenheter i radhus, 118 lägenheter i vinkelhus. Bebyggd yta 21% respektive 23% (Ur Bostadsstyrelsens exempelsamling).



Figur 1.7
Exempel på grupphusområde med låg täthet. Byggår 1962, 46 lägenheter i vinkel- och parhus. Bebyggdyta 17% (Ur Bostadsstyrelsens exempelsamling).



Figur 1.8 Frekvens av grupphusområden med olika täthet uttryckt i % av bebyggd yta, gäller 22 småhusområden ur Bostadsstyrelsens exempelsamling.

I Norge används sk "utnyttelsegrad" för småhusområden planerade i olika terräng. I "Et utviklingsprogram for norsk boligbygging 1984-88" finns utnyttjandegraden beräknad för 15 småhusområden. Utnyttjandegraden definieras som kvoten mellan brutto golvarea och netto tomtareal. Något annorlunda förhållande är den för svenska småhusområden beräknade tätheten där kvoten mellan byggnadsytan och hela markarealen anges. Utnyttjandegraden i norska småhusområden varierar mellan 21% och 33%. 25% anges som optimum.

Det är mera av andra orsaker än brandskydd man inte bygger för tätt. Även i Sverige vill man inte bo in på varandra, eftersom man gärna vill ha en liten tomt och helst ingen insyn.

1.3 Grupphusområdens storlek

Storleken på "typiska" grupphusområden redovisas också i Bostadsstyrelsens exempelsamling. Antal lägenheter inom ett enskilt område varierar mellan 16 och 2 660 lägenheter.

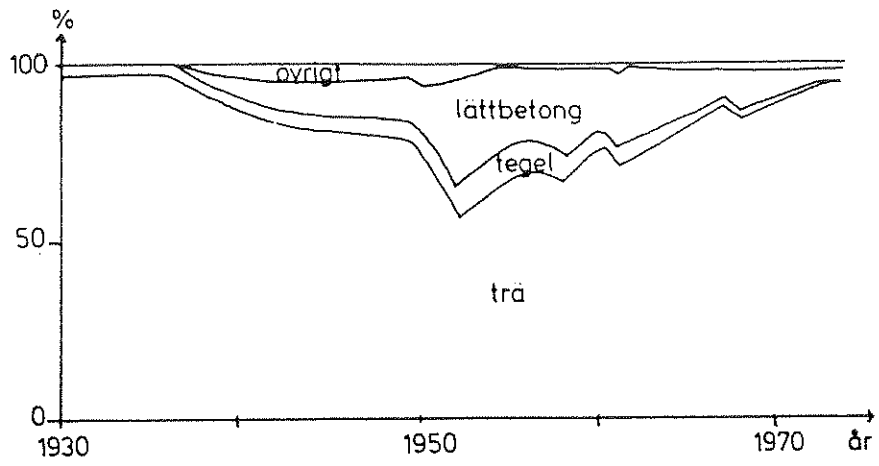
Ur boken "Från egnahem till villa. Enfamiljshuset i Sverige 1950 - 1980" av Leif Jonsson återges i tabellen nedan andelen lägenheter av den totala grupphusproduktionen i områden av olika storleksklasser.

Områdenas storlek, antal lgh	Andel lgh resp år, %														
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
1 –19	34	36	36	29	27	24	21	22	20	18	18	19	19	19	23
20–29	14	13	14	13	13	15	13	13	12	12	11	11	12	17	17
30–39	11	11	10	13	11	11	10	13	11	13	12	12	10	13	16
40–49	8	10	9	9	10	10	10	12	9	8	10	13	12	14	10
50–99	19	21	19	22	27	28	32	30	33	34	31	34	37	27	24
100–	11	9	13	14	12	13	14	11	16	16	14	11	10	10	10

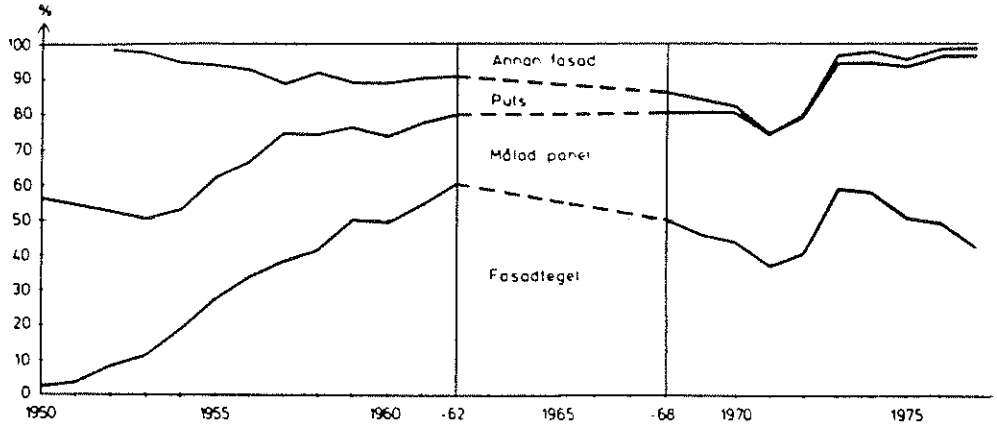
Små grupphusområden med färre än 20 lägenheter har genom åren utgjort en väsentlig andel av den samlade grupphusproduktionen. Under 60-talet ökade andelen medelstora grupphusområden (med 50 - 99 lägenheter). De allra största grupphusområdena (med mer än 100 lägenheter) har aldrig varit särskilt vanliga. De flesta lägenheter som byggts i landets grupphusområden under 70-talet har uppförts som områden med 50 - 99 lägenheter. Fram till 1970 var det områden med färre än 20 lägenheter som omfattade det största antalet lägenheter. De mycket små och medelstora grupphusområdena är alltså helt dominerande. De allra största grupphusområden byggdes kring storstäderna. Utanför storstadsområden, i landet som helhet, är stora grupphusområden ovanliga.

1.4 Ytterväggar, fasader och tak

År 1930 uppfördes närmare 90% av alla småhus med stomme och/eller ytterväggar av trämaterial (Leif Jonsson "Från egenhem till villa"). Träets andel av marknaden sjönk under åren fram till 1954 då mindre än 60% av alla småhus uppfördes i trä, medan 30% byggdes i lättbetong. Här bör påpekas att även hus av t ex lättbetong ofta har gavelspetsar av trä. Utvecklingen mellan åren 1930 och 1975 visas i figur 1.9. Hur användningen av olika fasadmaterial har varierat genom åren framgår av figur 1.10. År 1977 användes träfasader på mer än hälften av alla småhus. År 1978 byggdes 60 - 70% av de nyproducerade småhusen med fasader i trä utom i Blekinge och Skåne, där endast 16% av småhusen hade fasader i trä.



Figur 1.9 Material i småhusens stomme och/eller ytterväggar (Ur Leif Jonsson, Från egnahem till villa).



Figur 1.10 Användning av fasadmaterial i småhus (Ur Leif Jonsson, Från egnahem till villa).

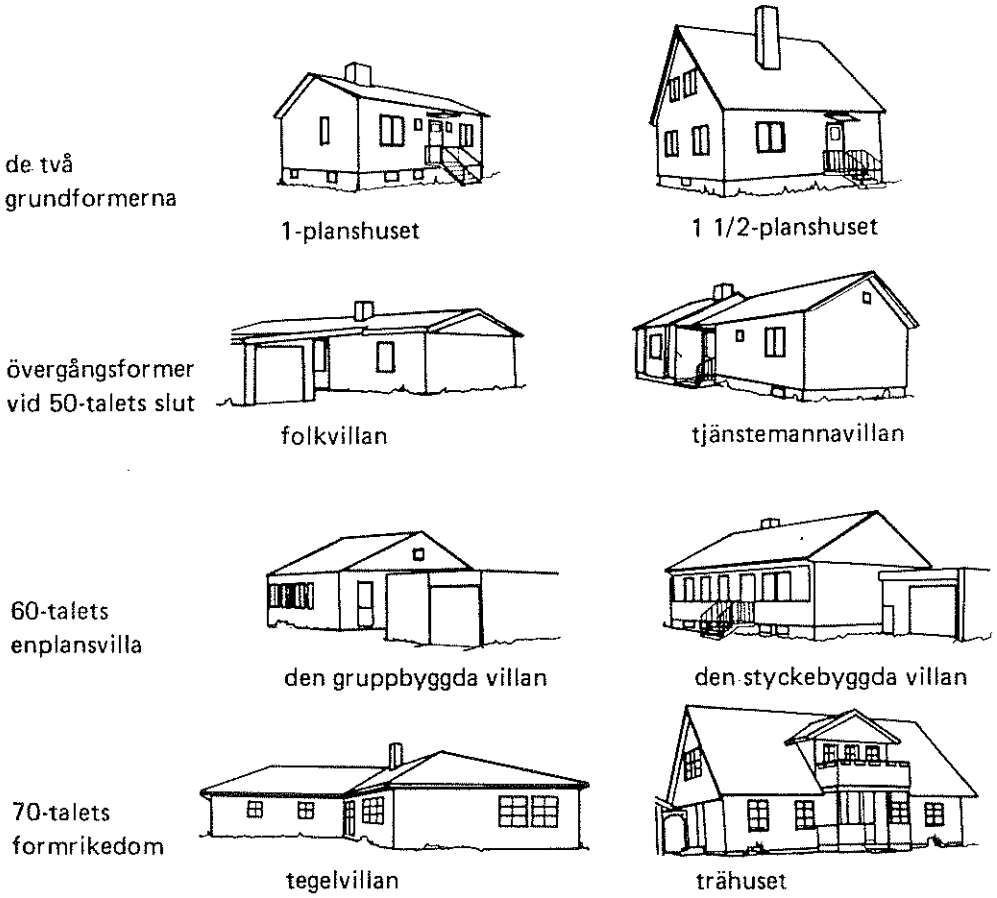
Andelen småhus som täcktes med takpapp ökade från 10% år 1957 till 50% år 1970. Därefter minskade användning av pappbelagda yttertak.

I "Småhusinventering II" sammanställd av Walter Kiessling och Anne Marie Wilhelmsen vid Husbyggnad, CTH i Göteborg 1979 återfinns uppgifter om förekomsten av och storleken på taksprång i 146 enfamiljshus i fem kommuner. Uppgifterna kan vara av intresse från brandsynpunkt.

Taksprång	Förekomst %
saknas	2
<50 cm	41
60-70 cm	41
>80 cm	16

1.5 Småhusens utformning och konstruktion

Figur 1.11 visar hur småhusens utformning förändrades genom tiderna.

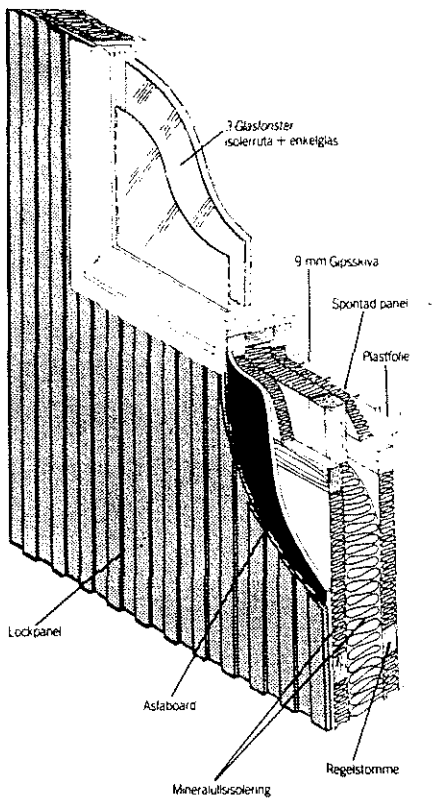


Figur 1.11 Småhusens utformning (Ur Leif Jonsson, Från egnahem till villa).

Konstruktionsbeskrivning till figuren:

1 - planshuset	ytterväggar i trä plankvägg eller regelvägg; sadeltak 30°
1 1/2 planshuset	ytterväggar i trä plankvägg eller regelvägg; sadeltak 45°
folkvillan	ytterväggar av tegel eller lätt-betong; sadeltak <30°
tjänstemannavillan	ytterväggar av tegel eller putsad lättbetong; sadeltak 30°
den gruppbyggda villan	ytterväggar av tegel och utfack-ningar av träpanel; sadeltak 30-45°
den styckebyggda villan	fasaden i tegel, gavelspets i trä-panel eller tvärtom; sadeltak 30-45°
tegelvillan	fasaden i tegel eller kalksandsten; träpanel mellan fönstren; valmat sadeltak
trähuset	fasaden i stående lockpanel; sadel-tak med utskjutande kraftig takfot rätt ovanför fönstren; takkupor

1980-talets ytterväggskonstruktion har en avancerad uppbyggnad. Konstruktionen i figur 1.12 är ett exempel på ett ytterväggselement för monteringsfärdiga småhus. Fasadbeklädnad av trä kan ersättas med fasadtegel. I så fall ingår luftspalt på ca 20 mm mellan asfaboarden och fasadteglet.



Figur 1.12 Ytterväggskonstruktion för monteringsfärdiga småhus (Ur Leif Jonsson, Från egnahem till villa).

1.5.1 Inre vägg- och takbeklädnad

Material på innerytor i ett rum kan vara avgörande för hur snabbt en brand utvecklas och sprids. Ytterväggen i figur 1.12 har invändig beklädnad av 9 mm gipsskiva på spontad

panel med mellanliggande plastfolie. I dagens småhus används övervägande gipsskivor som invändig beklädnad på både väggar och tak. Även mellanväggar är oftast konstruerade av gipsskivor på regelstomme. Det yttersta skiktet på väggarna utgörs av tapet.

Från brandsynpunkt är gipsskivan överlägsen allt träbaserat material, speciellt i tak. Gipsskivans massintåg i småhusbyggande kan hänvisas till senare 50-tal. Äldre hus hade och har fortfarande övervägande träpanel eller träbaserade skivmaterial som invändig vägg- och takbeklädnad. Träpanel, oftast i tak, förekommer även i nybyggda småhus.

I meddelande M78:8 från Statens institut för byggnadsforskning redovisas ett antal olika vägg- och taktyper för hela husbeståndet. I beskrivningen ingår "skikt mot insida" dvs ytskiktet eller skiktet närmast ytan mot rummet. Detta kan för väggar bestå av:

- enbart stomme av trä, natur-eller konststen obehandlad eller målad
- puts o d
- sten, kakel o d
- papp, väv o d (även spända plastfolier eller väv)
- träfibersskivor (hårda, halvhårda eller porösa)
- spånskivor
- gipsskivor
- plywood, eller
- träpanel.

För tak kan ytskiktet, eller skiktet närmast ytan mot rummet bestå utöver alla de material som förekommer i väggar, även av akustikplattor antingen av mineralull eller gips.

I vilken omfattning de olika materialen på rumsytorna förekommer i småhusbeståndet finns inga statistiska uppgifter om, dock har Statens institut för byggnadsforskning inom s k

ERBOL projektet samlat uppgifter om bl a ytterväggars och vindsbjälklagens konstruktiva uppbyggnad. Från ett urval av ca 500 småhus finns det möjlighet att statistiskt bearbeta uppgifterna och på det sättet få en grov uppfattning om innerytors fördelning på t ex gips, respektive träbaserade skivor.

1.5.2 Fönster

Från brandsynpunkt kan det vara intressant att känna till hur stor yta av hela fasadytan som är fönster. Fönsterytan har i förhållandet till fasadytan varierat under årens lopp. Några exakta uppgifter om förhållandet fönsteryta - fasadyta finns inte för småhus. Från statistiska uppgifter kan dock andelen fönster för fasadytor totalt uppskattas. Totalt skattas fasadytor i hela landet till sammanlagt ca 342 milj m^2. Ca 67 milj m^2 är fönster. Det ger ca 20% fönsteryta av hela fasadytan. Sedan 1976 är de flesta fönster treglasfönster (uppgifter från dataregister till den statliga utredningen Energi 85).

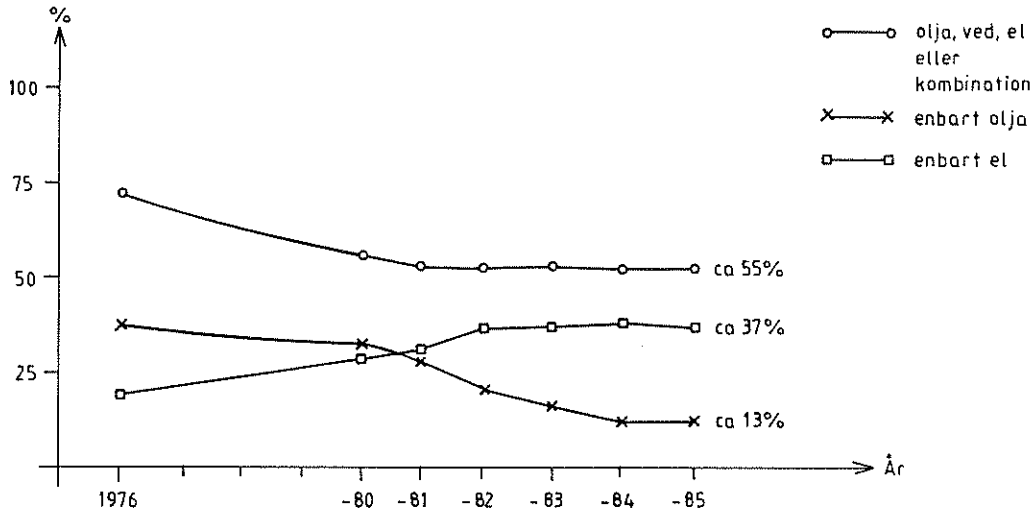
1.6 Uppvärmning av småhus

Från brandsynpunkt kan även uppvärmning av småhus vara intressant.

I figur 1.13 och tabell 1.1 visas uppvärmning av småhus färdigställda fr o m år 1976 och fram till 1985. Uppgifterna är hämtade från SCB:s energistatistik. Där indelas i småhus använda bränsleslag enligt följande:

1. Fjärrvärme
2. Kvarterscentral
3. Endast el
4. Endast olja
5. Endast ved
6. Olja och ved
7. Olja och el
8. Ved och el
9. Olja, ved och el samt annat

Bränsleslag 1 och 2 har inte direkt kontakt med huset. Summan av 5 - 9 visas i figur 1.13 i kontrast till enbart el- respektive enbart oljeuppvärmning.



Figur 1.13 Uppvärmning av småhus med olika bränsleslag.

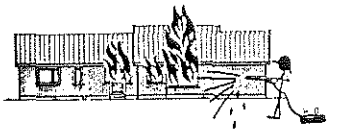
Tabel 1.1 Uppvärmning av småhus. Utveckling genom åren.

Bränsle	Uppvärmning i % för hus färdigställda år 1976	1980	1981	1982	1983	1984	1985
olja, ved, el eller kombination	72	65	60	54	55	53	54
enbart olja	37	34	27	21	17	13	13
enbart el	21	28	31	37	37	38	37
enbart ved	konstant mellan 3 och 5%						

1.7 Fritidsbebyggelse

Enligt "Allmänn fastighetstaxering 1981" är 25% av alla småhus fritidshus. Dessa ligger på en i medeltal 5 500 m^2 tomt. Här måste s k stugbyar undantas, där det ofta är mindre avstånd mellan husen och samtidigt långt från brandstationerna. Speciellt är detta förhållande aktuellt i fjälltrakterna. I fjällvärlden är dessutom vägarna ofta svårframkomliga och tillgången på vatten för brandsläckning dålig. För utformning av fjällbebyggelse finns rekommendationer "Brandskydd i fjällbebyggelse m m" utgivna av Statens planverk 1980. Där tillämpas bl a hårdare krav på avskiljande väggar samt taktäckning i sammanbyggda hus, större avstånd mellan enskilda hus och indelning i storgrupper.

2 STATISTIK ÖVER INTRÄFFADE BRÄNDER



2.1 Allmänt

Statistiska uppgifter är hämtade från FSABs (Försäkringsbranschens Service AB) statistik över anmälda skador s k D1-statistiken, samt från FSABs förteckningar över anmälda storbränder. Uppgifterna omfattar perioden mellan åren 1975 och 1985 respektive 1986.

Brand- och avbrottsskador, som reglerats av försäkringsbolagen, uppgick 1985 till ca 2 200 Mkr, 1986 till ca 2 500 Mkr. De direkta brandskadorna utgjorde år 1985 2 121 Mkr och år 1986 2 144 Mkr. Det är endast de direkta brandskador, exklusive avbrott, som behandlas i detta avsnitt.

Där "villa-hem" anges menas denna försäkringsform, vilken kan omfatta även bränder utanför bostaden. "Villa-hem i bostad" innebär däremot att endast bränder med skadeplats i bostaden är medräknade. Där "villa och radhus" anges, är uppgifterna hämtade från storbrandsförteckningarna och gäller bränder i villor och radhus.

Antal anmälda brandskador redovisas i tabell- och diagramform.

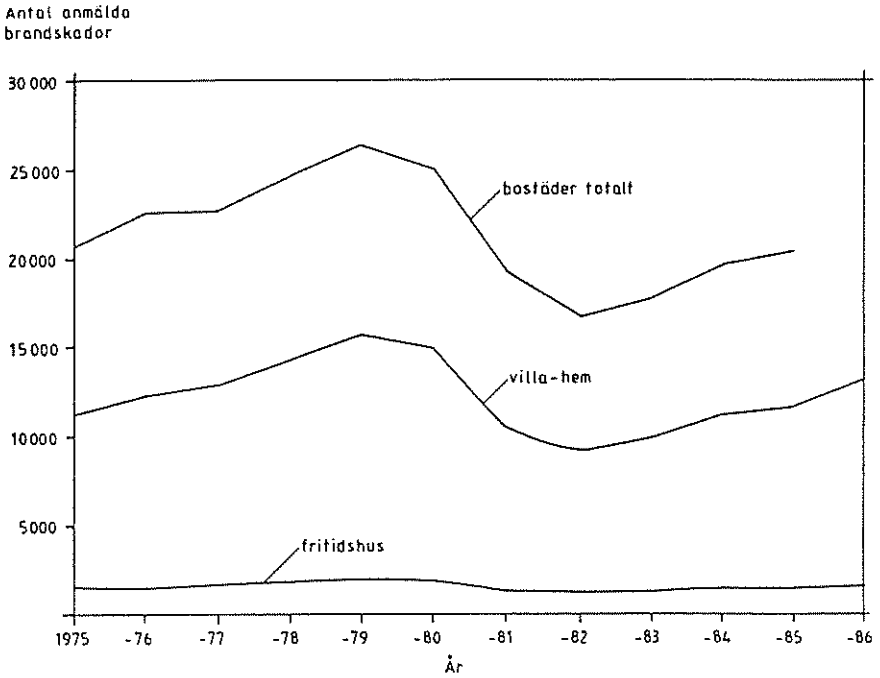
Tabell 2.1 innehåller antal anmälda brandskador i:

a) bostäder totalt (hem + villa-hem + fritidshus)
b) villa-hem
c) fritidshus

b) och c) anges även procentuellt.
Ca 55% av alla bränder i bostäder är villa-hem bränder (se figur 2.1).

Tabell 2.1 Statistik över inträffade bränder. Antal anmälda brandskador.

År	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Bostäder totalt	20070	22604	22677	24576	26442	25011	18159	16758	17740	19600	20467	-
Villa-hem	11195	12329	12942	14300	15724	14927	10428	9108	9925	11189	11566	13222
%	56	55	57	58	59	60	57	54	56	57	56	-
Fritids-hus	1583	1452	1663	1816	2052	1971	1321	1334	1268	1545	1417	1777
%	7,9	6,4	7,3	7,4	7,8	7,9	7,3	8,0	7,1	7,9	7,2	-



Figur 2.1 Statistik över inträffade bränder. Anmälda brandskador i bostäder, därav i småhus och fritidshus.

Här bör påpekas att det totala antalet villa-hem försäkringar f o m 1984 (tidigare har denna statistik inte förts) inte har ökat i samma utsträckning som antalet anmälda brandskador i villa-hem. Det totala antalet försäkringar för villa-hem samt

fritidshus överstiger dock antalet småhus i landet - 1,97 milj försäkringar mot 1,8 milj småhus år 1985. Enligt FSAB är flera hus dubbelförsäkrade, andra är inte försäkrade alls.

Den kraftiga minskningen av antalet brandskador från 1980 till 1981 beror på att brandskador i elektriska utrustningar som inte ger skador utanför apparaten f o m 1980 betecknas som maskinskada och inte som brandskada. Denna förändring i betraktelsen av en skada återspeglas i alla statistiska uppgifter om villa-hem bränder. Se även figur 2.2 och 2.3.

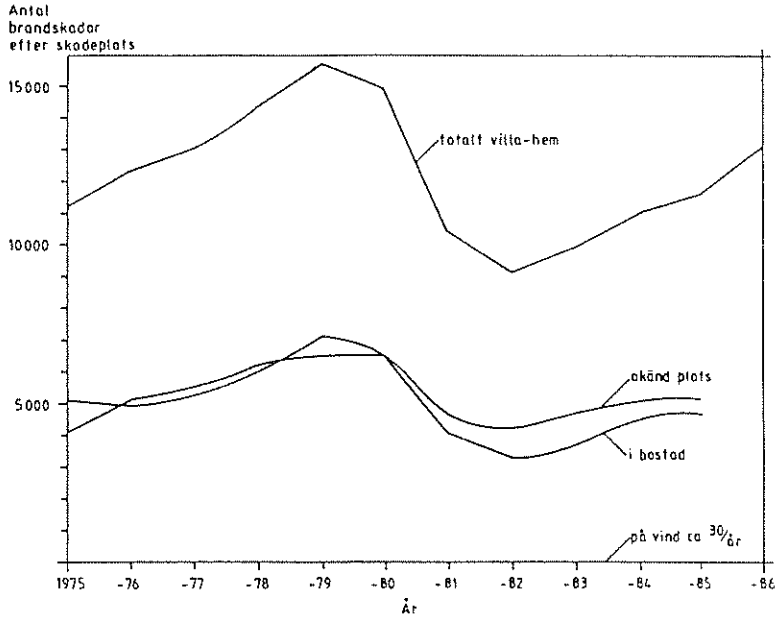
2.2 Skadeplats och brandorsaker

Anmälda brandskador i villa-hem fördelas med avseende på anmäld skadeplats respektive brandorsak (brandstiftare). Brandorsaker redovisas i större grupper, där flera orsaker av samma art ingår i varje grupp (se fördelningen längre fram). Nio olika grupper med sammanlagda siffror presenteras.

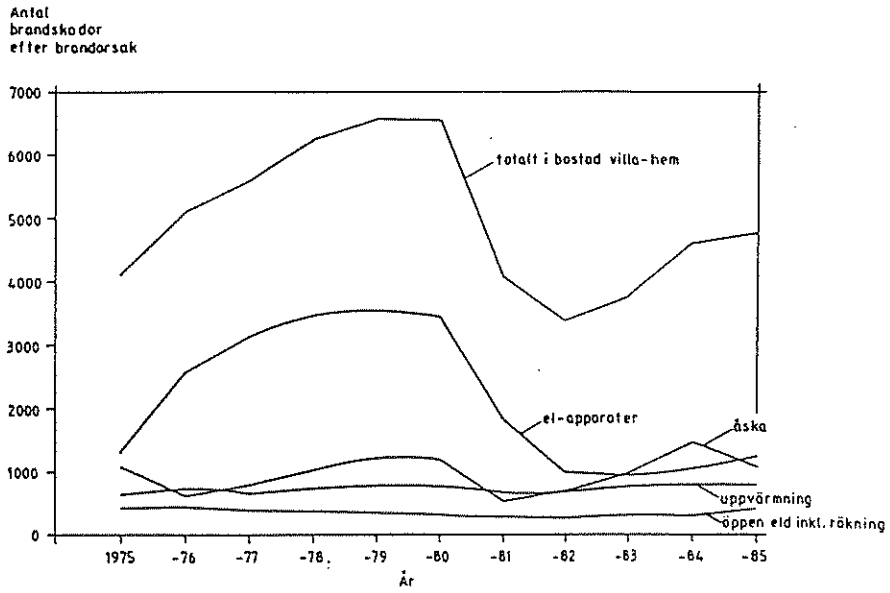
De vanligaste skadeplatserna i villa-hem redovisas i figur 2.2. Av alla anmälda brandskador i villa-hem är genomgående bara ca 40-50% i bostad.

De mest förekommande brandorsakerna i bostad i villa-hem visas i figur 2.3. Den största andelen utgör elektriska orsaker - fel i el-apparater, främst kyl och frys.

1985 var andelen brandskador orsakade av åska, el-apparater, uppvärmning och öppen eld inklusive rökning ungefär lika stor, mellan 10 och 20% (se figur 2.3). Övriga brandorsakers andel är genomgående mindre än 20%.



Figur 2.2 Statistik över inträffade bränder. Anmälda brandskador i småhus (försäkringsform villa-hem) fördelade efter skadeplats.



Figur 2.3 Statistik över inträffade bränder. Mest förekommande brandorsaker i bostad (försäkringsform villa-hem).

Uppdelning av brandorsaker (brandstiftare) enligt FSABs D1-statistik över brandskador i villa-hem:

1.	Skorsten	- skorstensstock eller rökgång - soteld (uteslutande soteld)
2.	Uppvärmning	- spis inkl platta "kök" eller likn med el-uppvärmning - spis inkl platta "kök" eller likn med annan uppvärmning - el-uppvärmn anordn, tex värme, ångpanna, tork eller ugn - annan uppvärmn anordn, tex värme, ångpanna, tork eller ugn - elbastu - annan bastu
3.	El-apparater	- radioapparat, ljudförstärkare, skivspelare, bandspelare - TV-apparat - strykjärn, strykmaskin - diskmaskin - tvättmaskin - kyl- och frysenhet - elbelysning - elledning inkl central, annan maskin, apparat eller anordning - A) elektrisk brandorsak - B) annan eller okänd brandorsak
4.	Öppen eld inklusive rökning	- sängrökning - tobaksrökning - tändstickor, levande ljus, tomtebloss - svetsning (all svetsning)

5.	Anlagd brand	- uppsåt, anlagd brand
6.	Åska	- åska: nedslag eller överspänning i radio eller TV - åska: nedslag eller överspänning i annan el-anläggning - åska i övrigt
7.	Yttre orsak	- div företeelser, huvusakligen sammanhängande med yttre orsaker, tex solstrålning, flygplan, eld i det fria - explosion, ej hänförlig till någon ovanstående brandstiftare
8.	Självantändning	- självantändning - annan brandstiftare
9.	Okänd orsak	- okänd brandstiftare

2.3 Storbränder

En stor brand är en brand då ersättningskostnaden överstiger en viss av försäkringsbranschen fastställd gräns. Denna gräns och därmed definitionen av en storbrand har under årens lopp ändrats enligt följande:

år 1975-1979	> 300 000 kr
år 1980-1985	> 500 000 kr
år 1986 och senare	> 800 000 kr

Antal och kostnader för storbränder redovisas i tabell- och diagramform för alla storbränder, respektive storbränder i villa och radhus, se tabell 2.2 och figur 2.4.

Tabell 2.2 Statistik över inträffade bränder. Antal och konstnader för anmälda storbränder.

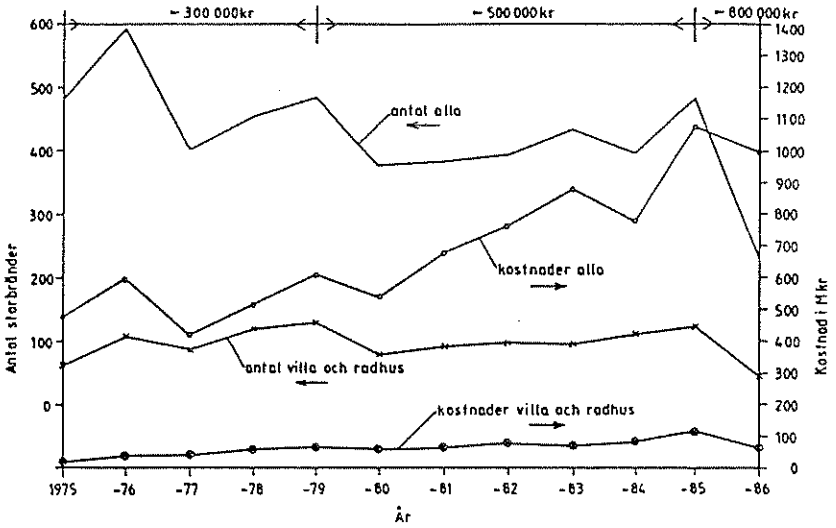
Gräns			>300 kkr					>500 kkr				>800 kkr
År	1975	76	77	78	79	1980	81	82	83	84	85	86
alla	482	591	402	453	483	375	383	393	434	396	480	280
i villa och rad-hus	62	107	87	120	130	79	93	99	96	109	124	47
%	13	18	22	26	27	21	24	25	22	27	26	17
Kostnad, Mkr												
alla	479	598	418	512	609	537	678	761	877	774	1075	995
i villa och rad-hus	20	37	40	59	64	58	62	77	70	81	112	62
%	4	6	10	12	10	11	9	10	8	10	10	6

Vad gäller antalet, är ca 100 st per år, eller ca 20% av alla storbränder, bränder i villa och radhus och ligger ganska konstant under hela 12-årsperioden (se figur 2.4). Av det totala antalet storbränder, 1 153 st i villa och radhus under tolvårsperioden är 26 st dvs ca 2% radhusbränder. I 10 fall av de 26 har flera än två hus varit involverade i branden. Det innebär att i ca 40% av alla radhusbränder har skett en spridning till flera än en angränsande lägenhet. Exakt hur många hus som har varit inblandade i dessa bränder är inte möjligt att utläsa av de tillgängliga statistiska uppgifterna. Den största radhusbranden inträffade 1985 i Salem, Botkyrka kommun, med en total ersättningskostnad på 7 750 kkr.

I en utredning om radhusbränder utförd vid Svenska brandförvarsföreningen, SBF, och publicerad i skriften "Radhus - basmaterial", 1987 konstateras att de drabbade radhusen huvudsakligen har byggts före 1975, dvs före det året då krav på uppdelning av radhusvindar med brandsektioneringar infördes även för byggnader som inte var av trä. I

skriften anges att det finns ca 100 000 radhus i Sverige. Av dessa är ca 27 500 byggda mellan 1970 och 1974, 16 500 mellan 1965 och 1969 och 5 500 före år 1965. I skriften ges även rekommendationer och praktiska anvisningar till förbättringar av dessa radhus.

Vad gäller de totala kostnaderna, utgör storbränderna i villa och radhus maximalt 100 Mkr år 1985, eller ca 10% av kostnaderna för storbränder totalt (se figur 2.4). Kostnader för avbrott är inte medräknade.



Figur 2.4 Statistik över inträffade bränder. Antal och kostnader för storbränder totalt samt i villa och radhus.

Ett försök att statistiskt utvärdera antalet storbränder i villa och radhus månadsvis respektive kvartalsvis har gjorts. Variationerna i månadsstatistiken är dock så stora, att någon tendens inte kan utläsas. Man kan dock säga att i hela landet är i medeltal ca 10 storbränder per månad villa- och radhusbränder. Under åren 1975-1986 är de högsta antalen storbränder i villa och radhus - maximalt 25 hus per månad - registrerade i januari och februari. De flesta låga antalen storbränder i villa och radhus - ca 10 hus per månad - är registrerade i oktober.

Kvartalsstatistiken av totalt anmälda brandskador i villa-hem visar under åren 1983-1986 alltid toppvärden under tredje kvartalet vilket kan bero på semesteraktiviteter dvs bränder utanför bostaden, eftersom denna tendens inte kan skönjas i kvartalsstatistiken av storbränder i villa och radhus.

Angående räddningstjänstens utryckningsstatistik har genom studier av statistiska uppgifter framkommit att exempelvis i Stockholm var totalt antalet utryckningar 1986 ca 5 900 varav till bränder ca 1 500, dvs 25%.

2.4 Småhusbränder i USA

En intressant jämförelse erbjuder statistiska uppgifter från USA. I tidskriften Fire Journal, January 1984, publicerades artikeln "What keeps the Home Fires Burning?" baserad på uppgifter från NFPA (National Fire Protection Association). Från flera artiklar av t ex M.J. Karter och J.C. Jones & M.P. Heck publicerade i Fire Journal i september 1983 redovisas bl a att 1982 var 65% av rapporterade bränder i hemmen bränder i en- och tvåfamiljshus, vilket motsvarar 47% av de totala kostnaderna. Jämför med 55% i villa-hem, varav bara 40-50% i bostad, av bostäder totalt respektive 20% av antalet storbränder och 10% av kostnaderna för storbränder i Sverige.

Vad gäller fördelningen på brandorsaker är jämförelser mellan Sverige och USA svåra att göra, eftersom fördelningen ser helt annorlunda ut. Som den största brandorsaken i en- och tvåfamiljshus i USA betraktas uppvärmning. På andra plats kommer mordbrand och på tredje okänd orsak.

På följande sida återges uppgifterna i sin helhet.

Cause	Property loss 1981 - Dwellings		
Heating	$ 280,471	17.5%	23,3%
Cooking	92,956	5.8%	
Incendiary/suspicious	296,498	18.5%	
Smoking	02,572	6.4%	
Electrical distribution	168,283	10.5%	
Appliances	73,724	4.6%	
Children playing	64,108	4.0%	
Other equipment	78,532	4.9%	
Exposure	49,683	3.1%	
Natural	30,451	1.9%	
Open flame, heat	54,492	3.4%	
Other flame, heat	17,630	1.1%	
Unknown	293,293	18.3%	
Total	$ 1,602,693	100.0%	

I artikeln föreslås en bredare användning av brandvarnare i hemmen och ett medvetet utbildningsprogram som de viktigaste åtgärderna för att sänka antalet brandskador i hemmen.

Som ytterligare en framtida åtgärd anges en bredare användning av sprinkler även i hemmen. Redan idag är sprinkler i småhus ett krav i vissa samhällen med lång insatstid för brandförsvaret.

2.5 Småhusbränder i Norge

Norge har under ett antal år legat relativt högt i internationell brandskadestatistik. Flera orsaker till att placeringen i den internationella statistiken inte alltid motsvarar den verkliga brandskadesituationen i ett land anges i

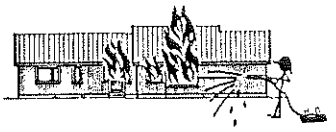
"Branner - statistikk og erfaring" av Vidar Stenstad. Så är brandskadebeloppen ofta relaterade till BNP eller beräknade per invånare, vilket länge har missgynnat Norge. Vidare bygger statistiska jämförelser mellan olika länder på brandskadeersättnigar och inte på de egentliga brandskadekostnaderna. Detta medför att ett land med dåligt utvecklat försäkringssystem får en fördelaktig placering i statistiken.

Vad gäller de totala brandskadebeloppen skiljer sig inte Norge idag från andra jämförbara länder. Årligt brandskadebelopp låg exempelvis 1980 både i Norge och i Sverige på ca 1 100 Mkr.

En jämförelse mellan småhusbränder i Norge och Sverige visar inte heller några större skillnader varken i antal eller skadebelopp, trots att Norges andel "murhus" av alla småhus är mindre än 1% mot Sveriges ca 20% (från Vidar Stenstads "Branner - statistikk og erfaring"). I samma skrift sägs bl a: "Det är i hög grad nödvändigt att öka förståelsen för brand - brandsektionering och rökdetektorer i bostäder, samt krav på säkra möbler även i hemmen."

De flesta småhusbränder i Norge utvecklas och släcks inom en begränsad del av byggnaden. Det utbrända huset är ingen typisk företeelse. Ventilerade tak d v s vindsutrymmen som är i förbindelse med uteluften genom ventilationsspringor vid takfoten, innebär större skador dock inte fler personskador. Denna typ av takutformning tillsammans med sektioneringen av vindsutrymmen ägnas i Norge idag speciell uppmärksamhet. Man rekommenderar bl a att utföra takfotskonstruktioner som B-30 konstruktion, samt begränsa ventilationspalter i takfoten till smala springor endast i områden mellan fönstren. Man går t o m så långt att man föreslår obrännbara spjäll med smältsäkring över dessa springor.

3 BRANDSPRIDNING



3.1 Bakgrund

I en förtätad bebyggelse med sammanbyggda hustyper och smala gång- och cykelgator som ersätter det gamla, breda gatunätet, kan risker för brandspridning antas öka. Statistiska uppgifter redovisade i kapitel 2 bekräftar inte helt entydigt detta antagande. Även om statistiken inte visar någon kraftigt ökande tendens av småhusbränder totalt, finns det problem som har tillkommit p g a den förtätade bebyggelsen. Att belysa spridningsmekanismer och spridningsvägar i framförallt radhus, brandförlopp i ett enstaka hus och husets roll i en stor områdesbrand, brandkårens insatsmöjligheter och utländska erfarenheter av verkliga bränder i småhusområden bör kunna hjälpa till att ge bättre underlag för morgondagens åtgärder.

3.2 Intervjuunderlag

För att på bästa sätt kunna belysa spridningsmekanismer, inventera mest förekommande spridningsvägar och andra problem i den svenska småhusbebyggelsen, utfördes inom ramen av här presenterat projekt en intervjuundersökning bland brandkårens personal. Ett antal frågor utformades. Med hjälp av dessa frågor intervjuades aktiva brandmän, brandmästare och brandingenjörer per telefon. Samma frågor ställdes både till utryckningsledare och brandkårspersonal huvudsakligen aktiva inom förebyggande verksamhet. För intervjuer valdes brandkårer i de största tätorterna, samt i orter med kända fall av radhusbränder.

Följande brandkårer ingick i intervjuunderlaget: Stockholm, Göteborg, Malmö, Norrköping, Västerås, Halmstad, Botkyrka, Gävle, Köping och Lund.

Syftet var att på ett effektivt sätt få en klarare bild av:

- en verklig småhusbrand och dess omfattning när brandkåren kommer fram,
- spridningsfrekvens och spridningsvägar,
- påverkande faktorer,
- huvudsakliga problem vid dagens småhusbränder i allmänhet och radhusbränder i synnerhet.

Man kan konstatera att undersökningen i form av telefonintervjuer var ett lyckat val. Denna form är definitivt att föredra framför en skriftlig enkät. Mest p g a den värdefulla möjligheten att omvandla utfrågningen till en givande diskussion.

3.2.1 Intervjufrågor

Frågor som ställdes till de intervjuade var följande:

(1) Hur vanliga är småhusbränder i din kommun?

(2) Vid ankomsten till småhus-(villa, radhus och liknande) branden
   a) Är huset oftare övertänt än inte?
   b) I vilket stadium är branden?

(3) Då minst ett rum är övertänt, hur ser flambilden ut?
   a) Flammor enbart från fönstren?
   b) Flammor från fönstren + takfot?
   c) Flammor från taket?
   d) Är hela huset övertänt?

(4) Hur mycket är flamyta i % av husets/väggens totala yta?
   a) Kan flamytan vara större än själva huset?
   b) I så fall hur ofta?

(5) Ser man någon skillnad mellan trähus och stenhus?
a) Vilken roll har yttre beklädnad?
b) Vilken roll har inre beklädnad?

(6) Får man samma bild av branden i villa som i radhus?

(7) Vilka är huvudsakliga problem i samband med småhusbränder? Hur sker spridningen?

(8) Har du varit med om spridning från ett radhus till ett annat, parallellt sådant? Eller över ett helt område?

(9) Vad finns det för behov att undersöka i framtiden?

3.2.2 Sammanfattande svar

Intervjusvaren kan sammanfattas enligt följande:

(1) Småhusbränder är inte speciellt vanliga. En småhusbrand i täta grupphusområden släcks oftast i ett tidigt skede av branden, eftersom larmen kommer tidigt och insatstiden är kort. Att larmen kommer tidigt, samt att insatstiden är kort är de positiva konsekvenserna av småhusbebyggelsens förtätning. Brandkårerna känner sig kapabla att snabbt släcka en småhusbrand.

(2) När brandstyrkan kommer fram, syns oftast flammor inuti huset, rök kommer genom otätheter i takfoten och nocken. Om branden är i något senare skede, är fönsterrutor spruckna och flammor kommer ut, dock endast från rummet där branden började. Normalt blir huset inte helt övertänt utom vid avlägset belägna,eller sent larmade villor, eller fritidshus.

Vid ogynnsamma omständigheter - sent på natten och om

livräddningsarbetet föregår släckning - kan övertändning av hela huset inträffa. Radhus måste angripas från två håll. Vid mindre styrkor, små tomter och smala gångbanor kan det innebära förseningar av påbörjad släckning.

(3) Oftast är endast ett rum övertänt, dock kan hela huset vara rökfyllt, speciellt vindsutrymmet. Flammor, ca 2-3 m långa, täcker fönstren från initialbrandrummet, området ovanför fönstren upp till takfoten. Takfoten är alltid av trä, oftast glespanel, och därmed en mycket utsatt del. Genom ventilationsspringan i takfoten tränger röken in i vindsutrymmet.

(4) Fönsterytan utgör i genomsnitt ca 20% av fasadytan (se avsnitt 1.5.2). Vid antagandet att flammor kommer ut från ett enda rum och täcker även området ovanför fönstren, uppskattas flamytan till maximalt 20% av husets ena fasadyta. Om även tak, som beräknas utgöra ca 25% av husets ena fasadyta, blir övertänt, kan flamytan uppgå till 50% eller mer av husets ena fasadyta. Det senare sker dock mycket sällan, eftersom brandkårspersonalen så snabbt som möjligt öppnar taket. Därmed avlastas vindsutrymmet, samt den termiska påverkan på takkonstruktioen. Det övertända taket skulle kunna orsaka antändning av intilliggande hus genom strålningspåverkan, men värme från ett enda brinnande hus brukar inte innebära några risker. Dessutom ingår det i brandbekämpningstaktiken att kyla ner intilliggande byggnader.

(5) Den invändiga beklädnaden spelar långt viktigare roll än den utvändiga. Träfiberskivor, speciellt de porösa, innebär en snabb övertändning i rummet, mindre än 2 minuter från antändning till övertändning av hela rummet om porösa träfiberskivor finns på både väggar och tak; mindre än 4 minuter om de finns enbart på väggar, jämfört med plasttapet på gipsskiva där övertändning inträffar efter ca 10 minuter; uppgifter är hämtade från försöksresultat (författarens anmärkning).

Utvändig beklädnad deltar inte i branden förrän i senare skede. Fasaden är lätt att släcka. Rena trähus kan innebära större risk, mest för att det finns mycket tillbyggnader som altaner, sammanbyggda balkonger, burspråk o. d. Ytterväggar, där träpanel skyddas med plåt eller tilläggsisolerats, kan innebära försvårat släckningsarbete.

(6) Branden utvecklas på samma sätt i villa som i radhus. Skillnaden mellan villa och radhus ligger mest i att villor oftast är belägna på längre avstånd från brandstationen än radhus, vilket innebär längre insatstid. Radhus är däremot mera svåråtkomliga för släckning från alla håll.

(7) Huvudsakliga problem upplevs i samband med sammanbyggda krypvindar och tak.

I radhus där avskiljande väggar endast går upp till undersidan av yttertaket, där ventilationskanaler är gemensamma för flera hus och där sektioneringsväggar saknas, på vissa ställen t o m helt, finns stora risker för brandspridning till ett eller flera angränsande hus. Detta gäller främst äldre områden byggda före 1975, då krav på sektioneringar på vindarna i radhus infördes. I radhus som är sektionerade kan konstruktionsfel, sättningar, små ogenomtänkta eller slarvigt utförda detaljer vara orsaken till brandspridning. En tillförlitlig sektionering är avgörande även för en snabb och effektiv insats vid släckning.

Rök sprider sig till vindsutrymmet både inifrån genom otätheter i bjälklaget eller t ex oisolerade vindsluckor p g a det övertryck som bildas. I större omfattning sprids röken utifrån, genom ventilationsspringor i takfoten. Luftning vid taknocken, eller vid gavlarna hjälper till att åstadkomma självdrag och fylla vindsutrymme

med rök. De varma rökgaserna samlas på vinden och vid ytterligare uppvärmning antänds dem, ibland explosionsartat. Underlagstak som tidigare gjordes av träpanel är nu ofta av tunna träskivor eller av plastfolie, vilket kan bidra till brandspridning.

Vid tak täckta med asfaltpapp har horisontell spridning över flera hustak förekommit. Flera fall av brand vid renovering med varm asfalt är kända.

(8) Ingen har varit med om brandspridning över ett helt område. Det fuktiga klimatet i Sverige gör att vegetationen inte medverkar i större bränder, vilket annars är en starkt medverkande faktor i stora områdesbränder (trots stora avstånd mellan husen) i södra Frankrike, Kalifornien och Australien.

(9) Förslag för att begränsa brandspridning vid småhusbränder, främst radhus, var genomgående att:

- utforma ventilationsspringor i takfoten på annat sätt (göra takfoten tät),
- införa kontinuerlig kontroll av sektioneringar, ventilationskanaler och genomföringar,
- inte minska utryckningsstyrkorna, (gäller främst i mindre kommuner),
- inte minska den kommunala vattenförsörjningen (antalet brandposter i småhusområden),
- satsa på information om vad tillbyggnader, överbyggda uterum, lagring av brännbart material på vindarna m m innebär i brandsammanhang.

3.2.3 Fallstudie

Det hade varit önskvärt att komplettera intervjuundersökning-

en med en fallstudie av några fall av verklig brandspridning. Detta visade sig nästintill omöjligt, eftersom brandkårens journaler endast innehåller uppgifter om släckinsatser. Någon annan statistik över brandorsaker än den försäkringsbranschen för, finns inte att tillgå för Sveriges del. En fallstudie från USA har dock kunnat jämföras med resultaten från intervjuer redovisade i avsnitt 3.2.2. Den har utförts år 1977 vid NBS (National Bureau of Standards), Center for Fire Research och sammanställts av B.M. Vogel i "A Study of Fire Spread in Multi-Family Residences: The causes - the Remedies".

I fallstudien ingår 84 fall av bränder i småhus (low-rise residential buildings) inträffade inom storstadsområdet Washington. I undersökningen har dessa fall studerats och analyserats med hänsyn till de faktorer som bidragit till brandspridning, t ex genom brister i konstruktionsutformningen antingen p g a felaktig design eller möjligheter att kunna kringgå gällande föreskrifter.

Fallstudien koncentrerar sig på småhusområden kring storstaden Washington och omfattar endast bränder med konstaterad spridning utanför den lägenhet där branden startade. Större delen av de undersökta husen var relativt nya - byggda under de senaste 10 åren före undersökningen. Fallstudien hade som mål att kontrollera effekten av de då gällande föreskrifterna samt föreslå förändringar.

De flesta av orsakerna till brandspridning kan hänvisas till:

- brister på utsidan av byggnaden,
- bristande brandavskiljning,
- fel val av konstruktion.

I 42% av fallen var orsaken till brandspridning antändning av brännbart material på utsidan av huset. För det mesta antändes takkonstruktionen genom antändning av takfoten eller ge-

nom spridning i ventilationsspalten i takfoten (25%). Antändning av tillbyggnader, balkonger (15%) eller fasadbeklädnaden (2%) anges också som orsak till brandspridning på utsidan av byggnaden.

Avsaknaden av brandavskiljande konstruktion mellan våningarna inom samma lägenhet på olika höjdnivåer, anges som orsak till brandspridning i 29% av fallen.

Fel vald konstruktion som t ex träreglar i närheten av rörledningar eller skorstenar där brandisoleringen var avbruten för genomföringar av kanaler, orsakade brandspridning i 24% av fallen. I 18 fall av de 84 upptäcktes flera än ett konstruktions- eller utförandefel.

Resultaten från fallstudien utförd i USA sammanfaller i huvudsak med intervjusvaren redovisade i avsnitt 3.2.2. Den ger dessutom en bild av procentuell fördelning av olika orsaker till brandspridning i småhus.

Att spridningen sker på utsidan av huset (genom ventilationsspringan i takfoten till vindsutrymmet, eller genom tillbyggnader, balkonger och altaner till närliggande hus) i ca 40% av bränder, gäller tydligen även för svenska förhållanden.

Spridning genom bjälklag mellan våningarna kan nog för Sveriges del inte tillskrivas så stor andel som 29% om här menas spridning från lägenhet till lägenhet. Däremot har spridning p g a öppen geometri i småhus från våning till våning konstaterats även i Sverige i rätt så stor utsträckning.

Fel vald konstruktion och ogenomtänkta detaljer kan mycket väl vara orsaken till brandspridning i ca 25% fall även i Sverige.

*

Från mitten av 70-talet är även en fallstudie utförd i Danmark. En arbetsgrupp inom Akademiet for de Tekniske Videnskaper, ATV, har i samarbete med brandinspektörer insamlat och sammanställt uppgifter från 19 större bränder, alla inträffade i enfamiljshus inom ett begränsat område med 350 000 invånare och sammanlagt 43 000 enfamiljshus. Syftet var att undersöka orsaker till de intensivare, nästan explosiva bränder, samt till större omfattning av totalskador i nyare enfamiljshus i jämförelse med äldre. Uppgifter om byggnadsår, byggandskonstruktion (beklädnadsmaterial på innerväggar och innertak), brandorsak och brandförlopp m m redovisas i rapporten "Undersögelse af en raekke brande i eenfamiliehuse" utgiven av ATV i oktober 1976. I rapporten konstateras att:

- skadeomfattningen är beroende av husets ålder; 7 av 9 totalskadade hus var byggda efter 1965,

- brännbar beklädnad på innertak spelar en central roll för en snabb övertändning i rummet oavsett husets ålder; 7 av 9 totalskadade hus hade innertak med träbeklädnad,

- inverkan av innerväggar uppdelade på traditionella (tegel, betong) och moderna (lätta regelväggar med skivmaterial och isolering) inte visade någon klar tendens; här konstateras att "ingen konstruktion är bättre än dess svagaste punkt",

- syntetiska material i möbler och textiler är avgörande för brandens förlopp,

- snabb alarmering är inte tillräcklig för att hindra en totalskada - brandens utveckling är för snabb,

- en öppen konflagration, samt större öppningsfaktor i nyare hus bidrar till snabbare och intensivare förlopp.

En schematisk jämförelse av hus byggda 1950 med hus byggda 1970 återges i sin helhet :

1950	1970
Gennemsnitlig størrelse ∿80 m^2	Gennemsnitlig størrelse ∿125 m^2
Opdeling i mange små rum	Åben - plan - løsning
Små vindues arealer	Store vindues arealer
Byggematerialer hovedsagelig sten materiale	Byggematerialer hovedsagelig træ (og kunststoffer)
Indvendige vægge af tegl	Indvendige lette trævægge
Fyldningsdøre	Finér døre
Pudsede lofter	Trælofter og lignende
Bygningsmæssig brandbelastning ca. 20 kg træ/m^2	Bygningsmæssig brandbelastning ca. 70 kg træ/m^2
Åbningsfaktoren ca. 0,05 $m^{½}$	Åbningsfaktoren ca. 0,10 $m^{½}$
Indvendige træoverflader i begrænset omfang	Indvendige træoverflader ofte større end 2 m^2/m^2 gulv

I rapporten redovisas även den fasta inredning i enfamiljshus som utgör en del av brandbelastningen.

Tre hustyper anges:

1. "Ekonomityp" 126 m^2 bostadsyta, ytterväggar av 1/2--stens skalmur + lättbetong, innerväggar av lättbetongelement.

2. "Dyrare klass" 142 m^2 bodtadsyta, ytterväggar av 1/2--stens skalmur + lättbetongelement, innerväggar av lättbetong och få träelementväggar.

3. "Självbyggarhus" 146 m^2 bostadsyta, ytterväggar av 1/2--stens skalmur + träväggar, innerväggar av träelement.

Fast inredning	Hustyp 1	2	3	Medelvärde
Takkonstruktion				
- brandbelastning, MJ/m^2golv	406	493	422	440
Innertak (bjälklag)				
- brandbelastning, MJ/m^2golv	49	161	104	105
- invändig fri yta av trä, m^2/m^2golv	0,05	1,00	0,14	0,40
Horisontella byggandsdelar (väggar, dörrar, fönster m m)				
- brandbelastning, MJ/m^2golv	211	337	582	377
- invändig fri yta av trä, m^2/m^2golv	0,55	1,01	2,13	1,23
Samlad fast inredning över golvnivån, MJ/m^2golv	666	991	1108	922 (s=229)
Samlad invändig fri träyta-golv, m^2/m^2golv	0,60	2,01	2,27	1,63 (s=0,90)
Öppningsfaktor, $m^{1/2}$	0,065	0,136	0,098	0,100 (s=0,036)

I undersökningen nämns också att risk för brandspridning mellan enfamiljshus i fredstid bedöms som ringa.

Den viktigaste slutsatsen från den danska undersökningen: att brännbara innerbeklädnader, specielt på innertak, innebär intensivare brand, har senare lett till en serie fullskaleförsök då betydelsen av beklädnader på innerytor skulle belysas. Försöken utfördes i ett provhus enligt den svenska provningsmetoden "Meddelande 123" från Statens provningsanstalt och redovisas i en artikel "Övertaendingsforsög i fuldskalahus" av M. Petersen i Brandvaern nr 8 från 1978. Provhuset består av två rum där det ena är ett brandrum och det andra kläs med det provade materialet. Spridning av branden från det ena rummet till det andra och beklädnadsmaterialets bidrag till branden, respektive till övertändning kan följas.

Resultaten bekräftar slutsatsen från den tidigare undersökningen: brännbar beklädnad på innertak orsakar en snabb övertändning i rummet. Med material som träpanel, träfiberskivor eller kryssfaner i taket, samt spånskivor, träfiberskivor eller kryssfaner på väggarna har tiden till övertändning varit ca 2 minuter. Med brännbara väggar, men obrännbart tak har tid till övertändning varierat mellan 3,5 och 6 minuter.

I Brandvaern nr 5 från 1983 refereras till en verklig brand i ett enfamiljshus, då brännbart innertak var starkt medverkande till en snabb brandutveckling med total skada som följd.

3.3 Spridningsmekanismer

Brandspridning från ett småhus till ett annat är främst beroende av brandförlopp inuti ett hus, samt brandkårens släckningsinsats.

Rök- och brandspridning sker på olika sätt:

- inuti ett hus,
- i flera sammanbyggda hus, eller
- mellan byggnaderna.

Brandspridning mellan byggnaderna är beroende av:

- brandförlopp inuti ett hus, dvs storlek och intensitet hos flammor utanför fönster,
- avstånd mellan husen,
- konstruktionsutformning (sektionering, takbeklädnad),
- till- och mellanbyggnader, samt vegetation,
- vindförhållanden,
- brandkårens insats.

Brandkårens insats beror på:

- tid till upptäckt,
- tid till alarmering,
- tid till första släckinsats (livräddning kan fördröja tid till första insatsen),
- utryckningsstyrka,
- åtkomlighet,
- tillgång till vatten.

Brandförlopp inuti ett hus är beroende av:

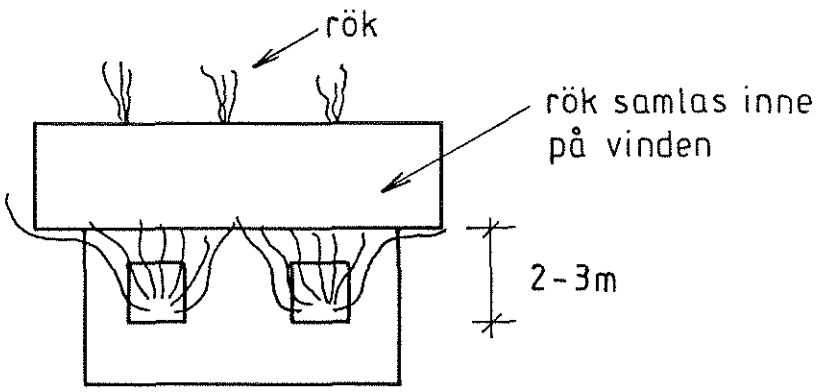
- material i rumsytor (väggar och tak),
- brandbelastning (möbler, mattor, textilier o d),
- husets geometri (ofta öppen geometri i småhus),
- husets konstruktionsutformning.

Inuti ett hus kan spridningsförlopp exempelvis se ut enligt följande:

* Branden börjar på bottenvåningen.
* Rök sprider sig genom öppna dörrar och upp genom trappan till våningen ovanför.
* Rök samlas under taket och tränger genom otätheter in till vindsutrymmet.
* Brandrummet övertänds, flammor kommer ut genom ett eller flera fönster.
* Rök tränger in i vindsutrymmet utifrån genom ventilationsspringor i takfoten.

* Inuti huset har tillräckligt med rök samlats på övervåningen. Övertryck skapas och röken tränger tillbaka ner till bottenvåningen, där risk för ny antändning föreligger.
* Rök i vindsutrymmet antänds. Om inte taket brinner genom, eller brandkåren öppnar det, blir hela huset snabbt övertänt.

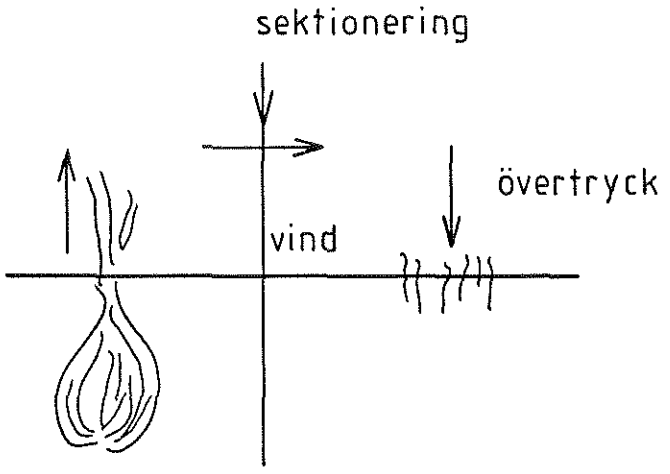
En brands utseende i ett småhus visas schematiskt i figur 3.1.



Figur 3.1 Schematiskt flam- och rökbild vid en brand i ett småhus.

I flera sammanbyggda hus (radhus) sprids röken horisontellt i vindsutrymmet. Det bildas övertryck och rök tränger genom otätheter eller eventuella öppningar i bjälklaget ner i angränsande hus.

Figur 3.2 visar rökspridning från lägenhet till lägenhet i sammanbyggda hus, t ex radhus.



Figur 3.2 Schematisk rökspridningsbild i sammanbyggda hus.

Röken kan spridas över vindsutrymme även till flera hus, mest p g a otillräcklig sektionering. Spridning genom antändning av tillbyggnader är inte helt ovanlig.

Brandspridning mellan byggnaderna kan ske genom strålning från flamma, genom gnistor s k flygbrand, eller över vegetationen mellan husen. (Har dock sällan konstaterats i Sverige). För brandspridning genom strålning är avgörande dels avståndet mellan husen, dels vindstyrka och vindriktning. För spridning genom gnistor är det utöver vindstyrka och vinddriktning, material i taktäckningen som avgör risken för antändning och eventuell spridning av branden.

3.3.1 Spridningsvägar i sammanbyggda hus

Brandspridning har konstaterats mest i sammanbyggda småhus. De vanligaste spridningsvägarna är de svaga punkterna i en konstruktion. Vindsutrymmet är den känsligaste delen. Avsaknaden av sektioneringar, sättningar som gör att avskiljande

vägg inte når ända upp till taket, genomföringar i sektioneringsväggarna, eller gemensamma ventilationskanaler är oftast spridningsvägar i vindsutrymmen i dessa hus. Den vanligaste spridningsvägen till vindsutrymmet är ventilationsspringa i takfoten. Även bristfälliga ventilationskanaler bildar spridningsvägar.

Många gånger är det icke ordinära vägar, vilka normen inte förutsätter eller omständigheter, vilka kanske inte går att reglera, som orsakar brandspridning, exempelvis:

- osektionerade delar av taket i anslutning till mansardtak, burspråk, balkonger, m m,
- byggfusk,
- tillbyggnader som balkonger, altaner, garage, eller förrådsbyggnader,
- gemensamma ventilations kanaler och genomföringar för dessa,
- olämpligt lagrade (t ex på vinden, balkongen eller altanen) brännbara vätskor, möbler, kartonger m m,
- klent vindsbjäklag med dåligt brandmotstånd.

En omsorgsfullt utförd sektionering av vindsutrymmen i radhus är viktig för att förhindra spridning från ett brinnande hus till huset nästintill. Den är också avgörande för en snabb och effektiv insats vid släckning. Betydelsen av sektionering har länge varit känd och är också reglerad i Svensk byggnorm.

Spridningsvägen genom ventilationsspringor i takfoten har hittills inte ägnats speciellt mycket uppmärksamhet, eftersom vinden är normalt samma brandcell som underliggande bostad. Denna spridningsväg är aktuell även i flerbostadshus vid bränder på de översta våningarna.

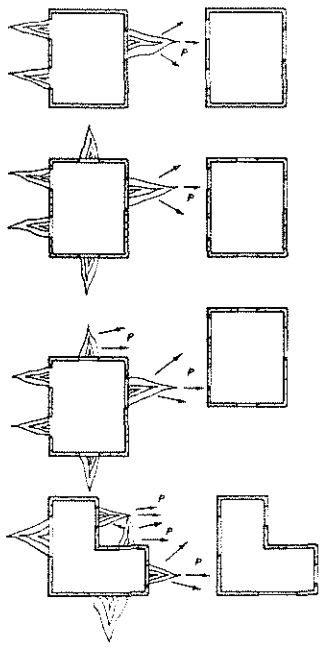
3.3.2 Brandspridning mellan byggnader

Brandspridning mellan byggnaderna i en tät småhusbebyggelse är främst beroende av avståndet mellan husen i kombination med brandkårens insatstid. Brandkårens insatstid utgör den aktiva delen av skyddet. Det passiva, d v s förebyggande skyddet mot brandspridning från hus till hus kan åstadkommas främst genom att avstånden anpassas efter påverkan från ett brinnande hus med hänsyn till brandkårens insatstid.

Från intervjuerna med brandkårspersonalen framgår att det sällan är hela huset som brinner när släckningsarbetet påbörjas. Detta oberoende av om huset är konstruerat i sten- eller trämaterial. Den mest förekommande flambilden visas i figur 3.1.

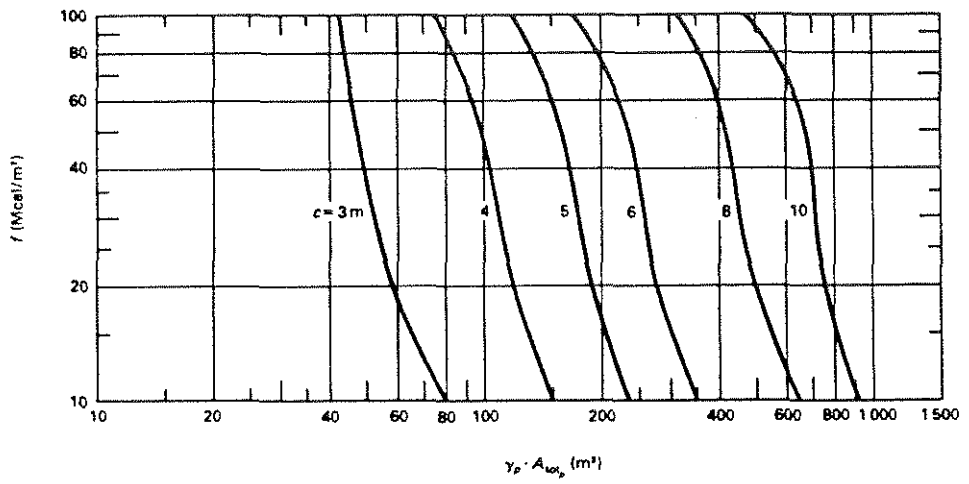
Brandspridning i tät bebyggelse av småhus i lättbetong har studerats i ett forskningsprojekt i början av 70-talet vid Lunds tekniska högskola, dåvarande Institutionen för byggnadsstatik. Arbetet har resulterat i en handbok "Skydd mot brandspridning inom småhusbebyggelse i lättbetong" författad av B. Fredlund m fl och utgiven av Svenska brandförsvarsföreningen, SBF, 1977. I handboken beskrivs den på basis av flertalet fullskaleexperiment framtagna beräkningsmetod för bestämning av det minsta avståndet mellan närbelägna hus inom ett småhusområde. Metoden tar hänsyn till brandförlopp i rum med olika storlek på fönsteröppningar och brandbelastning. Den tar hänsyn till risken för brandspridning från en byggnad till en annan vid påverkan antingen genom enbart värmestrålning från fönsteröppningar och flammor som kommer ut genom öppningarna, eller genom kombination av strålning och direkt flamma. Mot brandspridning genom antändning via flygbränder och gnistor kan inte något säkert skydd åstadkommas, inte ens vid mycket stora husavstånd. Denna brandspridningsrisk kan dock bedömas som liten i en tät bebyggelse av småhus med fasadmaterial övervägande av sten och takbeklädnad som uppfyller de grundläggande brandskyddskraven.

Beräkningsmetoden i den ovannämnda handboken tar hänsyn till det strålningsbidrag P från ett brinnande småhus som kan påverka ytmaterial i olika punkter i ett närbeläget småhus vid olika inbördes husplaceringar enligt figur 3.3.



Figur 3.3 Strålningsbidrag P från ett brinnande småhus till ett närbeläget småhus vid några alternativa inbördes husplaceringar (Ur Skydd mot brandspridning inom småhusbebyggelse i lättbetong, SBF).

Handboken ger ett flertal exempel, samt beräkningsdiagram för det minsta husavstånd c, som genomgående ligger på säkra sidan. Vid kännedom om husens och fönsteröppningarnas geometri, samt den brandbelastning som huset antas innehålla, kan på ett mycket enkelt sätt det minsta avståndet mellan husen bestämmas. Figur 3.4 visar ett beräkningsdiagram för en fönsteröppning $A\ h^{1/2}/A_{tot} = 0{,}04\ m^{1/2}$, där A är fönsteröppningarnas sammanlagda yta, h fönsteröppningarnas höjd och A_{tot} brandcellens totala omslutande yta. I figuren förekommande f är den aktuella brandbelastningen, γ_p andelen fönsteryta fylld med flammor och $A_{tot\ p} = A_{tot}$, d v s brandcellens totala omslutande yta inklusive öppningar.



Figur 3.4 Exempel på beräkningsunderlag för bestämning av minsta avstånd c mellan parallella hus för brandcellens öppningsfaktor 0,04 $m^{1/2}$. (1 $Mcal/m^2$ = 4,18 MJ/m^2).

Denna beräkningsmetod har typgodkänts av Statens planverk för användning vid planering och bedömning av täta småhusområden av lättbetong.

3.3.3 Flambilder och flamhöjder

Som tidigare nämnts, är den mest förekommande flambilden vid småhusbränder den som visas i figur 3.1. Flammor kommer ut från fönsteröppningar i det övertända initialbrandrummet och täcker området ovanför fönstren upp till takfoten. Hur flamman är beskaffad vad gäller tjocklek och temperatur är beroende av hur förbränningen inne i rummet eller lägenheten (om en hel lägenhet är övertänd) sker. Detta i sin tur beror på vad det är som brinner och hur mycket syre som tillförs branden.

Från en undersökning utförd vid nuvarande Institutionen för brandteknik, Lunds tekniska högskola och dokumenterad i "Brandrisker - fönsterprofiler av plast, aluminium och trä. En studie i fullskala" av J. Ondrus och O. Pettersson, 1987, framgår bl a att förbränning av syntetiska material förekommande i modern lägenhetsinredning medför en förändrad flambild gentemot den traditionella, då inredningen består av enbart naturmaterial. Vid användning av syntetiska material och/eller brännbart material med stor exponerad yta (vägg- och takbeklädnad) sker förbränningen i betydande grad utanför rummet - 65% av brandgaserna lämnar rummet i oförbränt tillstånd och förbränns utanför, mot 25% då enbart naturmaterial (oftast trä) brinner. Detta p g a det större energiinnehåll i syntetiska material, som kräver större mängd syre för fullständig förbränning. Följden av förbränningen utanför rummet är tjockare och längre flamma. Hur temperaturer i flamman från fönstret varierade i de i ovannämnda undersökningen ingående fullskaleförsöken visas i figurerna 3.5 och 3.6.

Tidsmässigt skiljer sig de två brandförloppen väsentligt. Samma mängd "bränsle" uttryckt som energiinnehåll i MJ/m^2 omslutande yta - i experimenten 90 MJ/m^2 - förbränns på mycket olika tider. Brandbelastning av typ A har ett mer utdraget tidsförlopp än brandbelastning av typ B. Vid den senare typ av brandbelastning sker förbränningen mycket snabbt och intensivt.

Flamlängderna blir också olika för de olika brandbelastningstyperna. Så var den observerade maximala flamhöjden för brandbelastning av typ A (se figurtext till figur 3.5) ca 2,5 m och för brandbelastning av typ B ca 4 m. En korrelation mellan flamhöjd och brandbelastningens pyrolyshastighet (pyrolys = sönderdelning under inverkan av värme) har bl a studerats av Ph. Thomas i "On Fire Flames Out of Vertical Openings" utgiven 1986 vid Institutionen för brandteknik, Lunds

tekniska högskola. Med hjälp av ekvationen 3.1 kan flamhöjden Z_f för olika bränslen beräknas.

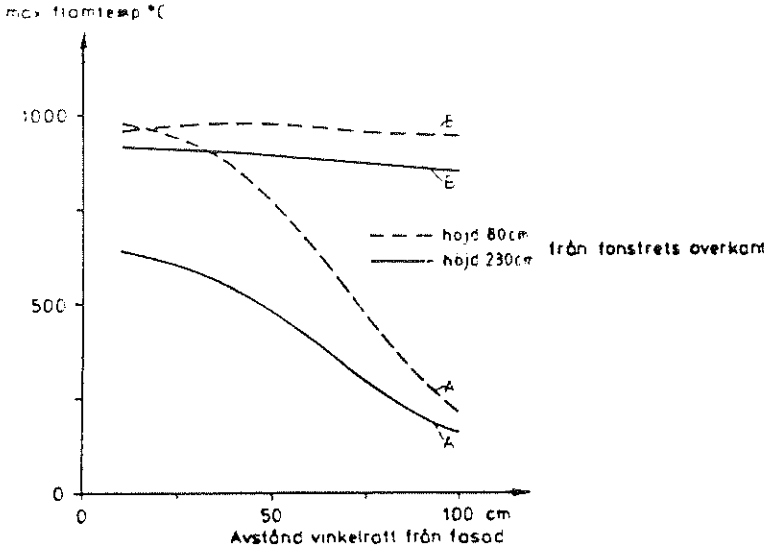
$$Z_f = 1,2\ (R' - 4H^{3/2})^{2/3} \qquad (3.1)$$

R' är pyrolyshastighet (viktminskning) för bränsle i kg trä/min, H är fönsteröppningens höjd i m. Eftersom uttrycket 4 $H^{3/2}$ är framtaget för bränsle av trä, måste för andra bränslen än trä, pyrolyshastigheten R_v' omvandlas till ekvivalent pyrolyshastighet R' för trä innan den används i ekvationen.

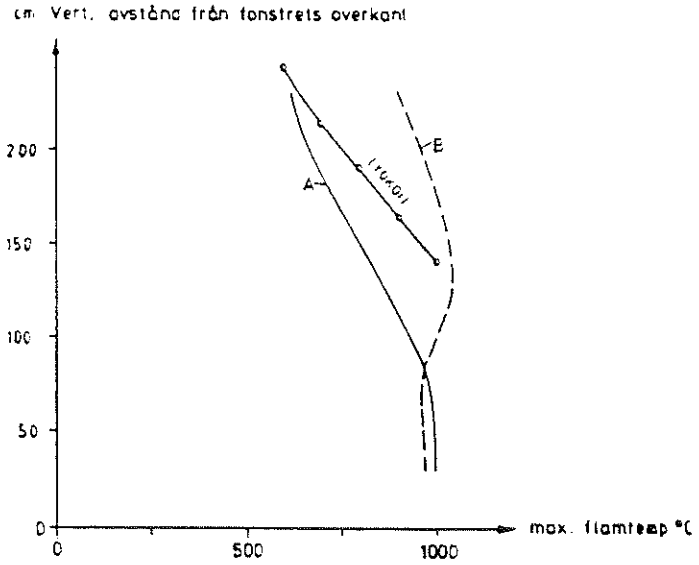
För t ex heptan med värmevärde 40 MJ/kg (värmevärde för trä är 19 MJ/kg) skall den verkliga pyrolyshastigheten eller förbrännigshastigheten R_v' räknas om till:

$$R' = R_v' \cdot \frac{40}{19} \text{ kg trä/min.}$$

Flammans utseende är i hög grad beroende av fönsteröppningens geometri. För en hög och smal fönsteröppning blir flamman längre och avlägsnar sig mer från fasaden än för en låg och bred fönsteröppning , där flamman blir kort och går nära fasaden. Det är kvoten bredd/höjd för en fönsteröppning som är avgörande för den utvändiga flammans utseende. Flammans utseende har studerats av S.Yokoi i "Study on the Prevention of Fire Spread Caused by Hot Upward Current" redan 1960. Yokois resultat gäller för en het gasström med en flamtopp motsvarande 540°C, då all förbränning antas ske inne i brandrummet. Tillgänglig kunskap om flamlängder, temperatur längs flamaxeln eller värmetransport från flamma i form av strålning och konvektion bygger övervägande på resulat från rumsbränder med brandbelastning av trä. Beräknade flamlängder enligt en av Yokoi framlagd teori visas i figur 3.6. På senare år har även flamegenskaper från rumsbränder med andra bränslen än trä studerats (se REFERENSER).



Figur 3.5 Temperaturgradienter vinkelrät mot fasaden. A - brandbelastning av enbart trä. B - brandbelastning av syntetiska material kombinerade med brännbart material på väggar och tak. I båda fallen var mängden brännbart material motsvarande ca 90 MJ/m^2. (Ur Brandrisker - fönster av plast, aluminium och trä, LTH).



Figur 3.6 Temperaturgradienten längs en vertikal på avståndet 10 cm framför fasaden. I övrigt som figur 3.5.

Flammans utseende och längd avgör strålningsintensiteten från ett brinnande hus mot ett annat parallellt sådant. Detta tyder på att det inte enbart är brandbelastningens storlek, d v s mängd brännbart material och dess värmevärde i MJ/m^2 omslutande yta, som avgör den externa flammans utseende utan även brandbelastningens beskaffenhet och placering i rummet. Den beräkningsmetod som redovisas i avsnitt 3.3.2 och enbart bygger på brandbelastningens storlek skulle därför kunna kompletteras med ingångsdata baserade på ovan redovisade forskningsresultat.

En del forskningsresultat av intresse i detta sammanhang kan hämtas även från en annan serie fullskaleförsök utförda vid Institutionen för brandteknik, Lunds tekniska högskola inom projektet "Brandrisker - utvändigt tilläggsisolerade fasader". I dessa fullskaleförsök ingick bl a mätningar av strålningsintensiteten från flamman mot omgivningen. Försöken utfördes i ett trevåningshus med det nedersta rummet som brandrum. Branden simulerade en lägenhetsbrand med syntetiska material i inredning motsvarande en brandbelastning på 110 MJ/m^2 omslutningsyta. Vid försöken deltog fasadbeklädnaden mer eller mindre i den övriga branden. Den uppmätta strålningsintensiteten från flamman mot omgivningen på en höjd av 3,5 m från underkant av fönstret var på 6 meters avstånd max 13 kW/m^2. Gränsen för antändning av trämaterial, t ex tryckimpregnerad, infärgad och åldrad furu efter ca 10 minuters strålningspåverkan anges till mellan 12 och 13 kW/m^2. På 9 meters avstånd uppmättes maximalt 7,5 kW/m^2.

Ett av seriens försök kan betraktas som speciellt intressant i småhussammanhang. Då fasaden var täckt med beklädnad av träpanel, studerades även rökspridning till en takfotsatrapp två våningar ovanför brandrummet. Rökspridningen till "vindsutrymmet" genom ventilationsspringan i takfoten följdes bl a med hjälp av temperaturmätningar. Takfotens utkragning var

75 cm och ventilationsspringan placerad längst ut. Trots detta steg temperaturen inne i luftspalten i takfoten snabbare intill väggen än vid ventilationsöppningen. En antändning av undersidan av takfoten strax intill väggen kunde konstateras, vilket förklarar den snabba temperaturstegringen i ventilationsspalten. Från försöksserien dras slutsatsen att en temperatur i rökgaserna under takfoten på 500°C under en sammanhängande period längre än 2 minuter och på 450°C under en sammanhängande period längre än 10 min innebär risk för antändning av takfoten om denna är av trämaterial, vilket den oftast är. Temperaturen i flammans topp, d v s i icke synliga heta gaser från flamman uppskattas till 500-550°C. Denna temperatur antogs vid de tidigare redovisade teoretiska beräkningarna av flammans längd.

En annorlunda undersökning av flamlängder utfördes vid NFPA (National Protection Association) i USA. Resultaten är publicerade i Fire Journal från maj 1968 i artilkeln "The Height of Flames above a Roof" of D. Pingree. 176 bilder från NFPA:s bildarkiv, oftast amatörbilder från inträffade bränder, granskades med avsikten att sammanställa maximala flamlängder. Endast bilder från bränder då taket var övertänt, viket betraktades ge maximala flamlängder, ingick i granskningen. Explosionsbränder och bränder då brandförsvaret kommer tidigt till platsen och öppnar taket eller på annat sätt får kontroll över branden, ingår inte i undersökningen. Av de undersökta bilderna var 69 från bränder i industribyggnader, 65 i lager och 30 i offentliga byggnader som skolor och kontor och 12 i olika bostadsbyggnader.

I artikeln sägs att flammor först kommer ut genom spruckna fönster. Det tar en timme eller mer, beroende på konstruktionen, tills flammor bryter genom bjälklag och tak och gasflödet ändras så att kall luft strömmar in genom fönsteröppningarna och taket blir övertänt. Maximal flamlängd eller höjd anses vara intressant för bedömning av risker för brandspridning.

Maximala flamhöjder över taket anges i sk ekvivalent antal våningar i brand och sammanfattas i följande tabell:

Antal våningar i brand	Flamhöjd över taket
1	1,4 våningar
2	1,8
3	2,2
4	2,6
5	2,9
6	3,1

Flamhöjder avlästa från bilder måste betraktas som approximativa, anges i artikeln, bl a för att vinkeln för bildtagningarna är både okänd och olika vid skilda tillfällen.

3.4 Dagens föreskrifter

De grundläggande bestämmelserna för brandskydd i småhus återfinns i SBN (Svensk byggnorm) 1980. Sedan 1980 har Statens planverk publicerat ändrade föreskrifter om bl a brandskydd i småhus PFS 1983:1 "Brandskydd m m". Det finns dessutom en speciell kommentar "Byggnadstekniskt brandskydd i småhus" från Statens planverk, samt allmänna råd för utformning av bebyggelse i fjälltrakter "Brandskydd i fjällbebyggelse m m".

I bestämmelserna ställs krav på huvudsakligen:
- avstånd mellan hus,
- ytterväggar och bärverk och,
- utrymning.

Allmänna föreskrifter i SBN 1980 angående material, byggnadsdelars brandmotstånd (brandskyddsklasser), fördelning på oli-

ka typer av byggnader och därmed krav på brandteknisk klass för bärverk, dimensioneringsprinciper för dessa, samt principer för utrymning gäller för alla byggnader, sålunda även för småhus. Det som är specifikt för småhus är skydd mot brandspridning mellan husen, krav på taktäckning och på utformning av en del detaljer endast förekommande i småhus.

3.4.1 Skydd mot brandspridning mellan småhus

Till skydd mot brandspridning mellan småhus ställs vissa krav på mot varandra vettande ytterväggar, samt lägenhetsskiljande väggar då hänsyn tas till småhusens inbördes avstånd och brandförsvarets insatstid. Dessutom ställs krav på indelning i grupper.

Så skall mot varandra vettande ytterväggar i småhus alltid utföras som avskiljande i minst klass B 30, lägenhetsskiljande väggar eller bostadskiljande väggar i småhus på samma tomt i minst klass B 60 och ytterväggsstabiliserande byggnadsdelar (exempelvis takstolar) i minst klass B 15.

Lägenhetsavskiljande väggar skall utföras i B 60 upp till yttertakets undersida om denna utgörs av spontad träpanel eller någon annan konstruktion som kan hindra en snabb brandspridning och i annat fall till taktäckningens undersida. Avskiljande väggar ovan ett vindsbjälklag kan också utföras i klass B 30 om även bjälklaget utförs i B 30.

Sammanbyggda eller närbelägna hus på samma tomt skall delas in i grupper på 600 m^2 respektive 800 m^2 för två- respektive envåningshus. Undantag för indelning i grupper finns om innerväggar och innertak kläs med tändskyddande beklädnad.

Indelning i grupper kan göras med en brandmur i klass A 60, eller olika avstånd mellan husen beroende på brandkårens insatstid.

Ju längre brandkårens insatstid är, desto högre krav ställs på konstruktionen. Vid kort insatstid (< 10 minuter) tillåts mindre avstånd mellan husen och större sammanlagd fönsterarea.

Exempelvis kan mot varandra vettande ytterväggar i klass B 30 utföras utan begränsning av fönsterarea på ett avstånd från varandra på 5 m, då insatstiden understiger 10 minuter. Avståndet måste vara minst 8 m om insatstiden överstiger 20 minuter. Avståndet mellan grupperna regleras också i förhållande till brandkårens insatstid. Då brandförsvarets insatstid understiger 10 minuter skall mellan grupperna finnas ett fritt avstånd av minst 5 m, vid brandförsvarets insatstid under 20 minuter minst 6,5 m och vid insatstid över 20 minuter, minst 8 m.

Enligt SBN 1980 skall byggnader delas i brandceller. En lägenhet utgör en brandcell. Eftersom småhus oftast omfattar en enda lägenhet, behövs ingen sådan uppdelning. För småhus gäller också att pannrum, garage och soprum skall utgöra egna brandceller som avskiljs i klass B 30 från byggnaden i övrigt.

Krav som gäller för ytterväggar, gäller även för brandcellsskiljande tak invid en högre belägen yttervägg.

Beträffande skiljeväggar ovanför vindsbjälklag i sammanbyggda småhus (radhus) gäller i andra byggnader än brandsäkra eller brandhärdiga, istället för krav på sektionering av vindar, att varje enhet i en husrad betraktas som ett enskilt småhus.

Speciella krav gäller för rök- och ventilationskanaler, imkanaler, luftbehandlingsinstallationer, förråd för bränsle, olika genomföringar och genombrott m m.

Förutom avstånden mellan husen, ytterväggar och bärverk regleras även utrymning. I ett småhus skall det från varje rum

där personer vistas mer än tillfälligt skall finnas antingen utgång direkt till det fria, eller fönster beläget högst 5 m över mark, eller tillgång till rum i samma våningsplan som har en av nämnda möjligheter. Med utrymningsväg avses dels utgång direkt till gata eller motsvarande, dels förbindelseväg till denna utgång. Gångavståndet till dörr ut till det fria bör inte överskrida 45 m, alternativt 15 m till öppningsbart fönster. Om en trappa ingår i gångvägen, räknas den in i gångavståndet som 4 gånger nivåskillnaden.

Synpunkter:

Befrielsen från kravet på indelning i grupper om väggar och tak i småhusens bostadsdelar förses med tändskyddande beklädnad mot brand inifrån förtjänar en anmärkning. Anmärkningen grundas på kunskapen om att rumsbrandens utveckling och därmed strålningsintensiteten från fönsteröppningarna är minst lika stor från en brand då enbart syntetiska material (i möbler, mattor, gardiner o d) är inblandade, än den är från en brand då brännbar beklädnad på väggar och tak deltar. Avsteg från kravet på indelning i grupper i småhusområden borde därför utgå.

Att en lucka i vindsbjälklaget får utföras i klass B 15 kan också ifrågasättas, eftersom den i så fall utgör den svagaste punkten i ett i övrigt mer motståndskraftigt bjälklag och ofta brinner genom. Luckan i vindsbjälklaget borde utföras (i alla fall i radhus) i samma brandskyddsklass som bjälklaget i övrigt.

Vidare tar föreskrifterna inte tillräcklig hänsyn till den brandspridning som kan ske på utsidan av huset upp till vindsutrymmet genom ventilationsspringan (eller genombränning) vid takfoten. Det krävs endast att ventilationsöppningar inte anordnas omedelbart under takutsprång för ytterväggar i klass B 60 och för andra inte inom 1 m avstånd från en närbelägen byggnad både i sidled och vinkelrätt. Dessa krav är

otillräckliga med tanke på de många verkliga (i tidigare avsnitt redovisade) fall med just denna brandspridningsväg.

3.4.2 Taktäckning

För taktäckning gäller i allmänhet att den skall på ett brännbart underlag utföras i obrännbart material. På småhus inom områden utanför koncentrerad centrumbebyggelse får även brännbart material användas. Materialet skall dock uppfylla vissa kriterier vid provning. Om kriterierna enligt provningsmetoden SIS 02 48 24 (NT FIRE 006) uppfylls, är följande egenskaper hos taktäckning garanterade:

- skydd av underlaget mot antändning av flygbränder,
- ingen medverkan till spridning av brand.

Fribärande tak över carport, uteplats eller entré är befriade från dessa krav. Endast svårantändlighet krävs. I övrigt gäller kraven även för taktäckning invid en högre belägen yttervägg.

Vissa yttertakskonstruktioner avsedda för industri- och lagerbyggnader (här menas t ex yttertak av plåt med isolering) tillåts även för småhus. En sådan konstruktion skall utföras så att brandpåverkan inte medför droppning av smält material utanför ett område i brandhärdens omedelbara närhet.

Synpunkter:

Uttrycket "utanför koncentrerad centrumbebyggelse" är oklart. Menas här även småhusområden utanför stadens centrum eller inte? En tydligare formulering borde införas.

Att fribärande tak över vissa tillbyggnader är befriade från kraven att uppfylla provningskriterier enligt SIS 02 48 24

(NT FIRE 006) är ganska olyckligt. Många gånger är just dessa tak orsaken till spridning. Samma krav för fribärande tak över alla tillbyggnader borde införas.

En kritisk synpunkt angående provningsmetoden är här på sin plats. Metoden tar inte hänsyn till strålningspåverkan mot takytan från flammor på avstånd. Uppvärmning av materialet genom strålning har inverkan på materialets spridningsegenskaper - antändningstemperaturen uppnås mycket snabbare. En översyn av provningsmetoden borde ske.

3.4.3 Brandkårens insats

SBN 1980 reglerar i avsnitt 37:5 anordningar för brandsläckning, där det bl a ingår "åtkomlighet vid räddningstjänst". Denna del av avsnitt 37:5 i SBN 80 berör även småhus.

Nödutrymning med brandförsvarets bärbara stegar kan ske från högst 12 m över mark, vilket är tillräckligt för nödutrymning av småhus. Därför finns det inte något krav för att brandförsvarets tyngre stegvagnar skall kunna köra fram till varje enskilt småhus.

Enligt reglerna är det tillräckligt om en lägenhet kan nås inom 50 m gångavstånd från gata eller brandväg både för nödutrymning med bärbara stegar och för släckinsatsen. Gata eller brandväg skall i sin tur vara framkomlig för brandkårens fordon och försedd med uppställningsplatser och markeringar.

Synpunkter:

Från intervjuer redovisade i avsnitt 3.2.2 har framkommit att ovanstående krav är, speciellt vad gäller radhus, många gånger otillräckliga och åtkomligheten i täta småhusområden då-

lig. Radhus är t ex ofta åtkomliga endast från ett håll (då trädgårdar är vända mot varandra), fast branden bryter oftast ut genom fönster på båda sidor av huset. Insatstiden förlängs därmed och branden kan snabbt utvecklas till större och svårare att bemästra, trots att brandpersonalen är på plats i brandens tidiga skede. Om livräddningsinsatser är nödvändiga, förlängs tiden ytteligare tills släckningsarbetet kan påbörjas.

Föreskrifterna borde behandla åtkomligheten för radhus separat med hänsyn till de speciella problem släckningsarbetet vid brand i radhus innebär.

3.4.4 Fjällbebyggelse

Bestämmelserna i Svensk byggnorm förutsätter att bebyggelsen är lokaliserad till platser med relativt korta insatstider för brandförsvaret. I fjällvärlden, långt från brandstationerna, kan insatstiden ibland uppgå till en timme eller mera. På senare år har dessutom fritidsbebyggelse i attraktiva områden vuxit med fjällbyar och andra boendeanläggningar för turism. För att öka tryggheten vid brand utan en snabb hjälpinsats från brandstyrka, samt minska risken för brandspridning i fjälltrakterna och andra glesbygdsområden rekommenderas kommunerna att följa planverkets råd "Brandskydd i fjällbebyggelse m m".

Dessa bör tillämpas på koncentrerad fritidsbebyggelse med längre insatstid än 30 minuter, koncentrerad permanent småhusbebyggelse inom områden med längre insatstid än 20 minuter och hotell och annat jämförbart med längre insatstid än 10 minuter.

Rekommendationerna omfattar en del åtgärder utöver de krav SBN 1980 ställer på småhus. Det rekommenderas bl a att:

- byggnaderna uppförs i högst två våningar,
- taktäckningen alltid utförs av obrännbart material,
- ventilationsöppningar under takutsprång inte placeras närmare grannbyggnad än 2 m,
- sammanbyggda eller närbelägna småhus indelas i grupper, s k smågrupper, på 400 m^2 och 300 m^2 för en- respektive tvåvåningshus,
- smågrupper bildar s k storgrupper på mellan 1200 m^2 och 1600 m^2 och avskiljs från annan bebyggelse med större avstånd än vad som föreskrivs för småhus i övrigt,
- nödförläggningslokaler upprättas,
- hotell och serviceanläggningar utförs med speciell omsorg.

Allmänt är det längre avstånd mellan byggnaderna (alternativt brandmur i klass A 60 som skall genombryta ytterväggar och taket med minst 10 cm), som rekommenderas. Dessutom tas hänsyn till lutande terräng och vegetationen. Risk för snabb brandspridning föreligger om marken lutar kraftigt samt om området är bevuxet med barrskog eller ljung. Lövskog kan däremot förhindra en snabb spridning av brand.

Synpunkter:

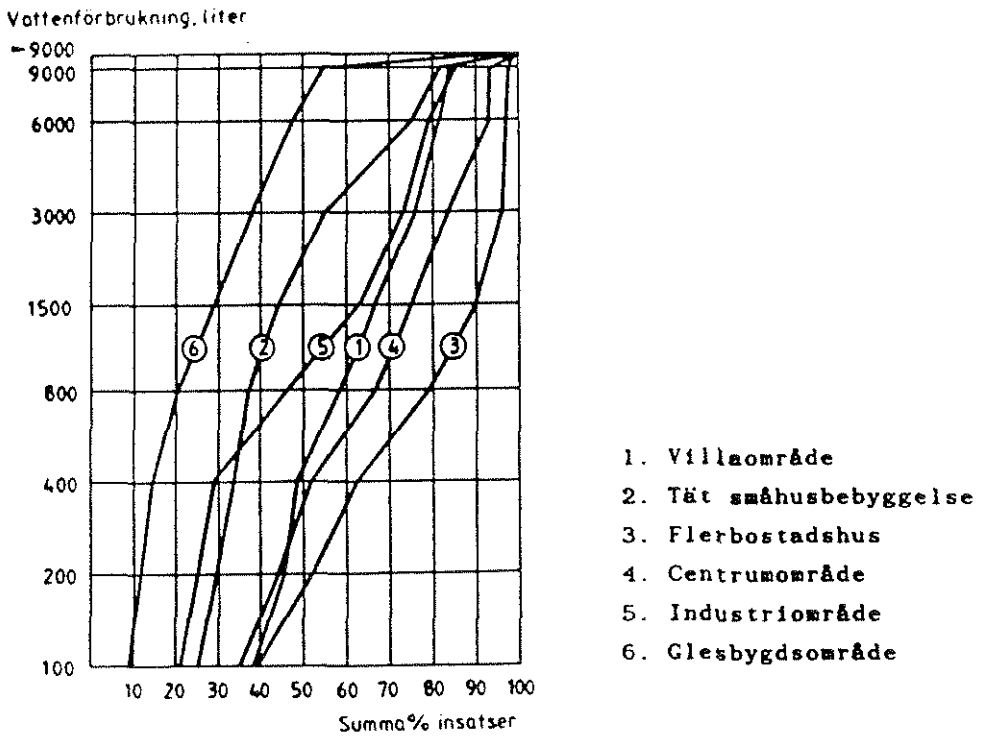
Det är tveksamt om de rekommenderade storgrupperna med 1600 m^2 respektive 1200 m^2 byggnadsarea trots 50 m avstånd emellan klarar en stor områdesbrand under hård vindpåverkan, speciellt om vegetationen deltar i branden. Avstånden borde relateras mera tydligt till vegetationens art och förekomst.

3.5 Brandvattenförsörjning

Brandkårens insats på plats är i högsta grad beroende av en

tillräcklig försörjning med släckningsvatten. Vattenförbrukkning för släckning varierar ganska starkt med brändernas storlek och måste därför dimensioneras med hänsyn till variationerna. I en utredning utförd vid VBB i Stockholm i Brandforsks regi fastställs samhällets brandvattenbehov och brandvattenförsörjning. Utredningen presenteras i rapporten "Samhällets brandvattenförsörjning / Brandvattenbehov, alternativsystem" författad av L.E. Jansson m fl från 1981. Där redovisas bl a vattenförbrukning med hänsyn till brandens omfattning. För bränderna i bostadshus framgår att vid 77% av bränderna används mindre än 200 l vatten (Västtysk statistik från 1977). Där visas också att i 90% av alla bränder räcker den mängd vatten som medförs i bilarna.

Vattenförbrukningens variation i Sverie i olika typer av bebyggelse för brand i byggnader visas i figur 3.7.



Figur 3.7 Vattenförbrukning i olika typer av bebyggelse för brand i byggnader. (Ur Samhällets brandvattenförsörjning / Brandvattenbehov, alternativsystem, VBB).

För Sveriges del visar en enkät redovisad i den ovannämnda rapporten att i 74% av fallen var den medförda vattenmängden tillräcklig. I 79% av bränderna används mindre än 3000 l (i 25% mindre än 100 l). I Sverige medförs med första utryckningsstyrkan ca 3000 l vatten. Brandpost kommer till användning i relativt liten utsträckning. Den har använts i 4% av fallen enligt enkätsresultat.

Från figur 3.7 kan utläsas att vattenförbrukningen stiger ungefär i följande ordning: flerbostadshus, centrumområde, villaområde, industriområde, tät småhusbebyggelse och glesbyggdsområde. Det krävs alltså mest vatten i glesbyggdsområde. Tät småhusbebyggelse ligger också ganska högt, dock är 3000 l tillräckligt i 55% av bränderna. I ca 80% av bränder är 9000 l tillräckligt.

För småhusområden kan också litet mera detaljerad förbrukning av vattenmängd presenteras:

Vattenmängd	Villaområde	Tät småhusbebyggelse
l	%	%
0 - 100	23	18
100 - 200	8	8
200 - 400	8	8
400 - 800	20	13
800 - 1500	17	17
1500 - 3000	12	10
3000 - 6000	5	13
6000 - 9000	1	4
9000 - 20000	4	6
20000 - 500000	2	3

I rapporten konstateras att i tät småhusbebyggelse, villaområden och områden med flerbostadshus är ofta den medförda vattenmängden tillräcklig. Det konstateras vidare att det

svenska brandvattenförsörjningsnätet är allmänt överdimensionerat. Det finns t ex i äldre områden med friliggande en- och tvåfamiljshus en brandpost på varje 150 m vattenledning. Numera förlitar man sig på s k alternativsystem vilket innebär att släckningsvatten skall erhållas från tankfordon. Påfyllning av dessa skall kunna ske från ett fåtal brandposter med god kapacitet. Alternativsystem har tillämpats i Sverige sedan mitten av 70-talet och fanns år 1981 i ca 100 kommuner.

Det finns fler fördelar än nackdelar med alternativsystem enligt rapporten. Fördelarna är såväl ekonomiska som brandtekniska och va-tekniska. Nackdelarna är följande:

- anskaffning av tankbilar är kostsam,
- extra personal behövs för dessa bilar,
- stora krav ställs på vägnätet,
- tankbilar har svårt att komma fram speciellt i tät bebyggelse,
- tankbil i reserv erfordras vid reparation av ordinarie fordon.

Erfarenheterna från tillämpningen är så goda att trots nackdelarna rekommenderas en generell tillämpning av systemet.

3.6 Utländska undersökningar

Av flertalet utländska undersökningar angående brandspridning i småhusområden bedöms som mest relevanta att nämna här en del utförda i Kanada och USA, och en del i Japan.

3.6.1 Från Kanada och USA

En intressant försöksserie utfördes på 50-talet i Kanada. I

samband med kraftverksuppbyggnaden på floden St. Lawrence skulle ett stort område inklusive flera samhällen läggas under vatten. Innan så skedde fick Division of Building Research, National Research Council of Canada, använda ett antal utvalda byggnader i ett av samhällen till en serie brandförsök. Försöksserien redovisas i Research Paper No 98 "The St. Lawrence Burns" av Shorter, McGuire, Hutcheon och Legget från 1960. I försöksserien ingick 6 bostadshus, en skola och en större offentlig byggnad. Bostadshusen modifierades så att olika kombinationer av brännbara och obrännbara fasad- respektive innerbeklädnader erhölls. Det utfördes bl a mätningar av avgiven värmestrålning mot omgivningen på olika avstånd från byggnaderna. I redovisningen används s k hypotetisk effektiv strålningsintensitet för fönsteröppningar som ensam strålningskälla. Med hjälp av en konfigurationsfaktor, vilken tar hänsyn till öppningarnas antal och storlek, samt strålningsmätarens placering i förhållandet till öppnigarna, omvandlas strålningsintensiteten från fönsterytor plus flamytor ovanför fönstren till den hypotetiska effektiva strålningsintensiteten för fönsterytor som ensam strålningskälla. Denna används sedan för jämförelsen mellan de olika försöken.

Resultaten visar att brännbara fasadbeklädnader inte ökar strålningsintensiteten från det brinnande huset. Däremot brännbara beklädnader på innerytor i jämförelse med obrännbara sådana innebär fördubblad strålningsintensitet mot omgivningen. Förklaringen är, att den totala strålande yta blir mycket större från en brand med brännbara innerbeklädnader, eftersom förbränningen sker till stor del utanför, respektive ovanför fönsteröppnigarna. Då hänsyn tas även till dessa flammor, blir strålnignsintensiteten mot omgivningen högre än om den beräknas enbart från flamtemperaturen i fönsteröppningarna.

*

I en artikel från National Research Council of Canada "Spread

of Fire Between Buildings" av J.H. McGuire och G. Williams--Leir, publicerad i juni 1981, sammanfattas en del erfarenheter, samt redovisas en metod för beräkning av det minsta säkra avståndet mellan småhus i ett småhusområde. I artikeln sägs bl a att föreskrifter ofta inte tar hänsyn till den verklighet då riskerna kan bli större än de "typiska". Att exempelvis risken för brandspridning ökar genom att byggnaden innehåller mera brännbart material, eller att det finns mer brännbart material på inre vägg- eller takytor i kombination med färre fönster än som utgör grunden för den s k standardbranden. I artikeln sammanfattas även typiska fel, vilka föreskrifterna inte heller tar hänsyn till.

Som typiska fel i sammanbyggda hus (radhus) utpekas att:

- brännbara takutsprång löper kontinuerligt längs hela radhuslängor, vilket bidrar till brandspridning,
- utbyggnader, som t ex mansardtak har brännbar takkonstruktion som löper kontinuerligt utanför sektioneringsväggarna och därför kan orsaka brandspridning,
- infästningar av brännbara delar i sektioneringsväggarna är en annan orsak till brandspridning,
- genomföringar för ventilationskanaler är gemensamma för hela radhuslängor och orsakar ofta brandspridning i sammanbyggda hus.

Som orsaker till brandspridning mellan byggnaderna anges:

- flygbrand,
- konvektiv värmeöverföring och
- värmestrålning.

I artikeln konstateras att det mest sannolika sättet för brandspridning mellan byggnaderna är spridning genom värmestrålning.

Från experimentella undersökningar i full skala sammanställs i artikeln resultaten angående de faktorer som påverkar

strålningsintensiteten från en brinnande byggnad. Följande redovisas:

- Typ av fasadbeklädnad har inte påverkat strålningsnivån från den brinnande byggnaden mot omgivningen.
- Variationer i strålningsintensiteten med avståndet från strålningskällan var direkt beroende av den hypotetiska efektiva strålningsintensiteten för fönsteröppningar som ensam strålningskälla (Temperaturen i fönsteröppningarna var högre än inne i rummet).
- Den maximala strålningsnivån från en brinnande byggnad med inre beklädnad av brännbart material var dubbelt så hög som från en byggnad med inre beklädnad av obrännbart material.
- Strålningsnivån var beroende av vindriktningen; på läsidan var den generellt mycket högre än på vindsidan.

Siffror redovisade i artikeln hänvisar till den experimentella undersökningen från 50-talet och representerar den tidigagare beskrivna hypotetiska effektiva strålningsintensiteten för fönsteröppningar som ensam strålningskälla. Höga maximala värden som 1 600 kW/m^2 respektive 800 kW/m^2 hypotetisk effektiv strålningsintensitet för fönsteröppningar som ensam strålningskälla konstaterades på läsidan för brännbart respektive obrännbart inre beklädnadsmaterial. Dessa värden är mycket högre än den maximala strålning, ca 160 kW/m^2, man brukar få vid beräkning grundad på flamtemperaturen i fönsteröppningarna.

En beräkningsmetod för bestämning eller bedömning av minsta avståndet mellan byggnaderna med hänsyn till risk för brandspridning presenteras. Den bygger på antagandet att gränsen för antändning (genom strålning) av en för brand exponerad brännbar fasad, eller brännbart material inuti en för brand exponerad byggnad ligger vid 12,5 kW/m^2. Metoden gäller för enfamiljshus i ett plan och förutsätter att husens geometri och antingen andelen fönsterarea i fasaden, eller avståndet

till närmaste hus, är kända. Ur en färdig tabell kan sedan av läsas det minsta säkra avståndet eller den minsta säkra andelen fönsterarea i % av hela fasadarean. Enligt kanadensiska föreskrifter delas husen i olika riskgrupper med olika krav på minsta tillåtna andel öppningsarea. Om t ex fasadbredden är 100 m; fasad höjden 5,2 m och avståndet mellan husen 8 m, tillåts 12% öppningsarea av hela fasadarean för s k högriskbyggander. För s k lågriskbyggnader tillåts det dubbla, alltså 24%, öppningsarea av hela fasadarean. Vilka byggnader är högriskbyggnader och vilka lågriskbyggnader framgår inte av artikeln.

*

Träkonstruktionen, definierad som minst regelverk av trä, dominerar småhusbebyggelsen, särskilt i USA. Information om brandegenskaper hos trähus är därför av stor betydelse för bedömning av brandrisker i urbana områden.

En omfattande experimentserie i syfte att belysa förbränningshastighet, strålningsintensitet, samt risker för brandspridning i samband med bränder i trähus har utförts 1969 i Kalifornien i USA. Resultaten redovisades vid Fourteenth Symposium on Combustion 1973 i artikeln "Measurements of The Dynamics of Structural Fires" av C.P. Butter, S.B. Martin & S.J. Wiersma. Elva fullskaleförsök utfördes i 13 st identiska (11,6 x 14,6 x 6m) enplansbaracker av träkonstruktion. Träkonstruktionen innebar träregelstomme, yttervägar på utsidan av träpanel och på insidan av gipskivor, innertak av träfiberskivor respektive gipsskivor. Barackerna var placerade på lastceller. Konstruktionen ansågs representera enfamiljshus av trä med en total brandbelastning på 89 kg/m^2 golvyta. I brandrummet placerades ca 250 kg träribbstaplar av avfallsträ. Temperatur, strålningsintenistet på olika avstånd från bygganderna, samt viktminskning under brandförloppen följdes. I artikeln beskrivs försöken i detalj och redovisas i tabeller och diagram. Resultaten kan smmanfattas i följande punkter:

1. Övertändning i initialbrandrummet inträffade i de flesta av försöken inom 2 minuter. Fönster och dörrar var öppna. Det konstateras, att verkliga bränder oftast utveckals till övertändning på upptill 30 minuter.

2. I experimenten med brännbara innertak har branden spridits till vind inom 1 minut.

3 Förbränningshastigheten var i medeltal 1 000 kg/min. När hela byggnaden blev involverad i branden, var maximal förbränningshastighet (efter ca 30 min) 2 480 kg/min; den lägsta maximala förbrännigshastigheten (efter ca 20 min) var 860 kg/min.

4. Antändning i fyra rum samtidigt innebar inte någon ökad förbränningsintensistet.

5. Vindhastighetsökning från 1,8 m/s till 6,7 m/s ökade den maximala förbränningshastigheten med 25%.

6. Flamtemperatur uppmättes till 1 040°C; beräknad strålningsintensitet på 33 meters avstånd motsvarade den uppmätta - maximalt 4 kW/m^{2}.

7. Utbyte av kall luft mot varma gaser genom fönstren skedde vid brännbart innertak i brandrummet under mycket kort tid, sedan brann taket över vindsutrymmet genom och utbytet skedde den vägen. Vid obrännbart innertak varade utbytet genom fönstren i 15 minuter.

En beräkning med hjälp av s k "volumetric fire spread" metoden presenteras i artikeln. Brandspridningsvärde, VDT ("volumetric doubling time") redovisas för de olika försöken. Denna tid varierar mellan 2,3 och 5,6 minuter. I ett extremt fall var den 14 minuter. VDT är den tid som krävs för att volymen för samtliga rum i flammor fördubblas. Volymen för samtliga rum i flammor V_t vid tiden t efter antändning fås ur ekvationen 3.6.1.

$$V_t = V_o \exp [(t - t_o)/m] \qquad (3.6.1)$$

V_o är volym för initialbrandrummet, t_o tid till övertändning i brandrummet och m är en tidskonstant erhållen från mätresultat då VDT = m ln2.

3.6.2 Från Japan

I den traditionella japanska stadsbebyggelsen har brandspridning och brandens utveckling till en stor områdesbrand, sk konflagration, länge varit ett problem. Genom åren har problemet angripits på många olika sätt. Att kunna bedöma om risk för brandspridning föreligger och i vilken omfattning den i så fall kommer att drabba ett visst område, samt vilka faktorer som påverkar brandspridningen, är avgörande för val av olika åtgärder.

I en artikel från Fire Research Institute of Japan "Probability of Fire Spread in Urban Fires and their Simulations" av H. Sasaki och T. Jin från 1978 presenteras en metod för simulering av brandspridning då inverkan av olika faktorer beaktas. Genom klassificering av statistiska uppgifter från inträffade bränder i Tokyoområdet har erhållits sannolikhetsvärden för brandspridning som funktion av avstånden mellan byggnaderna. Tillämpningen av sannolikhetsvärden på vissa aktuella områden i Tokyo kunde sedan ge en uppskattning av antalet byggnader involverade i en eventuell områdesbrand.

Utöver avstånden mellan byggnaderna förutsätts följande faktorer ha inverkan på sannolikheten för brandspridning:

- typ av byggnadskonstruktion (träkonstruktion, långsamt brinnade eller brandskyddad konstruktion),
- byggnadernas storlek och form, fönsterarean och antal fönster,
- beklädnad på innerytor,

- möbler,
- gårdsmur, staket,
- trädgård, träd,
- väder.

Vid simuleringen beaktas även inverkan av klimatet (lufttemperatur och relativ fuktighet) från statistiska uppgifter under perioden 1941-1960, samt frekvensen av antalet i respektive brand involverade byggnader i relation till inträffade bränder under året 1972. Artikeln innehåller tabeller och diagram där sannolikheten för brandspridning redovisas systematiskt i relation till typ av byggnadskonstruktion, vindhastighet, vindriktning samt avstånd mellan byggnaderna. Sannolikheten P uttrycks som den procentuella andel hus som var involverade i bränder av samma art. I tabellen nedan återges sannolikheten P vid brandspridning i vindriktingen vid en vindhastighet mellan 2,5 och 5,0 m/s.

Konstruktion	Sannolikheten P för avstånd mellan byggnader (m)						
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-8
trä → trä	0,79	0,80	0,57	0,50	0,50	0,30	0,30
trä → puts	0,78	0,60	0,64	0,50	0,33	0,33	0,33
puts → trä	0,75	0,14	0,13	0,13	-	-	-
puts → puts	0,78	0,42	0,25	0,17	0,00	0,00	-

Tabellen visar exempelvis att:

- oberoende av konstruktionstyp har 75-79% av byggnader delldeltagit i branden om avstånden mellan byggnaderna var mindre än 1 m,

- vid avstånden mellan 4 och 5 m har vid brandspridning mellan trähus, respektive från trähus till putsade hus deltagit i branden 50% respektive 33% av hus,

- vid brandspridning mellan trähus och från trähus till putsade hus har ca 30% av husen deltagit i branden även om avstånden mellan husen var större än 5 m,

- inga hus har deltagit i branden vid brandspridning från putsade hus till trähus och mellan putsade hus vid avstånden större än 4 m.

*

En kontakt med Fire Research Institute of Japan har etablerats inom ramen av här presenterade projektet. På förfrågan om de nyaste forskningsresultaten angående brandspridning i småhusområden har följande svar erhållits:

I Japan är idag flera forskningsprojekt inriktade på brandspridning inuti en byggnad, men få på brandspridning mellan byggnaderna. Orsaken är att antalet trähus har minskat väsentligt och därmed även stora områdes- och/eller stadsbränder. Problemen med rök och brandspridning inuti byggnader anses betydligt mer aktuella.

Fire Research Institute of Japan fortsätter dock att utveckla sannolikhetsmodeller för att kunna förutsäga risk för brandspridning i bl a småhusområden. En sammanfattning på engelska av en rapportserie som komplement till artikeln "Probabilistic Fire Spread Model based on the Concept of Fire Spread Time" av Minoru Inagaki (utgiven 1985 på japanska) innehåller beskrivning av den senaste modellen.

Beräkning av sannolikheten för brandspridning baseras på tidsberoende strålningskurvor för bränder i olika byggnader, samt för olika fasadbeklädnad och innehåll i byggnader som antänds.

En statistisk simulering med åtskilliga hundratals repetitionscykler i datorn har resulterat i att man kan följa

brandspridning med tiden beroende på storleken och konstruktionen hos byggnaderna samt deras placering i det aktuella området. Metoden baseras på temperatur-tid kurvor av brännbara material och strålning-tid kurvor för brinnande byggnader. Om branden sprids eller inte bestäms genom att jämföra sannolikhet för brandspridning med ett slumptal.

Beräkningsprocessen för simulering av brandspridning ser ut enligt följande:

I en byggnad startas branden och sannolikheten för brandspridning till omkringliggande byggnader jämförs med slumptalen. Om det finns byggnader som antänds, blir dessa nya startpunkter för ytterligare brandspridning. Denna process upprepas tills det inte längre finns någon byggnad som antänds.

Strålnings- och temperaturkurvor har bestämts genom att studera en mängd data från verkliga- och/eller försöksbränder. Från dessa har temperatur-tid kurvor som orsakar antändning av material beräknats.

En kombination av flamarean och avståndet mellan byggnaderna som kan åstadkomma antändning erhålls från synfaktorn. Det kritiska avståndet bestäms efter att flamarean har bestämts från byggnadens storlek och konstruktion.

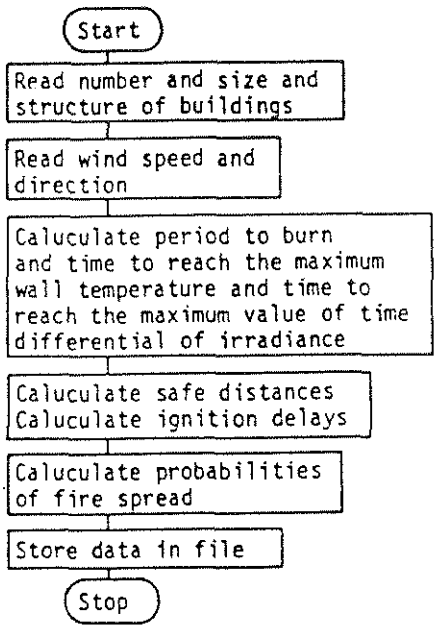
Vad gäller sannolikheten för tiden till spridning används bara två extrema fall. Antingen är avståndet mellan byggnaderna större än det kritiska - ingen antändning sker, vilket innebär lång tid, eller är avståndet kortare än det kritiska - antändning sker med direkt flamma, vilket innebär kort tid. Detta betraktas som en otillräcklig approximation och bör förbättras.

Modellen har använts för tre olika konstruktioner hos byggnaderna. Rena träkonstruktioner, putsade träkonstruktioner och

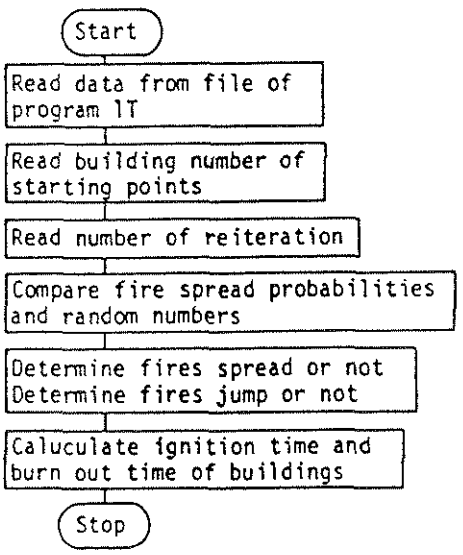
brandresistenta konstruktioner. Brännbart material som har varierats, har varit trä, puts och textil eller trä bakom fönsterglasrutor.

För att åskådliggöra beräkningsprocessen återges här flödesschemat för datorprogram från rapportserien.

FLOW DIAGRAM OF PROGRAM 1T



FLOW DIAGRAM OF PROGRAM 2T



Brandspridning har simulerats för ett område med 110 byggnader med följande resultat:

	Byggnader med fasad av		
	trä	puts	resistent material
Antal byggnader involverade i branden (median)	106 st	37 st	2 st
Medeltid tills antalet i branden involverade byggnader uppnår median	36 min	65 min	-

Tiden tills 37 byggnader blir involverade i branden, vilket är median för putsade träkonstruktioner, blir 14 minuter i stället för 65 minuter om konstruktionen är helt av trä.

Metoden bedöms kunna användas för riskanalys och riskbedömning av brandkatastrofer. Metoden är intressant, dock inte direkt applicerbar på svenska hus. En undersökning av den avgivna värmen från olika typer av brinnande hus (med exempelvis termokamera) vore i så fall nödvändig.

*

Tidigare har ägnats mycket uppmärksamhet åt brandspridning mellan trähus, bl a vid Building Research Institute of Japan. Vid en internationell konferens "Wood Frame Housing '87" i Norge presenterades ett omfattande flerårigt arbete om brandspridning mellan träbyggnader.I det skriftliga bidraget till denna konferens "Fire Spread between Wooden Buildings - External Radiation form Wooden House in Fire" av I. Tsukagoshi redovisas bl a en metod för beräkning av frigiven värme från en brinnande byggnad av trä baserad på temperaturmätningar med hjälp av en termokamera. Artikeln innehåller dessutom jämförelser av beräknad och direkt uppmätt strålning på olika avstånd, samt statistiskt bearbetade resultat från verkliga bränder.

Japan har sedan länge haft krav på "brandskyddade" fasadkonstruktioner eftersom i områden med trähus skall enligt föreskrifterna blandas hus utförda av oskyddad och brandskyddad träkonstruktion. Träkonstruktioner klassificeras som brandskyddade om de uppfyller villkoren vid en standardiserad ugnsprovning för byggnadsdelar.

Vid denna provning ersätts den internationellt godtagna standardbrandkurvan (enligt ISO 834) med en s k "the 2nd grade temperature curve". Denna har en temperaturstegring till ca 800°C på 10 minuter i stället för på ca 30 minuter för ISO--kurvan. Brandvaraktigheten är sammanlagt 30 min.

Provningsförfarandet för "brandskyddade" fasadkonstruktioner baseras på att traditionella icke brandskyddade japanska trähus brinner snabbt och med hög intensitet. Vid en omräkning enligt den i artikeln presenterade metoden och med antagandet att från en 100 m^2 stor brinnande yta på 10 m avstånd skall infallande strålning inte överstiga 12 kW/m^2 (gränsen för antändning av brännbart material), fås ett genomsnittsvärde på frigiven värme från traditionella trähus på ca 50 kW/m^2.

Effekten av på detta sätt framtvingat brandskydd av träkonstruktioner i japanska småhusområden har studerats med hjälp av en statistisk sannolikhetsberäkning. Uppgifter från verkliga bränder i Tokyoområdet under en 3-årsperiod har bearbetats. Resultaten visar att brandskyddande fasad på det brinnande huset effektivt döljer värmekällan och därmed reducerar värmeflödet mot den exponerade fasaden hos närliggande hus. Skyddet på det brinnande husets fasad är alltså avgörande för dess bidrag till brandspridning, respektive sannolikheten för risken för brandspridning. Skyddet hos det exponerade husets fasad har däremot inte någon effekt på sannolikheten för brandspridning.

Från ovanstående framgår att skydd mot brandspridning borde koncentreras på, att på olika sätt kunna reducera den frigivna värmen från en brinnande byggnad. Därför anses det viktigt att känna till och framförallt kunna mäta värmeflöde från brinnande byggnader. Traditionella mätinstrument är beroende av s k synfaktor från värmekälla till mätpunkt. Därför kan inte med hjälp av denna typ av mätdata direkt specificeras värmekällans intensitet, inte heller effekten av olika brandskydd.

Den metod som användes i fullskaleförsöken i Japan (de första försöken utfördes 1980) och redovisas i artikeln, bygger på mätdata från en termokamera kombinerad med ett dataprogram för persondatorn. På detta sätt kan temperatur och strålning analyseras från vilken del av den brinnande fasaden som helst.

I artikeln redovisas resultat från fullskaleförsöken i form av maximala värden på frigiven värme från hela fasaden, från varje våning och från enbart fönsteröppningarna samt dess utveckling med tiden under en 30 minuters brand. Försöken utfördes i en 3-våningsbyggnad av brandskyddad träkonstruktion. De maximala värdena på frigiven värme var:

från hela fasaden	35,4 kW/m^2
totalt från öppningar	80,8 kW/m^2
från fönster i 3:e våningen	106,0 kW/m^2

I artikeln konstateras att den maximala frigivna värmen från ett trähus med effektivt brandskydd på fasaden är betydligt lägre, ca 35 kW/m^2 strålande yta, än från ett traditionellt oskyddat trähus ca 50 kW/m^2 strålande yta.

Som den praktiska konsekvensen av dessa resultat anges att: med ett utmärkt brandskydd hos ytterväggar kan som den strålande yta en mycket större öppningsarea accepteras.

Efter år med förbud och restriktioner angående trähus, går Japan igen mot ett ökat byggande i trä. Därför har Building Research Institute of Japan (information genom H. Suzuki) planerat ett femårsprojekt med syfte att utveckla en "Fire Safety Design Method" för:

- trähus (hus med minst regelverk av trä),
- brännbara innerbeklädnader och
- träkonstruktioner med brandmotstånd.

Det skyddet, denna japanska undersökning talar om, bedöms redan ingå i de svenska kraven på skydd mot brandspridning mellan småhus. I Svensk byggnorm krävs minst B 30 konstruktion i ytterväggar i småhus. Därför är det ganska logiskt att risk för brandspridning från hus till hus genom helt övertända hus, trots att många är av övervägande trämaterial, inte tycks förekomma i svenska småhusområden.

En mera differentierad dimensionering av småhusområden med hjälp av den japanska metoden skulle dock kunna åstadkommas.

3.7 Slutsatser och förslag till åtgärder

Småhusbränder i Sverige med brandspridning i större omfattning är inte speciellt vanliga. En småhusbrand i täta gruppbusområden släcks ofta i ett tidigt skede av branden, eftersom larmen kommer tidigt och insatstiden är kort. Detta är de positiva konsekvenser av småhusbebyggelsens förtätning, som motverkar den förhöjda risken för brandspridning genom själva förtätningen.

Husens, områdenas och brandförsvarets dimensionering reglerade genom gällande föreskrifter gör, att påverkan från ett brinnande hus på ett närliggande oftast sker enbart från flammor som kommer ut genom fönsteröppningarna. Att påverkan genom strålning från fönsteröppningarna är den dominerande

faktorn, vilken man räknar med vid bedömningen av eventuella risker för brandspridning, bekräftas även i en del utländsk litteratur. Strålningspåverkan från ett brinnande hus är oberoende av ytterväggarnas konstruktion om dessa utförs som brandskyddande. Dagens svenska småhus med tjock värmeisolering i ytterväggarna är knappast någon riskfaktor. Detta särskilt med tanke på att fasadbeklädnad enligt en del forskningsresultat inte är avgörande för brandspridning mellan byggnaderna. Det är snarare husets innehåll - den lösa inredningen, samt beklädnaden på innerväggar och tak - som avgör rumsbrandens intensitet och därmed hela brandförloppet. Särskilt i brandens tidiga skede innan släckningsarbetet påbörjas.

De problem man möter vid bränder i småhusområden i Sverige är främst brandspridning i sammanbyggda hus. Huvudsakligen i samband med sammanbyggda vindsutrymmen i radhus, där sektionering är bristfällig eller saknas helt.

En annan orsak till brandspridning i främst radhus är kontinuerliga brännbara takutsprång med ventilationsspringa som förbinder vindsutrymmen med uteluften och möjliggör inträngning av rök till vinden. Spridningen i sammanbyggda hus sker även p g a ogenomtänkta eller icke reglerade detaljlösningar, eller detaljer som skulle kunna regleras på bättre sätt (se avsnitt 3.4). I framtiden kommer förmodligen andelen radhus i den svenska småhusbebyggelsen att öka. En del åtgärder måste därför koncentreras på smmanbyggda småhus.

Brister i information om orsaker till brandspridning eller risker för brandspridning genom lagring av brännbart material, olika till- och överbyggnader, samt vikten av brandvarnare är ytterligare problem i mest småhusområden.

Ovannämnda "svenska" problem är lika mycket utländska, vilket bekräftar litteraturuppgifter från Norge, USA och Kanada.

Förslag till åtgärder kan vara av både enkel och komplicerad karaktär. De enkla åtgärderna anges redan i avsnitt 3.4 och kan direkt införas i svenska föreskrifter.

Att införa regelbunden kontroll av sektioneringar, (vilket kanske inte alltid är det lättaste), ventilationskanaler och genomföringar bedöms också som en relativt enkel åtgärd. Likaså att satsa på information vad tillbyggnader, överbyggda atrium, lagring av brännbart material på vindarna m m innebär i brandsammanhang.

Att inte inskränka på brandförsvarets styrkor, insatstid, åtkomlighet, eller möjlighet för brandvattenförsörjning kräver inga speciella åtgärder, endast varsamt och genomtänkt tillvägagångssätt vid förändringar i samhällsfunktioner.

Till de mer komplicerade åtgärderna hör sådana åtgärder, som måste föregås av en undersökning, eller t o m mera omfattande forskning i form av experiment, riskanalys eller liknande.

Bland sådana åtgärder kan nämnas:

1. Utformning av takutsprång.

2. Anpassning av beräkningsmetoden utvecklad för lättbetonghus. Metoden bestämmer det minsta säkra avståndet mellan närbelägna hus med utgång från en rumsbrand av traditionell karaktär. Anpassning till en rumsbrand med syntetiska material i inredningen och /eller brännbara vägg- och takbeklädnader inblandade krävs.

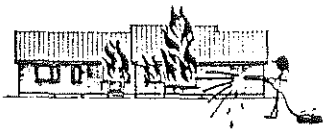
3. Att bestämma avgiven värme från olika typer av hus med hjälp av en termokamera för användning vid riskanalys (enligt t ex den japanska modellen) av befintliga samt planerade småhusområden.

4. Att utveckla dataprogram för riskanalys anpassad till svenska förhållanden.

Problemet med det annorlunda brandförlopp vid rumsbrand p g a ändrad materialsammansättning i den lösa inredningen är inte på något sätt specifikt för småhusbränder. Säkrare möbler i rummen är därför en allmän förebyggande åtgärd för alla bostadsbränder. Brandvarnare i hemmen räddar liv och förkortar tid till alarmering lika mycket i småhus som i andra lägenheter.

Att införa sprinkler i hemmen är också en möjlighet att ytterligare begränsa större skador vid lägenhetsbränder. Sprinkler är nog mer lämpade för småhus än andra bostadsformer, eftersom brandkårens insatstid oftast är längre och konstruktionen från brandsynpunkt sämre än i t ex flervåningshus. Speciellt avlägsna villor eller fritidshus skulle kunna skyddas med hjälp av sprinkler. Vissa stugbyar i svensk fjällvärld har redan idag automatisk släckanordning.

4 STORA OMRÅDESBRÄNDER



4.1 Orsaker och förlopp

En brand som omfattar en avsevärd yta och som förstör ett stort antal hus, minst 50 st med minst 3 300 m^2 våningsyta, betecknas som stor områdesbrand eller konflagration. Definitionen kommer från Japan, där 14 konflagrationer inträffat mellan åren 1934 och 1961. För svenska förhållanden, där bostadsytan för en lägenhet i småhus är i medeltal 122 m^2 (se avsnitt 1.1) måste en stor områdesbrand omfatta minst 6 100 m^2 våningsyta.

De japanska konflagrationerna analyseras i "Natures of Conflagration in Japan" och är publicerade i en artikel av Kojiro Kamei i Bulletin of Fire Prevention Society of Japan från juni 1961. Analysen av de 14 konflagrationerna omfattar:

1.Statistisk analys. De flesta av konflagrationerna inträffade under våren (mars och april) och var koncentrerade till vissa områden.

2. Väderanalys. Lufttemperaturen hade liten inverkan. Relativa fuktigheten hade inverkan på uppkomst av branden men inte på dess utveckling till konflagration. Vindhastigheten var den avgörande faktorn för brandspridningen. Flera gånger har konflagrationen utbrett sig i tyfonernas riktning.

3. Flygbränder. Spridning genom flygbränder visade sig ha ett visst beroende av vindhastigheten. Vid lägre vindhastigheter, under 15 m/s, skedde antändning genom flygbränder mer eller mindre jämnt fördelat på avstånd mellan 100 och 500 m från initialbranden. Vid vindhastighter högre än 15 m/s, var flygbränderna orsaken till antändning mest inom 100 meters avstånd från initialbranden.

Uppgifter från här refererade artikeln återfinns även i "Brandrisker och brandskydd i tät trähusbeyggelse" av Ingvar Strömdahl och kan sammanfattas i en del faktorer som tycks ha inverkan på konflagrationens uppkomst. Dessa är:

- hög vindhastighet (högre än 7 m/s),
- låg relativ fuktighet flera dagar i rad,
- flera övertända byggnader vid brandkårens ankomst (lång alarmerings- och/eller insatstid),
- otillräcklig vattenförsörjning för släckning samt,
- takbeklädnad med egenspkaper som låg antändlighet,och snabb flamspridning.

Konflagrationen i fredstid inträffar oftast i varmt och torrt klimat samt under exeptionella vindförhållanden. I regel deltar vegetationen i branden, eller är t o m den primära orsaken till att branden sprider sig i bebyggelsen.

En konflagrationsbrand uppstår i regel från en enda antändningspunkt och utbreder sig främst i vindriktningen.

4.2 Analys av erfarenheter

De senaste årens erfarenhet av stora områdesbränder finns mest från USA och Australien.

I en artikel av G.C. Ramsay m fl i Fire and Materials vol 11, 1987 beskrivs en undersökning utförd efter den s k "Ash Wednesday Brushfires" som inträffade den 16 februari 1983 i södra Australien. Branden krävde 76 människors liv och omkring 2 500 hus och 1 000 lantbruksbyggnader förstördes. I undersökningen ingick 1 153 hus med varierande grad av skador. Uppgifter om bl a husens utformning och konstruktion samt deras deltagande i branden har samlats med hjälp av personliga intervjuer, skriftliga frågor sända till husägarna, släckper-

sonalens observationer, undersökningar av ritningar, fotografier m m. Resultat från statistisk bearbetning av den insamlade informationen sammanfattas i följande punkter:

1. Grad av skador. 54% av alla hus blev totalt förstörda. I 8% av husen hade skadorna varit av den omfattning, att de gick att reparera. 16% av husen hade ytliga skador och 22% hade inte antänt alls.

2. Fasadbeklädnad. Tidigare undersökningar av stora områdesbränder har kommit fram till motsägande resultat angående den roll fasadbeklädnaden spelar i en konflagrationsbrand. Vissa uppgifter tyder på att beklädnaden inte har någon signifikant roll, andra att t ex fasadtegel är bättre än någon annan typ av fasadbeklädnad. I artikeln presenterade undersökningen tyder på att hus med fasadbeklädnad av tegel, betongplattor eller block har klarat sig bättre än trähus, eller hus med fasadputs. Här spelar utformningen av den övriga konstruktionen också en roll.

3. Fasadfärg. Allmänt anses vit, eller ljusa färger bättre än mörka, eftersom de reflekterar strålningsvärme. Data i den presenterade undersökningen stödjer inte denna uppfattning.

4. Takutformning. Hus med falsat/plåttak överlevde branden i större omfattning än hus med korrugerad plåt eller fiberarmerade cementplattor. Man har däremot inte funnit någon inverkan av takens lutning, mot tidigare förmodan att det är större risk för antändning för branta tak än för tak med mindre lutning.

5. Vegetation. Mängden och typ av vegetation runt husen utgör en betydande faktor. Hus med tät vegetation och större andel träd i förhållande till buskar blev mer skadade än andra.

6. De boendes ingripanden. Två tredjedelar av husen var inte bebodda eftersom de flesta var sommarhus. Under branden har

bara några få människor stannat vid sina hus. De har dock återvänt efter att branden hade passerat och utfört ett betydande eftersläckningsarbete.

7. Inverkan av vind. Enligt observationerna har husen "spontant exploderat" under inverkan av värme från den passerande flamfronten. I undersökningen anses detta teoretiskt omöjligt, eftersom varje hus var exponerat för värme från den passerande flamfronten bara i några få minuter, vilket inte kunde orsaka spontan övertändning. Mera sannolik är förklaringen att flera bränder som startade inuti husen kunde på mycket kort tid utvecklas till övertändning, vilket gav intrycket av explosioner. Dessa intryck blev förstärkta genom inverkan av vind orsakad av branden då taken lyfte och väggar och fönster blåste ut. Den starka vinden vållade i vissa fall mer skador än själva branden.

8. Mänsklig inverkan. Människors ingripanden för att rädda de egna husen spelade en viktig roll. De flesta småbränder släcktes innan de hann utvecklas till större och okontrollerbara.

9.Typ av antändning. Det anges tre möjliga antändningssätt:

* genom gnistor,
* genom strålningsvärme,
* genom direkt kontakt med flamma.

Från intervjuer med ögonvittnen framgick det att i de flesta fallen skedde antändning genom gnistor, vilket är förklarligt, eftersom denna typ av antändning kunde ske även en viss tid före och flera timmar efter att flamfronten hade passerat. Gnistor kunde tränga in i husen genom spruckna fönster eller förstörda väggar och tak och antända innehållet. Ansamling av gnistor på horisontella ytor som trappsteg eller fönsterbleck kunde börja brinna på nytt och antända brännbara delar av huset.

Strålningsvärmen orsakade att fönsterrutor sprack, vilket kunde underlätta uppvärmning av innehållet och antändning med gnistor eller direkt flamma. I extrema fall kunde trämaterial eller brännbart material i närheten av fönstren antända av enbart strålningsvärme.

Antädning genom direkt kontakt med flamma var svår att identifiera eftersom förkolnade ytor kunde vara resultat även av strålningspåverkan eller av den efteråt antända vegetationen runtom husen.

10. Återuppbyggnad. Intervjuerna inriktade sig på att fånga befolkningens attityder till eventuella skyddsåtgärder vid återuppbyggnad. De flesta tillfrågade betraktade röklukten som största problem. Vissa tyckte att inga åtgäder hjälper vid en brand med så stor omfattning, andra förlitade sig på byggnadsföreskrifter, vilka dock inte speciellt reglerar återuppbyggnad efter en stor områdesbrand.

*

I tidskriften Fire Technology, Vol 23, No 3, 1987 i artikeln "The Florida Palm Coast Fire: An analysis of Fire Incidence and Residence Characteristics" av R. Abt m fl redovisas och med hjälp av två olika statistiska metoder analyseras också en konflagrationsbrand.

Branden startade som skogsbrand den 16 maj 1985 i Palm Coast kommunen, Forida, USA. Branden kunde begränsas första dagen till ca 120 tunnland. Nästa dag, när vindförhållanden försämrades, spreds branden över ett större område till bebyggelsen. Under loppet av några timmar förstördes 99 hushåll och totalt brändes ca 10 000 tunnland skog ner. Trots att skadorna var mycket omfattande, förstördes inte alla hus. Därför kunde man genom en undersökning efter branden samla uppgifter om bl a husens konstruktiva detaljer, läge, utbredning av buskage runt husen och brandens omfattning. I artikeln analyseras småhusbränder i denna konflagrationsbrand i relation

till husens konstruktiva utformning, brandens intensitet och lokalisering. Det görs ansatser till kvantitativ analys och sannolikhetsprognoser genomförs med uppsamlade uppgifter. Artikeln presenterar resultat från simuleringar enligt två olika sannolikhetsmodeller. Flera faktorer som kan tänkas påverka en brand och dess spridning har varierats i simuleringarna. Bl a har brandens intensitet delats i två grupper: "bottenbrand" respektive "toppbrand". Utbredning av buskage har succesivt ökats. Husen har delats i olika konstruktionstyper. Resultaten visar att uppdelningen på "bottenbrand" och "toppbrand", dvs brandens intensitet, har varit den mest signifikanta faktorn. Artikeln innehåller även ett antal diagram med sannolikhetsprognoser som funktion av buskageutbredningen för olika konstruktions- och lokalitetskombinationer.

*

En annorlunda konflagrationsbrand som inträffade i USA i Houston, Texas, den 31 juli 1979, beskriver Richard Best från NFPA (National Fire Protection Association) i en artikel i Fire Journal från januari 1980. Branden uppstod vid ett takarbete och spreds från ett hustak över ett helt bostadsområde bestående mest av 2- till 3-våningsbyggnader med takbeklädnad av träspån. Hela komplexet omfattade 86 bostadshus plus serviceanläggningar. 22 hus blev totalt förstörda, resten skadade. Inga dödsfall inträffade.

Lufttemperaturen var den dagen ca 35°C, relativ fuktighet 55% och vindhastigheten ca 6 m/s. Brandkåren var på plats 4 minuter efter larm. En trevåningsbyggnad var då i full brand och intilliggande tak antände. När flera tak antände av gnistor, ökade brandarean och släckningsarbetet försvårades. Den ökade brandarean orsakade s k brandstorm, vilket betyder att den varma luften över en stor brandyta stiger upp och därmed genom konvektion ökar tillströmningen av kall luft från sidorna. Konsekvensen blir en ökad vindhastighet i brandens

periferi. "Vinden" ökade i det här fallet till ca 18 m/s. 400 brandmän deltog i släckningsarbetet, vilket tog ca 4 timmar.

Den undersökning artikeln referar till omfattade 27 bostadshus med varierande skador. Byggnaderna var utförda av träregelstomme med fasadtegel kombinerad med träbeklädnad i övre delar av byggnaderna. Husen hade plana tak täckta med takspån av trä på läkt. Avstånden mellan byggnaderna varierade mellan 5 och 34 m. I artikeln konstateras att takbeklädnaden (takspån av icke flamskyddat trä) hade en avgörande roll för det mycket snabba brandförloppet. Med en annan takbeklädnad skulle branden kunnat begränsas till ett enda hus.

Problemet med takbeklädnad av träspån är både att den lätt antänder av bara små gnistor och att den samtidigt producerar mängder av brinnande "facklor" som är svåra att angripa genom någon som helst taktik från släckpersonalens sida.

I artikeln konstateras också att branden inte spreds från byggnad till byggnad, utan "hoppade över" flera byggnader och nya bränder startade.

Slutsatsen från denna konflagrationsbrand är att den skiljer sig från de oftast förekommande då vegetationen deltar i branden och kan jämföras med tidigare bränder i USA (t ex konflagrationsbrand i Los Angeles 1961) där också spåntaken var orsaken till brandens stora omfattning.

Sådana bränder går att förebygga med föreskrifter baserade på genomtänkta brandkrav på takbeklädnad.

Det är viktigt att det finns brandkrav på takbeklädnad även i ett land som Sverige, där klimatförutsättningarna för stora områdesbränder inte är så uppenbara.

*

I en rapport från Försvarets forskningsanstalt, FOA, "Brand i

låg bebyggelse - branden i Chelsea, USA" av Vilhelm Sjölin, beskrivs utförligt, i synerhetn från brandbekämpningssynpunkt, en stor områdesbrand från oktober 1973. Vid denna brand totalförstördes 18 kvarter omfattande ca 500 byggnader, huvudsakligen industribyggnader, men även bostadshus - källarlösa trähus i tre våningar. Bostadshusen låg i grupper i regel om tre hus per kvarter med ett avstånd mellan varandra på mindre än 1 m. En del bostadshus inom området utnyttjades för industriverksamhet eller som lagerbyggnader. Varor lagrades både inomhus och utomhus. Ett stort antal byggnader var rivningshus. Vid brandens utbrott var lufttemperaturen 21°C och vindhastigheten 14 m/s, ibland upp till 20 m/s. Hela den föregående treveckorsperioden var varm och torr. Endast 9 mm regn hade fallit mot normalt 62 mm.

Branden spred sig i vindriktningen med en genomsnittlig hastighet av ca 6 m/min. Ett betydande antal sekundärbränder har startat genom s k flygbräder. Flygbränder uppstår då bitar av brännbara material lyfts av den uppåtströmmande luften eller rökgaserna och med vinden förs ut ur brandområdet. Dessa bitar kan redan vara brinnade när luftransporten påbörjas, eller kan antändas under passagen genom rökgaserna. Brandspridning genom flygbränder är även beroende av den mottagande ytans antändningsegenskaper.

I rapporten redovisas bl a branspridningshastigheten som funktion av vindhastigheten (från litteraturuppgifter) för ett antal stora områdesbränder från olika länder. Hos de flesta konflagrationsbränder var spridningshastigheten mindre än 7 m/min oberoende av vindhastigheten. Det var mest den amerikanska trähusbebyggelsen där högre spridningshastighet än 7 m/min konstaterades.

En tydlig skillnad i spridningshastighet kan utläsas mellan amerikansk trähus- och stenhusbebyggelse. För trähusbebyggelse var exempelvis vid en vindhastighet på ca 13 m/s spridningshastigheten ca 12 m/min jämfört med stenhusbebyggelse

där vid samma vindstyrka redovisas en spridningshastighet på 2-3 m/min.

Endast konflagrationsbränder i Japan ger en mer eller mindre klar tendens av stigande spridningshastighet med stigande vindstyrka. Dock vid vindhastigheter under 7 m/s underskrider även alla japanska konflagrationsbränder spridningshastigheten 7 m/min.

Spridningshastigheten är självfallet i hög grad beroende av släckinsatser, men i rapporten konstateras att en brandbekämpning utan stöd av naturliga spridningshinder som breda gator, stora grönområden, järnvägspår eller liknande har föga inverkan på spridningshastigheten då branden hunnit få mycket stor omfattning.

*

En rent teoretisk undersökning av brandspridning i bebyggelse har gjorts vid Institute for Defense Analyses i Virginia, USA, och presenteras i rapporten "A Parametric Study of Probabilistic Fire Spread Effects" av L.A. Schmidt, Jr. från 1979. Här redovisas en sannolikhetsmodell för simulering, samt utförs flera simuleringar av brandspridning i bebyggelsen. Simuleringarna forutsätter att brandspridning imiteras av en kärnvapenattack och bygger på ett antal systematiserade antaganden, samt jämförelsen av dessa med slumptalen. Modellen tar hänsyn till brandspridning genom strålning och genom flygbränder.

4.3 Litteratur om konflagrationsbrand.

En del litteratur som blev tillgänglig inom ramen för denna studie redovisas inte i detalj i detta kapitel. Den kan dock vara av intresse i andra sammanhang. Därför anges även den i följande litteraturförteckning med anknytning till konflagrationsbrand.

Abt, R., Kelly, D., Kuypers, M., The Florida Palm Coast Fire: An Analysis of Fire Incidence and Residence Characteristics, Fire Technology, Vol 23, No 3, August 1987

Best, R., Houston Conflagration Spreads Across Rooftops, Fire Journal, January 1980

Dwelling Conflagration, Boston, Massachusetts, NFPA Quarterly, October 1964

Fire Investigations and Applied Research Division, Shingles to Blame in Group Fire, Fire Service Today, November 1983

Fire Investigations Department, Wood Shingle Roofs Fuel Conflagration, Fire Command, February 1980

Kamei, K., Natures of Conflagration in Japan, Bulletin of The Fire Prevention of Japan, Vol 11, No 1, June 1961

McKiernan, J.V., Peterson, C.E., The Lynn Conflagration - Part 1 and Part 2, Fire Service Today, July and August 1982

Ramsay, G.C., McArthur, N.A., Dowling, V.P., Preliminary Result from an Examination of House Survival in the 16 February 1983 Brushfires in Australia, Fire and Materials, Vol 11, 1987

Sjölin, V., Brand i låg bebyggelse - branden i Chelsea, USA, Försvarets forskningsanstalt, FOA Rapport A 20008-D6, Stockholm, September 1975

Small, R.D., Brode, H. L., Physics of Large Urban Fires, Pacific-Sierra Research Corparation, PSR Report 1010, Santa Monica, California, USA, March 1980

Smidt, L. A. Jr, A Parametric Study of Probabilistic Fire Spread Effects, Institute for Defense Analyses, Program Analysis Division, IDA Paper P-1372, Arlington, Virginia, USA, September 1979

Strömdahl, I., Brandrisker och brandskydd i tät trähusbebyggelse, Svenska brandförsvarsöreningen, SBF, Nr 270, Stockholm, oktober 1970

Wilson R., The Los Angeles Conflagration of 1961. The Devil Wind and Wood Shingles, NFPA Quarterly, January 1962

5 KLIMAT- OCH VINDFÖRHÅLLANDEN I SVERIGE

5.1 Vind

Makroklimatet i Sverige uppvisar stora olikheter mellan landets olika delar. Av praktiska skäl är landet uppdelat i klimatzoner avsedda för skilda ändamål. Så finns en uppdelning i snözoner avsedd för dimensionering av byggnader med hänsyn till snölast, en annan uppdelning i temperaturzoner avsedd för dimensionering av byggnaders värmeisolering. Någon uppdelning i vindzoner existerar inte. Vindlasten beräknas med hjälp av (bl a Svensk byggnorm, SBN) föreskrivna värden på vindhastighet och motsvarande hastighetstryck beroende på byggnadens höjd, samt s k formfaktorer vilka tar hänsyn till omgivande terräng.

Uppdelningen i terrängtyper bygger på det faktum att vid sidan av makroklimatet finns även ett lokalklimat, dvs att de enstaka meteorologiska värden där vindhastigheten ingår, påverkas även av småskaliga lokala faktorer, såsom kullar, skogspartier eller områden med olika markbeskaffenhet. Stadsbebyggelsen skapar i vissa avseenden sitt eget speciella lokal- eller stadsklimat.

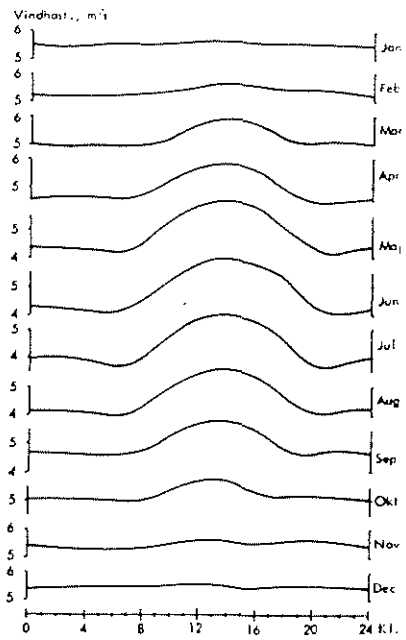
Den lokala terrängens topografi, vegetation och bebyggelse påverkar förhållandena i atmosfärens lägsta skikt, vanligen upp till något hundratal meters höjd. I de marknära skikten kan lokala effekter bli högst betydande.

Tre terrängtyper som påverkar den dimensionerande vindlasten finns enligt SBN:

1. Öpen terräng med få eller inga hinder, t ex utpräglat slättlandskap eller kalfjäll.

2. Öppen terräng med små hinder, t ex kuperade slättlandskap med spridda träd.
3. Terräng med spridda stora hinder, t ex gles förortsbebyggelse, samt tätt liggande stora hinder, t ex skogslandskap, städer eller tät förortsbebyggelse.

Alla meteorologiska element uppvisar ett periodiskt årligt förlopp. Elementen har också en periodisk daglig variation. Så har vindhastigheten ett maximum under dygnet som i sin tur varierar under årets olika månader. Figur 5.1 visar en sådan genomsnittlig dygnsvariation för vindhastigheten.



Figur 5.1 Vindhastighetens genomsnittliga dygnsvariation under årets olika månader, Finland 1917-1956 (Ur Roger Taesler, Klimatdata för Sverige).

5.1.1 Vindhastighet - statistik

Vinden ändras ofta kraftigt med höjden i marknära skikt. Vindhastigheten bromsas nämligen genom friktion mot underlaget till värdet noll intill marken. Ovanför marken ökar sedan hastigheten med höjden och en vertikal vindprofil uppstår.

Den vertikala vindprofilen följer den s k logaritmiska vindlagen och kan i förenklad form uttryckas som

$$V = V_o \left[\frac{Z}{Z_o}\right]^{\alpha} \qquad (5.1)$$

där

V - vindhastigheten på höjden Z

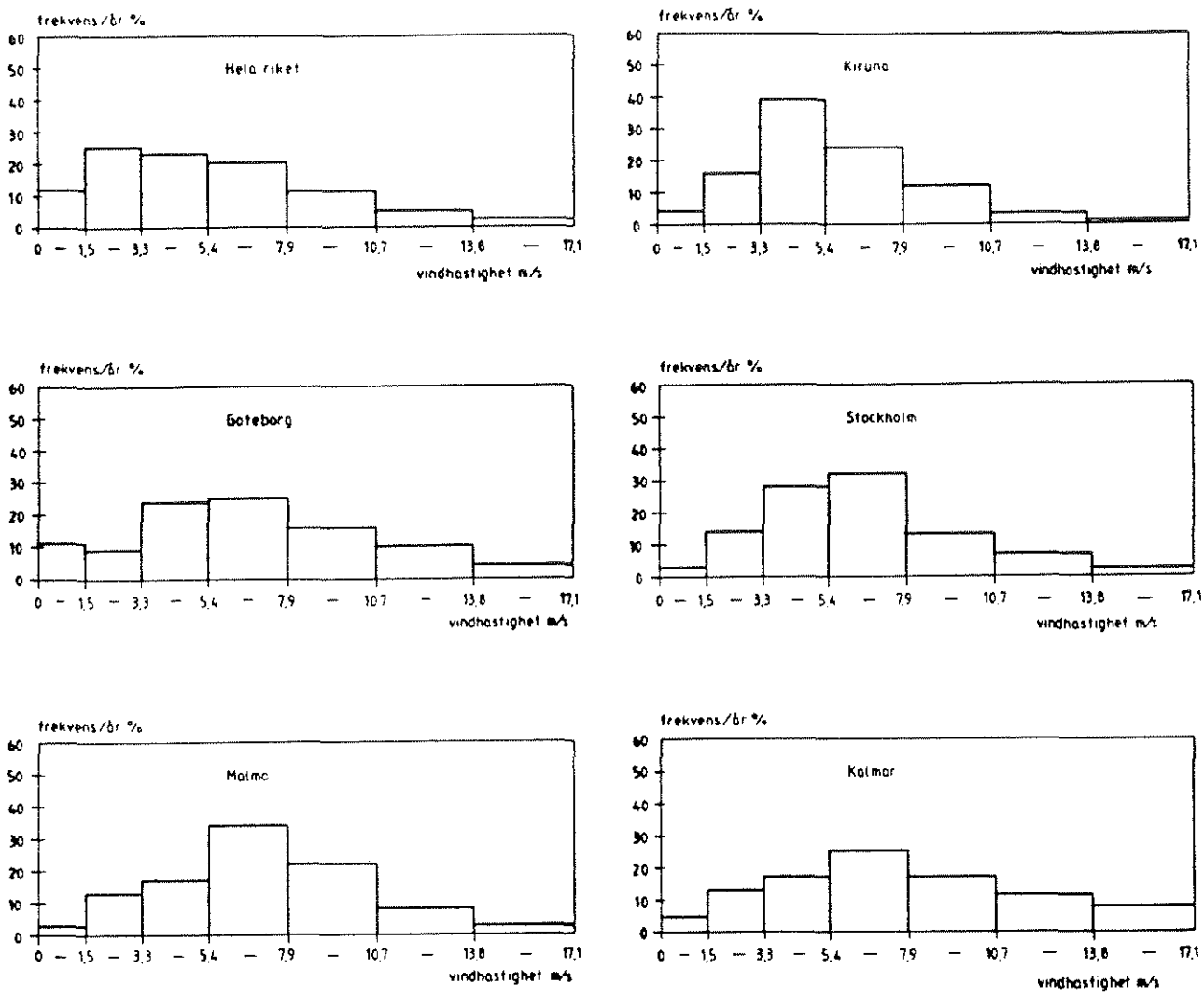
V_o - vindhastigheten på referensnivån Z_o

α - konstant som beror på underlagets skrovlighet.

Följande värden för α anges i boken "Klimatdata för Sverige" av R. Taesler:

öppet slättlandskap	$\alpha = 0,16$
kuperad skogsterräng, förstäder	$\alpha = 0,28$
centrumbebyggelse i storstäder	$\alpha = 0,40$

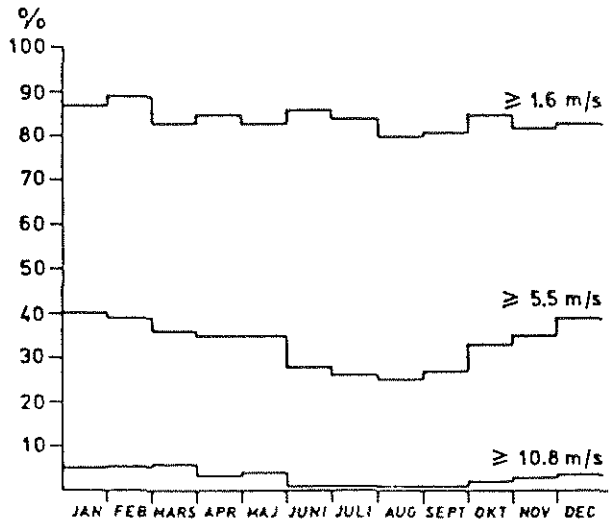
Vindhastigheten på referensnivån Z_o kan fås från de meteorologiska väderleksobservationer som utförs runtom i landet och bearbetas av SMHI till statistiskt underlag. Enligt internationell överenskommelse skall vinden mätas på 10 meters höjd över en slät, vågrät markyta fri från hinder. Vinden är nästan alltid byig, varför vindobservationen skall ge medelvärdet under 10 minuter. Även kontinuerlig registrering förekommer, oftast vid flygplatserna. På de flesta svenska stationer sker ingen direkt mätning av vindhastigheten utan en uppskattning av vindstyrkan. Under många år har vindstyrkan uttryckts i grader enligt Beaufort-skalan. De olika graderna enligt Beaufort-skalan motsvarar hastighetsintervall i m/s (se figuren 5.2). Med hänsyn till vindens byighet är graderingen i hastighetsintervall ett realistiskt sätt att ange vindstyrkan, eftersom man önskar erhålla ett mått på luftens förhärskande rörelse. Uppgifter i figur 5.2 är hämtade ur "Klimatdata för Sverige" av R. Taesler och omfattar en period på 30 år, mellan år 1931 och 1960. I figuren visas hur vindhastighetens procentuella frekvens per år varierar för hela riket, respektive för olika platser i landet.



Figur 5.2 Årlig procentuell frekvens av vindhastighet för hela riket, resp Kiruna, Stockholm, Göteborg, Kalmar och Malmö.

Skillnader i den procentuella frekvensen av olika vindstyrkor (vindhastighetsintervall) är stora för olika delar av landet. Vid en jämförelse mellan fördelningen för t ex Kiruna och Malmö (figur 5.2) finner man att i Kiruna ligger vindhastigheten övervägande, i ca 40%, i intervallet mellan 3,3 och 5,4 m/s. I Malmö är frekvensen för samma vindhastighetsinintervall ca 17%. Den övervägande andelen, ca 35%, för Malmös del är vindhastighet inom intervallet 5,4 - 7,9 m/s. Höga vindhastigheter, 10,7 m/s och högre, förekommer mest frekvent i Kalmar. Skillnader för olika delar av landet är påtagliga. Det är därför inte rätt att använda vindhastighetsfördelning baserad på medelvärde för hela riket (se figur 5.2 överst till vänster).

Hur vindhastigheten varierar under årets olika månader i Malmö visas i figur 5.3.



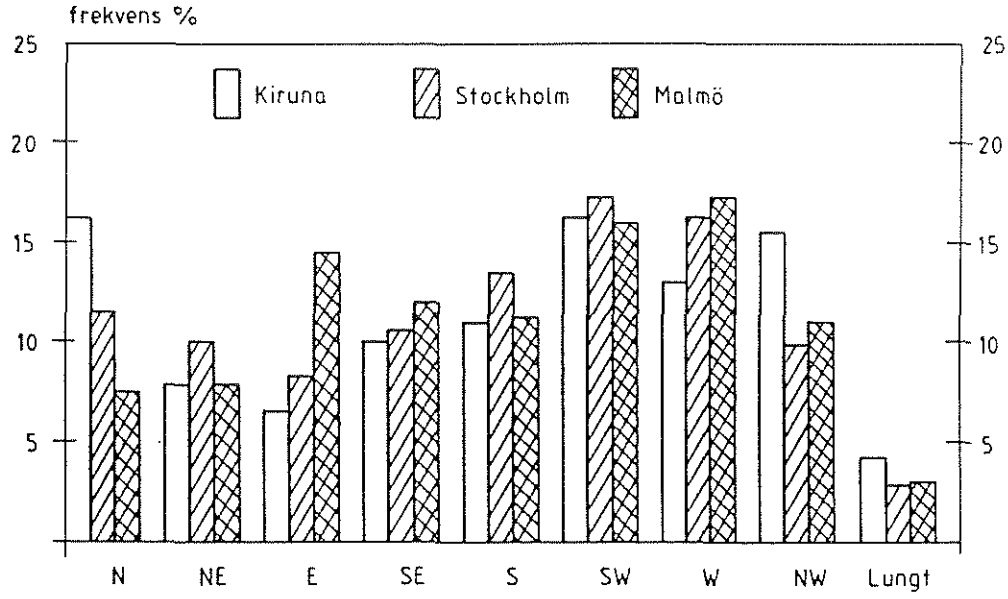
Figur 5.3 Vindhastighetsfördelning under året i Malmö (Ur Kursis, Mattsson, Glauman och Wiren, Vindförhållanden i ett höghusområde).

5.1.2 Vindriktning

Med vindriktning avses det håll, varifrån vinden blåser. 8 väderstreck används:

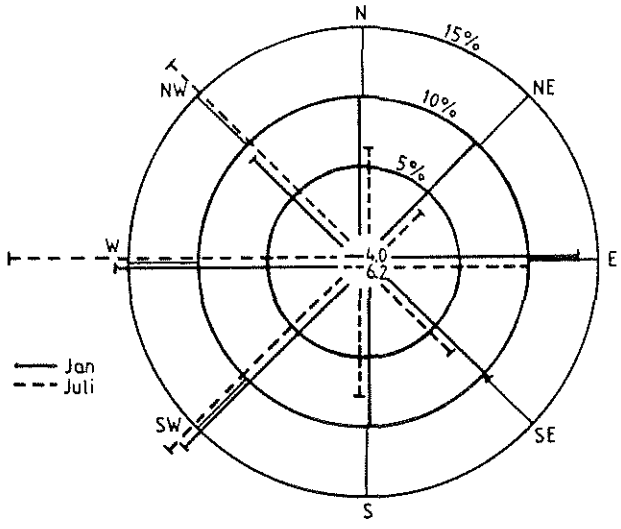
N = Nord	S = Syd
NE = Nordost	SW = Sydväst
E = Ost	W = Väst
SE = Sydost	NW = Nordväst

Procentuell frekvens av olika vindriktningar finns i tabellform i den tidigare nämnda boken "Klimatdata för Sverige". I figur 5.4 har en del uppgifter sammanställts till diagram. Fördelning av vindriktningen på de 8 väderstreck, samt den procentuella frekvensen av lugnt redovisas för Kiruna, Stockholm och Malmö.



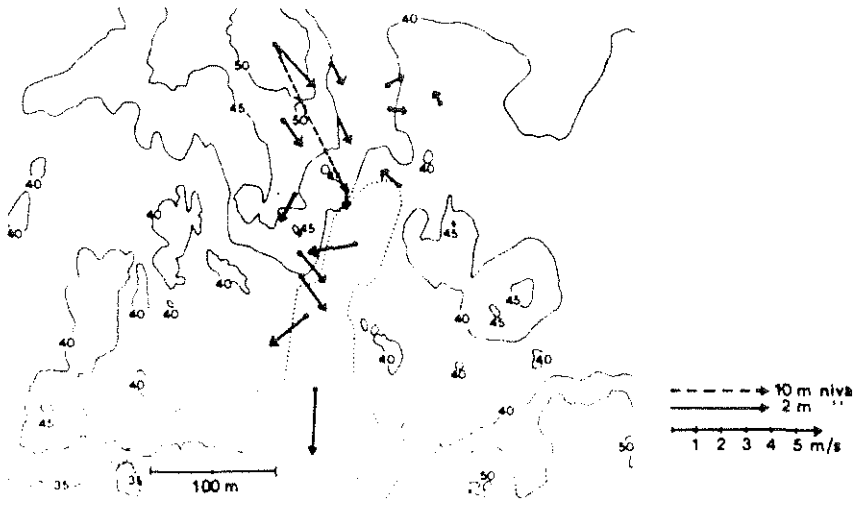
Figur 5.4 Årlig procentuell frekvens av vindriktning för Kiruna, Stockholm och Malmö.

Vindriktningen varierar mycket även under årets olika månader. Figur 5.5 åskådliggör vindens fördelning på olika riktningar under en sommar- och en vintermånad i Malmö.



Figur 5.5 Vindens fördelning på olika riktningar under sommar och vinter i Malmö (Ur Kursis, Mattsson, Glauman och Wiren, Vindförhållanden i ett höghusområde).

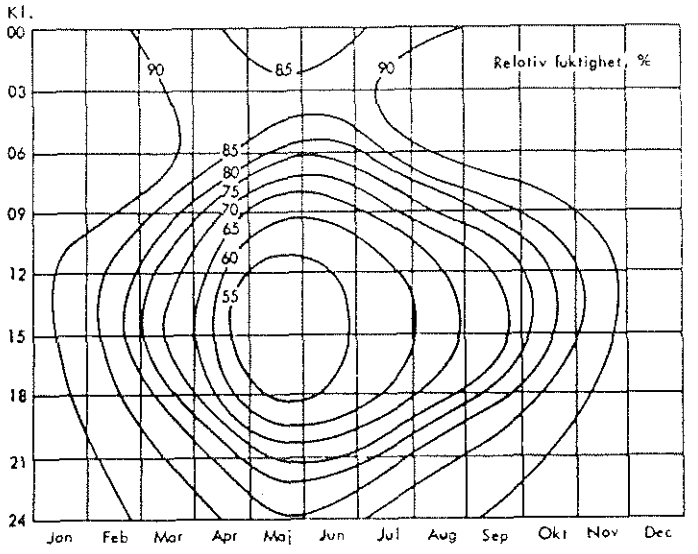
Ett talande exempel på lokala variationer i både vindens hastighet och riktning visas i figur 5.6.



Figur 5.6 Exempel på lokala variationer i vindens genomsnittliga hastighet och riktning under en timme. Pilarnas längd är proportionella mot vindhastigheten. (Ur Glauman och Taesler, Klimatstudier i Södertuna).

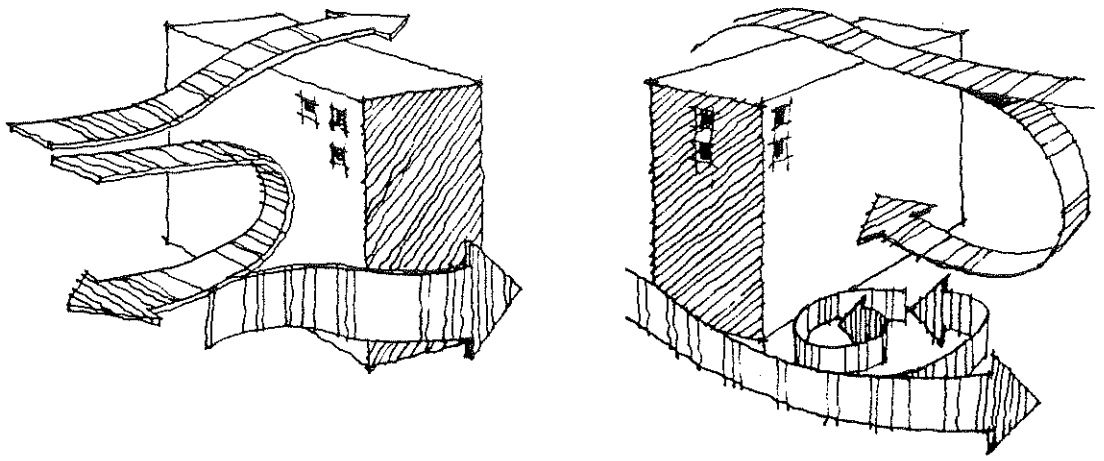
5.2 Klimat och vind i bebyggt område

En del av de variationer av fysikaliska processer i atmosfären, vilka vi kallar klimat, speciellt i skikten närmast jordytan, kan tänkas ha betydelse för en brand i ett småhusområde. Till dessa hör förutom vinden även luftfuktighet. Båda kan ha inverkan på en brands utveckling. Ju torrare klimat desto större risk för brandspridning från hus till hus genom att vegetationen deltar i branden och en stor områdesbrand uppstår. Det svenska klimatet med en relativ luftfuktighet mellan 50 och 90% måste betraktas som fuktigt. Att den relativa fuktigheten sällan sjunker under 50% visar figur 5.7.



Figur 5.7 Relativa fuktighetens dagliga och årliga variation i Uppsala under åren 1868 och 1957 (Ur Roger Taesler, Klimatdata för Sverige,).

Vindförhållanden och därav orsakade effekter, på bl a brandspridning, påverkas väsentligt av byggnadernas individuella utformning och inbördes gruppering. Alla större ojämnheter i markytan ger upphov till turbulens eller byighet, som innebär att vindhastighet och vindriktning varierar på ett slumpartat sätt (se figur 5.6). Byggnadernas höjd och gruppering påverkar i första hand vindhastigheten och vindriktningen i byggnadernas närmaste omgivning. På lovartsidan av en byggnad pressas luften uppåt, ut mot sidorna och nedåt mot marken, där den rullas upp i kraftig virvel som ger upphov till höga hastigheter vid marknivån. (Ur "Vindförhållanden i ett höghusområde" av Kursis, Mattsson, Glauman och Wiren). På byggnadens läsida strömmar luften in mot byggnaden, dvs mot vindriktningen och vid läfasadens ändar bildas flera virvelsystem. Hastigheten är lägre än i den ostörda vinden, däremot är byigheten kraftigare. Figur 5.8 visar luftströmmen på lovart- och läsidan av en byggnad.



Figur 5.8 Vindförhållandena på lovartsidan (bilden t v) och läsidan (bilden t h) av en byggnad (Ur Kursis, Mattsson, Glauman och Wiren, Vindförhållanden i ett höghusområde).

De ogynnsamma vindeffekter som kan uppträda intill en fristående byggnad blir ofta förstärkta av en intilliggande byggnad. Höga vindhastigheter uppstår vid hörn och i en passage mellan två byggnader. Vindhastigheten under virveln framför en lovartfasad kan förstärkas av en framförliggande byggnad. Det lokala vindklimatet för konkreta områden kan undersökas kvantitativt genom modellprov i vindtunnel. Kvalitativa undersökningar i vindtunneln med färgemulsion av pulver och vätska åskådliggör vindströmningen nära marken. Luftströmmarna i vindtunneln driver emulsionen i de lokala vindriktingarna. Den lättflyktiga vätskan avdunstar och lämnar kvar pulvret i ett mönster som beskriver vindförhållandena i markplanet.

På senare år har gjorts försök att studera vindförhållanden kring huskroppar genom numeriska beräkningsmodeller. I rapporten "Vindtryckfördelningar runt friliggande enfamiljshus" av Häggkvist och Taesler publicerad 1987, redovisas en jämförelse mellan beräkningar och försök i vindtunnel. En beräkning av den naturliga luftomsättning som tryckfält över huskroppar ger upphov till, baseras på både beräknade och

uppmätta tryck. Resultaten visar att modellen kvalitativt väl beskriver tryckfältet över både enskilt och i grupp placerat hus. Vissa egenskaper hos den numeriska beräkningsmodellen fordrar dock mer ingående och systematiska undersökningar, speciellt för hus i grupp.

Anblåsning av vind på fasadytan av en rektangulär byggnad skapar positivt tryck, d v s övertryk, på lovartsidan och negativt tryck, d v s undertryck, på övriga tre sidor, samt vid takets topp. En vindhastighet på exempelvis 18 m/s ger ett nominellt tryck på 200 Pa. Det aktuella tryckfältet är sedan beroende av tryckkoefficienternas fördelning över ytan.

Lufttrycksfördelning över fasaden och dess beroende av vinden utnyttjas i första hand för bedömning av rökspridning inuti byggnader, samt för dimensionering av rökventilation. I artikeln "Effect of Wind on Smoke Movement and Smoke Control Systems" av E.W. Marchant, publicerad i Fire Safety Journal nr 7, 1984 presenteras bl a en del grundläggande kunskap angående vindens inverkan på en enskild byggnad, läckage genom byggnaden, samt dessa faktorers påverkan på rökspridning inuti byggnaden.

5.3 Effekt av vind på brandspridning

Vinden har främst inverkan på förbränningshastigheten hos ett enstaka hus. Om huset blir helt övertänt, ökar förbränningshastigheten med ökad vindhastighet, vilket i sin tur ökar risken för brandspridning inom ett småhusområde.

I artikeln "Fuel Storage Tank Fires in a Crosswind" av E. Lois och J. Swithenbank från Department of Chemical Engineering & Fuel Technology, University of Sheffield, beskrivs flera karaktäristiska parametrars beroende eller icke beroende av vindhastigheten, baserade på bl a experimentella studier med flammor från vätskebränder av 1 meters diameter.

Dessa parametrar är:

1. Förbränningshastighet - ökar med ökad vindhastighet till en viss stabil nivå vid ca 5,5 m/s.
2. Flamlängd - ingen signifikant variation.
3. Flammans lutning - vid vindhastigheten ca 2,5 m/s var flamvinkeln 10°; vid högre hastigheter 0°.
4. Flamtemperatur - ökar med ökad vindhastighet, antagligen p g a bättre luft-bränsle blandning.
5. Flamstrålning - för vissa bränsle ökar, för vissa minskar med ökad vindhastighet. Förklaringen anges ligga i flammors skilda emissivitet.

En matematisk modell har utvecklats och anges ge god överensstämmelse med de experimentella resultaten. Den ger också möjlighet att extrapolera till bränder med mycket större diameter.

6 BRANDFÖRSÖK I MODELLSKALA

6.1 Modellagar och skalmodeller

En intressant möjlighet att studera brandspridning i småhusområden erbjuder brandförsök i modellskala. Modeller av befintliga eller simulerade småhusområden kan åstadkommas på relativt enkelt sätt. Brandförsök i modellskala kräver dock mer omfattande kunskap. Framförallt kunskap om de olika fysikaliska storheter som påverkar en brand, samt möjligheterna till överföring av dessa till modellskala.

Att studera brandspridning i småhusområden kvalitativt, exempelvis påverkan av vind, vindhastighet eller vindriktning, på brandspridningen, är fullt möjligt i modellskala. Skalmodeller för flamlängder finns och kan appliceras på verkliga flamlängder och flamgeometrier från fullskaleförsök eller från litteraturuppgifter om konflagrationsbränder. Genom att beräkna förbrännigsintensiteten för hus i modellskala kan nedskalade flamlängder fås. De nedskalade flamlängderna ger dock inte den önskvärda strålningspåverkan som behövs för att kunna studera brandspridning i småhusområden kvantitativt. Att studera t ex inverkan av avstånden mellan husen i modellskala är därför relativt komplicerat. Förutom att strålningspåverkan är den dominerande faktorn, är det för många andra faktorer som inverkar och måste beaktas samtidigt.

För att kunna utföra försök i modellskala överhuvudtaget samt kunna relatera dem till verkligheten måste vissa modellagar följas. I boken "Similarity Methods in Engineering Dynamics. Theory and Practice of Scale Modeling" av Baker, Westine och Dodge, utgiven i USA 1972, återfinns skalmodeller för bl a termisk modellering. Termiska skalmodeller utvecklade för rymdskepp utsatta för solstrålning kan vara ett attraktivt alternativ för brandmodellering.

I boken anges två grundläggande metoder för termisk modellering. Den ena förutsätter olika material i fullskala respektive modellskala, men samma temperatur i motsvarande punkt; den andra förutsätter identiska material i både fullskala och modellskala. Till varje metod hör ett antal skalfaktorer. Skalfaktorerna i bägge metoderna inbegriper geometrisk skalfaktor λ.

I den termiska modelleringen ingår tolv parametrar omfattande fyra grundläggande fysikaliska storheter. Geometriska, fysikaliska, termiska och tidsmässiga aspekter beaktas. De fyra fysikaliska storheterna är: massa M, längd L, tid T och temperatur θ.

På vilket sätt de fyra fysikaliska storheterna ingår i de tolv parametrarna visas i följande tabell:

Parameter	Typ	Symbol	Storhet
Ytans absorbtivitet	Ytegenskap	α	-
Ytans emissivitet	"	$\sigma\epsilon$	$MT^{-3}\theta^{-4}$
Värmekapacitet (volym)	Fysikalisk	ρc_p	$ML^{-1}T^{-2}\theta^{-1}$
Värmeledning	"	k	$MLT^{-3}\theta^{-1}$
Ledning vid kontakt	Skarvegenskap	C	$MT^{-3}\theta^{-1}$
Vinkel för infallande strålning	Geometrisk	β	-
Karakteristisk längd	"	l	L
Dimensionslös längd	"	l_i	-
Ackumulerad värme	Termisk indata	q_{gen}	$ML^{-1}T^{-3}$
Strålning	" "	S	MT^{-3}
Tid	Varaktighet	t	T
Temperatur	Termiskt gensvar	τ	θ

I tabellen nedan återges skalfaktorer för fysikaliska storheter ingående i de två metoderna för termisk modellering.

Variabel	Symbol	Skalfaktor för metod: Lika temperatur	Identiska material
Geometriska längder	l	λ	λ
Vinklar	β	1	1
Temperatur	τ	1	$\lambda^{-1/3}$
Ytans emissivitet	ϵ	1	1
Ytans absorbtivitet	α	1	1
Värmeledning	k	λ	1
Ledning vid kontakt	C	1	λ^{-1}
Ackumulerad värme	q_{gen}	λ^{-1}	$\lambda^{-7/3}$
Strålning	S	1	$\lambda^{-4/3}$
Specifik värme (volym)	ρc_p	$L_{\rho c_p}$	1
Tid	t	$\lambda\lambda_{\rho c_p}$	λ^2

Då skalfaktorn är 1 blir den aktuella storheten i liten skala lika stor som den är i full skala. Skalfaktorn $\lambda_{\rho c_p}$ blir känd först efter att materialet för t ex hus i liten skala har valts.

Ofta är det fördelaktigt att välja material för objekt i modellskala med samma värmeledningsegenskaper som material i fullskaleobjekten har. Då blir den exakta geometriska skalfaktorn $\lambda = \lambda_k$.

*

En studie av fysikaliska modeller med tillhörande skalfaktorer för modellförsök av stora områdes- eller stadsbränder orsakade av kärnvapenattack redovisas i publikationen "Physics of Large Urban Fires", av R. D. Small och H. L. Brode vid Pacific Sierra Research Corporation i USA, 1980. Fysikaliska modeller är utvecklade med hänsyn till fenomenet brandstorm vilket kan inträffa då flera objekt antänds samtidigt och en enda stor brand bildas. Branden kräver så mycket luft att denna strömmar till med en storms hastighet. Den ovannämnda publikationen innehåller en rad referenser i anknytning till både stora områdesbränder och modellering. Av dessa återges här några utvalda:

Albini, F. A., A Physical Modell for Firespread in Brush, Eleventh Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, 1967

Byram, G. M., Scaling Laws for Modeling Mass Fires, Pyrodynamics, Vol 4, 1966

DeRis, J., Kanury, A. M., Yuen, M. C., Pressure Modeling of Fires, Fourteenth Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, 1973

Lee, B. T., Laboratory Scaling of the Fluid Mechanical Aspects of Large Fires, Combustion Science and Technology, Vol 4, 1972

Spalding, D. B., The Art of Partial Modeling, Ninth Symposium (International) on Combustion, Academic Press, 1963

Takata, A. N., Salzberg, F., Development and Application of Complete Fire Spread Model, Vol I-IV, Illionois Institute of Technology Reseach Institute, NRDL-TRC-68-36, June 1986

Thomas, P.H., The Size of Flames from Natural Fires, Ninth Symposium (International) on Combustion, Academic Press, 1963

Williams, F. A., Scaling Mass Fires, Fire Research Abstracts and Reviews, Vol 11, Pt.1, 1969

6.2 Studier i modellskala

En del faktorer som påverkar brandspridning i småhusområden är mer lämpliga att studera i modellskala än andra. Så bedöms t ex inverkan av vind på förbränningshastigheten samt inverkan av husformationer på brandens storlek som lämpliga för studier i modellskala. Värmestrålning, särskilt i kombination med andra faktorer, är svår att skala ned och därmed kan det vara komplicerat om inte omöjligt att i modellskala studera dess inverkan på brandspridning.

Inverkan av vind på småhusområden har studerats i modellskala i både Japan och England. Resultaten tyder på att vinden har inverkan på förbränningshastigheten av enstaka hus. Förbränningshastigheten som är en funktion av bränslets densitet ökar med ökad vindhastighet tills förbränningen är så stor att vindhastigheten inte har någon inverkan längre. För flytande bränslen sker detta vid ca 5,5 m/s, (se avsnitt 5.3).

Statistiska uppgifter visar att normalfördelning för vindhastighet i England (vad gäller frekvens/år) täcker i ca 80% ett värde på 3-4 m/s. Så är icke fallet i Sverige. Variationerna i vindhastigheten för svenska förhållanden är mycket större (se avsnitt 5.1.1).

Vindriktningen har betydelse för brandbekämpning. Bekämpningen sker oftast mot vindriktningen, vilket kan orsaka spridning åt motsatt håll. Detta inträffade i flera konflagrationsbränder, bl a i Boston och Texsas i USA.

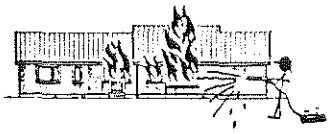
Husformationer, dvs husens placering i förhållande till varandra i relation till avstånden mellan husen kan vara avgörande för brandspridning. Avstånden mellan husen bestämmer om husen kommer att brinna som enstaka enheter eller om en

enda stor brand kommer att bildas. I en experimentserie i England med träribbstaplar på olika avstånd från varandra har studerats inverkan av lufttillförsel på flammornas utseende. Vid ett visst förhållande mellan träribbstaplarnas storlek och avstånden mellan dessa, riktades flammor mot mitten och tendensen till en enda stor brand var tydlig. Detta tyder på att husformationernas inverkan på brandspridning i småhusområden skulle kunna studeras i modellskala.

Speciella problem som utformning av takutsprång, sektioneringar eller takbeklädnadens betydelse för brandspridning går knappast att studera i modellskala.

I många fall är brand inte bara ett tekniskt problem utan mera administrativt. I USA byggdes exempelvis hus med spåntak långt efter att man hade fått kunskap om att dessa var bidragande orsak till flera stora områdesbränder. Det räcker alltså inte med kunskap. Känd kunskap måste omsättas i förslag till förebyggande åtgärder vilka sedan snabbt måste införas i föreskrifterna.

7 FORSKNINGSINSATSER I FRAMTIDEN



Det fuktiga klimatet, samt husens, områdenas och brandförsvarets dimensionering reglerade genom gällande föreskrifter gör, att några storskaliga brandspridningsfenomen inte förekommer i Sverige. Dock kan en försenad brandkårsinsats eller andra ogynsamma omständigheter innebära att risk för brandspridning från hus till hus blir aktuell.

Ett av syften med denna undersökning har varit att föreslå karaktär och omfattning av fortsatta forskningsinsatser. Här presenteras förslag till insatser i framtiden.

Differentierad dimensionering.

Resultaten från denna undersökning visar att värmepåverkan från ett brinnande hus på ett annat i närheten sker oftast enbart från flammor som kommer ut genom fönstren, förmodligen för de flesta svenska huskonstuktioner. Strålningspåverkan från fönsteröppningarna och från den flamma som täcker området ovanför fönstren är beroende av husets innehåll - den lösa inredningen, samt beklädnaden på innerväggar och tak. Den beräkningsmetod som har utvecklats för att bestämma det minsta säkra avståndet mellan närbelägna hus av betong och lättbetong (se avsnitt 3.3.2) kan i framtiden anpassas till att gälla generellt. Anpassningen borde bestå i att påverkan från en rumsbrand av traditionell karaktär, ersätts med påverkan från en rumsbrand då syntetiska material i inredningen och / eller brännbara vägg- och takbeklädnader ingår. Till en sådan rumsbrand kan underlag hämtas från tidigare forskningsarbeten, exempelvis från fullskaleförsök utförda vid Institutionen för brandteknik, Lunds tekniska högskola (se avsnitt 3.3.3).

Om underlaget bedöms otillräckligt kan ytterligare experiment utföras. Försök, där värmepåverkan från brinnande hus bestäms med hjälp av en termokamera på ett likartat sätt som i japanska undersökningar (se avsnitt 3.6.2) kan ge kompletterande uppgifter om flammors storlek och emissivitet, samt brandens intensitet och tidsförlopp för svenska huskonstruktioner och svenska förhållanden i övrigt. Anpassning av beräkningsmetoden och eventuella experiment borde föregås av en statistisk bearbetning av uppgifter om inre vägg- och takytor i det svenska husbeståndet. Detta kan erhållas från det omfattande statistiska material som finns insamlat inom projektet ERBOL vid Statens institut för byggnadsforsknig, SIB (se avsnitt 1.5.1). Den ovannämnda beräkningsmetoden borde leda till ett generellt enkelt differentierat beräkningsförfarande av det minsta säkra avståndet mellan närbelägna hus.

Generell riskanalys.

Kännedom om värmepåverkan från ett hus av svensk konstruktion under en rumsbrand motsvarande en lägenhetsbrand av dagens inredningskaraktär är nödvändig för att kunna bedöma risker för brandspridning i befintliga, samt planerade småhusområden. En generell riskbedömning kräver att metoder för riskanalys enligt exempelvis den japanska modellen (se avsnitt 3.6.2) utvecklas och görs tillgängliga för fler än själva forskare.

Riskbedömning för trähusområden.

En riskbedömning, eller riskanalys, för områden av enbart trähus skulle kunna utvecklas med hjälp av den s k "volumetric fire spread" metoden (se avsnitt 3.6.1). Möjligheter till beräkning av tid till övertändning i rum finns för varierande fast och lös inredning. Hur stor volym av huset som involveras i en brand efter en viss tid, skulle kunna bestämmas ge-

nom att insatstiden varierades. Brandspridningsvärdet, VDT (the volumetric doubling time) kan fås från de tidigare nämnda experimenten med termokamera. Antalet försök kan begränsas, om resultaten av VDT stämmer väl överens med resultaten från USA. I så fall skulle VDT från försöken kunna användas generellt för alla trähus. Halva VDT-värde, d v s den volym som är involverad i brand efter en viss tid efter antändning, skulle sedan kunna användas som dimensionerande strålningskälla. Som kriterium för en beräkning av det minsta säkra avståndet skulle slutligen kunna användas det kritiska värdet för antändning av trämaterial genom strålning, ca 12 kW/m^2.

Gruppindelning för småhusområden.

För att kunna avgöra om tändskyddande beklädnad medger lättnader från kravet på indelning i grupper enligt SBN 80 (se avsnitt 3.4.1) skulle en utvärdering av olika beklädnaders inverkan kontra syntetiska möblers inverkan på övertändning i rummet kunna göras. Det skulle kunna ske genom en beräkning av den s k bränsleöverskottsfaktorn. Bränsleöverskottsfaktorn bestämmer hur mycket av det pyrolyserade bränslet förbränns utanför rummet och därmed hur stora och hur tjocka blir flammor framför fasaden. Denna utvärderingen skulle sedan kunna användas som underlag för eventuell revidering av gruppindelningen för småhusområden.

Experiment i modellskala.

Endast följande experiment i modellskala (se avsnitt 6.2) är meningsfulla:

- vindhastighetens inverkan på förbränningshastighet och
- husformationernas inverkan på brandens storlek.

Utformning av takutsprång.

Utformning av takutsprång som förbinder vindsutrymmen med uteluften, anges som den mest påtagliga orsaken till brandspridning i sammmanbyggda hus. En inventering av olika utformningar av takutsprång kombinerad med en serie experiment skulle kunna leda till en annan, bättre utformning. Problemet är gemensamt för sammanbyggda småhus och flervåningshus med genomgående vindar.

Provningsmetod för taktäckning.

En översyn av provningsmetoden för taktäcknig SIS 02 48 24, identisk med NT FIRE 006 (se avsnitt 3.4.2) vore på sin plats. Att bestämma flamspridning under samtidig strålningspåverkan motsvarar verkligheten på ett mer reellt sätt.

Information.

En satsning på information genom exempelvis artiklar i villaägartidningar, eller korta infromativa TV-filmer skulle kunna ha förebyggande effekt på många onödiga spridningsfenomen.
En utredning om vilket sätt att informera på är den mest effektiva skulle kunna utföras.

Forslag till samhälleliga insatser angående brandspridning i småhusområden beskrivs i avsnitt 3.7.

REFERENSER

Abt, R., Kelly, D., Kuypers, M., The Florida Palm Coast Fire: An Analysis of Fire Incidence and Residence Characteristics, Fire Technology, Vol 23, No 3, August 1987

Avsn. 4.2 + 4.3

Allmän fastighetstaxering 1981, Sveriges officiella statistik, Del 2, Statistiska centralbyrån,SCB, Stockholm, 1982

Avsn. 1.1

ATV's Brandgruppe, Undersögelse af en raekke brande i eenfamiliehuse, Akademiet for de Tekniska Videnskaber, Glostrup, Danmark, Oktober 1976

Avsn. 3.2.3

Babrauskas, V., Wickström, U., Thermoplastic Pool Compartment Fires, Division of Structural Mechanics, Report No 79-1, Lund Institute of Technology, Lund, 1979

Avsn. 3.3.3

Baker, W.E., Westine, P.S., Dodge, F.T., Similarity Methods in Engineering Dynamics, Theory and Practice of Scale Modeling, Hayden Book Company, INC., New Jersey, USA, 1972

Avsn. 6.1

Barth, E., Brandversuche an Fenstern aus unterschiedlichen Werkstoffen, Dynamit Nobel AG, Troisdorf, Plasticonstruction, Heft 5, Troisdorf, September/Oktober 1975

Avsn. 3.3.3

Bechtold, R., Ehlert, K.P., Wesche, J., Brandversuche Lehrte, Institut fur Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität, Braunschweig, 1978

Avsn. 3.3.3

Bengtson, S, Osterling, T., Brandskydd i småhus, Brandförsvarsfreningen och Bygginfo, Stockholm, 1983

Avsn. 3.4.1

Best, R., Houston Conflagration Spreads Across Rooftops, Fire Journal, January 1980

Avsn. 4.2 + 4.3

Bostadsstyrelsen, Information från, Exempel på bostadsområden med låg och tät bebyggelse, Tekniska byrån, Stockholm, våren 1973

Avsn. 1.2.2

Brandskydd i fjällbebyggelse m m, Statens brandnämnd & Statens planverk, Stockholm, 1981

Avsn. 3.4.4

Brandskydd m m, Svensk byggnorm, Statens planverks författningsamling, PFS 1983:1, Stokholm 1983

Avsn. 3.4

Bullen, M. L., Thomas, P.H., Compartment Fires with Non-Cellulosic Fuels, Seventeenth Symposium (International) on Combustion at University of Leeds, England, August 20-25, 1978, The Combustion Institute, Pittsburgh, Pennsylvania, 1979,

Avsn. 3.3.3

Butler, C.P., Martin, S.B., & Wiersma, S.J., Measurements of The Dynamics of Structural Fires, Stanford Research Institute, California, Fourteenth Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, Pittsburgh, Pennsylvania, 1973

Avsn. 3.6.1

Byggnadstekniskt brandskydd i småhus, Kommentarer till svensk byggnorm, Statens planverk, Stockholm, 1983

Avsn. 3.4

Carlsson, A., Undersökning av husbeståndet från energisynpunkt, Delrapport 4, Statens institut för byggnadsforskning, Meddelande M78:8, Gävle, april 1978

Avsn. 1.5.1

Energistatisktiken 1978-1986, Statistiska centralbyrån, SCB, Stockholm, 1987

Avsn. 1.6

Fredlund, B., Magnusson, S.E., Nilsson, L., Petterson, O., Strandberg, S., Thelandersson, S., Skydd mot brandspridning inom småhusbebyggelse i lättbetong, Svenska brandörsvarsföreningen, SBF, Stockholm, 1977

Avsn. 3.3.2

Fredlund, B., Pettersson, O., Strandberg, S., Skydd mot brandspridning inom småhubebyggelse i betong, Institution för byggnadsstatik, Lunds tekniska högskola, Rapport R80-1, Lund, 1980

Avsn. 3.3.3

Glauman, M., Taesler R., Klimatstudier inför planering av energisnål bostadsbebyggelse i Södertuna, Södertälje, Statens råd för byggnadsforskning, BFR, Stockholm, R12:1985

Avsn. 5.1.2

Häggkvist, K., Taesler, R., Vindtryckfördelning runt friliggande enfamiljshus, Statens råd för byggnadsforskning, BFR, Stockholm, R7:1987

Avsn. 5.2

Inagaki, M., Probabilistic Fire Spread Model and Fire Spread Time, Fire Research Institute of Japan, en sammanfattning av Reports No 57 (1984), No 60 (1985) och No 63 (1987) erhållen genom brevkontakt 1987

Avsn. 3.6.2

Janson, L.E., Lundgren, J., Andersson, L., Samhällets brandvattenförsörjning / Brandvattenbehov, alternativsystem, VBB, Stockholm, november 1981

Avsn. 3.5

Jansson, R., Onnermark, B., Flame Heights Outside Windows, FOA Rapport C 20445-A3, Försvarets forskningsanstalt, FOA 2, Stockholm, mars 1982

Avsn. 3.3.3

Jones, J.C., Heck, M.P., A Study of Fires Involving Alternative Heating Equipment, Fire Journal, Vol 77, No 5, September 1983

Avsn. 2.4

Jonsson, L., Från egnahem till villa, Enfamiljshuset i Sverige 1950-1980, Statens institut för byggandsforskning, Liberförlag, Stockholm, 1985

Avsn. 1.1

Kamei, K., Natures of Conflagration in Japan, Bulletin of The Fire Prevention of Japan, Vol 11, No 1, June 1961

Avsn. 4.1 + 4.3

Karter, M.J. Jr., Fire Loss in the United States During 1982, Fire Journal, Vol 77, No 5, September 1983

Avsn. 2.4

Kiessling, W., Wilhelmsen, A.M., Småhusinventering II, Inventering av styckebyggda enbostadshus, Husbyggnad, Chalmers tekniska högskola, CTH-A-HB-1979:2, Göteborg, januari 1979

Avsn. 1.4

Kursis, J., Mattsson, J.O., Glauman, M., Wiren, B., Vindförhållanden i ett höghusområde, Statens råd för byggandsforskning, BFR, Stockholm, R91:1982

Avsn. 5.1.1

Law, M., Design Guide for Fire Safety of Bare Exterior Structural Steel, American Iron & Steel Institute, Washington D.C., 1977

Avsn. 3.3.3

Law, M., Heat Radiation from Fires and Building Separation, Technical Paper No 5, Fire Research Station, Borehamwood, England, 1963

Avsn. 3.3.3

Lindgren, H., Småhus, En beskrivning av beståndets tekniska uppbyggnad och standard, Statens råd för byggnadsforskning, BFR, Stockholm, R50:1985

Avsn.1.5

Lundberg, S., Brannspredning i tak, Norges brannteknikske laboratorium, SINTEF, Mot brann nr 8, 1979

Avsn. 2.5

Lois, E., Swithenbank, J., Fuel Storage Tank Fires in a Crosswind, Department of Chemical Engineering & Fuel Technology, University of Sheffield, First Specialists Meeting of Combustion Institute, Universite de Bordeaux I, France, 1981

Avsn. 5.3

Marchant, E.W., Effect of Wind on Smoke Movement and Smoke Control Systems, Department of Fire Safety Engineering, University of Edinburgh, Fire Safety Journal, No 7, 1984

Avsn. 5.2

Markhushållningsprogram för Skåne, Hustyper i tät bebyggelse, Markprojektet, Rapport 5, Länsstyrelserna i Kristianstads och Malmöhus län, april 1979

Avsn. 1.2.1

McGuire, J.H., Williams-Leir, G., Spread of Fire between Buildings, National Research Council of Canada, Division of Building Research, ISSN 0008-3097, Canadian Building Digest, CBD 216, Ottawa, Juni 1981

Avsn. 3.6.1

NFPA, National Fire Protection Association, What Keeps the Home Fire Burning?, Fire Journal, Vol 78, No 1, January 1984

Avsn. 2.4

Nilsson, L, Brandbelastning i bostadslägenheter, Statens råd för byggforskning, BFR, Stockholm, R34:1970

Avsn. 3.3.

Norges Teknisk - Naturvitenskapelige Forskningsråd, NTNF, Et utviklingsprogram for Norsk Boligbygging 1984-1988, 15 boligområder, Sammenlikning av kvalitet og kostnader, Prosjektrapport Nr 9, Oslo, oktober 1986

Avsn. 1.2.2

Ondrus, J., Brandrisker - utvändigt tilläggsisolerade fasader, Försöksprogram för provning i fullskala, Institutionen för Byggnadsstatik, Tekniska högskolan i Lund, Intern rapport IR 80-1, Lund, 1980

Avs 3.3.3

Ondrus, J., Pettersson, O., Brandrisker - fönsterprofiler av plast, aluminium och trä, En jämförande studie genom experimet i fullskala, Institution för brandteknik, Lunds tekniska högskola, LUTVDG/(TVBB-3037), Lund, 1987

Avsn. 3.3.3.

Ondrus, J., Pettersson, O., Brandrisker- utvändigt tilläggsisolerade fasader, En Experimentserie i fullskala, Institution för brandteknik, Lunds tekniska högskola, LUTVDG/(TVBB--3025), Lund, 1986

Avsn. 3.3.3

Petersen, M., Overtaendingsforsög i fuldskalahus, Superfors Glasuld A/S, Danmark, Brandvaern nr 8, 1978

Avsn. 3.2.3

Pingree, D., NFPA Fire Record Department, The Height of Flames above a Roof, Fire Journal, May 1968

Avsn. 3.3.3

Ramsay, G.C., McArthur, N.A., Dowling, V.P., Preliminary Result from an Examination of House Survival in the 16 February 1983 Brushfires in Ausralia, Fire and Materials, Vol 11, 1987

Avsn. 4.2

Sasaki, H., Jin, T., Probability of Fire Spread in Urban Fires and their Simulations, Report of Fire Research Institute of Japan, No 47, March 1979

Avsn. 3.6.2

Schmidt Pedersen, K., Analyse av inntrufne branner, Norges brannteknikske laboratorium, SINTEF, Mot brann nr 8, 1979

Avsn. 2.5

Schmidt Pedersen, K., Lundberg, S., Brannrisikoen ved ventilerte tak, temarapport 1, STF 25 A 81003, SINTEF, Norge, mars 1981

Avsn. 2.5

Shorter, G.W., Mc Guire, J.H., Hutcheon, N.B., and Legget, R.F., The St. Lawrence Burns, National Research Council of Canada, Division of Building Research, Research Paper No 98, Ottawa, June 1960 or Quarterly of NFPA, Vol 53, No 4, USA, April 1960

Avsn. 3.6.1

Sjölin, V., Brand i låg bebyggelse - branden i Chelsea, USA, Försvarets forskningsanstalt, FOA, Rapport A 20008-D6, Stockholm, September 1975

Avsn. 4.2 + 4.5

Small, R.D., Brode, H.L., Physics of Large Urban Fires, Pacific-Sierra Research Corporation, Santa Monica, California, USA, March 1980

Avsn. 6.1

Smidt, L.A.Jr., A Parametric Study of Probabilistic Fire Spread Effects, Institute for Defense Analyses, Program Analysis Division, IDA Paper P-1372, Arlington, Virginia, USA, September 1979

Avsn. 4.2 + 4.3

Stenstad, V., Branner - statistikk og erfaring, Norsk Treteknisk Institutt, Oslo, mars 1985

Avsn. 2.5

Strömdahl, I., Brandrisker och brandskydd i tät trähusbebyggelse, Svenska brandförsvarsföreningen, SBF, Nr 270, Stockholm, oktober 1970

Avsn. 4.1 + 4.3

Suzuki, H., Five-Year Project for Fire Safety Design for Wood Frame Buildings, Building Research Institute of Japan, 1988

Avsn. 3.6.2

Svenska brandförsvarsföreningen, SBF, Radhus - basmaterial, Stockholm, januari 1987

Avsn. 2.3

Svensk byggnorm, SBN 1980, Statens planverks författningssamling, PFS 1980, Stockholm 1980

Avsn. 3.4

Taesler, R., Klimatdata för Sverige, Statens råd för byggnadsforskning, BFR, Stockholm, ISBN 91-540-2012-3 eller T2:1972

Avsn. 5.1 + 5.2

Thomas, P.H., On Fire Flames out of Vertical Openings, Fire Safety Engineering, Lund Institute of Technology, Sweden, LUTVDG/(TVBB-3026), 1986

Avsn. 3.3.3

Thomas, P.H., On the Heights of Buoyant Flames, Joint Fire Research Organization, Fire Research Note No 489, Borehamwood, England, 1961

Avsn. 3.3.3

Thomas, P.H., Law, M., The Projection of Flames from Burning Buildings, Fire Research Station, Fire Research Note No 921, Borehamwood, England, 1972

Avsn. 3.3.3

Tolstoy, N., Sjöström, Ch., Waller, T., Bostäder och lokaler från energisynpunkt, ERBOL, Statens institut för byggnadsforskning, Meddelande M84:8, Gävle, juni 1987

Avsn. 1.6

Tolstoy, N., Svennerstedt, B., Reparationsbehov i bostäder och lokaler, Statens institut för byggnadsforskning, Meddelande M84:10, Gävle, 1984

Avsn. 1.1

Tsukagoshi, I., Fire Spread between Wooden Buildings - External Radiation from Wooden House in Fire, Fire Safety Division, Building Research Institute, Japan, Proceedings Wood Frame Housing '87, pp 99-106, International Conference, Oslo, Norway, September 1987

Avsn. 3.6.2

Vogel, B.M., A Study of Fire Spread in Multi-Family Residences: The Causes - the Remedies, National Bureau of Standards, NBSIR 76-1194, Washington, USA, February 1977

Avsn. 3.2.3

Yokoi, S., Study on the Prevention of Fire Spread Caused by Hot Upward Current, Building Research Institute, Report No 34, Tokyo, November 1960

Avsn. 3.3.3

ÖVRIGA REFERENSER

Cooke, G.M.E., Fire Engineering of Tall Fire Separating Walls, Fire Surveyor, June and August 1987

Dansk brandstatisktik manual, Dansk Brandvaerns - komite, Datavej 48, D-3460 Birkeröd, Danmark 1987

Magnusson, S.E., Pettersson, O., Functional Approaches - an Outline, Division of Structural Mechanics and Concrete Construction, Lund Institute of Technology, Bulletin 62, pp 14-17, Lund 1978

Nordiska industrigruppen trähus/brandskydd, Tät småhusbebyggelse och brandspridningsrisker, Rockwood AB, Skövde, juni 1975

Norén, J., Brandmotstånd hos träkonstruktioner, Sammanställning av provresultat, Rapport P 8611070, TräteknikCentrum, Stockholm, december 1986

Pettersson, O., Brandspridning i småhusområden, föredrag vid Betongbyggnadsdag 78, Svenska betongföreningen, Stockholm, november 1978

Pettersson, O., Current Fire Research and Design - Particularly in View of Mathematical Modelling, Devision of Building Fire Safety and Technology, Lund Institute of Technology, Report LUTVDG/(TVBB-3018), Lund, 1983

Ramsay, G.C., Experimental Fire Studies, Division of Building Research, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia, Interflam '85, Conference Workbook, pp 165-169, University of Surrey, Guildford, England, March 1985

Silcock, A., Robinson, D., and Savage, N.P, Fires in Dwellings - an Investigation of Actual Fires, Part II and Part III, CP 80/78, Fire Research Station, Borehamwood, England, December 1978

Strömdahl, I., Utformning av modern tät trähusbebyggelse med hänsyn till skydd mot brandfara, doktorsavhandling, KTH, Stockholm, mars 1972

Tanaka, T., A Model on Fire Spread in Small Scale Buildings, Building Research Institute of Japan, BRI Research Paper No 84, March 1980

Kapitel 4 och 6 innehåller ytterligare referenser på sidorna 104-105 respektive 122-123.