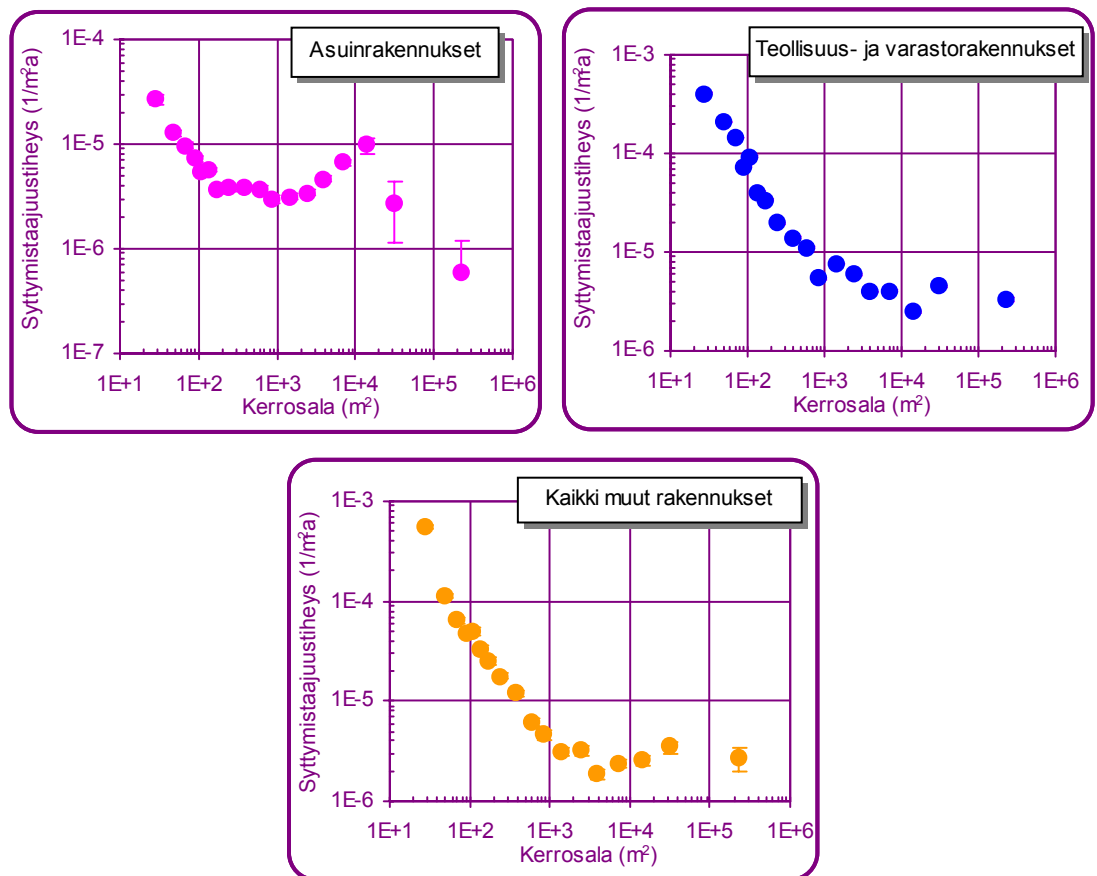


Kati Tillander & Olavi Keski-Rahkonen

# Rakennusten syttymistaajuudet PRONTO-tietokannasta 1996–1999



# **Rakennusten syttymistaajuudet PRONTO-tietokannasta 1996–1999**

Kati Tillander & Olavi Keski-Rahkonen

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka



ISBN 951-38-5929-0 (nid.)  
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-5930-4 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)  
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 2001

#### JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT  
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT  
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland  
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Materiaalit ja tuotteet, Kivimiehentie 4, PL 1803, 02044 VTT  
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4815

VTT Bygg och transport, Material och produkter, Stenkarlsvägen 4, PB 1803, 02044 VTT  
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4815

VTT Building and Transport, Materials and Products,  
Kivimiehentie 4, P.O.Box 1803, FIN-02044 VTT, Finland  
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4815

Toimitus Maini Manninen

Otamedia Oy, Espoo 2001

Tillander, Kati & Keski-Rahkonen, Olavi. Rakennusten syttymistaajuudet PRONTO-tietokannasta 1996–1999 [Ignition frequency of structural fires in Finland 1996–1999]. Espoo 2001. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 2119. 66 s. + liitt. 16 s.

**Avainsanat** buildings, building stock, fire safety, ignition, statistics, ignition frequency, risk analysis, reliability, models

## Tiivistelmä

Palosta aiheutuvan vahingon odotusarvo on palon taajuus kertaa palon seuraus. Koska palot yksittäisessä rakennuksessa ovat harvinaisia merkittävien johtopäätösten tekemiseksi, tämä tulo on vielä summattava koko tarkasteltavan joukon yli esimerkiksi vuosittain. Palotilastoihin pohjautuva luotettava tieto syttymistaajuudesta on välttämätöntä, jotta tulipalon riski voidaan arvioida kvantitatiivisesti, ja toiminnallisessa suunnittelussa syttymän todennäköisyys on yksi tärkeimmistä paloriskianalyysin komponenteista. Tässä tutkimuksessa jatkettiin Suomen vuosien 1994–1995 tilastoaineistosta tehtyä tutkimusta ja tarkasteltiin rakennusten syttymistaajuutta käyttämällä sisäasianministeriön ylläpitämää PRONTO-tietokannasta poimittua tilastoaineistoa vuosilta 1996–1999 sekä Tilastokeskuksen vuoden 1999 rakennuskantaa. Perimmäisenä tavoitteena oli saada syttymistaajuudesta niin luotettava kuva kuin mihin tilastoaineisto riittää, jotta tuloksia voitaisiin käyttää Suomessa paloturvallisuuden suunnitteluun sekä valtakunnallisella tasolla erityisesti uusien säädösten asiapohjana että alaa koskevassa teollisuudessa jopa yksittäisen rakennuksen paloturvallisuussuunnitteluun saakka. Laajempi tilastoaineisto mahdollisti ilmiöiden huomattavasti tarkemman ja pidemmälle viedyn analysoinnin. Nyt käytettävissä olevalla aineistolla pystyttiin selvittämään teorian malleja käyttäen syttymistaajuuteen vaikuttavien tekijöiden mekanismi ja lopputuloksena saatiin tilastollisesti luotettavat kolmen käyttötaparyhmän syttymistaajuuskäyrät, joiden perusteella insinööriyöhön tarvittavat mitoituskäyrät voidaan laatia.

Syttymistaajuuden riippuvuutta kerrosalasta käyttötavaltaan erilaisissa rakennuksissa sekä rakennuspalojen jakaantumista kuukausittain, viikoittain, viikonpäivittäin ja vuorokaudenajoittain sekä myös muita esiintyviä ilmiöitä tarkasteltiin edellistä laajemmasta aineistosta. Kuten aiemminkin, yleistetty Barrois'n malli, kahden potenssifunktion summa, antoi käytettävissä olevasta aineistosta hyvät sovitteet tilastollisesti merkittävällä tarkkuudella. Paneutumalla teoreettiseen malliin johdettiin yleistetty Barrois'n mallin lauseke ja huomattiin senkin olevan vain tietty erikoistapaus. Syttymistaajuuskäyrässä pinta-alan funktiona voi olla maksimeja ja minimejä riippuen uhatun ja syttyneen rakennuskannan jakaumien muodosta. Työssä saatiin hyvä teoreettinen selitys havaituille ilmiöille sekä vahva tilastollinen pohja laskennalliselle syttymistaajuustiheydelle toiminnallista suunnittelua varten jakamalla rakennukset

kolmeen suureen käyttötaparyhmään: asuinrakennukset, teollisuus- ja varastorakennukset ja kaikki muut näiden ulkopuolelle jäävät käyttötaparyhmät yhdessä. Rakennuksissa, joiden kerrosala on välillä 100–20 000 m<sup>2</sup> mallit toimivat hyvin. Tilastoaineiston rajoitusten vuoksi syttymistäajuustiheydestä ei kuitenkaan voitu tehdä tilastollisesti merkittäviä päätelmiä hyvin pienillä tai hyvin suurilla kerrosalan arvoilla. Tulokset eivät ole ristiriidassa aiempien tulosten kanssa, mutta nyt ne ymmärretään teorian pohjalta ja johdetut likikaavat nojaavat huomattavasti suurempaan tilastoaineistoon. Tilastokeskuksen käyttötaparyhmä 'muut rakennukset' osoittautui poikkeukselliseksi. Niiden osuus rakennuskannan kerrosalasta on vain 1 %, mutta vahinkojen määrästä niissä sattuu 15 %. Palonehkäisyn kannalta tämä ryhmä vaatii lisäselvityksiä, jotta voitaisiin ymmärtää, miksi vahinkoja syntyy niin paljon ja miten niitä voitaisiin torjua ennakolta.

Syttymien aikajakaumien jaksollinen vaihtelu oli melko pientä vuorokausirytmisiä lukuun ottamatta. Vuorokausivaihtelun havaittiin seuraavan ihmisten elämänrytmiä siten, että silmävaraisesti katsoen asuinympäristössä valveilla vietetty aika on verrannollinen syttymien määrän kanssa. Lisäksi PRONTOsta otetun otoksen perusteella saatiin viitteitä siitä, että vuosittain rakennuspaloja saattaisi esiintyä huomattavasti tilastoitua enemmän ja ettei kaikkia rakennuksissa tai niiden läheisyydessä tapahtuvia paloja kirjata rakennuspaloiksi eikä niistä täytetä rakennusselostetta.

Tillander, Kati & Keski-Rahkonen, Olavi. Rakennusten syttymistaajuudet PRONTO-tietokannasta 1996–1999 [Ignition frequency of structural fires in Finland 1996–1999]. Espoo 2001. Technical Research Centre of Finland, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 2119. 66 p. + app. 16 p.

**Keywords** buildings, building stock, fire safety, ignition, statistics, ignition frequency, risk analysis, reliability, models

## Abstract

The expected value of the fire loss is the ignition frequency multiplied by the consequences added up over the distribution of burned buildings from the building stock studied. Reliable knowledge of the ignition frequency derived from fire statistics is a prerequisite for quantitative estimation of fire risks and the probability of fire starting is one of the most important factors in fire risk analysis used for example in performance based design. This study covered the fires in buildings during the years 1996–1999, which were picked out from the national accident database PRONTO (formerly ONTIKA), as well as building stock of 1999 by Statistics Finland. The final goal of this work was to process statistical data as far as possible to extract structural fire frequencies at national level for use by pertinent industries as well as for backing fire code regulations for performance based design of individual buildings. Compared to earlier study, which based on statistical data of structural fires in Finland during the years 1994–1995, the amount of observations was considerably larger and therefore better statistical accuracy was obtained. Overall the mechanism of the factors affecting to ignition frequency was discovered. As a result it was achieved statistically reliable ignition frequency graphs for the four building groups to which the design methods can be based on.

Following a model obtained from literature a power law function of total floor area was observed to be at variance with data, but trying heuristically a sum of two power functions led to a fairly good fit with the available statistical data. Since theoretically power law dependence is a special case, a general approach was attempted starting from the initial distributions of the buildings involved in fires and the total stock at risk and this way a good agreement with the observations was obtained. The general method shed new light on the ignition frequency and good theoretical explanation was achieved for the observed phenomena. It showed that the ignition frequency varies with the floor area and has maxima and minima depending on the form of these size distributions. Estimation of systematic errors yielded values of partial safety constants needed for calculation of the ignition frequency for design purposes. Three principal classes of building use could be differentiated: residential buildings, industrial and storage buildings, and all other categories outside these groups together. The model is useful for determining the ignition frequency of buildings of floor area between 100 and

20 000 m<sup>2</sup>. Because of limited statistical data it was not possible to make definite conclusions about the ignition frequency in very small or very large buildings. Building category 'other buildings' turned out exceptional. They contribute only 1% to the floor area but 15% to total loss. For fire prevention additional studies are necessary for understanding the phenomenon and devising means of mitigation.

The time distributions of fire alarms showed that periodic variations are rather small with exception of daily cycle. Apparently the ignitions seem to follow the rhythm of life of people awake in residential environment, although no specific measured data was available to show the connection. Also based on the sample picked out from PRONTO it seemed that there are considerably larger amount of structural fires annually than the statistics show because all of the fires are not registered as structural fires correctly.

## **Alkusanat**

Tämä julkaisu on tehty jatkona VTT:n TOPA-projektissa aloitetulle palotilastojen analyysille PRONTO-tietokannan sisältämästä aineistosta. Kiitämme Teknillistä korkeakoulua tutkijankoulutusstipendistä toiselle meistä (K.T.), jonka turvin tämä työ on ollut mahdollista. Kiitämme myös sisäasiainministeriön pelastusosastoa PRONTO-tietokannan luovuttamisesta työmme käyttöön sekä Tilastokeskusta rakennuskantaa koskevien tietojen toimittamisesta.



# Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	5
Alkusanat.....	7
Symboliluettelo.....	10
1. Johdanto.....	11
1.1 Aikaisemmat tutkimukset.....	11
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset.....	13
2. Rakennuskanta.....	14
2.1 Käyttötaluokkajako.....	14
2.2 Rakennuskantatietojen laatu.....	14
2.2.1 Kattavuus.....	15
2.2.2 Rakennustiedot.....	15
2.2.3 Poistumatiedot.....	15
2.2.4 Vertailtavuus rakennus- ja asuntotuotantotilastoihin.....	16
2.3 Aineiston luotettavuus.....	16
2.3.1 Rakennusten määrä.....	17
2.3.2 Käyttötarkoitus.....	17
2.3.3 Kerrosala ja kerrosluku.....	17
3. Syttymän todennäköisyys.....	18
3.1 Pareton jakauma.....	18
3.2 Logaritminen normaalijakauma.....	19
3.3 Yleistetty Barrois'n malli.....	20
3.4 Yhdistetty jakauma.....	20
4. Rakennuspalojen lukumäärät tilastoista.....	23
5. Syttymistäajuudet tilastoaineistosta.....	26
5.1 Syttymistäajuuden keskiarvo.....	26
5.2 Keskiarvot eri käyttötaluokissa.....	27
5.3 Muut rakennukset.....	29
5.4 Syttymistäajuustiheys.....	33
5.5 Taajuuksien sovitteet yleistettyyn Barrois'n malliin.....	35
5.5.1 Kaikki rakennukset.....	35
5.5.2 Kokeiluja käyttötaluoryhmillä.....	36
5.5.3 Tilastokeskuksen käyttötaluokat.....	38

6. Tilastoaineiston luotettavuus .....	41
6.1 Virhetarkastelu .....	41
6.2 Osavarmuuskertoimet.....	42
7. Syttymän todennäköisyys .....	44
7.1 Jakaumien riippuvuus kerrosalasta eri käyttötaluokissa.....	44
7.2 Käyttötaluokkien yhdistelyä .....	46
8. Todelliset tulipalojen lukumäärät?.....	48
8.1 Tulipalojen vuosittainen lukumäärä .....	48
8.2 Erot rakennuspalojen lukumäärissä.....	50
8.3 Otos muista tulipaloista .....	50
8.4 Lukumäärien korjausyritelmiä.....	51
9. Suuret rakennukset.....	54
9.1 Tulipalojen lukumäärät suurissa rakennuksissa .....	54
10. Rakennuspalojen syttymistiheyden aikajakaumat .....	57
10.1 Yleistä.....	57
10.2 Rakennuspalojen jakaantuminen kalenterikuukausille.....	57
10.3 Rakennuspalojen viikoittainen jakaantuminen.....	58
10.4 Rakennuspalojen jakaantuminen viikonpäiville.....	59
10.5 Rakennuspalojen jakaantuminen eri vuorokaudenaikoihin.....	59
11. Yhteenveto .....	61
Lähdeluettelo .....	64

## Liitteet

Liite A: Rakennusluokitus 1994

Liite B: Palaneiden rakennusten lukumäärän jakaumien riippuvuus kerrosalasta eri käyttötaluokissa

Liite C: Uhattujen rakennusten lukumäärän jakaumien riippuvuus kerrosalasta eri käyttötaluokissa

Liite D: Käyttötaluokkaryhmät

# Symboliluettelo

$A$	Kerrosala [ $\text{m}^2$ ]
$c_1$	Yleistetyn Barrois'n mallin soviteparametri
$c_2$	Yleistetyn Barrois'n mallin soviteparametri
$f_d$	Suhteellinen syttymistaajuus
$f_m''$	Syttymistaajuustiheys [ $1/\text{m}^2\text{a}$ ]
$n$	Tulipalojen lukumäärä
$N$	Uhattujen rakennusten lukumäärä
$P(A)$	Syttymän todennäköisyys
$r$	Yleistetyn Barrois'n mallin soviteparametri
$s$	Yleistetyn Barrois'n mallin soviteparametri
$S_{n/N}$	Pienimmän tarkasteltavassa ryhmässä mukana olevan rakennuksen kerrosala
$t$	Aika [s]
$v_n(A)$	Tulipaloissa mukana olleiden rakennusten kerrosalan tiheysfunktio [ $1/\text{m}^2$ ]
$v_N(A)$	Uhattuna olevien rakennusten kerrosalan tiheysfunktio [ $1/\text{m}^2$ ]
$\gamma_m$	Osavarmuuskerroin
$\lambda_{n/N}$	Pareton jakauman parametri
$\mu$	Keskiarvo
$\sigma$	Keskihajonta

# 1. Johdanto

Palosta aiheutuvan vahingon odotusarvo on palon taajuus kertaa palon seuraus. Vahinkojakin voi olla useammanlaisia, joita ei voida arvioida keskenään vertailtavilla mittayksiköillä. Siten yleisesti palovahinkoa tarkasteltaessa joudutaan katsomaan useaa rinnakkaista suuretta, joissa kuitenkin kaikissa on kertojana sama palon syttymistaajuus. Siitä syystä mahdollisimman tarkka tieto syttymistaajuudesta ja sen mahdollisista riippuvuuksista erilaisista tekijöistä on paloturvallisuustyön kulmakiviä.

Koska palot yksittäisessä rakennuksessa ovat harvinaisia, merkittävien johtopäätösten tekemiseksi edellä mainittu tulo on vielä summattava koko tarkasteltavan joukon yli esimerkiksi vuosittain. Perimmäisenä tavoitteena on saada syttymistaajuudesta niin luotettava kuva kuin mihin tilastoaineisto riittää, jotta tuloksia voitaisiin käyttää Suomessa paloturvallisuuden suunnitteluun, ennaltaehkäisyyn ja valistukseen. Erityisen merkityksen matemaattiseen muotoon puettu syttymistaajuuden laskentakaava saa uusien toiminnallisten palosäädösten lähtötietona toiminnallisessa paloteknisessä suunnittelussa. Lisäksi sillä on runsaasti käyttöä kvantitatiivisessa paloriskianalyyseissa hyvinkin moninaisilla aloilla, joilla on käytössään suuria rakennuskomplekseja ja/tai omaisuuskeskittymiä. Oman itsestään selvän käyttäjäryhmän muodostavat vakuutuslaitokset tai teollisuudenalat, joilla on lakisääteisesti suoritettavia eriaisteisia riskinarviointoja.

## 1.1 Aikaisemmat tutkimukset

Vaikka palotilastointia on harrastettu kauan erilaisissa yhteyksissä, nykyaikaisella tavalla palotilastoja ruvettiin käyttämään erityisen huolellisesti ja innovatiivisesti Britanniassa heti toisen maailmansodan jälkeen. Siellä palot tilastoitiin kattavasti ja tutkimuslaitoksissa kehiteltiin myös merkittävästi niitä menetelmiä, jotka ovat olleet tämän työn esikuvina. Varhaista historiaa ei tässä tarkemmin toisteta, vaan viitataan sen yleiseltä osalta Ramachandranin (1998) äskettäin ilmestyneeseen oppikirjaan ja siinä esiintyviin kirjallisuusviitteisiin sekä erityisesti syttymistaajuuden osalta aikaisempaan tutkimukseen (Rahikainen & Keski-Rahkonen 2001b).

Suomessa paloja on tilastoitu myös kauan (SM 2000), mutta niiden tarkempi analysointi (ainakin julkisesti saatavissa lähteissä) on ollut sattumanvaraista. Kansallisen palotutkimusohjelman TOPA-projektissa VTT:llä käynnistettiin järjestelmällinen palotilastojen analysointi toiminnallisen paloteknisen mitoituksen perusteiden selvittämiseksi. Työssä keskityttiin seuraustekijöiden osalta ensin henkilövahinkoihin (Keski-Rahkonen, 1997a, 1997b 1998), joiden torjuminen on palosäädösten mukaan ensisijaisin palontorjunnan tehtävä. Näiden raporttien viitoittamien tulosten herättämänä palokuolemista käynnistettiin vuodet 1988–1997 kattava yksityiskohtainen tutkimus

(Rahikainen 1998b), mihin kerättiin tätä aihepiiriä koskeva tilastoaineisto. Tässä työssä samoin kuin sen jatkoanalyysissä (Rahikainen & Keski-Rahkonen 1998a, 1998b, 1999a, 1999b, 2001a) todettiin, että vaikka palokuolemat ovat palon seurausten tärkein vahinkoryhmä, niiden vuotuinen lukumäärä on kuitenkin niin pieni, että kovin monimutkaisia tilastollisia menetelmiä ei sen käsittelyyn voida käyttää. Seurauksista kuolemaa lievempiä henkilövahinkoja ei ole tilastoitu järjestelmällisesti. Siksi pelkästään henkilövahinkojen perusteella ei voida luoda kovin kvantitatiivista kuvaa palovaaran yhteiskunnalle aiheuttamasta haitasta. Erityisesti tämä kuva on liian epätarkka tilastokohinan vuoksi haluttaessa tehdä ennusteita joko tulevaisuuteen tai jollekin koko valtakuntaa pienemmälle osajoukolle. Henkilövahinkotutkimuksissa havaittiin kuitenkin jo kiistattomasti, että erityisesti palokuolemat eivät ole edes määräävältä osaltaan pelkkä palotekninen ongelma. Muiden tekijöiden tutkimiseksi olisi käynnistettävä uusia riittävän monitieteisiä projekteja.

VTT:ssä aikaisemmin tehtyjen julkaisemattomien tutkimusten perusteella tiedettiin, että toiseksi tärkeimmästä seurausten ryhmästä, aineellisista palovahingoista, ei ole saatavissa kovin yksityiskohtaista julkista tietoa. Kirjallisuustutkimus paljasti, että palon kansantaloudelliset kokonaisvaikutukset voitiin arvioida kohtuullisella tarkkuudella ja tuloksia voitiin verrata myös ulkomaiden vastaaviin tietoihin Suomen kansallisen tilanteen suhteuttamiseksi meitä vastaaviin maihin (Keski-Rahkonen ja Björkman 1999). Tästä tiedosta ei kuitenkaan voitu mennä tarkempiin yksityiskohtiin, joita olisi tarvittu rakennusten paloteknisessä suunnittelussa arvioitaessa, mitkä tekijät varsinaisesti aiheuttavat aineelliset palovahingot. Heti TOPA-projektin alussa käynnistettiin diplomityö, joka on julkaistu myös VTT Tiedotteita -sarjassa (Rahikainen 1998a), syttymistäajuuksien määrittämiseksi toiminnallisten palosäädösten pohjaksi sisäasiainministeriön ONTIKA tietokannasta (SM 1991). Tutkimus tehtiin käyttämällä ONTIKASTA poimittuja rakennuspaloja vuodelta 1995 sekä Väestörekisterikeskuksen vuoden 1990 väestölaskennalla kerättyä rakennuskantaa (Tilastokeskus 1993).

Rahikaisen työssä kerättiin yhden vuoden rakennuspaloista saadut tiedot syttymistä ja analysoitiin tuloksia jaotellen ne rakennuksen käyttötapaluokituksen, kerrosalan, paikkakunnan ja syttymisajankohtien mukaisesti. Tulokset osoittivat, että tällä tavoin syttymistäajuuksista on saatavissa aiempaa huomattavasti luotettavampaa ja yksityiskohtaisempaa tietoa. Toiminnallisen suunnittelun kannalta erityisen hyödyllinen oli Ramachandranin (1979/80) teorian pohjalta tehty syttymistäajuuden määrittäminen jakamalla rakennuskanta luokkiin kerrosalan funktiona. Yksinkertaisen potenssifunktion sovittaminen Ramachandranin mallin mukaan ei johtanut tyydyttävään tulokseen, mutta tuloksen lievä yleistäminen käyttäen kahden potenssifunktion summaa antoi käytettävissä olevasta aineistosta hyvät sovitteet tilastollisesti merkittävällä tarkkuudella (Rahikainen & Keski-Rahkonen 1998a, 1998c, 1998d).

Tulosten tieteellistä julkistamista varten tehtiin aihepiiristä kirjallisuustutkimus, josta paljastui, että asiaa ovat aiemmin käsitelleet monet tutkijat (Rahikainen & Keski-Rahkonen 2001b). Ensimmäinen henkilö, joka toi esille tieteellisessä artikkelissa rakennuksen koon vaikutuksen suurin piirtein Ramachandranin tapaan, oli ranskalainen teollisuusmies Théodore Joseph Barrois (1834). Monet muut ovat hänen jälkeensä esittäneet samankaltaisia teorioita toisistaan ilmeisen riippumatta, mutta Johansenin (1979) ehdotuksen mukaan kutsumme syttymistäajuuden potenssifunktion muotoista riippuvuutta rakennuksen koosta Barrois'n malliksi. Tältä pohjalta ehdotimme kahden potenssifunktion summaa kutsuttavaksi yleistetyksi Barrois'n malliksi. Luvussa 5 käsitellään tämän mallin soveltuvuutta nyt käytettävissä oleviin havaintoihin tarkemmin.

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella rakennusten syttymistäajuutta käyttämällä sisäasianministeriön ylläpitämästä ONTIKAN (SM 1991) korvanneesta PRONTO-tietokannasta poimittua uutta tilastoaineistoa vuosilta 1996–1999 ja Tilastokeskuksen vuoden 1999<sup>1</sup> rakennuskantaa sekä verrata tuloksia vuoden 1995 aineiston perusteella tehtyihin päätelmiin (Rahikainen 1998a, Rahikainen & Keski-Rahkonen 2001b). Tarkoituksena oli tutkia syttymistäajuuden riippuvuutta kerrosalasta käyttötavaltaan erilaisissa rakennuksissa edellisen tutkimuksen suuntaviivojen mukaisesti, kun käytettävissä oli nyt noin viisinkertainen määrä havaintoja, jolloin tilastokohinan taso on jo karkeasti puolittunut. Yksinkertaisen tilastomallin mukaan  $N$  havaintoa käsittävän satunnaisen näytteen pelkästä sattumasta johtuva hajonta on  $\sqrt{N}$  yli 10 kappaleen näytteestä (Beers 1953). Lisäksi tavoitteena oli tarkastella rakennuspalojen jakaantumista kuukausittain, viikoittain, viikonpäivittäin ja vuorokaudenajoittain sekä myös muita mahdollisia ilmiöitä, joita vertailu edellisen työn tuloksiin toisi esille. Tulosten käyttäjien varsinainen kohderyhmä on toiminnallista paloturvallisuussuunnittelua tekevät tahot, joilla pitäisi olla riskianalyysin pohjaksi mahdollisimman ajantasaiset tiedot syttymistäajuudesta.

Tilastotiedot kattoivat vuodet 1996–1999 ja ne poimittiin valtakunnallisesta onnettomuustietokannasta, PRONTOsta. Tutkimuksesta rajattiin pois Ahvenanmaan maakunta, jonka osalta tiedot kannassa ovat ilmeisen puutteellisia. Kerrosalat ja rakennusten lukumäärät pohjautuvat Tilastokeskuksen vuoden 1999 rakennuskantaan. Rakennuskannassa tiettyjen käyttötapaluokkien osalta tilastointi on myös ilmeisen puutteellista. Nämä käyttötapaluokat otettiin kuitenkin tutkimukseen mukaan, mutta alempana niistä saatavan tiedon luotettavuutta tarkastellaan erilaisin sisäisin vertailumenetelmin ja johtopäätöksiin tiivistetään tulosten käytettävyys soveltajalle. Tämän työn tuloksia on esitelty lyhyesti aiemmin (Tillander ja Keski-Rahkonen 2001a).

---

<sup>1</sup> Pohjautuu Tilastokeskuksen sähköiseen aineistoon rakennuskannasta Suomessa 31.12.1999

## 2. Rakennuskanta

### 2.1 Käyttötaluokkajako

Tilastokeskuksen vuoden 1994 rakennusluokitus on esitetty liitteessä A. Tässä tutkimuksessa rakennukset jaettiin tämän luokituksen perusteella kymmeneen eri käyttötaluokkaan. Taulukossa 1 on esitetty käytetyt pääryhmät ja vuoden 1994 rakennusluokituksen perustuvat käyttötaluokat, jotka niihin sisältyvät. Eri ryhmiä on seuraavissa kappaleissa merkitty oikeanpuolimmaisessa sarakkeessa esitetyillä lyhenteillä.

*Taulukko 1. Käyttötaluokitus.*

<b>PÄÄRYHMÄT</b>	<b>LUOKKAAN KUULUVAT RYHMÄT</b>	<b>AVAIN</b>
Asuinrakennukset	A Asuinrakennukset	Asu
Liikerakennukset	C Liikerakennukset	Lii
Toimistorakennukset	D Toimistorakennukset	Tsto
Liikenteen ja palo- ja pelastustoimen rakennukset	E Liikenteen rakennukset L Palo- ja pelastustoimen rakennukset	Lip
Hoitoalan rakennukset	F Hoitoalan rakennukset	Hoi
Kokoontumisrakennukset	G Kokoontumisrakennukset	Kok
Opetusrakennukset	H Opetusrakennukset	Ope
Teollisuusrakennukset	J Teollisuusrakennukset	Teo
Varastorakennukset	K Varastorakennukset	Var
Muut rakennukset	B Vapaa-ajan asuinrakennukset	Muu

Rakennuskantaan ei lueta maatalousrakennuksia, vapaa-ajan rakennuksia eikä muita rakennuksia paitsi silloin, kun ko. rakennuksissa on asuttuja asuntoja tai toimitiloja. Eli toisin sanoen Tilastokeskuksen rakennuskantaan ei ole laskettu mukaan esimerkiksi kesämökkejä, joissa ei ole ympärivuotista asutusta tai eläinsuojia, ym.

### 2.2 Rakennuskantatietojen laatu

Kohdissa 2.2. ja 2.3 arvioitu rakennuskannan laatu ja luotettavuus perustuu Tilastokeskuksesta saatuun arvioon, joka pohjautuu pohjoismaisten tilastovirastojen kokouksessa pidettyyn seminaariesitelmään (Harala & Nieminen 1998).

### **2.2.1 Kattavuus**

Rakennus- ja huoneistotietojen laatu on yleisesti ottaen tilastotuotannon kannalta hyvä. Ongelmat kattavuuden osalta liittyvät osin perusaineiston eli vuoden 1980 väestölaskennan yhteydessä pois jätettyihin tietoihin (mm. maatalousrakennukset) ja rekisterin päivittymisongelmiin (mm. muuttoilmoitusliikenne, ilman rakennuslupaa tapahtuva rakentaminen).

### **2.2.2 Rakennustiedot**

Rakennuskannan kattavuus on huono maatalousrakennusten osalta, koska vuoden 1980 väestölaskennassa ei ole kerätty ko. tietoja ollenkaan. Voidaankin sanoa, että kaikki ennen vuotta 1982 valmistuneet maatalouden tuotantorakennukset puuttuvat rakennus- ja huoneistorekisteristä. Myös ko. ajankohdan jälkeen rakennetuista puuttuu suurin osa, koska maatalouden tuotantorakennuksilta ei kaikissa kunnissa ole vaadittu rakennuslupaa, (esim. jos rakennuksen tilavuus on melko pieni). Väestölaskennassa 1980 ei myöskään kerätty tietoja asuinrakennusten talous- ja piharakennuksista, joita on rekisterissä tästä syystä liian vähän. Rakennuskantaa muodostettaessa ko. luokat onkin määritelmällisesti jätetty rakennuskannan ulkopuolelle.

Rekisteriin kerättävien keskeisten muuttujien peittävyys on yleensä hyvä. (mm. koordinaatit 99,8 %, rakennusvuosi 97,7 %). Tilavuus puuttuu lähes 70 % rakennuksista, koska ko. tietoa on kerätty vasta rekisterin perustamisen jälkeen vuodesta 1982. Lämmitysaine- ja lämmitystapatietoihin liittyy päivitysongelmia. Lämmitystavan tai -aineen muutokset eivät ole luvanvaraisia rakennustoimenpiteitä eikä tietojen päivitykseen ole muutakaan tapaa. Sama ongelma koskee myös rakennuksen varusteita ja verkostoliittymiä. Rekisteriin on tosin täydennetty puuttuvia tietoja useaan kertaan 1980-luvun lopulla. Vääriä tietoja pystytään jonkin verran korjaamaan Tilastokeskuksessa tilastotiedostoa muodostettaessa poistamalla ristiriitaisuuksia eri varusteiden ja lämmitystapojen/-aineiden kesken.

### **2.2.3 Poistumatiedot**

Rakennus- ja huoneistorekisterin tiedot eivät toistaiseksi mahdollista tilastojen tuottamista asuntojen ja rakennusten poistumasta. Rakennuslain mukaan rakennuksen purku on ilmoitettava rekisteriin vain, jos tontille anotaan uudisrakennuslupaa. Sen sijaan haja-asutusalueilla vanhat pientalot ränsistyvät ja tuhoutuvat vähitellen. Tieto niiden poistumisesta rakennuskannasta tulee yleensä vain silloin, kun rekisteriin tehdään tarkistuksia. Valitettavasti tarkistukset tehdään eri puolilla maata eri aikaan ja



eritasoisesti. Tämän vuoksi tieto poistumasta on esimerkiksi vuosittaisena tietona liian epäluotettava. Rakennus- ja asuntokantatilastoissa on tämä ongelma kyetty hoitamaan karsimalla joka vuosi tiedostosta todennäköiset poistumatapaukset. Poistumatieto voidaan koko maan tasolla arvioida laskennallisesti vähentämällä asuntotuotantoluvusta asuntokannan muutoksen määrä. Toistaiseksi tämä on paras tapa arvioida asuntokannan poistumaa. Jotta tietoa kannattaisi tuottaa esim. vuositasolla rakennus- ja huoneistorekisterin tietojen pohjalta, pitäisi luoda nykyistä aukottomampi systeemi poistuman seuraamiseksi.

Tulevaisuudessa poistumatietojen päivittyminen rekisteriin tulee paranemaan, koska verohallituksen on tarkoitus luopua kokonaan oman kiinteistö- ja rakennusrekisterin ylläpidosta ja siirtyä käyttämään VTJ:n rakennustietoja. Kiinteistöveron maksu tulee siis rakennuksen omistajalle väestötietojärjestelmän tietojen perusteella. Näin ilmoitus rakennuksen purkamisesta tulee rakennuksen omistajalta viimeistään silloin, kun hän saa kiinteistöveromaksun puretusta rakennuksesta.

#### **2.2.4 Vertailtavuus rakennus- ja asuntotuotantotilastoihin**

Asuntokantaa muodostettaessa väestötietojärjestelmän kaikki huoneistot sekä henkilöt poimitaan mukaan. Kun rekisteriin siis lisätään huoneistoja, ne ovat mukana kantatilastoissa huolimatta siitä, miten ne ovat sinne tulleet (esim. myöhästyneet rakennushankeilmoitukset sekä vielä keskeneräiset rakennukset otetaan aineistoon mukaan). Se, että rakennustuotantotilasto ja rakennus- ja asuntokantatilasto tuotetaan eri tavalla, aiheuttaa eroja esim. eri vuosina valmistuneiden asuntojen määrissä. Esimerkiksi asuntokantaan luetaan myös keskeneräiset asunnot, silloin kun niissä on vakinaisia asukkaita.

### **2.3 Aineiston luotettavuus**

VTJ:n rakennustietojen luotettavuutta on tutkittu vuoden 1990 väestölaskennan yhteydessä tehdyssä luotettavuustutkimuksessa (Tilastokeskus 1994). Tutkimuksen otos poimittiin väestötietojärjestelmästä helmikuussa 1990. Otoksessa poimittiin tietoja tasavälisesti kunnittain kiinteistötunnusjärjestyksessä olleista kiinteistöistä. Rekisterin mukaan otoskiinteistöillä oli 23 000 rakennusta, 45 000 asuntoa ja 96 000 asukasta. Tutkimuksella selvitettiin etenkin rekisteripohjaisesti tuotettujen tietojen eroja verrattuna lomakkeilla kerättyihin sekä selvitettiin väestölaskennassa käytettyjen rekisterien tasoa.

### **2.3.1 Rakennusten määrä**

Rakennuskantatiedot ovat hyviä rakennuskantaan luettavista rakennuksista. (Maa-talous-, piha-, sauna- ja talousrakennusten peitto on huono). Luotettavuustutkimuksen mukaan Väestölaskenta 1990 -tiedoissa oli noin 20 000 rakennusta liikaa (n. 1,7 % rakennuskannasta). Nämä olivat joko purettuja, tuhoutuneita tai muuttuneet kesämökeiksi. Rakennus- ja asuntokantatilastoissa rakennusten määrä vastaa hyvin luotettavuustutkimuksen lomakkeilla kerättyä rakennusten määrää, koska aineistosta karsitaan erilaisin päättelysäännöin todennäköiset poistumatapaukset (mm. vanhat ja huonokuntoiset rakennukset).

### **2.3.2 Käyttötarkoitus**

Rakennusten käyttötarkoitus oli rakennuskantatilastoon luettavan rakennuskannan osalta luokiteltu samoin sekä luotettavuustutkimuksen että rekisterin pohjalta tehdyssä aineistossa noin 98,5 %:ssa rakennuksista. Kaksinumerotasollakin samoin luokiteltujen osuus oli 97,4 %.

### **2.3.3 Kerrosala ja kerrosluku**

Luotettavuustutkimuksen mukaan vuonna 1990 rakennuskantatilastossa ja luotettavuustutkimuksen aineistossa oli täsmälleen sama kerrosala: 83 % rakennuksista. Asuinrakennuksilla tieto oli muita rakennuksia parempi. Muista kuin asuinrakennuksista sama kerrosala oli 72 %:ssa rakennuksista. Yli 50 neliömetrin heitto kerrosalassa oli noin 5 %:ssa rakennuksista. Kuitenkin kerrosalan tiedustelu etenkin lomakkeella on vaikeaa. Voidaankin olettaa, että etenkin uusissa (vuoden 1982 jälkeen) rakennetuissa taloissa rekisterin rakennusluvan mukainen kerrosala on lähempänä oikeaa tietoa kuin saataisiin kerättyä lomakekyselyllä.

Kerrosluvussa yhden kerroksen heitto suuntaan ja toiseen on melko yleistä. Luotettavuustutkimuksessa kerroslukua ei kysytty erillisiltä pientaloilta ollenkaan. Ongelmia tuottaa esim. asutun kellarikerroksen käsittely. Kerroslukuun lasketaan ne kerrokset, joissa on pääasiallisen käyttötarkoituksen mukaisia tiloja. Omakotitalon kellarikerros ei ole siis mukana kerrosluvussa, jos siellä on esim. autotalli tai saunatilat, mutta jos kellarissa on esim. asuinhuoneita, se lasketaan kerroslukuun.

### 3. Syttymän todennäköisyys

Ramachandranin (1979/80, 1982) esittämän teorian mukaan tietyllä aikavälillä tapahtuneiden palovahinkojen odotettuun määrään vaikuttaa kaksi osatekijää: i) syttymän todennäköisyys ja ii) syttyneen palon aiheuttaman tuhon todennäköinen laajuus.

Näistä ensimmäinen, syttymän todennäköisyys tietyssä tilassa, riippuu syttymislähteiden määrästä sekä niiden luonteesta. Koska syttymislähteiden määrä kasvaa pinta-alan kasvaessa, todennäköisyys on ensisijaisesti pinta-alan funktio. Syttymän todennäköisyys voidaan määritellä seuraavasti

$$P(A) = \frac{n}{N} \frac{v_n(A)}{v_N(A)}, \quad (1)$$

missä  $n$  on tulipalojen määrä tietyllä aikavälillä,  $N$  on uhattuna olevien rakennusten lukumäärä,  $v_n(A)$  on niiden rakennusten kerrosalajakauman tiheysfunktio, joissa tulipaloja on syttynyt ja  $v_N(A)$  kaikkien rakennusten kerrosalajakauman tiheysfunktio.

#### 3.1 Pareton jakauma

Yleensä kerrosalojen tiheysfunktiot  $v_n(A)$  ja  $v_N(A)$  ovat vinoja jakaumia. Suuri määrä pieniä rakennuksia ja pieni määrä suuria rakennuksia johtaa Pareton jakaumaan

$$v_N(A) = \lambda_N S_N^{\lambda_N} A^{-\lambda_N-1}, \quad (2)$$

missä  $A$  on kerrosala,  $\lambda_N$  on vakio ja  $S_N$  alueen pienimmän rakennuksen kerrosala. Tällöin myös  $v_n(A)$  noudattaa Pareton jakaumaa

$$v_n(A) = \lambda_n S_n^{\lambda_n} A^{-\lambda_n-1}, \quad (3)$$

missä  $\lambda_n$  on vakio ja  $S_n$  pienimmän rakennuksen kerrosala, jossa tulipalo on syttynyt tarkasteltavalla aikavälillä. Edellisistä kaavoista saadaan

$$P(A) = CA^\beta, \quad (4)$$

missä

$$C = \frac{n}{N} \frac{\lambda_n}{\lambda_N} \frac{S_n^{\lambda_n}}{S_N^{\lambda_N}} \quad (5)$$

ja

$$\beta = \lambda_N - \lambda_n. \quad (6)$$

Kaavasta (4) nähdään, että syttymän todennäköisyys riippuu epälineaarisesti kerrosalasta. Yleensä ottaen voidaan olettaa, että syttymän todennäköisyys suuressa rakennuksessa on suurempi kuin pienessä rakennuksessa.

### 3.2 Logaritminen normaalijakauma

Toisena esimerkkinä Ramachandran (1979/80) tarkastelee rakennuksen koon vaikutusta, kun kerrosalat ovat logaritmisesti normaalijakautuneita. Koska käsittelemme tässä periaatteessa täydellistä rakennusten kokojakaumaa, yksinkertaistamme hiukan viitekohdan käsittelyä.

Kun uhanalaisten rakennusten koko on logaritmisesti normaalijakautunut, sen tiheysfunktio on

$$v_N(A) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_N A} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln A - \mu_N}{\sigma_N}\right)^2\right], \quad (7)$$

missä  $\mu_N$  on  $\ln(A)$ :n keskiarvo ja  $\sigma_N$  sen keskihajonta. Oletamme, että myös syttyneiden rakennusten kokojakauma  $v_n(A)$  noudattaa logaritmista normaalijakaumaa

$$v_n(A) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_n A} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln A - \mu_n}{\sigma_n}\right)^2\right], \quad (8)$$

missä  $\mu_n$  on  $\ln(A)$ :n keskiarvo ja  $\sigma_n$  hajonta syttyneiden rakennusten joukossa. Sijoittamalla kaavat (7) ja (8) kaavaan (1) ja olettamalla lisäksi, että kummankin jakauman hajonnat ovat likimain samat  $\sigma_N \approx \sigma_n$  saadaan

$$P(A) = CA^\beta, \quad (9)$$

missä

$$C = \frac{n}{N} \exp\left[\frac{\mu_N^2 - \mu_n^2}{2\sigma_N^2}\right] \quad (10)$$

ja

$$\beta = \frac{\mu_N - \mu_n}{\sigma_N^2}. \quad (11)$$

Siten myös logaritmisten normaalijakaumien tuloksena  $P(A)$  on likimain potenssifunktio.

### 3.3 Yleistetty Barrois'n malli

Ramachandran (1979/80) käsittelee vain yllä esitetyt kaksi tapausta, mutta ei ota kantaa muuntyyppisiin jakaumiin. Vaikka hän sai kahdelle ulkonäöltään aivan erilaiselle funktiolle potenssilakiriippuvuuden, tulos ei ole mitenkään yleispätevä. Helposti on osoitettavissa lähtien yhtälön (1) määritelmästä, että rakennusten kokojakauman ollessa normaali,  $P(A)$  on  $A$ :n eksponenttifunktio. Kokojakauman ollessa tasainen samalla äärellisellä välillä, esimerkiksi  $0 < A < A_{\max}$ ,  $P(A)$  on vakio  $n/N$  koko alueessa. Siten periaatteessa  $P(A)$  voi olla lähes mikä muotoinen funktio tahansa riippuen kokojakaumien muodosta.

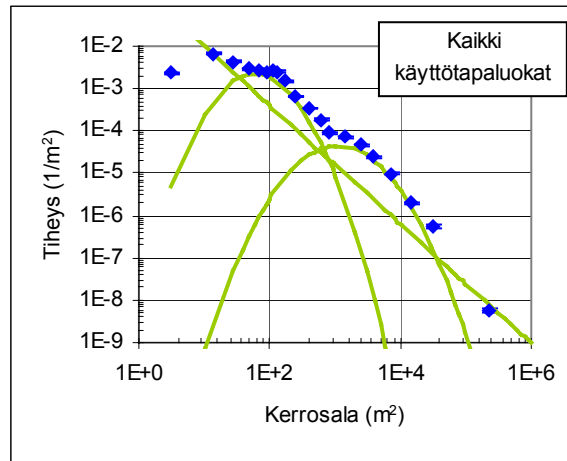
Käyttämällä vanhaa Barrois'n ideaa (1834), jota yleistimme käyttämällä Ramachandranin (Ramachandran 1979/80) muotoilemaa teoriaa, päädyimme syttymistäajuustiheyttä kuvaavaan kahden potenssifunktion summaan. Sen löysimme aiemmin kokeellisesti sovittaessamme käyriä tilastohavaintoihin (Rahikainen & Keski-Rahkonen 1998c,d, 2001b). Koska yhden käyttötapaluokan rakennusten kerrosalat voivat vaihdella noin kuusi kertalukua, periaatteessa on mahdollista, että yleistetyssä Barrois'n kaavassa olisi useampikin kuin kahden potenssifunktion summa.

$$f_m'' = c_1 A^r + c_2 A^s, \quad (12)$$

missä  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $r$  ja  $s$  ovat kokeellisesti tilastoaineistosta määritettäviä parametreja.

### 3.4 Yhdistetty jakauma

Käytettävissä oleva havaintoaineisto osoitti, ettei kerrosala Suomessa ole puhtaasti Pareton tai logaritmisesti normaalijakautunut, minkä myös kuva 1 selvästi osoittaa. Siinä on esitetty pisteillä PRONTOsta poimitun havaintoaineiston perusteella laskettu kerrosalajakauma. Samaan kuvaan on piirretty Pareton jakauma (suora) sekä kaksi logaritmistä normaalijakaumaa (paraabelit).



Kuva 1. PRONTOsta poimittujen syttyneiden rakennusten kerrosalajakauma (pisteet) ja Pareton jakauma (suora) sekä kaksi logaritmista normaalijakaumaa (paraabelit). Mukana ovat kaikki käyttötaluokat.

Kuvasta 1 nähdään, että jakaumassa on osajoukkoja, jotka näyttäisivät noudattavan logaritmista normaalijakaumaa. Tämän perusteella havaittiin, että kerrosalajakauman kohtuullinen sovite saatiin laskemalla yhteen yksi Pareton jakauma ja kaksi logaritmista normaalijakaumaa. Viime mainittujen huippujen paikat voitiin nähdä silmävaraisesti havainnoista. Tällöin rakennusten kokojakauma voidaan esittää muodossa

$$v_N(A) = c_{1N} v_{1N}(A) + c_{2N} v_{2N}(A) + c_{3N} v_{3N}(A), \quad (13)$$

missä

$$v_{1N}(A) = \lambda_N S_N^{\lambda_N} A^{-\lambda_N-1} \quad (14)$$

ja

$$v_{iN}(A) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{iN}A} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln A - \mu_{iN}}{\sigma_{iN}}\right)^2\right], \quad i = 2,3. \quad (15)$$

Vastaavasti syttyneiden rakennusten kokojakauma

$$v_n(A) = c_{1n} v_{1n}(A) + c_{2n} v_{2n}(A) + c_{3n} v_{3n}(A), \quad (16)$$

missä

$$v_{1n}(A) = \lambda_n S_n^{\lambda_n} A^{-\lambda_n-1} \quad (17)$$

ja

$$v_{in}(A) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{in}A} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln A - \mu_{in}}{\sigma_{in}}\right)^2\right], \quad i = 2,3. \quad (18)$$

Koska yhtälöiden (13) ja (16) summattavat osat ovat kaikki voimakkaasti epälineaarisia funktioita, joiden maksimit esiintyvät eri pinta-aloilla, lähes kaikkialla yksi termeistä on vallitseva, kuten havaitaan tarkastelemalla kuvaa 1. Siten on helposti ymmärrettävissä, että sijoittamalla yhtälöt (13) ja (16) yhtälöön (1) saadaan likimäärin yhtälön (12) muotoinen lauseke, jossa ensimmäinen termi on vallitseva pienillä kerrosaloilla ja toinen termi suurilla. Termien suuruuden nopeista vaihteluista johtuu kuitenkin, että niiden osamäärässä voi olla useita pienehköjä maksimeita ja minimejä, kuten alempana kuvassa 10 havaitaan.

Kolmen erillisen jakauman summa ei kaikissa tapauksissa kykene kuvaamaan edes silmämääräisellä tarkkuudella rakennuskannan tai havaittujen palaneiden rakennusten jakaumaa. Yhtälöitä (13) ja (16) monimutkaisempiin soviteisiin ei menty, sillä jo tällä mallilla selvisi täysin syttymistäajuuskäyrän periaatteellinen riippuvuus kerrosalasta. Insinööriyöskentely ja muut käytännön sovelluksethan perustuvat täysin suoriin tilastohavaintoihin.

## 4. Rakennuspalojen lukumäärät tilastoista

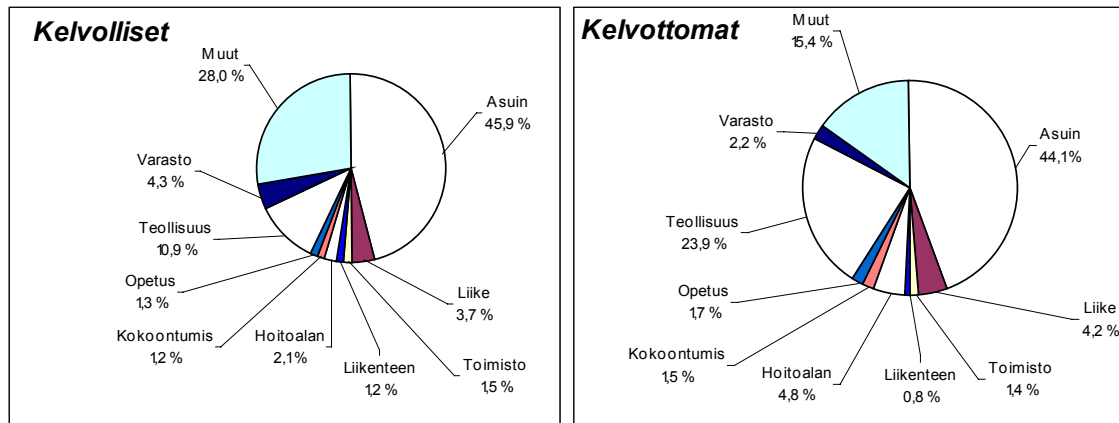
Tilastotiedot rakennuspalohälytyksistä vuosina 1996–99 poimittiin PRONTO-tietokannasta. Yhteensä havaintoja tältä ajalta oli 10 617 kpl. Taulukossa 2 on esitetty havaintojen vuosittaisten lukumäärien jakaantuminen kelvollisiin ja kelvottomiin. Kelvottomiksi luokiteltiin ne, joissa kerrosala oli merkitty nollassi.

*Taulukko 2. Havaittujen rakennuspalojen lukumäärä, joissa kerrosala oli merkitty nollassi vuosina 1996–1999.*

	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>Yhteensä</b>
Nollia	383	262	260	208	1 113
Kelvollisia	2 761	2 276	2 445	2 022	9 504
<b>Yhteensä</b>	<b>3 144</b>	<b>2 538</b>	<b>2 705</b>	<b>2 230</b>	<b>10 617</b>

Yhteensä kelvottomia havaintoja oli 1 113 kpl, joka oli 10,5 % koko määrästä (10 617 kpl). Kelvollisten ja kelvottomien havaintojen prosentuaalinen jakautuminen eri käyttötaluokkien kesken on esitetty kuvassa 2. Kuvasta 2 nähdään, että kelvottomien prosentuaaliset osuudet ovat samansuuruiset kelvollisten prosentiosuuksien kanssa useimmissa käyttötaluokissa. Poikkeuksen muodostavat teollisuus- ja muut rakennukset. Teollisuusrakennusten kelvollisten prosentiosuus oli 11 % koko määrästä, kun kelvottomasta havaintojoukosta 24 % kuului teollisuusrakennuksiin. Käyttötaluokassa muut rakennukset osuus kelvollisista oli 28 % ja kelvottomista 15 %. Muissa käyttötaluokissa kelvottomien ja kelvollisten prosentiosuudet eivät poikenneet toisistaan merkittävästi. Tämän perusteella voidaan päätellä, että kelvottomat havainnot eivät ole keskittyneet erityisesti johonkin käyttötaluokkaan, vaan ovat satunnaisuolentoisia eivätkä siten vaikuta vääristävästi jonkin tietyn käyttötaluokan analyysituloksiin.





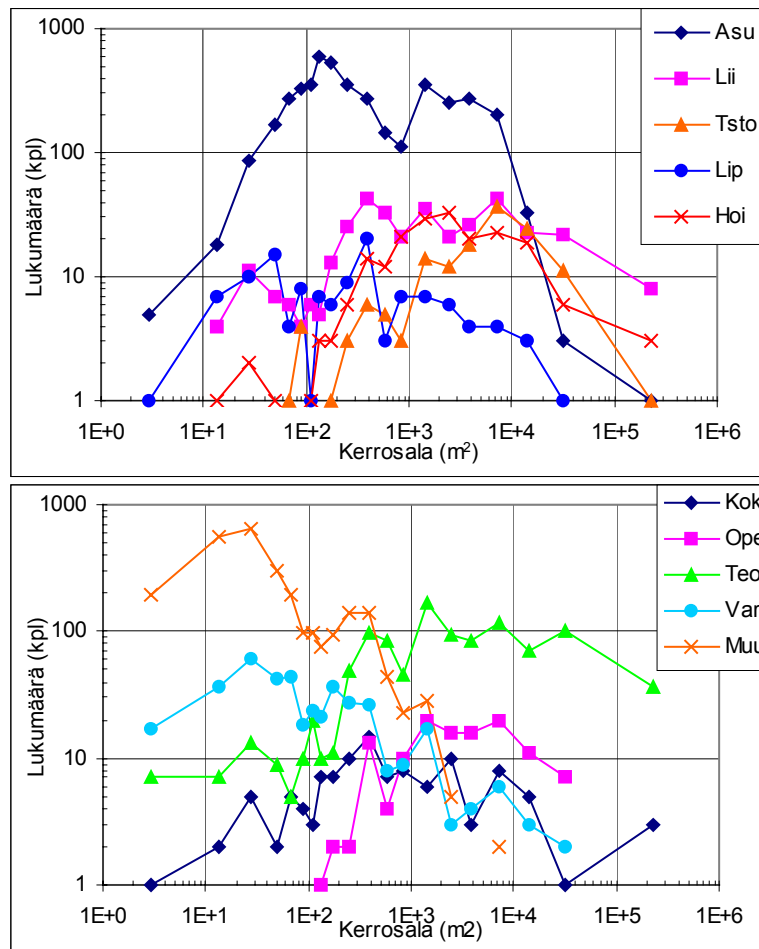
Kuva 2. Kelvollisten ja kelvottomien rakennuspalojen havaintojen prosentuaalinen jakautuminen eri käyttötaluokkien välillä vuosina 1996–1999.

Kelvollisten havaintojen lukumäärät eri käyttötaluokkien kesken vuosittain on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Kelvollisten rakennuspalojen havaintojen jakautuminen eri käyttötaluokkien välillä vuosina 1996–1999.

Käyttötaluokka		1996	1997	1998	1999
Asu	Asuinrakennukset	1 263	1 031	1 158	909
Lii	Liikerakennukset	91	85	105	75
Tsto	Toimistorakennukset	31	29	42	38
Lip	Liikenteen ja palo- ja pelastustoimen rakennukset	31	33	27	24
Hoi	Hoitoalan rakennukset	54	54	47	41
Kok	Kokoontumisrakennukset	27	32	24	29
Ope	Opetusrakennukset	28	27	38	29
Teo	Teollisuusrakennukset	315	230	253	240
Var	Varastorakennukset	126	110	91	78
Muu	Muut rakennukset	795	645	660	559
<b>Yhteensä</b>		<b>2 761</b>	<b>2 276</b>	<b>2 445</b>	<b>2 022</b>

Kuvassa 3 on esitetty vuosien 1996–1999 tulipalojen yhteenlaskettu lukumäärä pinta-alan funktiona eri rakennustyypeissä.



*Kuva 3. Eri käyttötaluokissa esiintyneiden tulipalojen lukumäärä kerrosalan funktiona vuosina 1996–1999 pinta-alan funktiona. Käyttötaluokkien lyhenteiden selitykset on esitetty taulukossa 1.*

Huomattakoon, etteivät kuvan 3 kerrosalaluokat ole samankokoisia. Käytetty luokkajako on esitetty kohdassa 5.4 taulukossa 6.

## 5. Syttymistaajuudet tilastoaineistosta

### 5.1 Syttymistaajuuden keskiarvo

Rakennuksen tulipaloriskiä kuvaava syttymistaajuustiheys saadaan jakamalla hälytykseen johtaneiden tilastoitujen rakennuspalojen lukumäärä kyseisenä aikana tarkasteltavien rakennusten yhteenlasketulla kerrosalalla. Sen käytännöllisenä yksikkönä on [1/m<sup>2</sup>a], syttymien määrä kerrosalan neliometriä kohden vuodessa. Tilastokeskuksen vuoden 1999 rakennuskannasta saadut rakennusten lukumäärät ja kerrosalatiedot sekä prosentuaalinen osuus koko määrästä eri käyttötaluokissa on esitetty taulukossa 4.

*Taulukko 4. Rakennusten lukumäärät ja kerrosalat eri käyttötaluokissa (Rakennuskanta 1999, Tilastokeskus).*

Käyttötaluokka		Lukumäärä	%	Kerrosala (m <sup>2</sup> )	%
Asu	Asuinrakennukset	1 112 737	86,2	231 565 978	64,4
Lii	Liikerakennukset	39 546	3,1	18 990 450	5,3
Tsto	Toimistorakennukset	10 851	0,8	16 354 516	4,5
Lip	Liikenteen ja palo- ja pelastustoimen rakennukset	42 731	3,3	10 627 751	3,0
Hoi	Hoitoalan rakennukset	6 881	0,5	8 780 942	2,4
Kok	Kokoontumisrakennukset	12 619	1,0	7 379 199	2,1
Ope	Opetusrakennukset	9 048	0,7	15 801 759	4,4
Teo	Teollisuusrakennukset	35 155	2,7	40 321 357	11,2
Var	Varastorakennukset	5 728	0,4	7 434 710	2,1
Muu	Muut rakennukset	15 659	1,2	2 437 960	0,7
<b>Yhteensä</b>		<b>1 290 955</b>		<b>359 694 622</b>	

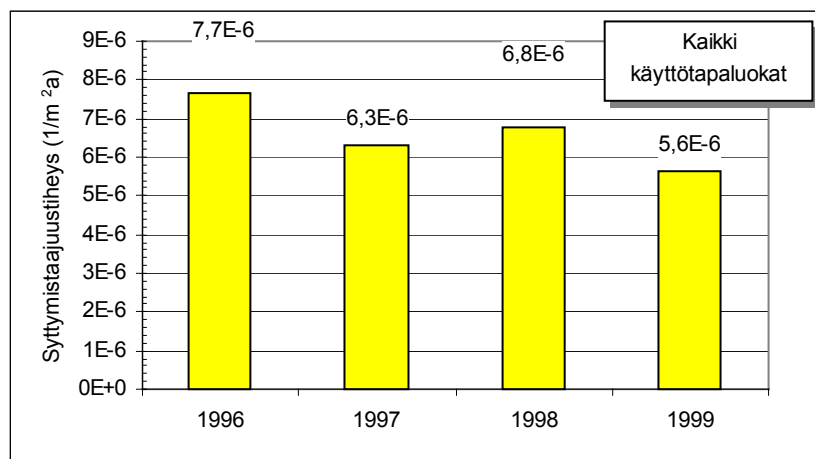
Taulukossa 4 on esitetty kaikkien rakennusten lukumäärä. Rakennusten lukumäärä, joissa kerrosala on tunnettu on kuitenkin pienempi. Taulukossa 5 on esitetty käyttötaluokittain kerrosalaltaan tuntemattomien rakennusten lukumäärä ja prosentuaalinen osuus käyttötaluokan koko määrästä.

Taulukko 5. Kerrosaltaan tuntemattomien rakennusten lukumäärä (Rakennuskanta 1999, Tilastokeskus).

Käyttötaluokka		Lukumäärä	%
Asu	Asuinrakennukset	26 005	2
Lii	Liikerakennukset	7 330	19
Tsto	Toimistorakennukset	706	7
Lip	Liikenteen ja palo- ja pelastustoimen rakennukset	6 125	14
Hoi	Hoitoalan rakennukset	389	6
Kok	Kokoontumisrakennukset	1 714	14
Ope	Opetusrakennukset	411	5
Teo	Teollisuusrakennukset	5 279	15
Var	Varastorakennukset	225	4
Muu	Muut rakennukset	3 374	22

## 5.2 Keskiarvot eri käyttötaluokissa

Syttymistäajuustiheyden keskiarvo eri vuosina on esitetty kuvassa 4. Mukana ovat koko maan havainnot ja kaikki käyttötaluokat. Keskiarvo määritettiin jakamalla vuosittaisten tulipalojen lukumäärä kaikkien rakennusten yhteenlasketulla kerrosalalla.

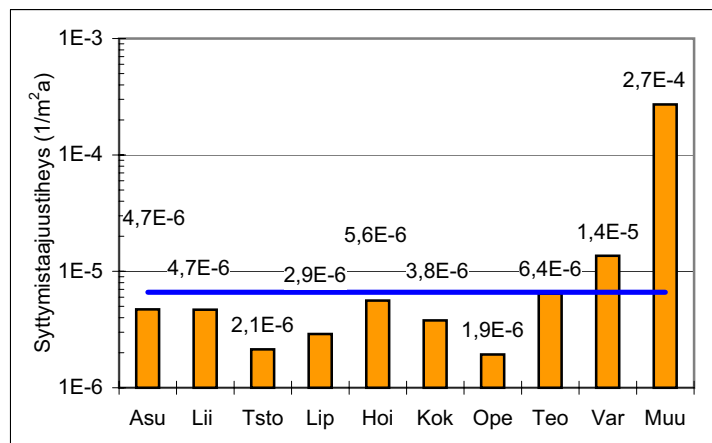


Kuva 4. Syttymistäajuustiheyden keskiarvo eri vuosina kaikissa rakennuksissa.

Syttymistäajuustiheyden suurin arvo vuonna 1996 oli 1,2 kertaa vuosien 1996–1999 keskiarvoa suurempi ja vaihteluväli oli 32 %. Tästä saatava karkea vuotuinen keskihajonta on 23 %. Tilastokohina ei selitä tätä vuotuista vaihtelua. Arvioitaessa PRONTOn mittausmenetelmän kokonaistarkkuutta 23 % vaikuttaa melko hyväksyt-

tävältä luvulta. Viime kädessä palojen lukumäärään vaikuttaa palojen hälyttäjien arviointikyky. Pienet palot, joita on suuri määrä, sammutetaan useimmiten paikallisesti. Se, millaisesta osasta niistä menee tieto palokuntaan, lienee varsin satunnainen prosessi. Tarkasteltaessa myöhemmin palojen aineellisia vahinkoja tehdään herkkyystarkastelu palojen lukumäärien vuotuisesta vaihtelusta vahingon suuruuden funktiona (Tillander, Lindblom & Keski-Rahkonen 2001).

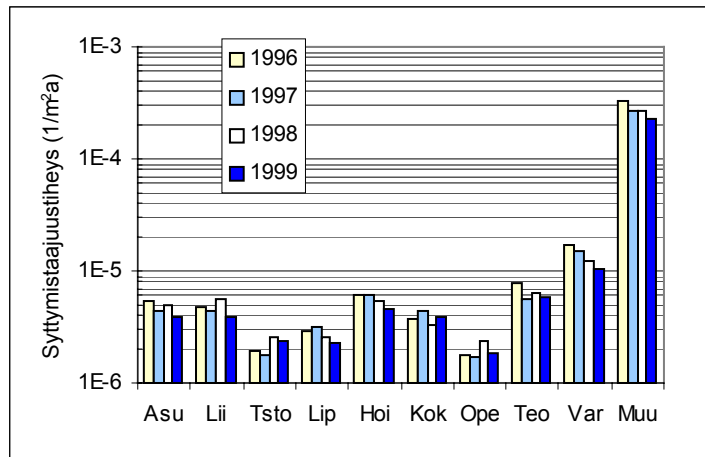
Syttymistäajuustiheyden keskiarvot eri käyttötaluokissa määritettiin vuosittain 1996–1999. Kuvassa 5 esitetty syttymistäajuustiheyden keskiarvo on määritetty jakamalla vuosina 1996–1999 tapahtuneiden tulipalojen yhteenlaskettu lukumäärä käyttötaluokan yhteenlasketulla kerrosalalla. Koska syttymistäajuustiheys haluttiin määrittää yhtä vuotta kohden, jaettiin saatu tulos neljällä. Kaikkien käyttötaluokkien syttymistäajuustiheyden keskiarvoa on merkitty kuvaan 5 vaakaviivalla.



*Kuva 5. Keskimääräinen syttymistäajuustiheys vuosina 1996–1999 eri käyttötaluokissa. Huomaa logaritminen y-akseli. Käyttötaluokkien lyhenteet on selitetty taulukossa 1.*

Kuvasta 5 havaitaan, että syttymistäajuustiheys on samaa suuruusluokkaa useimmissa käyttötaluokissa. Luokat Asu, Lii, Hoi, Kok ja Teo muodostavat lähinnä toisiaan olevan ryhmittymän. Seuraavana, hieman keskiarvosta loitompana oleva ryhmä sisältää luokat Tsto, Lip ja Ope, joissa kaikissa syttymistäajuustiheys on huomattavasti keskiarvon alapuolella. Lopuksi ryhmät Var ja Muu muodostavat kumpikin oman ryhmänsä, joiden syttymistäajuustiheydet ovat eri dekadilla kuin keskiarvo. Käyttötaluokassa muut rakennukset syttymistäajuustiheys poikkeaa selvästi muista ja on yli 40-kertainen verrattuna syttymistäajuustiheyden arvoon kaikissa käyttötaluokissa yhteensä. Tähän ilmiöön palataan lähemmin kohdassa 5.3.

Kuvassa 6 on esitetty syttymistäajuustiheyden keskiarvo vuosittain eri käyttötaluokissa.

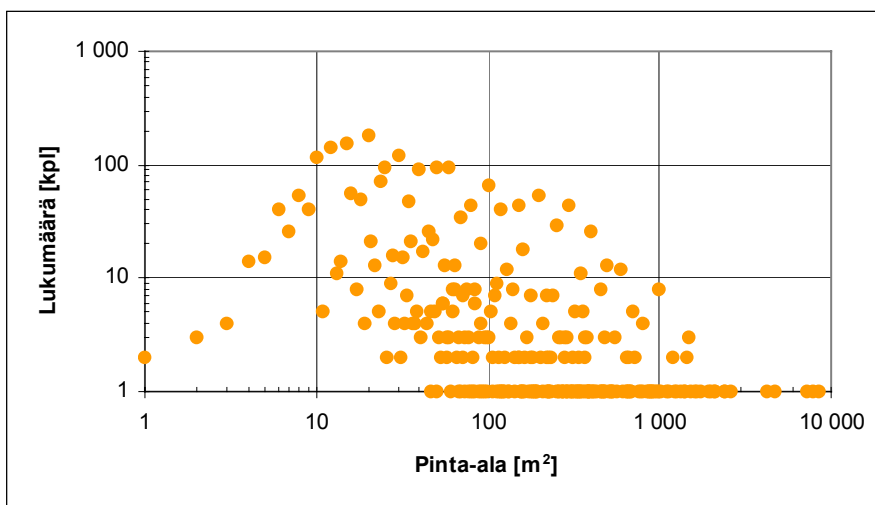


Kuva 6. Syttymistaajuustiheyden vuosittainen keskiarvo eri käyttötaluokissa. Huomaa logaritminen y-akseli. Käyttötaluokkien kirjainmerkinnät on esitetty taulukossa 1.

Syttymistaajuustiheyden keskiarvon vuosittaista vaihtelua tarkasteltaessa havaittiin suurimman arvon olevan kaikissa käyttötaluokissa 1,3–1,6-kertainen pienimpään verrattuna.

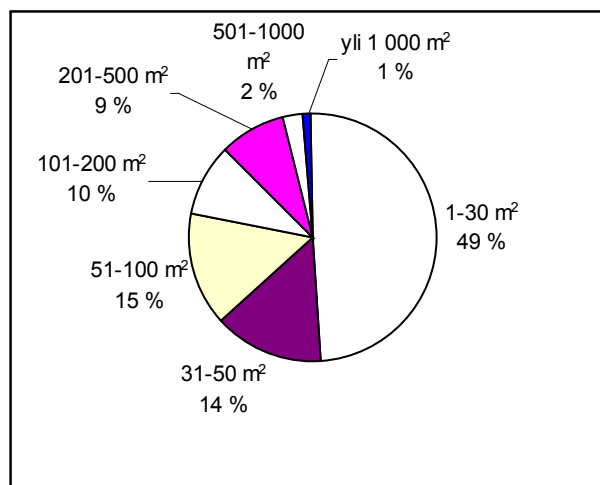
### 5.3 Muut rakennukset

Koska käyttötaluokan uut rakennukset syttymistaajuustiheyden keskiarvo poikkesi hyvin selkeästi muusta joukosta, tarkasteltiin seuraavaksi tässä käyttötaluokassa vuosina 1996–1999 havaittuja tulipaloja. Tällä aikavälillä muissa rakennuksissa syttyi yhteensä 2 659 tulipaloa. Kohteiden pinta-ala vaihteli välillä 1–8 621 m<sup>2</sup>. Kuvassa 7a on esitetty hälytysten lukumäärä kohteen pinta-alan funktiona.



Kuva 7a. Hälytysten lukumäärä käyttötaluokassa muut rakennukset kohteen pinta-alan funktiona vuosina 1996–1999.

Muihin rakennuksiin luetaan, kuten kohdassa 2.1.1 on esitetty, saunarakennukset, talousrakennukset ja muualla luokittelemattomat rakennukset ja näiden lisäksi maatalousrakennukset sekä vapaa-ajan asuinrakennukset. Käyttötaluokan kuvauksen perusteella voidaan päätellä sekä kuten myös kuvasta 7a nähdään, että käyttötaluokkaan kuuluu huomattava määrä hyvin pieniä rakennuksia. Kuvassa 7b on esitetty rakennuspalojen jakaantuminen eri kokoiisiin rakennuksiin tarkasteltavalla aikavälillä. Kuvasta 7b nähdään, että neljän vuoden aikana syttyneistä tulipaloista vain 12 % syttyi rakennuksissa, joiden pinta-ala ylitti 200 m<sup>2</sup>. 63 %:ssa tapauksista pinta-ala oli alle 50 m<sup>2</sup> ja jopa 49 % tulipaloista syttyi rakennuksissa, joiden pinta-ala oli 30 m<sup>2</sup> tai vähemmän.



*Kuva 7b. Rakennuspalojen jakautuminen eri kokoiisiin rakennuksiin käyttötaluokassa muut rakennukset vuosina 1996–1999.*

PRONTOon kirjautuneiden tietojen perusteella vuosina 1996–1999 28 % rakennuspalloista syttyi rakennuksissa, joiden käyttötalu oli kirjattu luokkaan muut rakennukset. Tähän käyttötaluokkaan kuului Tilastokeskuksen rakennuskantaan kirjatuista rakennuksista 1,2 %. Kerrosalaneliöistä muihin rakennuksiin kuuluu 0,7 %, mutta Tilastokeskuksen toimittamien tietojen perusteella 22 %:ssa luokan rakennuksista kerrosala ei ole tunnettu. Lisäksi Tilastokeskuksen toimittamien tietojen mukaan rakennuskantaan ei lueta maatalousrakennuksia, vapaa-ajan rakennuksia eikä muita rakennuksia paitsi silloin, kun ko. rakennuksissa on asuttuja asuntoja tai toimitiloja eli ns. ympärivuotista asutusta.

Koska PRONTOon kirjataan kaikki tulipalot muissa rakennuksissa riippumatta siitä, onko kyseisessä tilassa ympärivuotista asutusta vai ei, on selvää, että PRONTOon kirjautuu näin ollen useita tulipaloja rakennuksissa, joiden kerrosalatieidot puuttuvat Tilastokeskuksen rakennuskannasta. Tämä on ongelma nimenomaan käyttötaluokassa muut rakennukset, jonka osalta rakennuskanta on tiedettävästi selvästi puutteellinen.

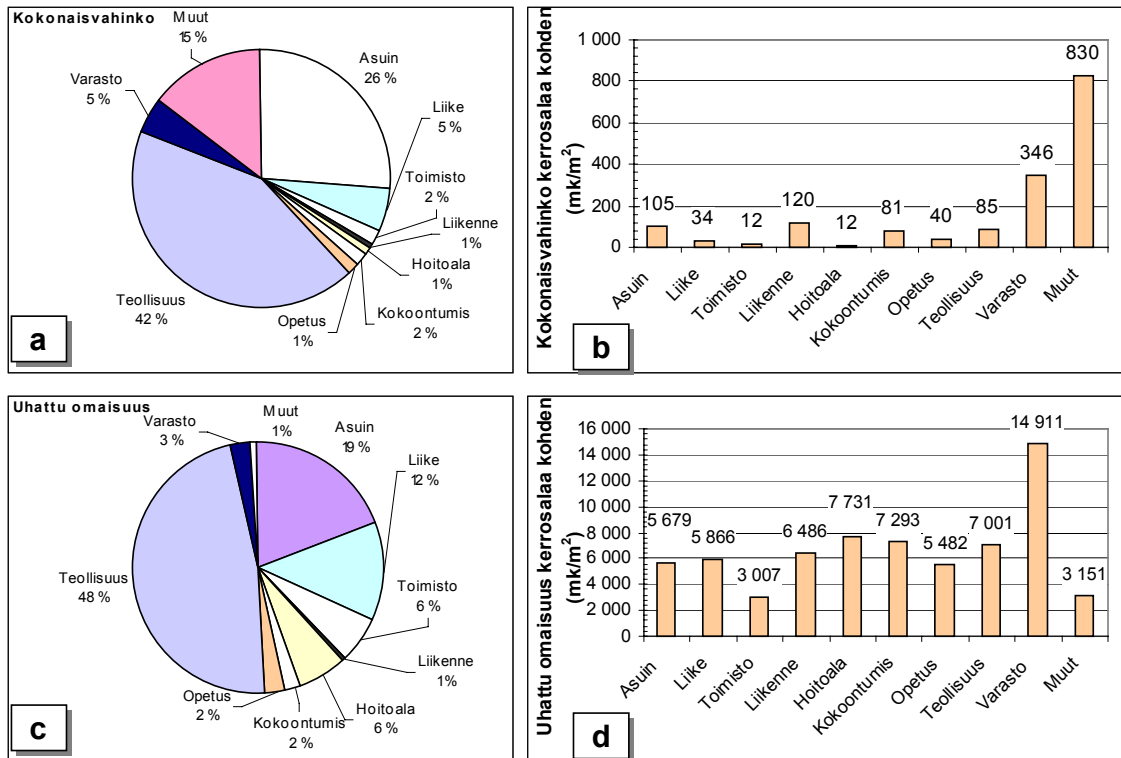
Koska käytettävissä oleva kerrosalatietao on selvästi todellista pienempi, päädytään todellista suurempaan syttymistaajuustiheyden arvoon, joka poikkeaa huomattavasti muista käyttötapaluokista.

Sama ilmiö nousee esiin myös varastorakennusten kohdalla, jossa syttymistaajuustiheys oli myös hiukan muista poikkeavan korkea. Luultavasti PRONTOon rekisteröidään tulipaloja tapahtuneiksi varastorakennuksissa, jotka saattavat olla esimerkiksi väliaikaisia ratkaisuja ja ilman rakennuslupaa rakennettuja ja puuttuvat siten Tilastokeskuksen rakennuskannasta kokonaan.

Edellä tehdyn tarkastelun perusteella havaittiin, että suurin osa käyttötapaluokassa muut rakennukset tapahtuneista tulipaloista on esiintynyt hyvin pienissä rakennuksissa. Voidaan olettaa, että vaikka nämä rakennukset olisivatkin kirjautuneet rakennuskantaan, luonteensa ja käyttötarkoituksensa takia ne ovat luultavasti huonommin valvottuja ja heikommin varusteltuja kohteita, millä saattaa olla osaltaan vaikutusta korkeaan syttymistaajuustiheuteen.

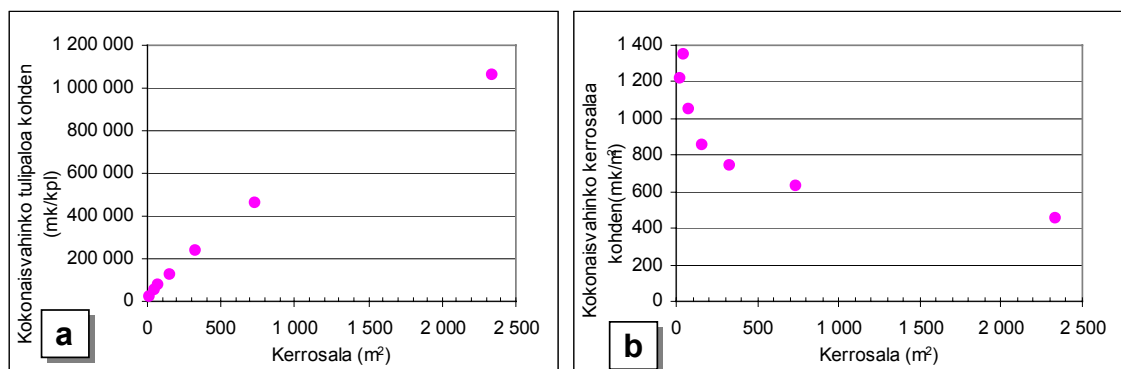
Koska muita rakennuksia koskeva tilastotieto on selvästi puutteellinen verrattuna muihin ryhmiin, haluttiin selvittää, mikä on tässä käyttötapaluokassa syttyneiden tulipalojen taloudellinen merkitys. Taloudellisista vahingoista enemmän Tillander, Lindblom & Keski-Rahkonen (2001). Kuvassa 8a on esitetty rakennuspaloissa syntyneiden vahinkojen määrä ja kuvassa 8c rakennuspaloissa uhattuna olleen omaisuuden jakautuminen eri käyttötapaluokkien kesken. Kuvasta 8c nähdään, että muut rakennukset kattavat uhatun omaisuuden arvosta 1 %. Uhatun omaisuuden arvo kerrosneliötä kohden kuvassa 8d on pienimpiä kaikista käyttötapaluokista. Kuitenkin kuvan 8a mukaisesti vahingoista 15 % koostuu muissa rakennuksissa syttyneistä tulipaloista ja erityisesti muusta joukosta nousee esiin käyttötapaluokan kerrosalaa kohden syntyneen vahingon selvästi suurempi arvo kuvassa 8b. Siten muut rakennukset vaikuttavat olevan taloudellisesti merkittävä ryhmä ja lisäselvityksen tekeminen kyseistä käyttötapaluokkaa koskien olisi sekä toivottavaa että hyödyllistä palonehkäisyytoimien kannalta.





Kuva 8. a) Markkamääräisen omaisuusvahingon jakautuminen eri käyttötaluokkien kesken, b) vahinko kerrosalaa (mk/m<sup>2</sup>) kohden eri käyttötaluokissa, c) uhatun omaisuuden arvon prosentuaalinen osuus koko määrästä käyttötaluokittain, d) uhattu omaisuus kerrosalaa (mk/m<sup>2</sup>) kohden eri käyttötaluokissa.

Lisäksi muissa rakennuksissa tapahtuneita omaisuusvahinkoja tarkasteltiin jakamalla vahingot kuvan 7 mukaisiin luokkiin. Kuvassa 9a on esitetty kokonaisvahingon jakautuminen yhtä tulipaloa sekä kuvassa 9b kerrosalaneliötä kohden, josta nähdään, että rakennuksen koon kasvaessa vahingot tulipaloa kohden kasvavat, kun taas kerrosneliötä kohden ne pienenevät.



Kuva 9. Muissa rakennuksissa syttyneiden tulipalojen aiheuttamat kokonaisvahingot a) tulipaloa ja b) kerrosalaa kohden eri kerrosalaluokissa.

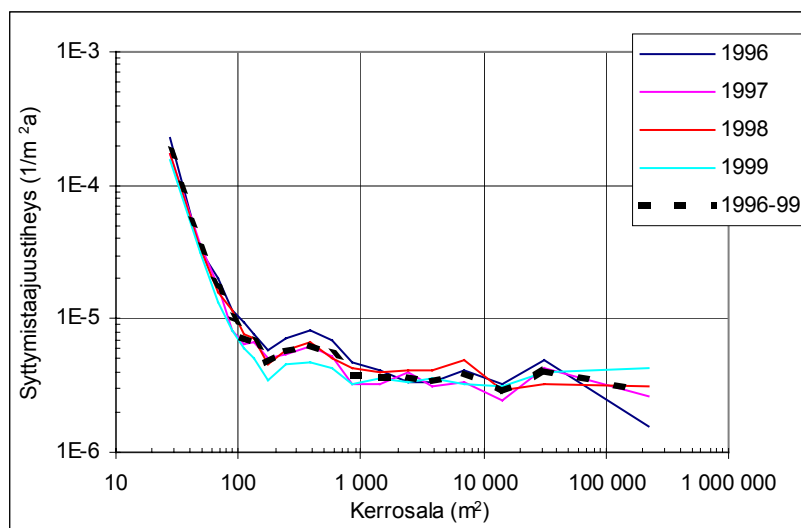
## 5.4 Syttymistaajuustiheys

Syttymistaajuustiheyden vaihteluja kerrosalan suhteen pyrittiin tarkastelemaan jakamalla havainnot kerrosalan perusteella 20 luokkaan. Kerrosalaluokkien koot on esitetty taulukossa 6.

*Taulukko 6. Kerrosalaluokkien koot.*

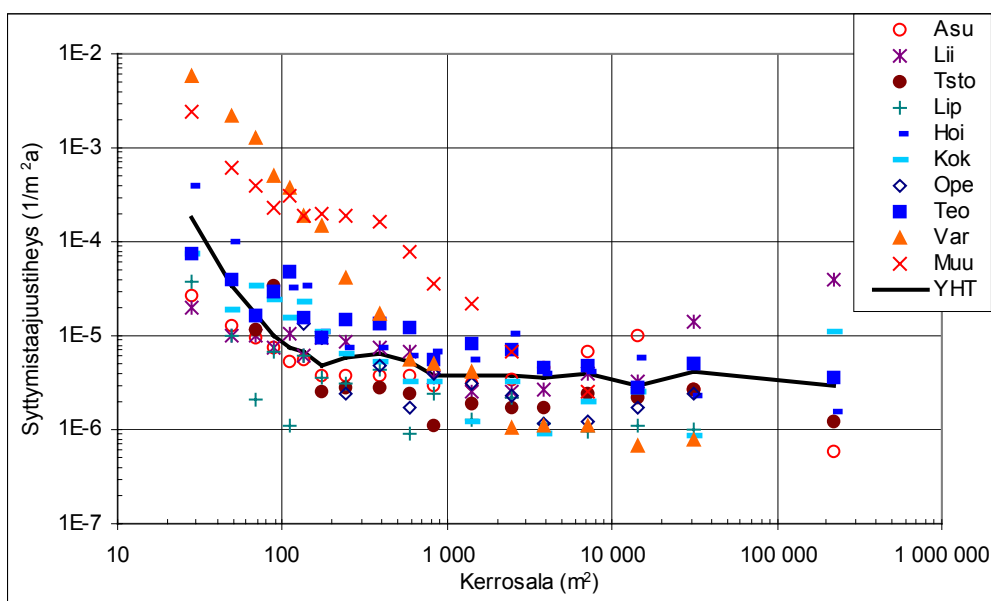
	<b>Kerrosala (m<sup>2</sup>)</b>
1	0–9
2	10–19
3	20–39
4	40–59
5	60–79
6	80–99
7	100–119
8	120–149
9	150–199
10	200–299
11	300–499
12	500–699
13	700–999
14	1 000–1 999
15	2 000–2 999
16	3 000–4 999
17	5 000–9 999
18	10 000–19 999
19	20 000–49 999
20	50 000–

Syttymistaajuustiheys eri kerrosalaluokissa määritettiin jakamalla luokkaan kuuluvien tulipalojen lukumäärä luokkaan kuuluvien rakennusten yhteenlasketulla kerrosalalla. Syttymistaajuustiheys kerrosalan funktiona kaikissa rakennuksissa vuosina 1996–1999 on esitetty kuvassa 10. Vuosien 1996–1999 keskiarvo on piirretty kuvaan 10 paksummalla katkoviivalla. Eri vuosien välillä ei ollut havaittavissa merkittäviä eroja.



Kuva 10. Syttymistäajuustiheys kerrosalan funktiona vuosina 1996–1999. Mukana ovat kaikki käyttötaluokat.

Kuvassa 11 on esitetty keskimääräinen syttymistäajuustiheys kerrosalan funktiona vuosina 1996–1999 eri käyttötaluokissa. Yhtenäisellä viivalla on piirretty syttymistäajuustiheys, kun mukana ovat kaikki käyttötaluokat. Kuten kuvasta 11 nähdään, eri käyttötaluokkien välinen samankaltaisuus on silmiinpistävää, mutta yksityiskohdissa on melkoisia eroja. Yhdennukaista on, että kaikissa käyttötaluokissa syttymistäajuustiheyden arvo on korkea pienillä kerrosalan arvoilla ja laskee selvästi matalammaksi suurilla kerrosalan arvoilla. Käyttötaluokista varasto- ja muut rakennukset poikkeavat selvästi muusta joukosta pienillä kerrosalojen arvoilla. Tämä johtuu oletettavasti kuitenkin tilastoaineiston puutteellisuudesta, jota käsiteltiin kohdassa 5.3.



Kuva 11. Keskimääräinen syttymistäajuustiheys (1996–1999) eri kerrosala- ja käyttötaluokissa.

## 5.5 Taajuuksien sovitteet yleistettyyn Barrois'n malliin

Kaavan (12) muotoista yleistettyä Barrois'n mallia käytettiin lähtöoletuksena sovittaessa määritettyihin taajuuksiin yksinkertaista matemaattista lauseketta, joka myöhemmin voisi olla suunnittelijoiden työvälineenä. Koska haluttiin päästä mahdollisimman suureen tilastolliseen luotettavuuteen, tarkastelu aloitettiin ylhäältä päin tarkastellen ensin kaikkia rakennuksia samana ryhmänä ja jaettiin ne sitten kolmeen eri joukkoon ja lopuksi katsottiin kaikkia Tilastokeskuksen käyttötapaluokkia omina ryhminään. Tällä menettelyllä voitiin varmistaa, että ei tulkita virheellisesti ilmiöitä, jotka piirretyissä kaavioissa todennäköisesti syntyvät vain sattuman vaikutuksesta.

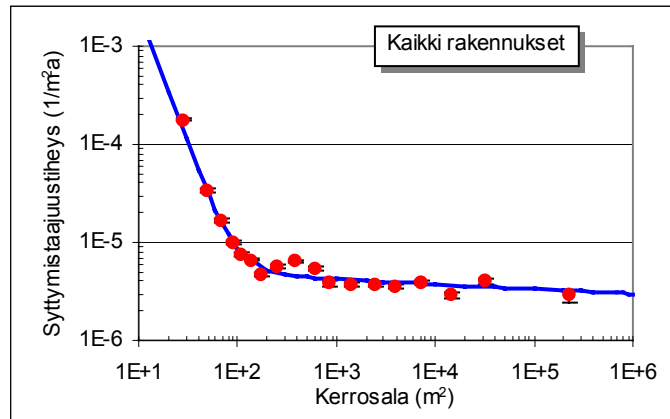
### 5.5.1 Kaikki rakennukset

Kuvassa 12 on pisteillä merkitty keskimääräistä syttymistaajuustiheyttä vuosina 1996–1999, kun mukana on kaikkien käyttötapaluokkien havainnot. Havaintoihin sovittiin yleistetty Barrois'n malli käyttäen apuna tilasto-ohjelmaa STATISTICA. Sovitteita tehtäessä parametrin  $s$  arvo kiinnitettiin ja STATISTICAA apuna käyttäen määritettiin parametrien  $c_1$ ,  $c_2$  ja  $r$  arvot sekä sovitteiden hyvyys. Sovittaessa havaintoja painotettiin suhteessa virheen käänteislukuun. Jokaisen pisteen virhearvosta otettiin käänteisluku, jotka summattiin yhteen. Kunkin havaintopisteen painokertoimena käytettiin käänteisluvun prosentuaalista osuutta virheen käänteislukujen kokonaissummasta. Havaintojen ja sovitteiden yhteensopivuutta mitattiin selitysasteella  $R^2$ , joka mittaa soviteyhtälöstä laskettujen ja havaittujen arvojen välistä korrelaatiota. Selitysaste ilmoittaa, kuinka suuri murto-osa  $y$ -arvojen (syttymistaajuustiheys) vaihtelusta voidaan selittää  $x$ -muuttujien (kerrosala) arvoissa esiintyvillä muutoksilla. Selitysasteen arvo vaihtelee nollan ja ykkösen välillä siten, että lähellä nollaa oleva arvo ilmoittaa, että soviteyhtälön ja havaintojen yhteensopivuus on heikko. Selitysaste voidaan ilmaista myös prosentteina, jolloin esimerkiksi selitysasteen arvo 0,85 tarkoittaa sitä, että sovitteiden avulla voidaan selittää syttymistaajuustiheyden vaihtelusta 85 % kerrosalan vaihtelulla.

Parametrien arvot ja sovitteiden selitysasteet prosentteina on esitetty taulukossa 7 ja sovite kuvassa 12.

*Taulukko 7. Yleistetyn Barrois'n mallin soviteparametrit kaikkien käyttötapaluokkien havaintoihin sovittaessa.*

Käyttötapaluokka	$c_1$	$c_2$	$r$	$s$	$R^2$ (%)
Kaikki rakennukset	1,24	6E-6	-2,75	-0,05	96

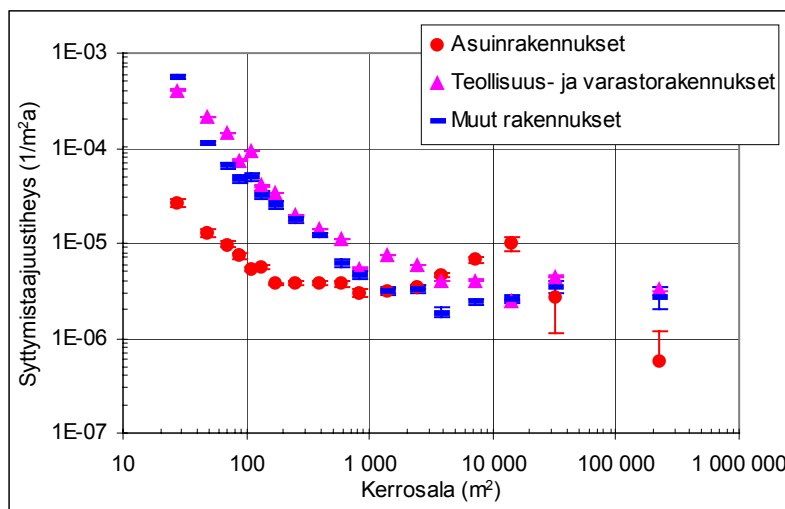


Kuva 12. Yleistetty Barrois'n malli sovitettuna kaikkien rakennusten syttymistaajuustiheyshavaintoihin.

Selitysasteen määritelmän perusteella yhtälön (12) avulla voidaan selittää 96 % syttymistaajuustiheyden vaihtelusta. Arvo on lähellä 100 %:a, jolloin sovituksen voidaan päätellä olevan hyvä. Yleistetty Barrois'n malli näyttää myös silmävaraisesti sopivan syttymistaajuustiheyshavaintoihin hyvin.

### 5.5.2 Kokeiluja käyttötaparyhmillä

Seuraavassa vaiheessa syttymistaajuustiheyttä tarkasteltiin kolmessa eri ryhmässä, joista ensimmäiseen kuuluivat asuinrakennukset, toiseen teollisuus- ja varastorakennukset ja kolmanteen kaikki muut rakennukset. Syttymistaajuustiheydet kerrosalan funktiona näissä ryhmissä on esitetty kuvassa 13. Kuvasta nähdään, että syttymistaajuustiheydessä on selvästi havaittavia eroja ryhmien välillä.

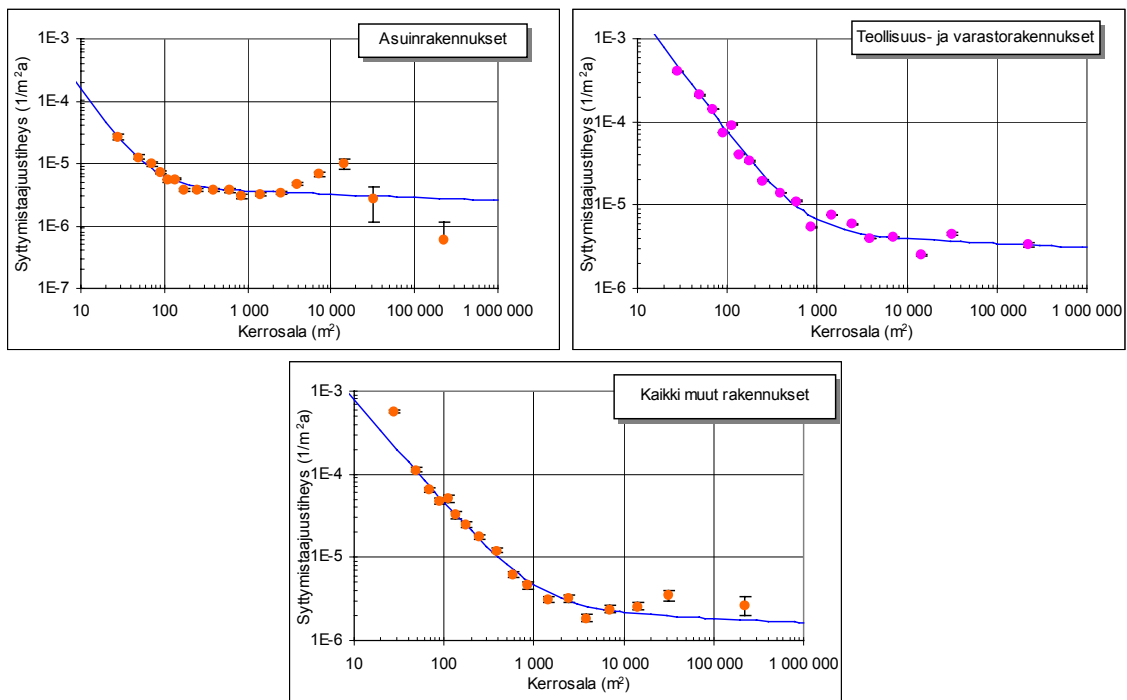


Kuva 13. Syttymistaajuustiheys kerrosalan funktiona eri havaintoryhmissä.

Havaintoihin sovitettiin yleistetty Barrois'n malli samalla tavalla kuin edellä. Soviteparametrien arvot ja sovitteiden hyvyttä kuvaavat selitysasteet on esitetty taulukossa 8 ja sovitteet kuvassa 14.

Taulukko 8. Yleistetyin Barrois'n mallin parametrit eri ryhmissä.

Käyttötaluokka	$c_1$	$c_2$	$r$	$s$	$R^2$ (%)
Asuinrakennukset	0,010	5E-6	-1,83	-0,05	84
Teollisuus- ja varastorakennukset	0,065	6E-6	-1,48	-0,05	98
Kaikki muut rakennukset	0,014	3E-6	-1,25	-0,05	99



Kuva 14. Yleistetyin Barrois'n mallin sovitteet syttymistaajuustihyvaintoihin.

Selitysasteen perusteella Barrois'n malli sopii hyvin teollisuus- ja varastorakennusten sekä kaikkien muiden rakennusten ja hieman huonommin asuinrakennusten havaintoihin. Asuinrakennusten havainnoissa on näkyvissä selvä nousu syttymistaajuus-tiheydessä yli 2 000 m<sup>2</sup>:n rakennuksissa. Suurimpaan luokkaan kuuluvia havaintoja oli neljän vuoden aikana vain yksi ja toiseksi suurimmassa luokassa kolme, joten yli 20 000 m<sup>2</sup>:n asuinrakennusten syttymistaajuus-tiheydestä ei voida tämän tutkimuksen perusteella tehdä johtopäätöksiä.

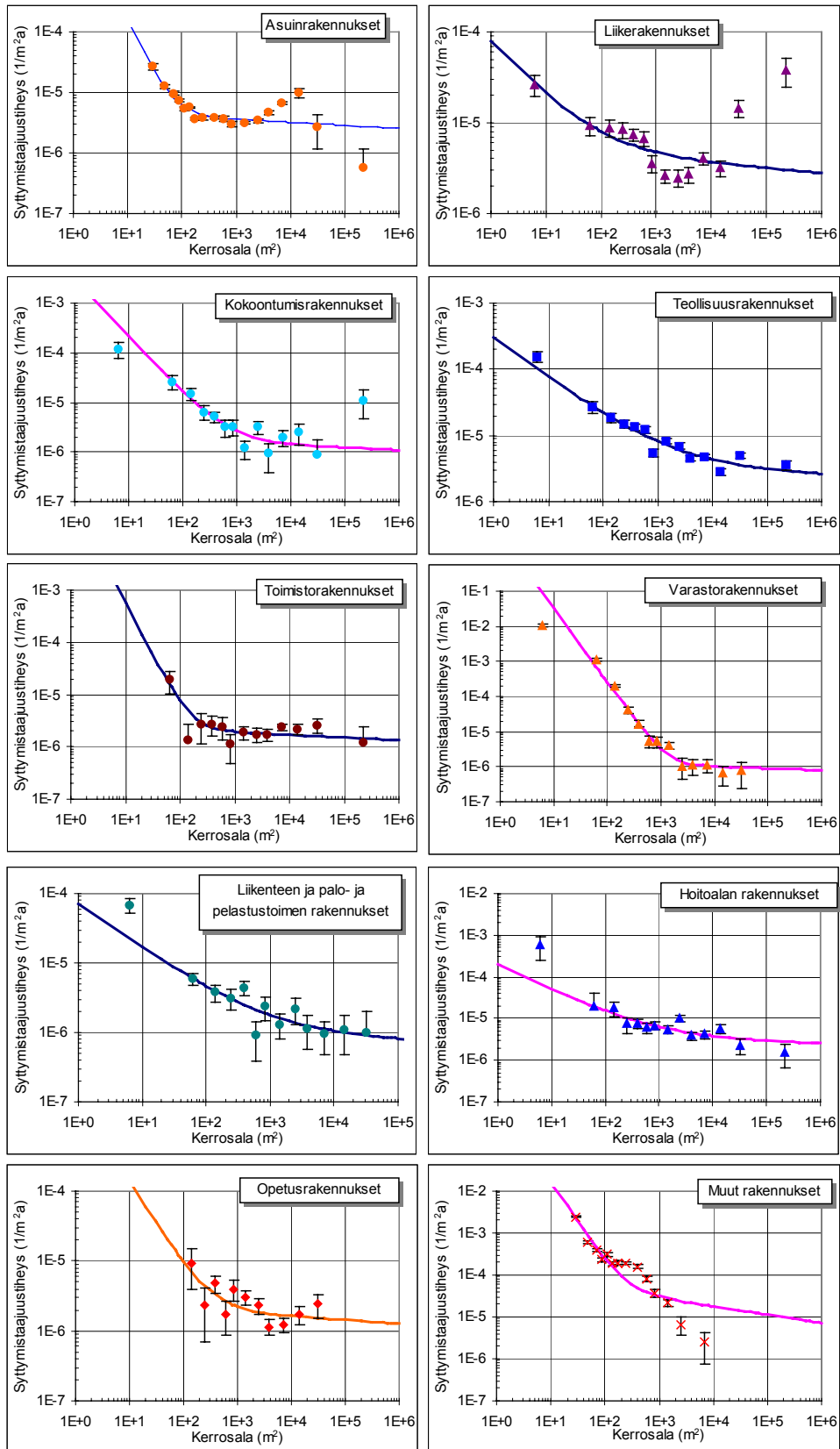
### 5.5.3 Tilastokeskuksen käyttötaluokat

Syttymistaajuustiheys eri kerrosalaluokissa määritettiin myös Tilastokeskuksen eri käyttötaluokille samalla tavoin kuin edellä. Toimistorakennusten havaintoihin sovitettaessa myös parametrin  $s$  arvo arvioitiin silmävaraisesti, jonka jälkeen STATISTICAlla sovitettiin  $c_1$  ja  $c_2$ . Muissa sovituksissa STATISTICAlla määritettiin kaikkien kolmen parametrin  $c_1$ ,  $c_2$  ja  $r$  arvot samoin kuten edellä. Asuinrakennusten havaintoihin Barrois'n malli sovitettiin jo kohdassa 6.2.2. Joissakin käyttötaluokissa yhdistettiin taulukon 6 luokat 1–3, 4–6 ja 7–9, jonka jälkeen tehtiin sovitus. Käyttötaluokat, joissa kerrosalaluokkia yhdistettiin, olivat: liike-, toimisto-, liikenteen ja palo- ja pelastustoimen, hoitoalan, kokoontumis-, opetus-, teollisuus- sekä varastorakennukset. Käyttötaluokassa muut rakennukset luokkia ei yhdistetty. Lisäksi muiden rakennusten havaintoihin sovitettiin ensin vain kaksiparametrinen malli siten, että yhtälössä (12)  $c_2$  ja  $s$  olivat nollia. Tämän jälkeen  $c_1$ :n ja  $r$ :n arvot kiinnitettiin saatuihin arvoihin ja sovitettiin yhtälö (12) kokonaisuudessaan ja etsittiin parametrien  $c_2$  ja  $s$  arvot.

Parametrien arvot ja sovitteiden selitysasteet prosentteina on esitetty taulukossa 9 ja sovitteet kuvassa 15.

*Taulukko 9. Yleistetyn Barrois'n mallin parametrit ja sovitteiden hyvyudet eri käyttötaluokissa.*

<b>Käyttötaluokka</b>	<b><math>c_1</math></b>	<b><math>c_2</math></b>	<b><math>r</math></b>	<b><math>s</math></b>	<b><math>R^2</math> (%)</b>
Asuinrakennukset	0,010	5E-6	-1,83	-0,05	84
Liikerakennukset	7E-5	6E-6	-0,65	-0,05	26
Toimistorakennukset	0,056	3E-6	-2,00	-0,05	74
Liikenteen ja palo- ja pelastustoimen rakennukset	7E-5	1E-6	-0,65	-0,05	75
Hoitoalan rakennukset	2E-4	5E-6	-0,61	-0,05	68
Kokoontumisrakennukset	0,003	2E-6	-1,14	-0,05	85
Opetusrakennukset	0,003	3E-6	-1,26	-0,05	46
Teollisuusrakennukset	3E-4	5E-6	-0,61	-0,05	90
Varastorakennukset	3,82	2E-6	-2,08	-0,05	98
Muut rakennukset	1,18	1E-4	-1,87	-0,20	95



Kuva 15. Yleistetyin Barrois'n mallin sovitteet eri käyttötaluokkien syttymistaajuushavaintoihin.



Taulukon 9 selitysasteen perusteella malli sopii kuvaamaan syttymistaajuustiheyttä parhaiten varasto-, teollisuus- sekä muissa rakennuksissa. Näissä käyttötapaluokissa selitysasteen arvo oli 90 % tai yli. Yli 80 % arvon selitysaste sai myös asuin- ja kokoontumisrakennusten havaintoihin sovitettaessa. Käyttötapaluokassa muut rakennukset kaksi viimeistä havaintopistettä poikkeavat käyrältä selvästi. Suurimmassa luokassa oli kuitenkin neljän vuoden aikana vain kaksi ja toiseksi suurimmassa luokassa viisi havaintoa, jolloin kahta viimeistä pistettä ei voida pitää tilastollisesti merkitsevinä. Huonoimman selitysasteen arvon (26 %) sai sovitus liikerakennusten havaintoihin.

Yhteenvedon voidaan todeta, että käytettävissä olevalla tilastoaineistolla, varsinkin suurilla kerrosalojen arvoilla, tilastokohina kasvoi niin suureksi, ettei kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä syttymistaajuustiheydestä eri käyttötapaluokissa voida tämän aineiston perusteella tehdä.

## 6. Tilastoaineiston luotettavuus

### 6.1 Virhetarkastelu

Kappaleen 5 kuviin piirrettiin janoilla vain tilastokohinasta aiheutuva virhe. Todellisuudessa virheen suuruuteen vaikuttavat olennaisesti myös tilastoaineiston ja rakennuskannan laadut. Nämä systemaattiset virheet sekä tilastokohina pyrittiin ottamaan huomioon osavarmuuskerrointarkastelulla, jossa pyrittiin määrittämään kertoimien arvot eri käyttötaparyhmille suunnittelun pohjaksi. Tällöin syttymistäajuustiheys saadaan kertomalla osavarmuuskertoimella  $\gamma_f$  kaavasta (12) saatu tulos.

$$f_s = \gamma_f f_m = \gamma_f (c_1 A^r + c_2 A^s) \quad (19)$$

Virhetarkastelussa havainnot jaettiin neljään ryhmään: i) kaikki rakennukset, ii) asuinrakennukset, iii) teollisuus- ja varastorakennukset ja iv) kaikki rakennukset asuin-, teollisuus- ja varastorakennuksia lukuun ottamatta.

Virhetarkastelua tehtäessä oletettiin tilastokohinan sekä vuotuisen vaihtelun (23 %) vaikuttavan satunnaiseen suuntaan eli joko syttymistäajuutta kasvattavasti tai pienentävästi. Systemaattisista virheistä syttymistäajuustiheyden arvoon pienentävästi oletettiin vaikuttavan seuraavat seikat:

1. Rakennuskannassa on rakennuksia, joiden kerrosala ei ole tiedossa. Tilastokeskus toimitti tiedon tuntemattomien rakennusten lukumääristä käyttötapaluokittain.
2. Osa PRONTOsta poimituista havainnoista oli kelvottomia sillä perusteella, että kerrosala oli merkitty nollassa tai jätetty merkitsemättä.
3. Rakennuskannasta puuttuu maatalousrakennuksia sekä luokkaan muut rakennukset luokiteltuja rakennuksia, joissa ei ole ympärivuotista asutusta. Tätä ei otettu huomioon asuin- eikä teollisuus- ja varastorakennusten virhetarkastelussa.

Syttymistäajuustiheyden arvoon kasvattavasti vaikutti seuraava oletus:

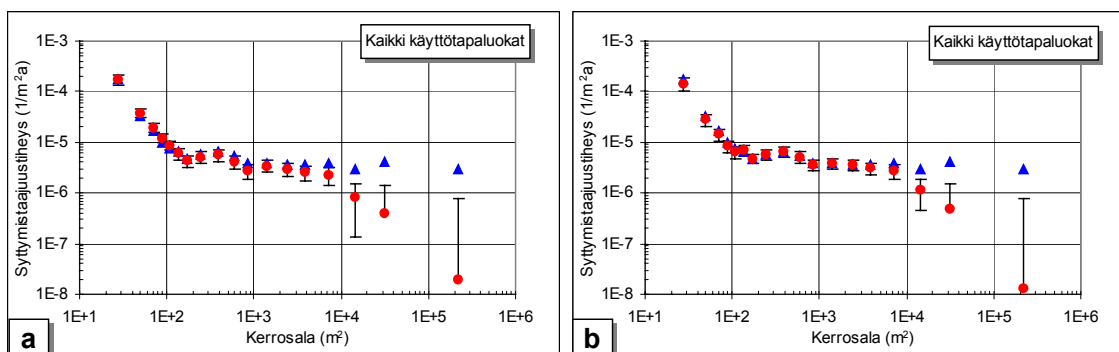
4. PRONTOon luokkaan muut tulipalot kirjautuneista havainnoista 15 % on todellisuudessa rakennuspaloja (kohta 8.3). Oletettiin tasajakautuneeksi eri käyttötapaluokkien välillä.

## 6.2 Osavarmuuskertoimet

Osavarmuuskerrointa määritettäessä arvioitiin joitakin syttymistäajuustiheyden arvoon systemaattista virhettä aiheuttavia ilmiöitä. Tarkastelu perustui oletuksiin eikä kaikkia systemaattista virhettä aiheuttavia tekijöitä ole missään virhetarkastelussa mahdollista tuntea ja ottaa huomioon. Siten tässä esitetty virhetarkastelu ei ole täydellinen, mutta antaa kuvan, miten kyseiset tekijät vaikuttavat syttymistäajuustiheyden arvoon.

Virhetarkastelu tehtiin kahdessa osassa. Ensimmäisessä osassa oletettiin yllä esitetyn luettelon kohtien 2 ja 4 keskittyvän pieniin rakennuksiin (alle 100 m<sup>2</sup>). Kohdassa 3 vähennettiin tulipaloja alle 1 000 m<sup>2</sup>:n rakennuksissa sillä perusteella, että maatalousrakennukset puuttuvat Tilastokeskuksen rakennuskannasta ja tulipalot olivat PRONTOn aineiston perusteella tapahtuneet yleensä ottaen alle 1 000 m<sup>2</sup>:n rakennuksissa. Lisäksi pienten rakennusten kerrosalaa lisättiin 20 % sillä perusteella, että rakennuskannassa on puutteita käyttötaluokassa muut rakennukset. Tarkkaa tietoa puuttuvien rakennusten määrästä ei ole ja 20 % oli vain karkea arvio. Kohta 3 ei huomioitu asuin- eikä teollisuus- ja varastorakennusten virheanalyysissä. Kohta 1 oletettiin tasajakautuneeksi kaikkien rakennusten kesken. Tarkastelun toisessa osassa kaikki systemaattiset virheet oletettiin tasajakautuneeksi kaikkien rakennusten kesken, riippumatta niiden koosta.

Kuvassa 16 on esitetty kaikkien rakennusten syttymistäajuustiheyden alkuperäinen arvo (kolmiot) ja kun systemaattiset virheet on huomioitu (pallot). Kuvassa 16a) osa systemaattisesta virheestä on oletettu keskittyvän pieniin rakennuksiin ja kuvassa 16b) tasajakautuneeksi kaikkien rakennusten kesken. Virhejanalla on merkitty tilastokohinasta ja vuotuisesta vaihtelusta aiheutunutta satunnaista virhettä.



Kuva 16. Syttymistäajuustiheyden alkuperäinen arvo (kolmiot) ja arvo systemaattisen virheen korjauksen jälkeen (pallot), a) kun osa virheestä on oletettu keskittyvän pieniin rakennuksiin, b) kun kaikki virheet on oletettu tasajakautuneeksi kaikkien rakennusten kesken. Mukana ovat kaikki käyttötaluokat.

Kuvasta 16 nähdään, että virhekorjauksen jälkeen syttymistäajuustiheyden arvo on pienempi kuin alkuperäinen yli 110 m<sup>2</sup>:n rakennuksissa. Kuvasta 16a) havaitaan, että pienemmissä rakennuksissa syttymistäajuustiheyden arvo on hieman alkuperäistä korkeampi, mutta ero ei ole kuitenkaan uuden arvon virhejanaa suurempi. Tällöin voidaan päätellä, että tämän virhetarkastelun perusteella kohdassa 5.5 määritetty yleistetyn Barrois'n mallin sovite todennäköisesti kuvaa yhden hajonnan tarkkuudella syttymistäajuustiheyden ylärajaa, kun tarkastelussa ovat mukana kaikki käyttötapaluokat.

Asuinrakennusten virhetarkastelussa systemaattinen virhe kasvatti syttymistäajuustiheyden arvoa alle 3 000 m<sup>2</sup>:n rakennuksissa. Ero ei kuitenkaan ylitä kahta hajontaa yli 50 m<sup>2</sup>:n rakennuksissa. Asuinrakennusten havaintoaineistossa on näkyvissä selvä piikki syttymistäajuustiheydessä yli 2 000 m<sup>2</sup>:n rakennuksissa. Jos piikki huomioidaan, osavarmuuskertoimen arvoksi tulee 3,5. Mikäli piikki jätetään huomioimatta mutta systemaattisen virheen aiheuttama syttymistäajuustiheyden kasvu huomioidaan, saadaan osavarmuuskertoimeksi 1,7 yli 100 m<sup>2</sup>:n rakennuksille.

Teollisuus- ja varastorakennuksissa systemaattinen virhe pienensi syttymistäajuustiheyttä kaikissa kerrosalaluokissa. Siten tämän tarkastelun perusteella kohdassa 5.5 määritetty teollisuus- ja varastorakennusten yleistetyn Barrois'n mallin sovite kuvaa syttymistäajuustiheyden ylärajaa yhden hajonnan tarkkuudella.

Kun tarkasteltiin ryhmää, jossa olivat mukana kaikki rakennukset asuin-, teollisuus- ja varastorakennuksia lukuun ottamatta, syttymistäajuustiheys kasvoi muutamassa kerrosalaluokassa. Kasvu ei kuitenkaan ylittänyt kahta hajontaa. Tämän perusteella voidaan todeta, että kohdassa 5.5 määritetty yleistetyn Barrois'n mallin sovite kuvaa syttymistäajuustiheyden ylärajaa kahden hajonnan tarkkuudella.

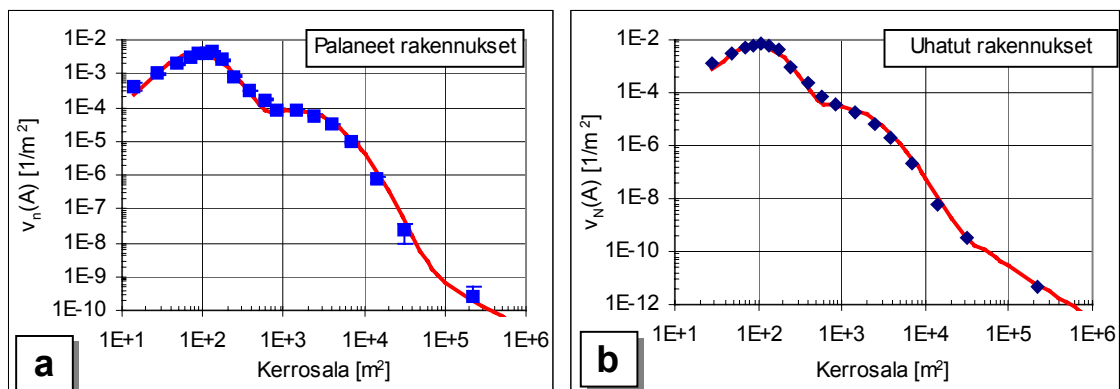
## 7. Syttymän todennäköisyys

### 7.1 Jakaumien riippuvuus kerrosalasta eri käyttötaluokissa

PRONTOsta poimitun havaintoaineiston perusteella määritettiin palaneiden rakennusten lukumäärän jakauman riippuvuus kerrosalasta kaavalla

$$f_{ni}(A) = \frac{n_i}{n \cdot \Delta A}, \quad (20)$$

missä  $n_i$  on kerrosalaluokassa tapahtuneiden tulipalojen lukumäärä,  $n$  kaikkien tulipalojen lukumäärä ja  $\Delta A$  kerrosalaluokan koko. Käytetyt kerrosalaluokat on esitetty taulukossa 6. Uhattuna olevien rakennusten lukumäärän kerrosalajakauma määritettiin vastaavasti Tilastokeskuksen rakennuskantatietojen perusteella. Tilastohavaintoihin sovitettiin silmävaraisesti kaavojen (13) ja (16) Pareton ja kahden logaritmisin normaalijakauman summa. Kuvassa 17 on esitetty teoreettinen jakauma sovitettuna asuinrakennusten havaintoihin.



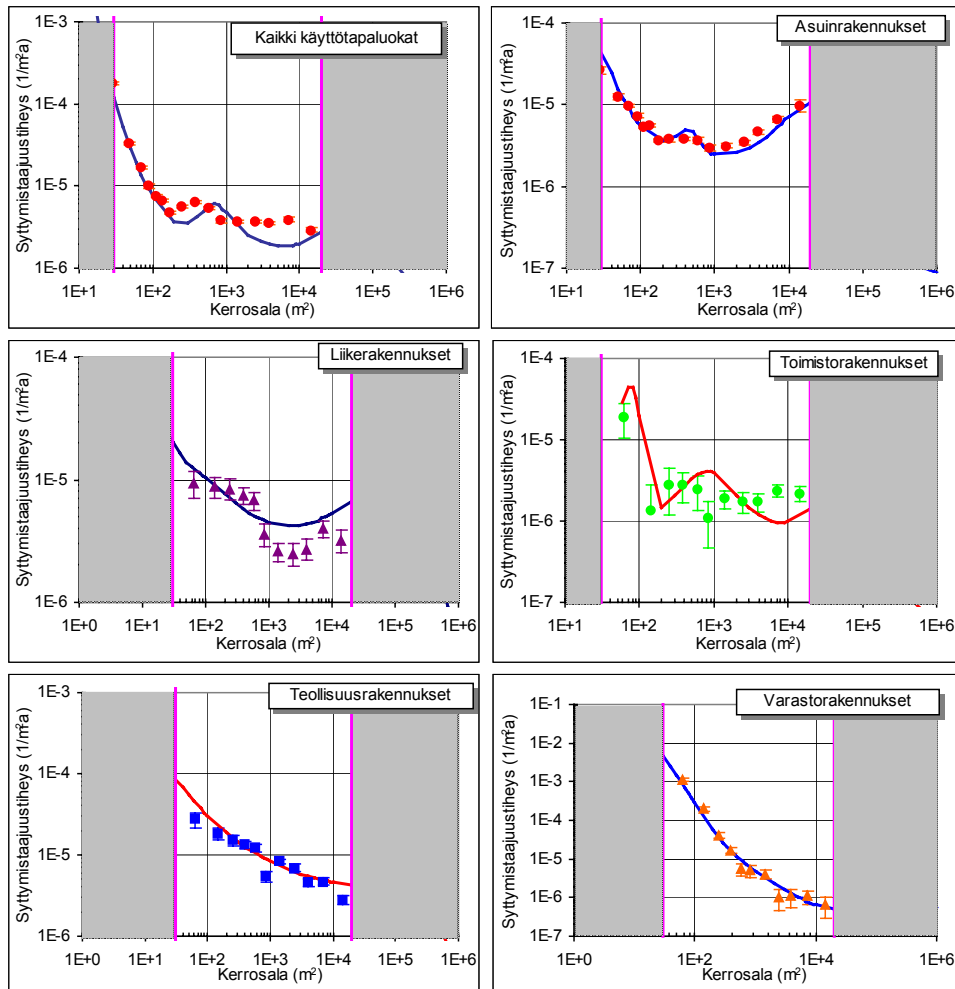
Kuva 17. Asuinrakennusten lukumäärän kerrosalajakauma. Tilastohavainnot pisteinä ja teoreettinen sovite (viiva). a) palaneet rakennukset (PRONTO) ja b) uhattuna olevat rakennukset (Rakennuskanta).

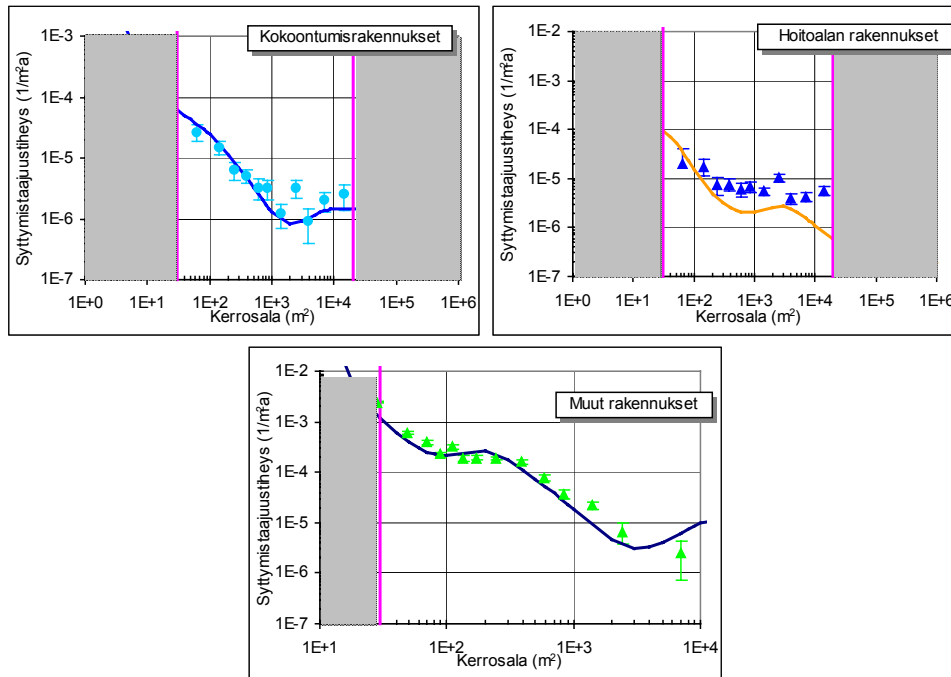
Kaikkien käyttötaluokkien sovitteet palaneiden rakennusten havaintoihin on esitetty liitteessä B ja uhattujen rakennusten havaintoihin liitteessä C. Liitteissä on esitetty myös soviteparametrien arvot.

Syttymistäajuustiheys on syttymän todennäköisyys kerrosalaa kohden, yksikkönä  $1/m^2a$ , syttymiä neliometriä kohden vuodessa

$$f_m(A) = \frac{P(A)}{A} \quad (21)$$

$P(A)$  saadaan kaavasta (1) ja lukumäärien jakaumien riippuvuus kerrosalasta kaavoista (13)–(18). Kun kullekin käyttötaluokalle oli määritetty sekä palaneiden että uhattujen rakennusten teoreettiset kerrosalajakaumat, voitiin syttymistäajuustiheys määrittää kaavasta (21). Kuvaan 18 on piirretty näin saatu tulos samaan kuvaan tilastohavaintojen kanssa eri käyttötaluokissa.





Kuva 18. Syttymistaajuustiheyden tilastohavainnot (pisteet) ja teoreettinen käyrä (viiva).

Kuten kuvasta 18 nähdään, teoreettinen käyrä huomioi syttymistaajuustiheyden nousun, joka näkyy selvänä piikkinä asuinrakennusten havainnoissa. Tilastoaineiston rajoitusten vuoksi syttymistaajuustiheydestä ei voida tehdä tilastollisesti merkittäviä päätelmiä hyvin suurilla tai hyvin pienillä kerrosalojen arvoilla. Kuvaan 18 piirrettyjen pystyviivojen välisellä alueella malli toimii kuitenkin hyvin.

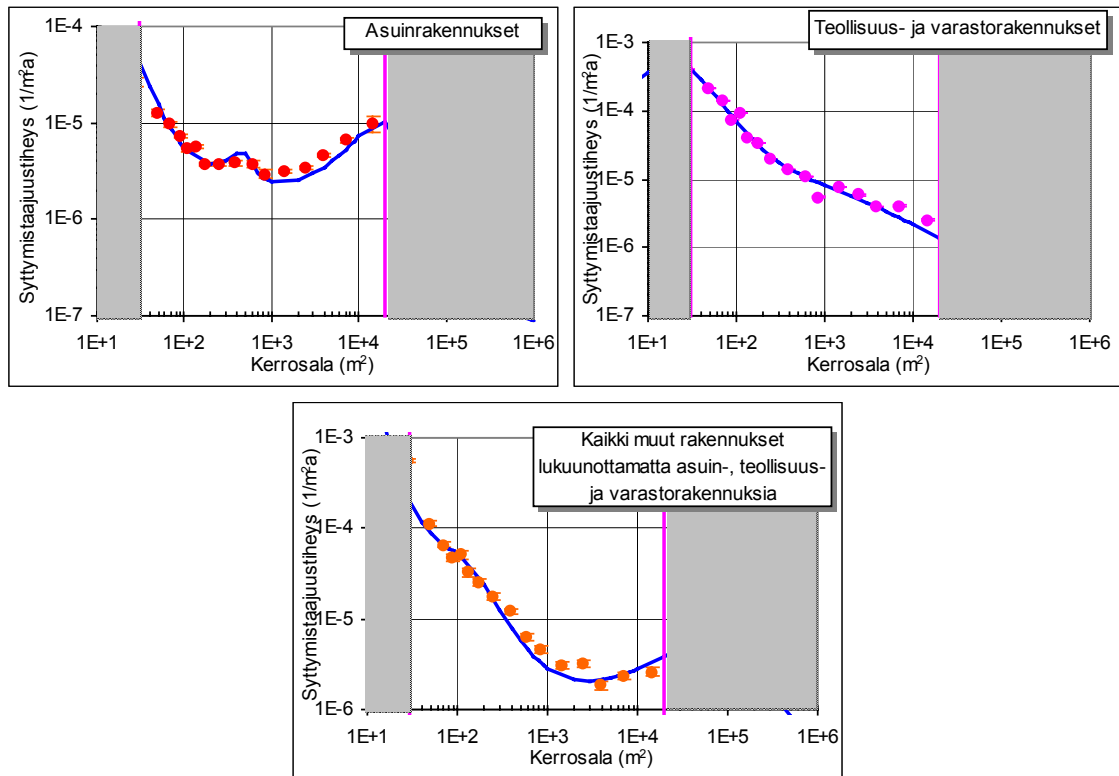
## 7.2 Käyttötaluokkien yhdistelyä

Havainnot jaettiin vielä kolmeen pääryhmään, joita olivat

- 1) asuinrakennukset
- 2) teollisuus- ja varastorakennukset
- 3) kaikki muut rakennukset asuin-, teollisuus- ja varastorakennuksia lukuun ottamatta.

Eri ryhmien kerrosalajakaumasovitteet parametreineen on esitetty liitteessä D.

Kuvassa 19 on esitetty kerrosalajakaumien perusteella määritetyt syttymistaajuustiheydet.



Kuva 19. Syttymistäajuustiheyden tilastohavainnot (pisteet) ja teoreettinen käyrä (viiva).

Tästä analyysistä selvisi, että syttymistäajuustiheyden pienet paikalliset poikkeamat ovat mahdollisia eikä mitään tasaista asymptootista kulkua suurilla kerrosalan arvoilla ole odotettavissa.

Kuvien 18 ja 19 soviteissa käytetty kolmen erillisen yksinkertaisen matemaattisen kaavan muotoon puettu jakauman summa on vieläkin liian yksinkertainen kuvaamaan kuvassa 17 ja liitteissä B–D esitettyjä jakaumia kaikilta yksityiskohdiltaan. Siksi teoreettisilla sovitekäyrillä kuvissa 18 ja 19 on vain tieteellinen arvo syttymistiheyden heilahtelujen selittäjänä. Insinööriyöskentelyssä, kuten toiminnallisessa suunnittelussa, on nojauduttava suoraan havaittuihin arvoihin. Mitoitustarkoituksiin kaavan (12) mukainen lauseke on hyvin käyttökelpoinen, kun määritetään sellaiset osavarmuuskertoimet, että kuvaaja sivuaa yläpuolisesti tilastohavaintoja ja jättää ottamatta huomioon paikalliset minimiit.

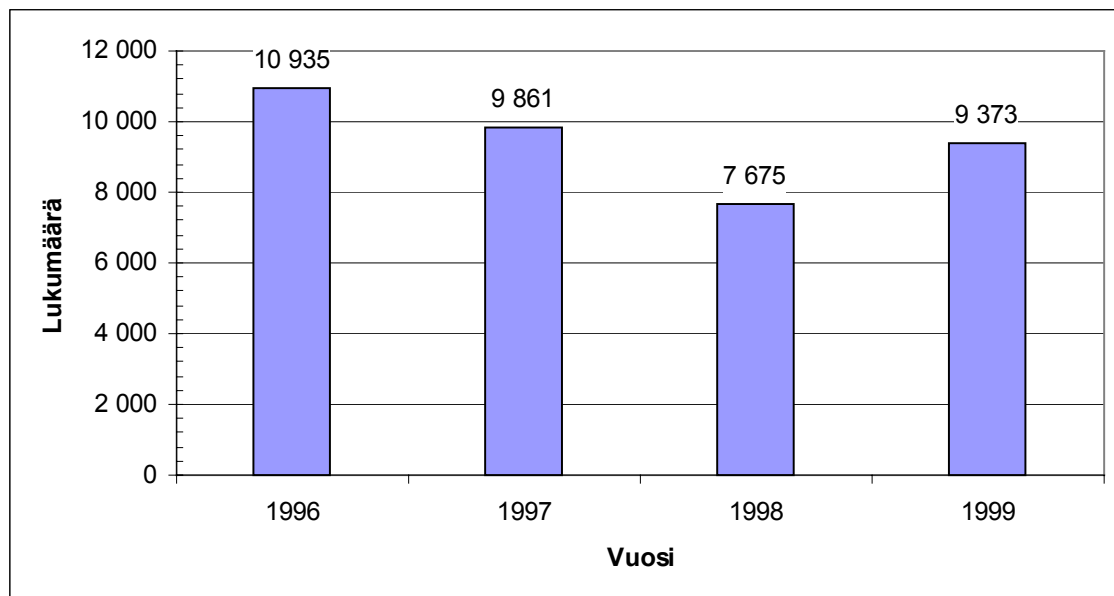


## 8. Todelliset tulipalojen lukumäärät?

Ennen sähköistä tietokantaa tilastoidut tulipalojen lukumäärät (SM 2000) olivat PRONTOsta löytyviä suurempia. Tässä luvussa tarkastellaan aikasarjoista ja kerätyn aineiston sisäisillä vertailuilla saatavia tuloksia, joista pyritään päättämään, onko siirtyminen sähköiseen tilastointiin vaikuttanut kirjautuvien tietojen kokonaismäärään joko tapahtumien erilaisen määrittelyn tai ilmeisesti lisääntyneen kirjauksesta koituvan vaivannäön seurauksena. Kun ONTIKA otettiin käyttöön, se oli useassa palokunnassa ensimmäinen tietokoneen käyttösovellus. Koska henkilöstöllä ei juuri ollut tietotekniikan peruskoulutusta eikä käyttökoulutuksella pystytty paikkaamaan tätä aukkoa, monenlaiset tietokoneen käytön välttämistä johtuvat ilmiöt ovat saattaneet vaikuttaa siirtymäkauden tilastoihin. Tähän hetkeen mennessä niistä vaikeuksista on ilmeisesti päästy, mutta edelleenkin kaikkien tapahtumien rekisteröinti ei ole ongelmatonta kohteesta tarvittavan melkoisen tietomäärän vuoksi.

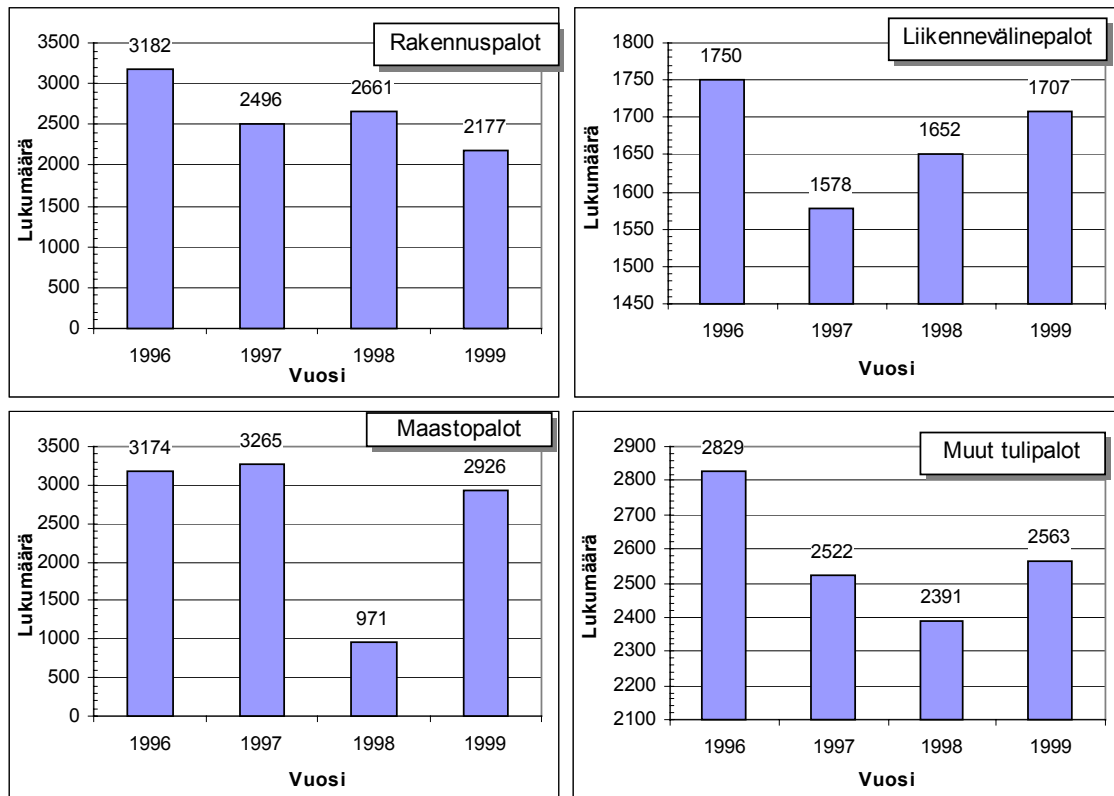
### 8.1 Tulipalojen vuosittainen lukumäärä

Kaikki PRONTOon kirjautuneet tulipalot vuosilta 1996–1999 jaoteltiin PRONTOon luokituksen mukaisesti neljään ryhmään: rakennuspalot, liikennevälinepalot, maasto-palot ja muut tulipalot. Yhteensä PRONTOon kirjattuja havaintoja oli koko maassa neljän vuoden aikana 37 844 kpl ja ne jakaantuivat eri vuosille kuvan 20 mukaisesti.



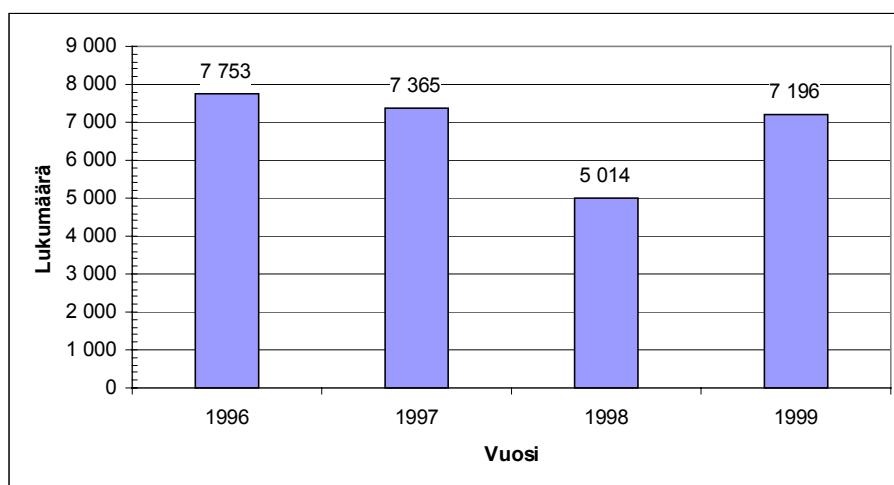
Kuva 20. Tulipalojen lukumäärät koko maassa vuosina 1996–1999.

Kuvassa 21 on esitetty rakennuspalojen, liikennevälinepalojen, maastopalojen sekä luokkaan muu tulipalo luokiteltujen palojen lukumäärät vuosina 1996–1999.



Kuva 21. Rakennus-, maasto-, liikenneväline sekä muiden tulipalojen lukumäärät koko maassa vuosina 1996–1999.

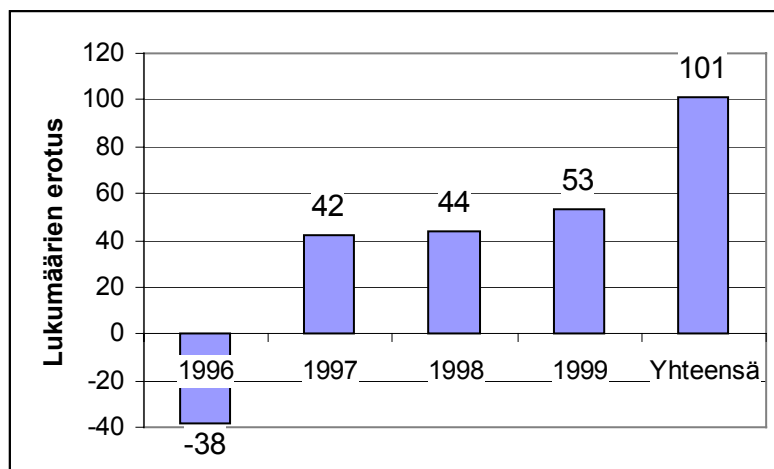
Kuvassa 22 on laskettu yhteen liikenneväline-, maasto- sekä muut tulipalot.



Kuva 22. Liikenneväline-, maasto- sekä muiden tulipalojen yhteenlaskettu lukumäärä vuosina 1996–1999.

## 8.2 Erot rakennuspalojen lukumäärissä

Kohdan 8.1 rakennuspalojen lukumäärät eroavat hieman kohdassa 4 esitetystä määrästä. Havainnot on poimittu eri poiminnoilla PRONTOsta. Kohdassa 4 poimittiin havainnot erikseen kullekin rakennustyyppille ja kohdassa 8.1 poimittiin kaikki rakennuspalot samalla kertaa rakennustyyppistä riippumatta. Näin ollen haut tehtiin eri poimintaehdoilla, joiden kuitenkin olisi pitänyt johtaa samaan lopputulokseen. Kohdassa 4 havaintojen kokonaismäärä oli 10 617 kpl ja kohdassa 8.1 se oli 10 516 kpl. Kuvassa 23 on esitetty havaintojen erotus vuosittain siten, että kohdan 8.1 havaintojen lukumäärä on vähennetty kohdan 4 lukumäärästä.



Kuva 23. Kohdan 4 ja 8.1 rakennuspalojen lukumäärien erotus.

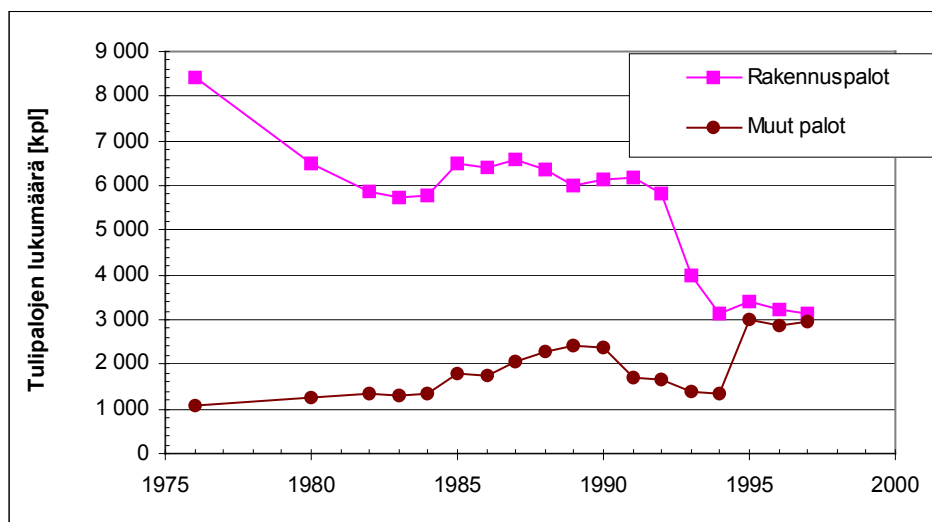
## 8.3 Otos muista tulipaloista

PRONTOsta otettiin otos tulipaloista, joka kattoi muu tulipalo -ryhmään luokitellut tapaukset Helsingissä vuonna 1999. Yhteensä havaintoja oli 413 kappaletta ja tarkoituksena oli otoksen avulla tarkastella, onko tapaukset luokiteltu oikein vai onko muu tulipalo -ryhmään eksynyt esimerkiksi rakennuspaloksi luokiteltavia tapauksia. Tulipalon luokitteluperusteita arvioitiin kohteen osoitteen, syttymissyyn sanallisen kuvauksen ja onnettomuustilanteen kehittymisen kuvauksen perusteella. Vanhan onnettomuustietokannan ONTIKAN mukaisesti rakennuspalolla tarkoitetaan kaikkia tulipaloja, jotka tapahtuvat rakennuksen sisällä tai sen välittömässä läheisyydessä siten, että rakennuksen syttyminen palon takia on todennäköistä. Myös rakennuksen sisällä tapahtunut koneen tai laitteen palaminen, joka ei sinällään aiheuta vahinkoa rakennukselle, katsotaan rakennustulipaloksi (Rahikainen 1998a). Kun kaikki 413 tapausta käytiin läpi, havaittiin ainakin 45 tapausta (10,9 % koko määrästä), jotka edellisen määritelmän mukaisesti olisi pitänyt määritellä rakennustulipaloiksi. Tähän otettiin mukaan vain tapaukset, jotka erittäin selvästi osoittautuivat rakennuspaloksi eli

todellisuudessa väärin luokiteltujen määrä tässä otoksessa on varmastikin mainittua suurempi. Tapauksia, jotka luultavasti olisi myös pitänyt luokitella rakennuspalloiksi, mutta joiden tietojen perusteella ei saatu täydellistä varmuutta asiaan oli 17 kappaletta. Yhteensä siis arvioitiin väärin luokiteltujen yhteismääräksi tässä otoksessa 62 kpl, joka on 15,0 % koko määrästä. Vaikka otos oli tilastollisessa mielessä pieni, se antoi kuitenkin suuntaa antavan käsityksen asiasta. Todellisuudessa siis rakennuspalloja sattuu vuosittain tilastotietoja enemmän, sillä nähtävästi kaikkia rakennuksissa tai niiden läheisyydessä tapahtuvia palloja ei välttämättä kirjata rakennuspalloiksi eikä niistä täytetä rakennusselostetta.

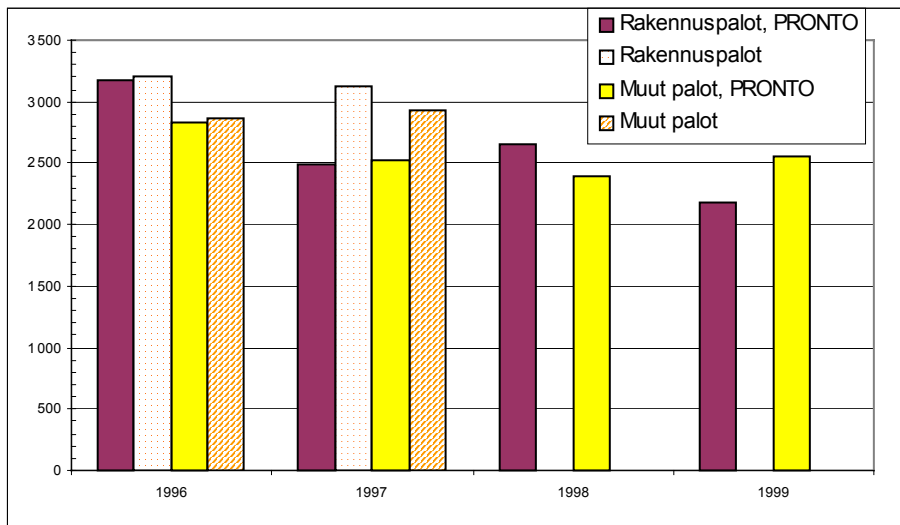
## 8.4 Lukumäärien korjausyritelmiä

Kuvassa 24 on esitetty rakennuspallojen ja muiden tulipallojen lukumäärän kehittyminen vuosina 1976–1997. Tilastotiedot pohjautuvat sisäasiainministeriön julkaisuun (SM 2000).



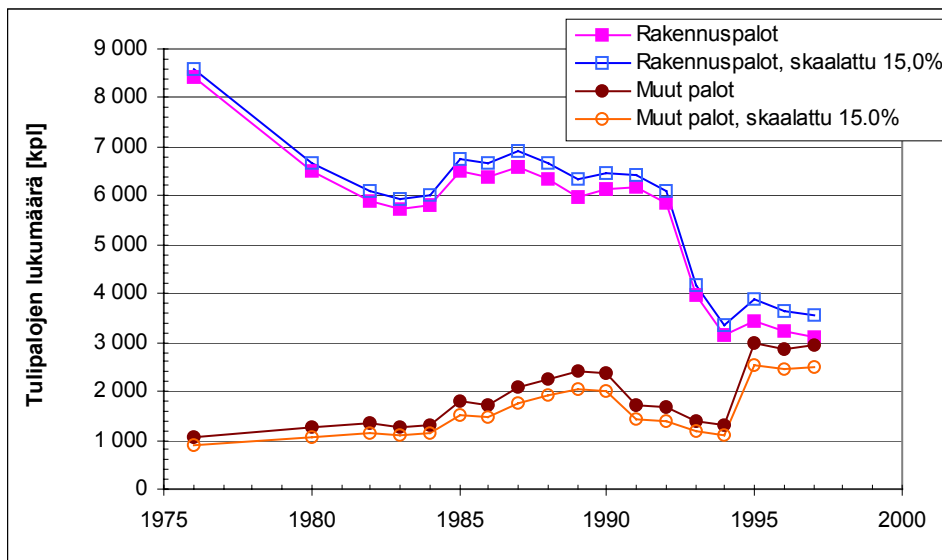
Kuva 24. Rakennuspallojen ja muiden tulipallojen lukumäärät vuosina 1976–1997 (SM 2000).

Kuvasta 24 havaitaan 90-luvulla selvä lasku rakennuspallojen lukumäärissä ja vastaavasti muiden tulipallojen lukumäärän kasvu. Vertailun vuoksi kuvassa 25 on esitetty pylväsdiagrammina PRONTOon kirjautuneiden ja sisäasiainministeriön tutkimuksen pallojen lukumäärät vuosina 1996–1999 samaan kuvaan piirrettyinä.



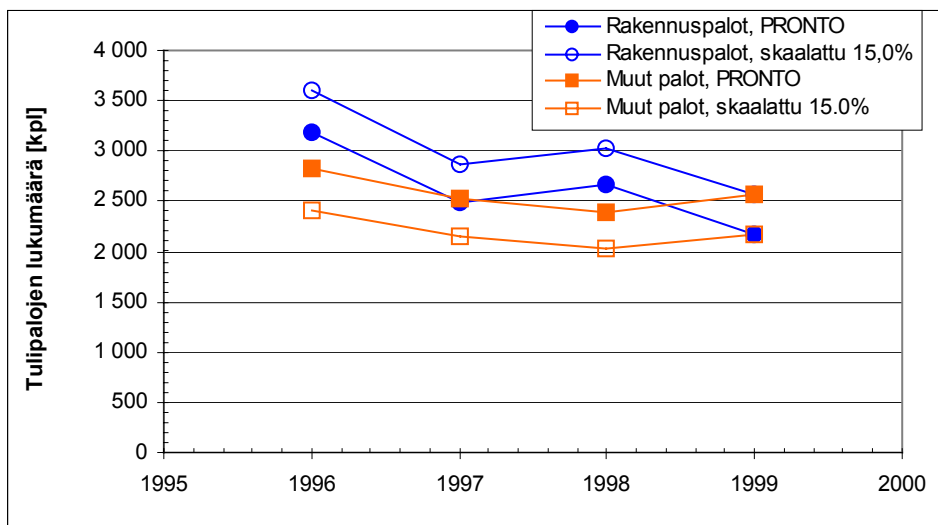
Kuva 25. Rakennuspalojen ja muiden palojen lukumäärät vuosina 1996–1999.

Kohdan 9.3 perusteella oletetaan, että 15 % muista tulipaloista on kirjattu väärin ja todellisuudessa ne kuuluvat ryhmään rakennuspalot. Kuvassa 26 kuvaan 25 on piirretty erillisillä käyrillä tulipalojen lukumäärät sen jälkeen, kun 15 % muista tulipaloista on muutettu rakennuspalloiksi.



Kuva 26. Rakennuspalojen ja muiden tulipalojen lukumäärät, kun väärin kirjattujen oletettu lukumäärä 1) on otettu ja 2) ei ole otettu huomioon.

Kuvassa 27 on PRONTOon kirjautuneiden palojen määrät korjattu samalla tavalla.



*Kuva 27. PRONTOon kirjautuneiden rakennuspalojen ja muiden tulipalojen lukumäärät, kun väärin kirjattujen oletettu lukumäärä 1) on otettu ja 2) ei ole otettu huomioon.*

Väärin kirjautuneiden tulipalojen osuus 15 % on vain arvio ja voi todellisuudessa olla suurempikin. Siirtämällä 15 % muista tulipaloista rakennuspaloksi niiden lukumäärä kasvaa, muttei yllä kuitenkaan samalle tasolle kuin 1980-luvulla (kuva 26). PRONTOon otoksen perusteella on todettava, että rakennuspalojen todellinen lukumäärä joka tapauksessa on suurempi kuin rakennuspalotilastoihin vuosittain kirjautuu.

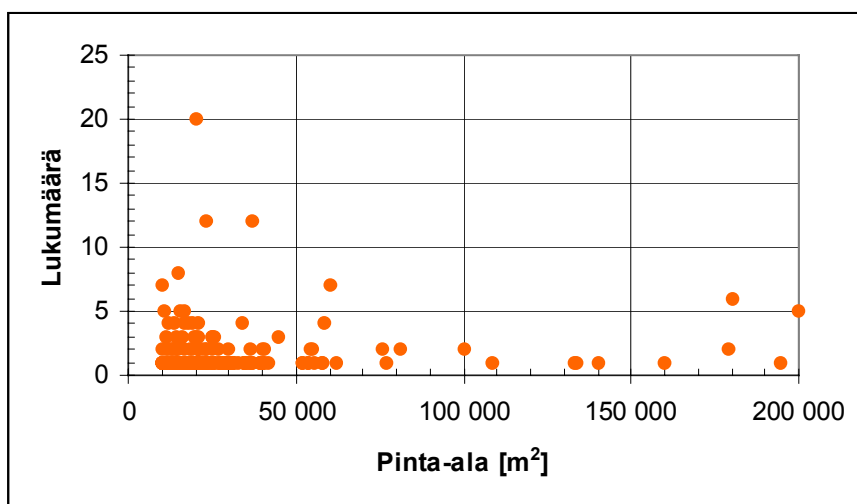
## 9. Suuret rakennukset

Rakennusten koko on viime vuosina jatkuvasti kasvanut erityisesti muutamissa käyttötapaluokissa, kuten teollisuus-, toimisto- ja tietyissä kokoontumistiloissa sekä varsinkin ostoskeskuksissa. Koska tilastot käsittelevät mennyttä aikaa, mutta uusien rakennusten suunnittelu suuntautuu pitkälle tulevaisuuteen, on tärkeätä tietää, miten paloriskit käyttäytyvät rakennuskannan kookkaimmassa kärjessä. Koska näissä kohteissa myös käytetään huomattavan usein kvantitatiivista paloriskianalyysyä toiminnallisen suunnittelun osana, palotaajuuksia suurissa rakennuksissa tarkasteltiin lähemmin.

### 9.1 Tulipalojen lukumäärät suurissa rakennuksissa

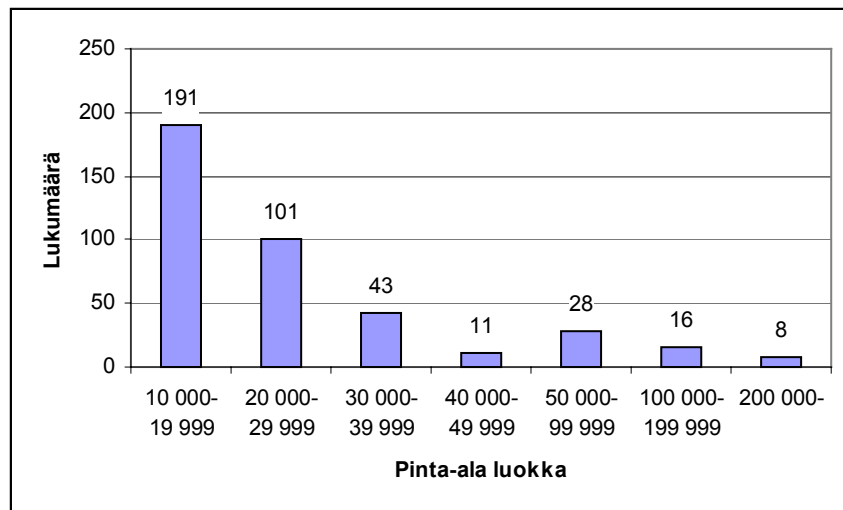
Tutkimuksessa käytetyssä, taulukossa 6 esitettyssä kerrosalajaossa, yli 10 000 m<sup>2</sup>:n rakennukset jaettiin paremman tilastollisen tarkkuuden saavuttamiseksi vain kolmeen luokkaan. Paremman kuvan saamiseksi havaintojen jakautumisesta näiden luokkien sisällä suurten rakennusten tulipaloja tarkasteltiin hieman tarkemmin.

Yhteensä 10 000 m<sup>2</sup>:n ja sitä suuremmissa rakennuksissa oli syttynyt tulipaloja vuosina 1996–1999 398 kappaletta. Tapauksia, joissa kerrosala ylitti 200 000 m<sup>2</sup> oli kolme kappaletta. Kuvassa 28 on esitetty tulipalojen lukumäärä kerrosalan funktiona.



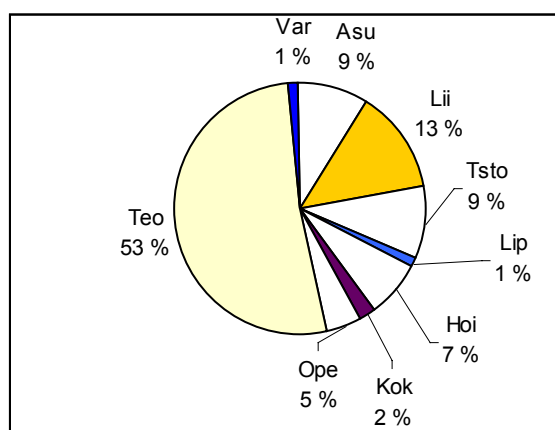
Kuva 28. Suurissa rakennuksissa syttyneiden tulipalojen lukumäärä kerrosalan funktiona.

Kerrosala jaettiin seitsemään luokkaan ja kuvassa 29 on esitetty havaintojen lukumäärä kutakin kerrosalaluokkaa kohden.



Kuva 29. Tulipalojen lukumäärät kerrosalaluokkaa kohden suurissa rakennuksissa.

Tulipalojen jakaantuminen rakennusten käyttötaluokkien välillä on esitetty kuvassa 30.



Kuva 30. Tulipalojen jakaantuminen eri käyttötaluokkien välillä suurissa rakennuksissa. Lyhenteiden selitykset on esitetty taulukossa 1.

Kuten kuvasta 30 nähdään, yli puolet suurten rakennusten tulipaloista on teollisuusrakennuspaloja. Käyttötaluokasta muut rakennukset ei löytynyt yhtään tulipaloa yli 10 000 m<sup>2</sup>:n rakennuksissa.

Taulukossa 10 on esitetty kunkin käyttötaluokan suurimman rakennuksen kerrosala, jossa tulipalo on esiintynyt. Taulukko on lajiteltu suurimmasta kerrosalasta pienimpään.



*Taulukko 10. Kunkin käyttötapaluokan suurimman rakennuksen kerrosala, jossa tulipalo on esiintynyt.*

<b>Käyttötapaluokka</b>	<b>Kerrosala (m<sup>2</sup>)</b>
Toimistorakennukset	1 477 854
Teollisuusrakennukset	950 000
Liikerakennukset	250 000
Asuinrakennukset	160 000
Hoitoalan rakennukset	108 708
Kokoontumisrakennukset	54 735
Liikenteen rakennukset	40 304
Opetusrakennukset	39 730
Varastorakennukset	18 252

Suurten rakennusten tulipaloista 33 % tapahtui Helsingissä. Toiseksi eniten paloja oli Tampereella 10 %. Taulukossa 11 on esitetty kunnat, joissa tulipaloja suurissa rakennuksissa oli vähintään kymmenen.

*Taulukko 11. Kunnat, joissa tulipaloja suurissa rakennuksissa esiintyi vuosina 1996–1999 vähintään kymmenen.*

<b>Kunta</b>	<b>Lkm</b>
Helsinki	133
Tampere	41
Kuopio	29
Jyväskylä	27
Espoo	18
Nokia	17
Savonlinna	10
Varkaus	10

Tulipaloista 4 % syttyi 10 000m<sup>2</sup>:n tai sitä suuremmissa rakennuksissa. Yli puolet suurten rakennusten tulipaloista sijoittui teollisuusrakennuksiin. Kolmannes paloista syttyi Helsingissä.

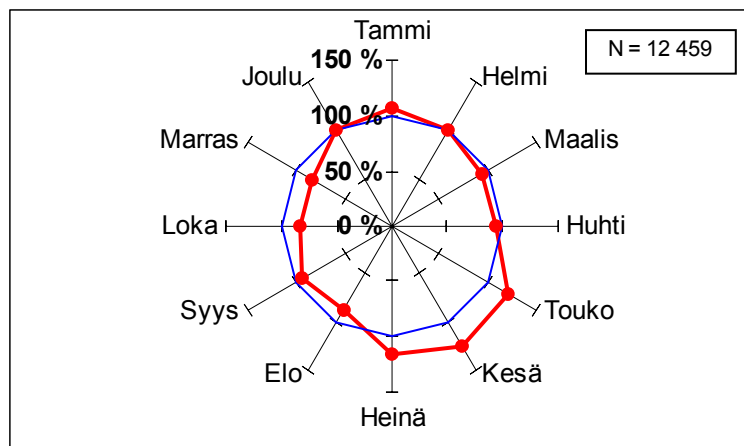
# 10. Rakennuspalojen syttymistiheyden aikajakaumat

## 10.1 Yleistä

PRONTOsta poimittiin uudelleen kaikki Suomessa tapahtuneet rakennuspalot vuosina 1996–1999. Yhteensä havaintoja, joissa ilmoitusaika oli kelvollisesti merkitty, oli 12 459 kpl. Havaintojen suurempi lukumäärä edellisiin kohtiin verrattuna voi johtua siitä, että poimintojen välisenä aikana PRONTOon on päivitetty lisää havaintoja, jotka siten ensimmäisistä poiminnoista puuttuivat. Rakennuspalojen ajallista jakaantumista pyrittiin tarkastelemaan piirtämällä hälytysten ilmoitusajankohdat napakoordinaatistoon kuukausittain, viikoittain, viikonpäivittäin sekä tunneittain.

## 10.2 Rakennuspalojen jakaantuminen kalenterikuukausille

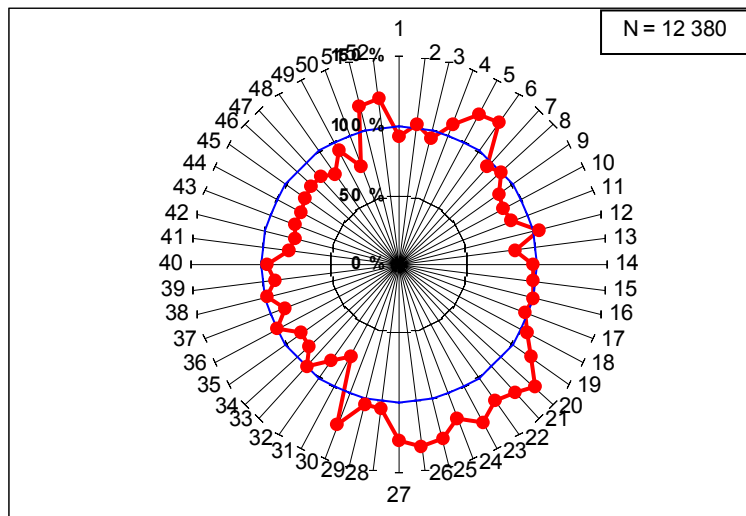
Kuvassa 31 on esitetty rakennuspalojen jakaantuminen eri kalenterikuukausille vuosina 1996–1999. 100 %:n ympyrä kuvaa kalenterikuukausien keskiarvoa. Kuvasta nähdään, että rakennuspaloja esiintyi touko-, kesä- ja heinäkuussa sekä joului- ja tammikuussa keskimääräistä enemmän. Eniten rakennuspaloja syttyi kesäkuussa ja vähiten marraskuussa.



Kuva 31. Rakennuspalojen jakaantuminen kalenterikuukausille.

### 10.3 Rakennuspalojen viikoittainen jakaantuminen

Kalenterivuosi jaettiin 52:een seitsemän päivän jaksoon lähtien vuoden viimeisestä päivästä 31.12. Näin pyrittiin tarkastelemaan syttymien tiheyttä esimerkiksi joulun aikaan. Tällä tavalla jaettaessa jouluaatto on viikon 51 viimeinen päivä ja joulupäivä viikon 52 ensimmäinen päivä. Tällöin tammikuun 1. päivänä tapahtuneet tulipalot vuosina 1997–1999 jäivät tarkastelun ulkopuolelle. Karkauspäivästä johtuen vuonna 1996 tarkastelun ulkopuolelle jäivät tammikuun 1. ja 2. päivät. Tällöin tarkastelussa mukana olevia havaintoja oli yhteensä 12 380 kpl.

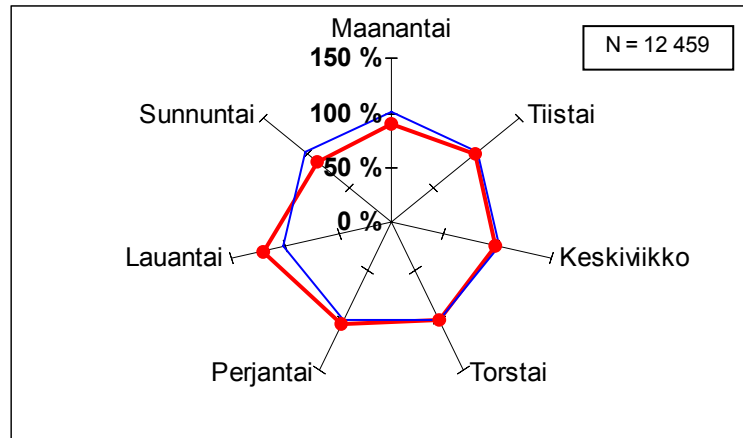


Kuva 32. Rakennuspalojen jakaantuminen eri viikoille vuosina 1996–1999.

Kuvassa 32 on esitetty rakennuspalojen viikoittainen jakautuminen vuosina 1996–1999. Viikoilla 51 ja 52 syttymistäajuustiheys oli 1,2-kertaa keskiarvoa suurempi. Ylimmillään syttymistäajuustiheys oli viikolla 26 ja oli tällöin 1,3-kertainen keskiarvoon verrattuna. Vuoden 1997 loppuun ja 1998 alkuun sijoittui kolme kuukautta kestänyt palomiesten lakko. Sen vaikutusta pyrittiin tarkastelemaan jakamalla havainnot eri vuosille. Lakko alkoi vuonna 1997 viikolla 48 ja loppui 1998 viikolla 8. Lakon aikana syttymien lukumäärä pysyi keskimääräistä alempana, poikkeuksena kuitenkin 52. viikon 1,3- sekä 5. viikon 1,6-kertaa keskiarvoa suurempi syttymistiheys. Vuosittaisia vaihteluja tarkasteltaessa tilastokohina kasvoi kuitenkin niin suureksi, ettei kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä lakon vaikutuksesta voitu tämän analyysin perusteella tehdä.

## 10.4 Rakennuspalojen jakaantuminen viikonpäiville

Kuvassa 33 on esitetty rakennuspalojen jakaantuminen eri viikonpäiville vuosina 1996–1999. Kuvasta nähdään, että rakennuspalojen esiintyminen painottui perjantaille ja lauantaille, jolloin rakennuspaloja syttyi keskimääräistä enemmän.



Kuva 33. Rakennuspalojen jakaantuminen viikonpäiville.

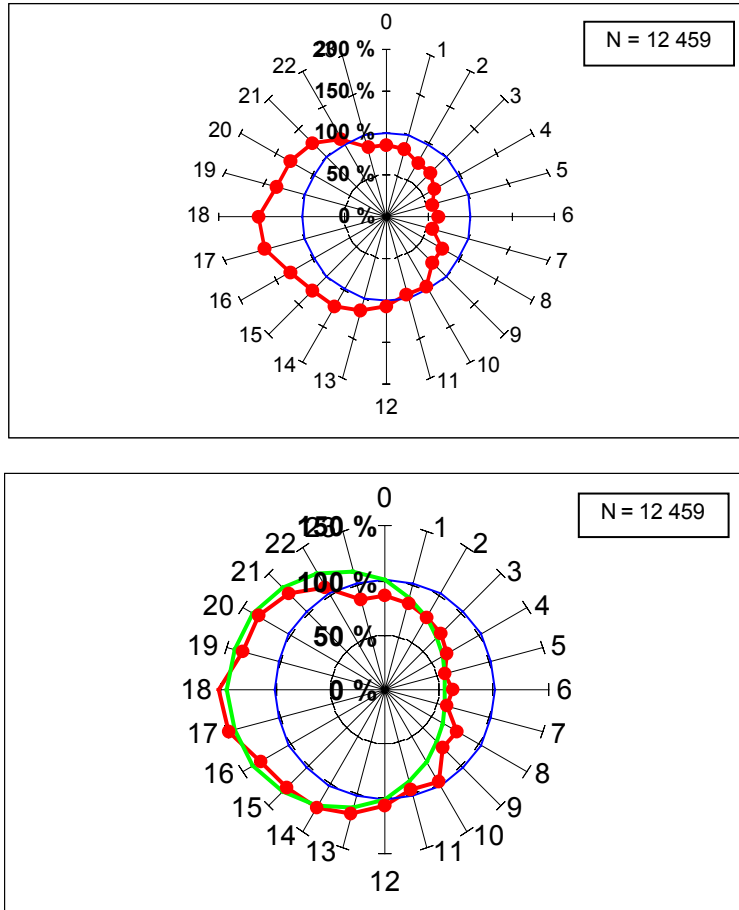
## 10.5 Rakennuspalojen jakaantuminen eri vuorokaudenaikoihin

Rakennuspalojen esiintymistiheyttä eri vuorokaudenaikoina tarkasteltaessa tulipalot jaoteltiin ilmoitusajan perusteella tunnin luokkiin. Esiintymistunniksi määritettiin ilmoitusajan tunti siten, että esimerkiksi hetkellä 1:40:00 syttynyt rakennuspallo määritettiin alkaneeksi tunnilla 1. Kuvassa 34 on esitetty rakennuspalojen jakaantuminen eri vuorokaudenaikoihin.

Kuvasta 34 nähdään, että rakennuspalojen syttyminen noudattaa pitkälti ihmisten elämänrytmiä. 100 %:n käyrä kuvaa koko vuorokauden keskiarvoa ja nähdään, että tulipaloja syttyy keskimääräistä enemmän klo 12:n ja klo 22:n välillä. Rakennuspalojen määrä on keskimääräistä selvästi alhaisempi yön tunteina sekä vielä aamulla, kunnes alkaa klo 8 aikaan kohota ja nousee keskipäivällä yli keskiarvon. Kuvaan 34 on piirretty myös harmoninen sovite havaintopisteisiin käyttäen suhteelliselle syttymistäajuudelle  $f_d$  kaavaa

$$f_d(t) = 100 + 45 \sin \left[ \pi \left( \frac{t}{12} - 1 \right) \right], \quad (22)$$

missä  $t$  on kellonaika tunteina. Kuvasta 34 havaitaan, että tämä sovite on havaintojen mukainen paitsi klo 10:n ja 23:n kohdalla, missä erotus on selvästi tilastollisesti merkittävä.



Kuva 34. Rakennuspalojen jakaantuminen eri vuorokaudenaikoihin.

## 11. Yhteenveto

Syttymistäajuustiheydet määritettiin käyttäen vuosina 1996–1999 kerättyä tilastoaineistoa jakamalla materiaali kolmeen eri käyttötaluokkaan tilastoinnissa käytettyjen noin kymmenen luokan sijasta. Syttymistäajuustiheyden keskiarvossa ei ollut havaittavissa merkittäviä ajallisia eroja vuosien 1996–1999 välillä, kun tarkastelussa olivat mukana kaikki käyttötaluokat. Tässä tutkimuksessa oli käytössä aiempaa, vuosien 1994–1995 tilastoaineistoon perustuvaa tutkimusta huomattavasti suurempi tilastoaineisto, joka mahdollisti aiempaa tarkemman ja pidemmälle viedyn tilastoaineiston analysoinnin.

Tarkasteltaessa syttymistäajuustiheyden keskiarvoa eri käyttötaluokissa luokan muut rakennukset poikkeuksellisen suuri syttymistäajuustiheys erottui selvästi muiden luokkien arvoista. Seuraavaksi suurin oli varastorakennusten syttymistäajuustiheys, joka oli lähes kolminkertainen verrattuna asuinrakennuksiin ja yli kaksinkertainen verrattuna teollisuusrakennuksiin. Käyttötaluokan muut rakennukset suuremman syttymistäajuustiheyden selittää osaltaan puutteellinen rakennuskanta. Luokkaan muut rakennukset kuuluvista ryhmistä on rakennuskannassa jätetty huomioimatta kokonaan sellaiset rakennukset, joissa ei ole asuttuja asuntoja tai toimitiloja. Tällöin jäävät pois esimerkiksi navetat, sikalat, turkistarhat ja kesämökit, joissa ei ole ympärivuotista asutusta sekä useita muita tässä mainitsemattomia rakennuksia. Näin ollen PRONTOon kirjautuu tulipaloja myös rakennuksissa, joista ei ole tietoa rakennuskannassa ja tämä osaltaan selittää poikkeuksellisen suuren syttymistäajuustiheyden. Oletettavasti myös palaneista varastorakennuksista osa on pieniä rakennuskantaan kuulumattomia rakennuksia, mikä näkyy suurempana syttymistäajuustiheyden arvona. Tarkasteltaessa syttyneiden muiden rakennusten kokojakaumaa havaittiin, että lähes puolet tulipaloista syttyi rakennuksissa, joiden kerrosala oli 30 m<sup>2</sup> vai vähemmän. Käyttötalu huomioon ottaen oletettavasti näiden pienten rakennusten valvonta ja varustelutaso on melko heikko, jolla on suoranainen vaikutus syttymistäajuustiheyteen. Käyttötaluokan taloudellinen merkitys on myös huomattava, sillä omaisuusvahingoista 15 % syntyy luokassa muut rakennukset. Tämän vuoksi olisi tärkeää paneutua tähän käyttötaluokkaan tarkemmin paremmalla tilastoaineistolla. Tilastoaineiston puutteiden vuoksi se ei tämän tutkimuksen puitteissa ollut mahdollista.

Syttymistäajuustiheys määritettiin kerrosalan funktiona eri käyttötaluokille vuosittain. Tähän sovitettiin yleistetty Barrois'n malli tavoitteena saada yleispätevä keino syttymistäajuustiheyden määrittämiseen, kun rakennuksen käyttötalu ja kerrosala on tiedossa. Kun kaikkien käyttötaluokkien havaintoja tarkasteltiin yhtenä joukkona, malli soveltui kuvaamaan syttymistäajuustiheyttä hyvin. Eroteltaessa havaintoja pienempiin ryhmiin malli sopi hyvin teollisuus- ja varastorakennusten havaintoihin sekä havaintoryhmään, jossa olivat mukana kaikki muut rakennukset asuin-, teollisuus- ja varastorakennuksia lukuun ottamatta. Käyttötaluokkiin jaoteltaessa malli sopi

parhaiten kuvaamaan syttymistäajuustiheyttä varasto-, teollisuus- sekä muissa rakennuksissa. Melko kelvollisesti se sopi myös asuin- ja kokoontumisrakennusten havaintoihin. Muiden käyttötapaluokkien havaintoihin malli sopi huonommin. Varsinkin suurilla kerrosalojen arvoilla tilastokohina kasvoi niin suureksi, ettei tällä tilastoaineistolla päästy tyydyttävään lopputulokseen. Varsinkin asuinrakennusten havainnoissa esiintyi selvä piikki suurilla kerrosalan arvoilla. Tämän selittämiseksi tarkasteltiin teoreettista mallia tarkemmin, mistä löytyi luonnollinen selitys havainnoille.

Yleisessä teoriassa syttymistäajuustiheys on riippuvainen sekä palaneiden että uhattuna olevien rakennusten kerrosalajakaumista. Kerrosalahavaintoihin sopi melko hyvin teoreettinen jakauma, joka koostui Pareton sekä kahden logaritmisen normaalijakauman summasta. Kuitenkaan ei ole mitään yleistä syytä, miksi jakauman olisi oltava näinkin yksinkertainen. Tarkempia sovitteita tehtäessä olisi tarvittu lisää vapausasteita. Kerrosalajakaumien perusteella määritetty syttymistäajuustiheys oli hyvässä sopusoinnussa havaintojen kanssa ja selitti myös asuinrakennusten syttymistäajuustiheyden kasvun suurilla kerrosalan arvoilla ja johti kelvolliseen sovitteeseen käytetyissä havaintoryhmissä. Tilastoaineiston rajoitusten vuoksi syttymistäajuustiheydestä ei kuitenkaan voitu tehdä tilastollisesti merkittäviä päätelmiä hyvin pienillä tai hyvin suurilla kerrosalan arvoilla johtuen yllämainitusta sovituksesta, minkä tarkkuus väheni erityisesti reuna-alueilla. Kerrosalan keskeisellä alueella rakennuksissa, joiden ala on välillä 100–20 000 m<sup>2</sup> malli toimii kuitenkin hyvin kaikissa käyttötapaluokissa.

Tästä analyysistä selvisi, että pienet paikalliset poikkeamat syttymistäajuustiheydessä ovat mahdollisia eikä mitään tasaista asymptootista kulkua suurilla kerrosaloilla ole odotettavissa. Kuitenkin kerrosalajakaumien sovitteissa käytetty kolmen erillisen yksinkertaisen matemaattisen kaavan muotoon puettu jakauman summa on vieläkin liian yksinkertainen kuvaamaan jakaumia kaikilta yksityiskohdiltaan. Siksi teoreettisilla sovitekäyrillä on vain tieteellinen arvo syttymistiheyden heilahtelujen selittäjänä. Insinööriyöskentelyssä, kuten toiminnallisessa suunnittelussa, on nojaututtava suoraan havaittuihin arvoihin. Mitoitustarkoituksiin yleistetyn Barrois'n mallin mukainen lauseke on hyvin käyttökelpoinen, kun määritetään sellaiset osavarmuuskertoimet, että kuvaaja sivuaa yläpuolisesti tilastohavaintoja ja jättää ottamatta huomioon paikalliset minimi.

Systemaattisen virheen vaikutusta syttymistäajuustiheyteen arvioitiin käyttötapaluokkien perusteella jaotelluissa neljässä pääryhmässä. On selvää, ettei kaikkia systemaattista virhettä aiheuttavia tekijöitä ole mitenkään mahdollista ottaa huomioon. Tässä tehdyn virhetarkastelun lopputuloksena todettiin yleistetyn Barrois'n mallin soviteen kuvaavan syttymistäajuustiheyden ylärajaa riittävällä tarkkuudella. Jos asuinrakennuksissa esiintyvä piikki yli 2 000 m<sup>2</sup>:n rakennuksissa halutaan ottaa huomioon, osavarmuuskertoimen arvoksi tulee 3,5. Asuinrakennuksia lukuun ottamatta

osavarmuuskertoimet pienuivät aiempaan 1994–1995 aineistoon perustuvaan tutkimukseen verrattuna, jossa osavarmuuskertoimen arvoksi ehdotettiin 3 kaikissa käyttötapaluokissa. Tässä aiemmassa tutkimuksessa tilastohavaintojen teoreettinen sovite etsittiin kokeilemalla, kun nyt siihen päädyttiin lähtien syttymän todennäköisyyden peruseriaatteista.

Kaiken kaikkiaan työssä selvisi teorian malleja käyttäen syttymistaajuuteen vaikuttavien tekijöiden mekanismi. Lopputuloksena saatiin tilastollisesti luotettavat kolmen käyttötaparyhmän syttymistaajuuskäyrät (kuvat 12 ja 14), joiden perusteella insinööri-työhön tarvittavat mitoituskäyrät voidaan laatia.

PRONTOsta otetusta otoksesta, joka käsitti 413 havaintoa Helsingistä vuodelta 1999, jotka oli määritelty kuuluvaksi luokkaan muu tulipalo, havaittiin 15 % tapauksista väärin määritellyiksi. Tämän antaa viitteitä siitä, että vuosittain rakennuspaloja esiintyy huomattavasti tilastoitua enemmän ja nähtävästi kaikkia rakennuksissa tai niiden läheisyydessä tapahtuvia paloja ei kirjata rakennuspaloiksi eikä niistä täytetä rakennusselostetta.

Lisäksi tarkasteltiin erikseen tulipaloja rakennuksissa, joiden kerrosala oli vähintään 10 000 m<sup>2</sup>. Näitä tulipaloja oli neljän vuoden aikana yhteensä 398, joista 48 % esiintyi rakennuksissa, joiden kerrosala oli välillä 10 000–19 999 m<sup>2</sup> ja 73 % rakennuksissa, joiden kerrosala oli välillä 10 000–29 999 m<sup>2</sup>. Yli puolet (52 %) tulipaloista esiintyi teollisuusrakennuksissa ja yli kymmenesosa (13 %) liikerakennuksissa. Yli kolmasosa paloista oli tapahtunut Helsingissä.

Tilastokeskuksen käyttötaparyhmä 'muut rakennukset' osoittautui poikkeukselliseksi. Niiden osuus rakennuskannan kerrosalasta on vain 1 %, mutta vahingoista 15 %. Lisäksi syttymistaajuus niissä oli suuri muihin ryhmiin verrattuna. Tämän ryhmän tiedot rakennuskannassa ovat hyvin epäluotettavia. Siksi tarvittaisiin perusteellisia lisätutkimuksia, jotta voitaisiin tarkemmin sanoa, miksi vahingot ovat näin suuria ja miten niitä voitaisiin mahdollisesti ehkäistä.

Syttymien aikajakaumia tarkasteltaessa oli havaittavissa silmävaraisesti arvioiden syttymistiheyden seuraavan ihmisten elämänrytmiä siten, että syttymien määrän ja asuinympäristössä valveilla olevien henkilöiden määrän välillä on suora riippuvuus. Rakennuspaloja esiintyi eniten kesäkuukausina. Talvella palojen määrä oli keskimääräistä alempi, poikkeuksena kuitenkin joului- ja tammikuu. Viikonpäivistä eniten rakennuspaloja syttyi perjantaisin ja lauantaisin, mutta kummassakaan tapauksessa poikkeamat keskiarvosta eivät ole niin suuria, että ne täytyisi ottaa mukaan parametreiksi toiminnalliseen paloturvallisuussuunnitteluun.



## Lähdeluettelo

Barrois, T.J. 1834. Essai sur l'application du calcul des probabilités aux assurances contre les incendies. [Ehdotus todennäköisyysteorian soveltamiseksi palovakuutuksiin] In: Mémoires de la société royale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille. Vol. 11, s. 85–282, (ranskankielinen).

Beers, Y. 1953. Introduction to the Theory of Error. Addison-Wesley, Reading , MA. 65 s.

Harala, R. & Nieminen, J. 1998. Rakennus- ja huoneistorekisterin käyttö tilastotuotannossa. Seminaariesitelmä Pohjoismaisten tilastovirastojen kokouksessa. Lillehammer: 8/1998.

Johansen, P. 1979. Early models describing the fire insurance risk. The Astin Bulletin, Vol. 10, s. 330–334.

Keski-Rahkonen, O. & Björkman, J. 1999. Palotilastoja Suomesta ja ulkomailta toiminnallisten palosäädösten perusteiksi. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT Tiedotteita 1990. 56 s.

Keski-Rahkonen, O. 1997a. Palokuoleman riskistä Suomessa ja ulkomailta, Palontorjuntatekniikka, 27, nro 4, s. 19–25.

Keski-Rahkonen, O. 1997b. Palokuolemien riskistä Suomessa ja ulkomailta. Rakentavaa tietoa: 20/12, VTT Rakennustekniikka, Espoo, 8 s.

Keski-Rahkonen, O. 1998. Probability of multiple deaths in building fires according to an international fire statistics study. In: Shields, J. (toim.) Human Behaviour in Fire – Proceedings of the First International Symposium, 31 August–2 September 1998, University of Ulster. S. 381–391.

Rahikainen, J. & Keski-Rahkonen, O. 1998a. Palojen syttymistaajuuksien tilastollinen määrittäminen. Palontorjuntatekniikka, 28, nro 2, s. 12–17.

Rahikainen, J. & Keski-Rahkonen, O. 1998b. Palokuoleman uhri Suomessa, osa 1. Palontorjuntatekniikka, 28, nro 4, s. 10–13.

Rahikainen, J. & Keski-Rahkonen, O. 1998c. Determination of ignition frequency of fires in different premises in Finland. Proceedings of EUROFIRE '98: fire safety by design, engineering & management. Brussels, 11–13 March 1998. IFE.

Rahikainen, J. & Keski-Rahkonen, O. 1998d. Determination of ignition frequency of fires in different premises in Finland. *Fire Engineers Journal*, Nov. 1998, s. 33–37.

Rahikainen, J. & Keski-Rahkonen, O. 1999a. Palokuolemat Suomessa 1988–97, osa 2. Palokuoleman olosuhteet. *Palontorjuntatekniikka*, 29, nro 2, s. 10–12.

Rahikainen, J. & Keski-Rahkonen, O. 1999b. Palokuoleman uhri Suomessa, osa 3. Asuinrakennuksissa suurin palokuolemien riski. *Palontorjuntatekniikka*, 29, nro 4, s. 22–25.

Rahikainen, J. & Keski-Rahkonen, O. 2001a. Fire deaths in Finland 1988–97. In: *Proceedings of the 2nd International Symposium on Human Behaviour in Fire 2001*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Boston (MA), USA, 26–28 March 2001, s. 489–496.

Rahikainen, J. & Keski-Rahkonen, O. 2001b. Statistical Determination of Ignition Frequency of Structural Fires in Different Premises in Finland. *Fire Technology* (hyväksytty julkaistavaksi).

Rahikainen, J. 1998a. Palotilastojen analysointi toiminnallisten palosäädösten pohjaksi. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT Tiedotteita 1892. 111 s.+ liitt. 79 s. ISBN 951-38-5198-2.

Rahikainen, J. 1998b. Palokuolemat Suomessa vuosina 1988–97. Posiisiammatti-korkeakoulun tutkimuksia 4/1998, Edita, Helsinki, 136 s.

Ramachandran, G. 1979/80. Statistical Methods in Risk Evaluation. *Fire Safety Journal*, 2, s. 125–145.

Ramachandran, G. 1982. Properties of Extreme Order Statistics and their Application to Fire Protection and Insurance Problems. *Fire Safety Journal*, 5, s. 59–76.

Ramachandran, G. 1998. *The Economics of Fire Protection*. London: E & F Spon. 230 s. ISBN 0-419-20780-5

SM 1991. ONTIKA – Palo- ja pelastustoimen onnettomuustilastointijärjestelmä. Systemisuunnitelma. Sisäasiainministeriö, Pelastusosasto, VTTK, Valtion järjestelmät, Espoo. 68 s. + 109 s. liitt.

SM 2000. Pelastustoimen vuositilastot 1995–1997 ja aikasarja vuosilta 1975–1997. Sisäasiainministeriö, Pelastusosasto, B:17. Helsinki: Oy Edita Ab. 175 s. ISBN 951-37-3184-7.

Tilastokeskus 1993. Väestölaskenta 1990, Osa 4, Rakennukset ja toimitilat 1990. Helsinki. 300 s. ISBN 951-47-7027-7

Tilastokeskus 1994. Vuoden 1990 väestölaskennan luotettavuus. Helsinki. 128 s.

Tilastokeskus 2001. Rakennusluokitus 1994.

<http://www.tilastokeskus.fi/tk/tt/luokitukset/rak94.html>. (Päivitetty 28.5.2001)

Tillander, K. & Keski-Rahkonen, O. 2001. Palojen syttymistaajuus Suomessa 1996–1999. Palotutkimuksen päivät 2001. Espoo 22.–23.8.2001. Palotutkimusraati. Helsinki. 10 s. Julkaistaan: Palontorjuntatekniikka 31, nro 3–4.

Tillander, K., Lindblom T. & Keski-Rahkonen, O. 2001. Taloudelliset vahingot rakennuspaloissa. 63s. VTT Tiedotteita. (Julkaistaan)

# Liite A: Rakennusluokitus 1994

Vuoden 1994 rakennusluokituksen mukaisesti rakennukset jaetaan käyttötavan mukaisesti luokkiin seuraavasti (Tilastokeskus 2001):

## A Asuinrakennukset

### 01 Erilliset pientalot

- 011 Yhden asunnon talot
- 012 Kahden asunnon talot
- 013 Muut erilliset pientalot

### 02 Rivi- ja ketjutilat

- 021 Rivitalot
- 022 Ketjutilat

### 03 Asuinkerrostalot

- 032 Luhtitalot
- 039 Muut asuinkerrostalot

## B Vapaa-ajan asuinrakennukset

### 04 Vapaa-ajan asuinrakennukset

- 041 Vapaa-ajan asuinrakennukset

## C Liikerakennukset

### 11 Myymälärakennukset

- 111 Myymälähallit
- 112 Liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset
- 119 Muut myymälärakennukset

### 12 Majoitusliikerakennukset

- 121 Hotellit yms.
- 123 Loma-, lepo- ja virkistyskodit
- 124 Vuokrattavat lomamökit ja -osakkeet
- 129 Muut majoitusliikerakennukset

### 13 Asuntolarakennukset

- 131 Asuntolat yms.
- 139 Muut asuntolarakennukset

### 14 Ravintolat yms.

- 141 Ravintolat yms.

## D Toimistorakennukset

### 15 Toimistorakennukset

- 151 Toimistorakennukset

## **E Liikenteen rakennukset**

### **16 Liikenteen rakennukset**

- 161 Rautatie- ja linja-autoasemat, lento- ja satamaterminaalit
- 162 Kulkuneuvojen suoja- ja huoltorakennukset
- 163 Pysäköintitalot
- 164 Tietoliikenteen rakennukset
- 169 Muut liikenteen rakennukset

## **F Hoitoalan rakennukset**

### **21 Terveystieteiden rakennukset**

- 211 Keskussairaalat
- 213 Muut sairaalat
- 214 Terveystieteiden keskuksien rakennukset
- 215 Terveystieteiden erityislaitokset
- 219 Muut terveystieteiden rakennukset

### **22 Hoitolaitosten rakennukset**

- 221 Vanhainkodit
- 222 Lasten- ja koulukodit
- 223 Kehitysvammaisten hoitolaitokset
- 229 Muut hoitolaitosten rakennukset

### **23 Muut sosiaalitoimen rakennukset**

- 231 Lasten päiväkodit
- 239 Muualla luokittelemattomat sosiaalitoimen rakennukset

### **24 Vankilat**

- 241 Vankilat

## **G Kokoontumisrakennukset**

### **31 Teatteri- ja konserttirakennukset**

- 311 Teatterit, ooppera-, konsertti- ja kongressitalot
- 312 Elokuvateatterit

### **32 Kirjasto-, museo- ja näyttelyhallirakennukset**

- 322 Kirjastot ja arkistot
- 323 Museot ja taidegalleriat
- 324 Näyttelyhallit

### **33 Seura- ja kerhorakennukset yms.**

- 331 Seura- ja kerhorakennukset yms.

### **34 Uskonnollisten yhteisöjen rakennukset**

- 341 Kirkot, kappelit, luostarit ja rukoushuoneet
- 342 Seurakuntatalot
- 349 Muut uskonnollisten yhteisöjen rakennukset

### **35 Urheilu- ja kuntoilurakennukset**

- 351 Jäähallit
- 352 Uimahallit
- 353 Tennis-, squash- ja sulkapallohallit
- 354 Monitoimihallit ja muut urheiluhallit

359 Muut urheilu- ja kuntoilurakennukset

**36 Muut kokoontumisrakennukset**

369 Muut kokoontumisrakennukset

## **H Opetusrakennukset**

**51 Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset**

511 Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset

**52 Ammatillisten oppilaitosten rakennukset**

521 Ammatillisten oppilaitosten rakennukset

**53 Korkeakoulu- ja tutkimuslaitosrakennukset**

531 Korkeakoulurakennukset

532 Tutkimuslaitosrakennukset

**54 Muut opetusrakennukset**

541 Järjestöjen, liittojen, työnantajien yms. opetusrakennukset

549 Muualla luokittelemattomat opetusrakennukset

## **J Teollisuusrakennukset**

**61 Energiantuotannon yms. rakennukset**

611 Voimalaitosrakennukset

613 Yhdyskuntatekniikan rakennukset

**69 Teollisuuden tuotantorakennukset**

691 Teollisuushallit

692 Teollisuus- ja pienteollisuustalot

699 Muut teollisuuden tuotantorakennukset

## **K Varastorakennukset**

**71 Varastorakennukset**

711 Teollisuusvarastot

712 Kauppavarastot

719 Muut varastorakennukset

## **L Palo- ja pelastustoimen rakennukset**

**72 Palo- ja pelastustoimen rakennukset**

721 Paloasemat

722 Väestönsuojat

729 Muut palo- ja pelastustoimen rakennukset

## **M Maatalousrakennukset**

### **81 Kotieläinrakennukset**

811 Navetat, sikalat, kanalat yms.

819 Eläinsuojat, ravihevostallit, maneesit yms.

### **89 Muut maatalousrakennukset**

891 Viljankuivaamot ja viljan säilytysrakennukset

892 Kasvihuoneet

893 Turkistarhat

899 Muut maa-, metsä- ja kalatalouden rakennukset

## **N Muut rakennukset**

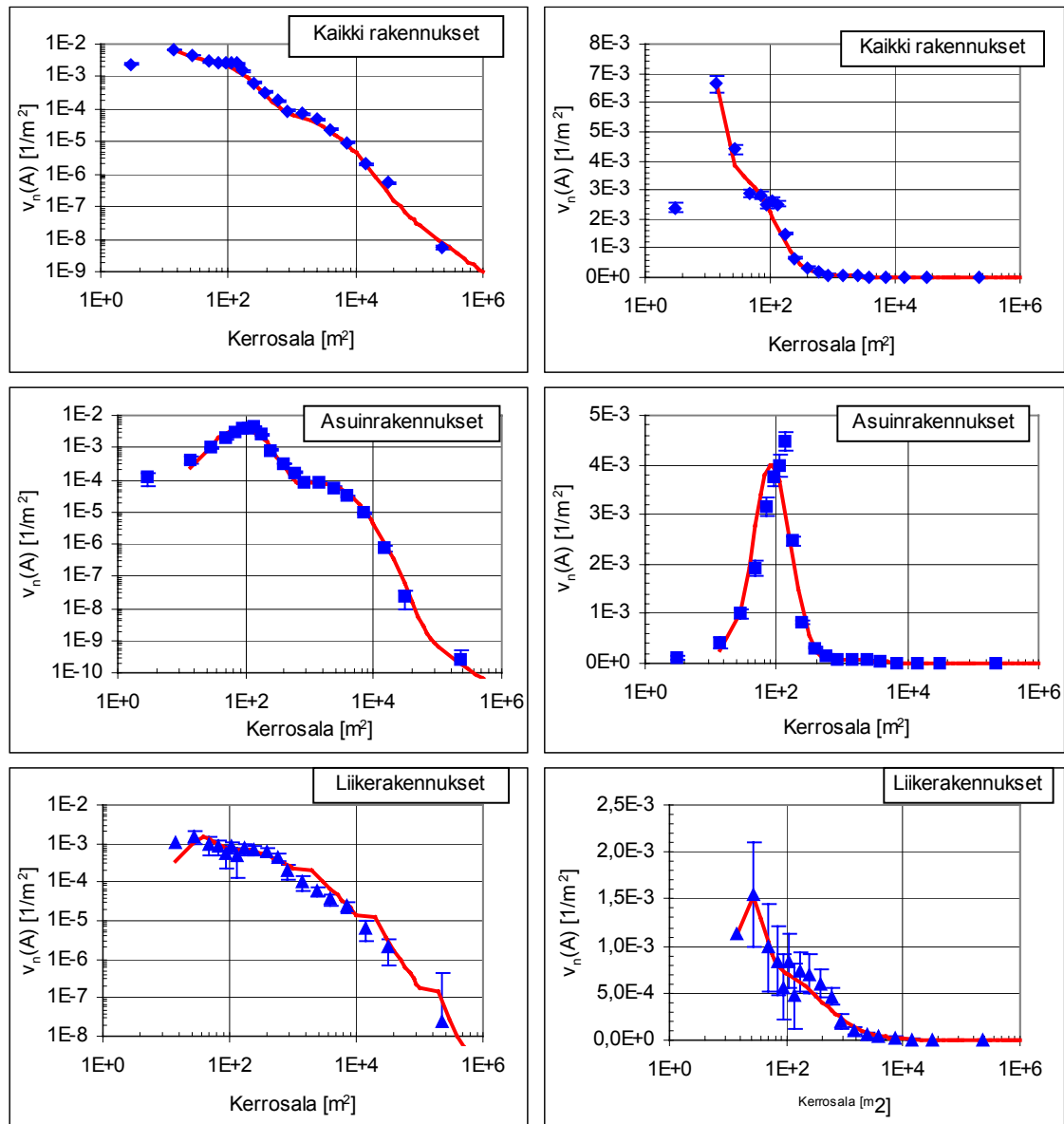
### **93 Muut rakennukset**

931 Saunarakennukset

941 Talousrakennukset

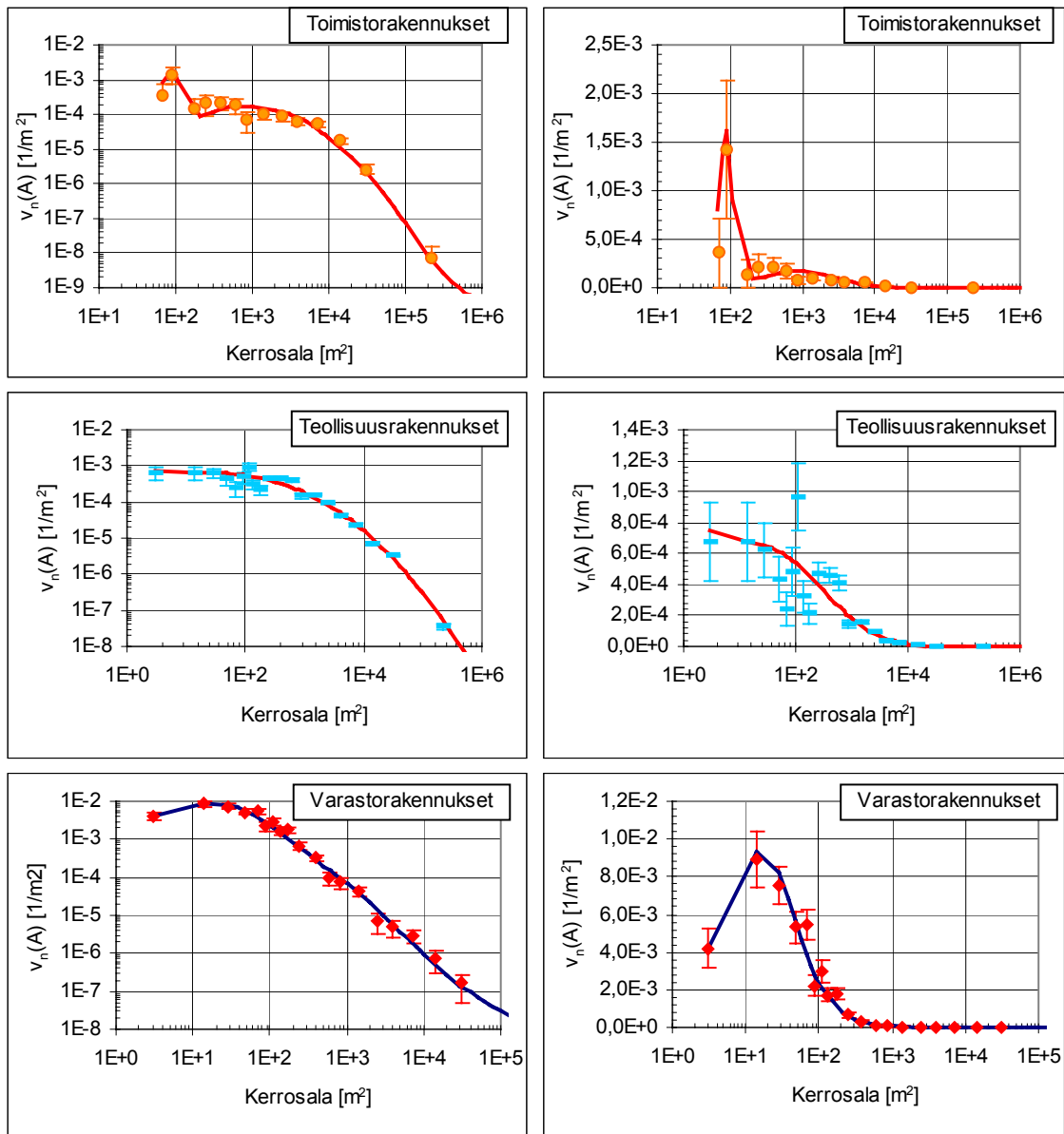
999 Muualla luokittelemattomat rakennukset

## Liite B: Palaneiden rakennusten lukumäärän jakaumien riippuvuus kerrosalasta eri käyttötaluokissa

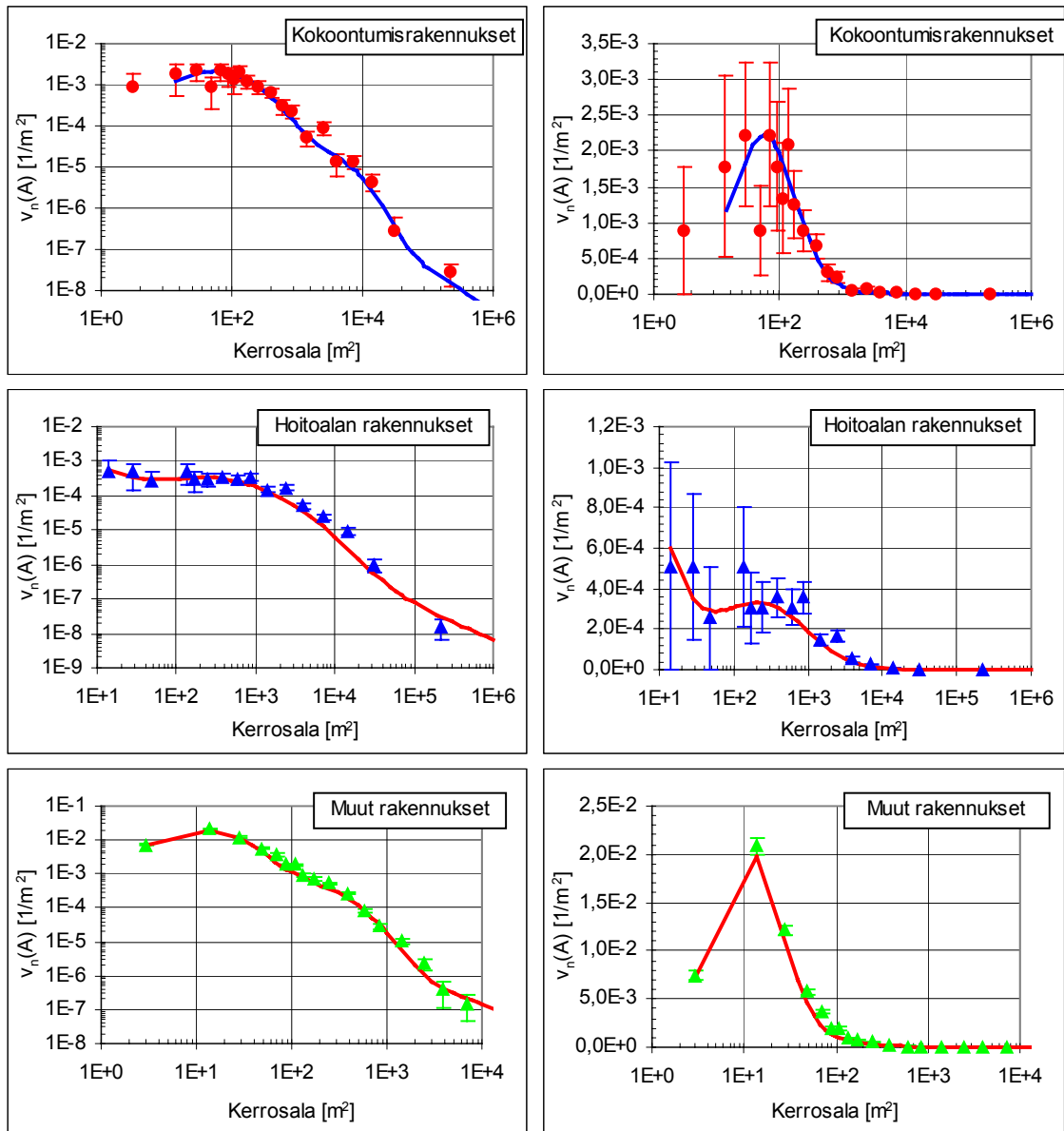


Kuva B1. Palaneiden rakennusten lukumäärän jakaumien riippuvuus kerrosalasta. Tilastohavainnot vuosilta 1996–1999 (pisteet) ja teoreettinen sovite (viiva). Vasemmalla logaritmiset x- ja y-akselit ja oikealla logaritminen x-akseli ja lineaarinen y-akseli.





Kuva B2. Palaneiden rakennusten lukumäärän jakaumien riippuvuus kerrosalasta. Tilastohavainnot vuosilta 1996–1999 (pisteet) ja teoreettinen sovite (viiva). Vasemmalla logaritmiset x- ja y-akselit ja oikealla logaritminen x-akseli ja lineaarinen y-akseli.

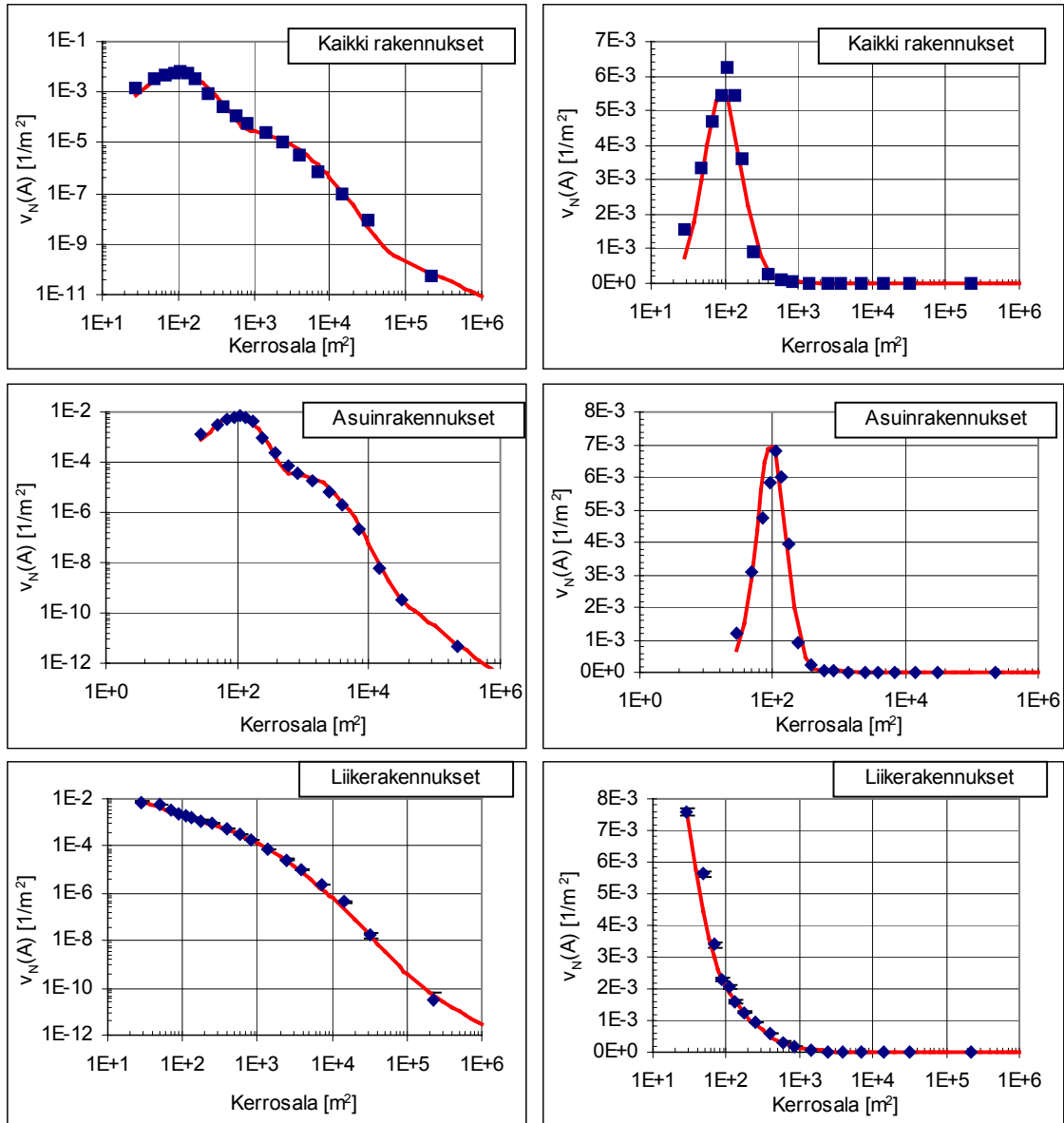


Kuva B3. Palaneiden rakennusten lukumäärän jakaumien riippuvuus kerrosalasta. Tilastohavainnot vuosilta 1996–1999 (pisteet) ja teoreettinen sovite (viiva). Vasemmalla logaritmiset x- ja y-akselit ja oikealla logaritminen x-akseli ja lineaarinen y-akseli.

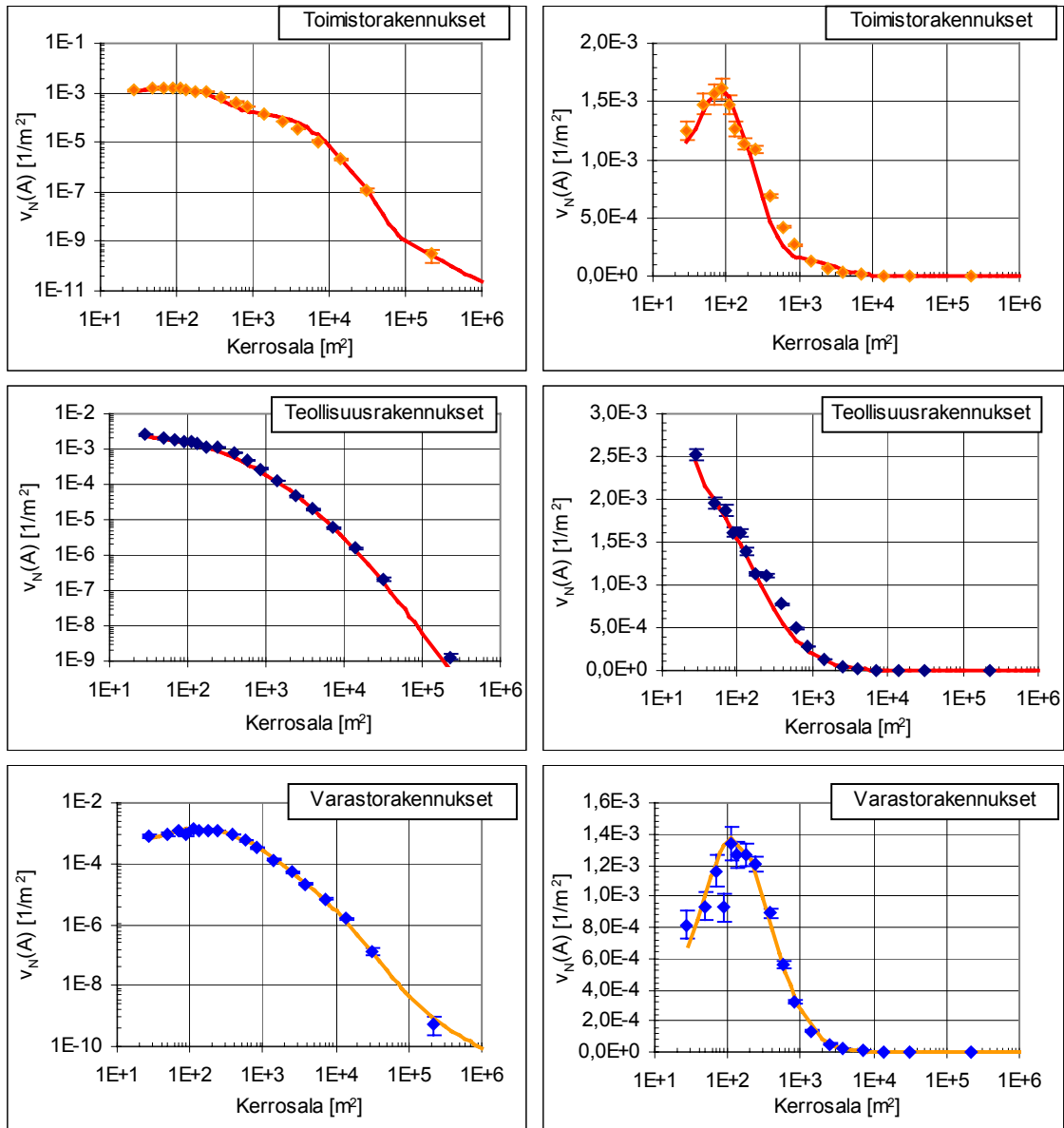
*Taulukko B1. Soviteparametrien arvot eri käyttötapaluokissa. Lyhenteiden selitykset on esitetty taulukossa 1.*

	$c_{1n}$	$\lambda_n$	$S_n$	$c_{2n}$	$\mu_{2n}$	$\sigma_{2n}$	$c_{3n}$	$\mu_{3n}$	$\sigma_{3n}$
<b>Kaikki</b>	0,40	0,40	3	0,40	4,8	0,9	0,20	8,0	1,0
<b>Asu</b>	0,01	0,40	3	0,67	4,9	0,7	0,32	7,9	0,8
<b>Lii</b>	0,01	0,05	3	0,03	3,4	0,5	0,96	7,3	1,8
<b>Tsto</b>	0,01	0,10	69	0,07	4,5	0,2	0,92	8,2	1,2
<b>Hoi</b>	0,40	0,02	3	0			0,60	7,3	1,3
<b>Kok</b>	0,20	0,02	14	0,65	5,3	1,1	0,15	8,5	0,9
<b>Teo</b>	0,01	0,10	3	0,10	5,5	1,8	0,89	8,0	1,8
<b>Var</b>	0,10	0,05	3	0,53	3,8	1,0	0,37	5,5	1,6
<b>Muu</b>	0,15	0,01	3	0,68	3,1	0,9	0,17	5,5	0,8

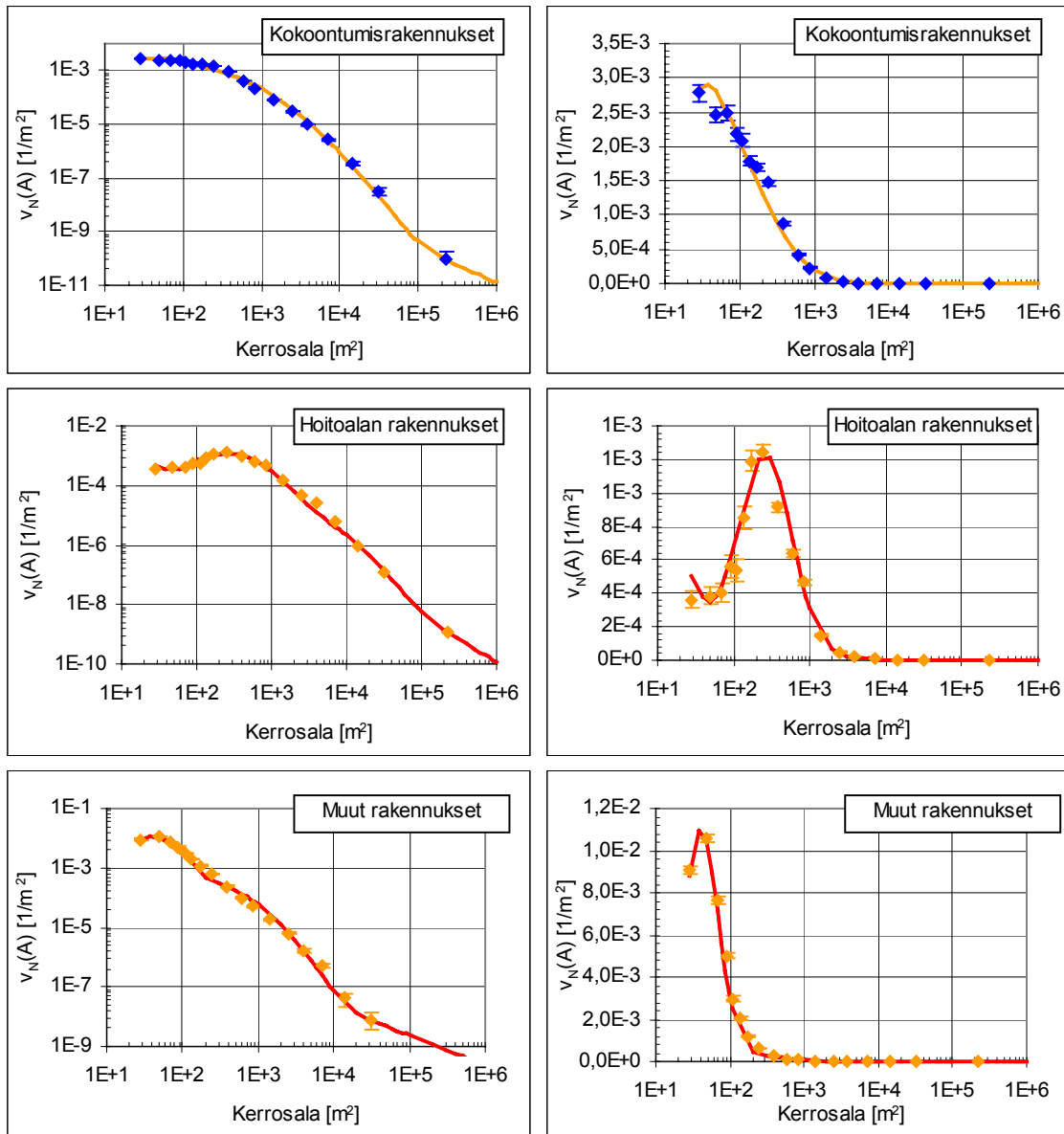
## Liite C: Uhattujen rakennusten lukumäärän jakaumien riippuvuus kerrosalasta eri käyttötaluokissa



Kuva C1. Uhattuna olevien rakennusten lukumäärän jakaumien riippuvuus kerrosalasta. Tilastohavainnot rakennuskannasta (pisteet) ja teoreettinen sovite (viiva). Vasemmalla logaritmiset x- ja y-akselit ja oikealla logaritminen x-akseli ja lineaarinen y-akseli.



Kuva C2. Uhattuna olevien rakennusten lukumäärän jakaumien riippuvuus kerrosalasta. Tilastohavainnot rakennuskannasta (pisteet) ja teoreettinen sovite (viiva). Vasemmalla logaritmiset x- ja y-akselit ja oikealla logaritminen x-akseli ja lineaarinen y-akseli.



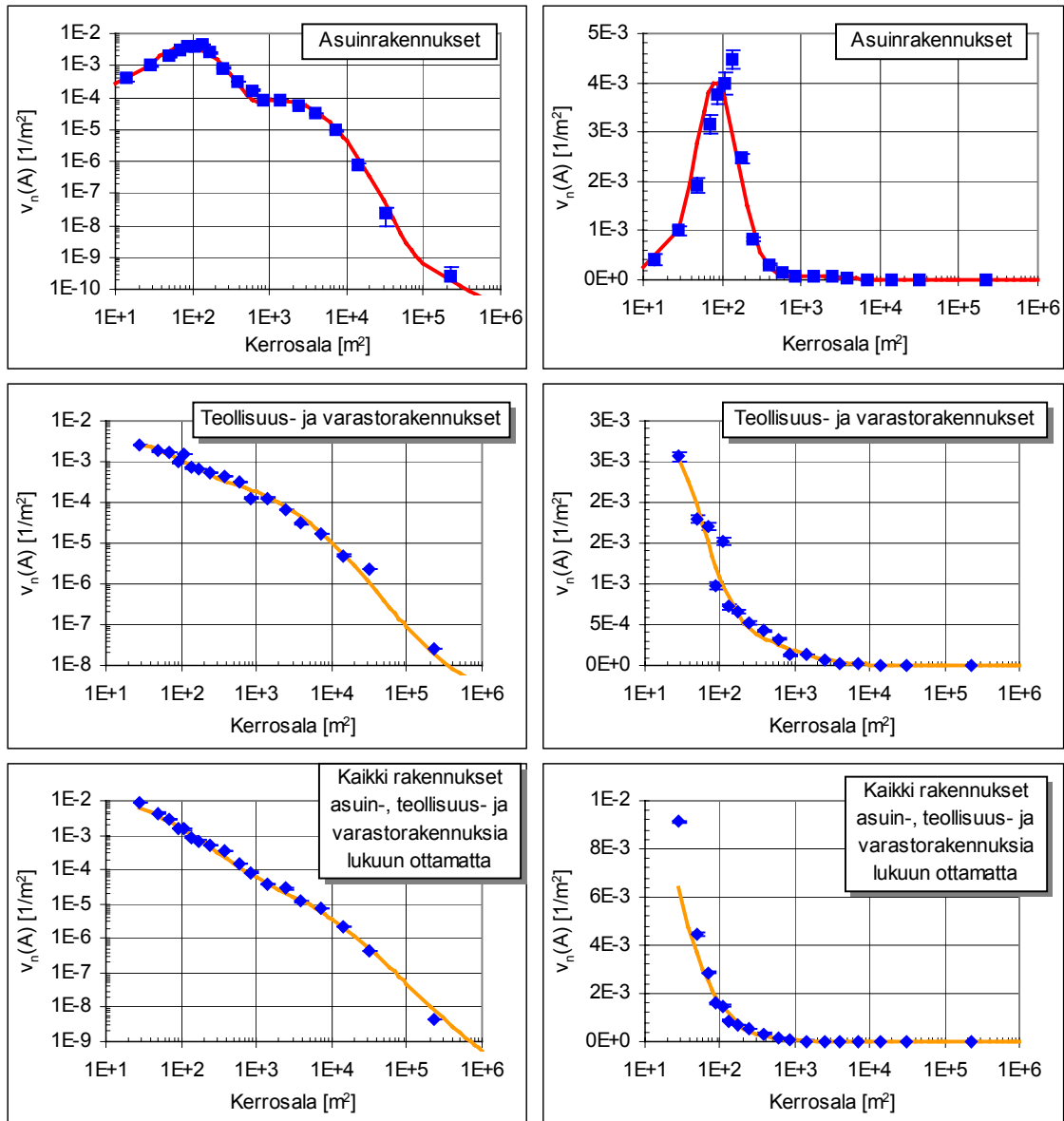
Kuva C3. Uhattuna olevien rakennusten lukumäärän jakaumien riippuvuus kerrosalasta. Tilastohavainnot rakennuskannasta (pisteet) ja teoreettinen sovite (viiva). Vasemmalla logaritmiset x- ja y-akselit ja oikealla logaritminen x-akseli ja lineaarinen y-akseli.

*Taulukko C1. Soviteparametrien arvot eri käyttötapaluokissa. Lyhenteiden selitykset on esitetty taulukossa 1.*

	$c_{1N}$	$\lambda_N$	$S_N$	$c_{2N}$	$\mu_{2N}$	$\sigma_{2N}$	$c_{3N}$	$\mu_{3N}$	$\sigma_{3N}$
<b>Kaikki</b>	0,001	0,35	28	0,93	4,9	0,6	0,07	7,5	0,9
<b>Asu</b>	0,010	1,00	28	0,93	4,8	0,5	0,06	7,2	0,7
<b>Lii</b>	0,010	0,75	28	0,25	3,3	0,7	0,74	5,5	1,4
<b>Tsto</b>	0,020	0,60	28	0,51	5,4	1,0	0,47	8,0	0,8
<b>Hoi</b>	0,030	0,45	28	0,10	8,0	1,1	0,87	6,2	0,8
<b>Kok</b>	0,001	0,30	28	0,07	3,8	0,7	0,93	5,8	1,3
<b>Teo</b>	0,001	0,10	28	0,10	2,0	0,8	0,90	6,0	1,6
<b>Var</b>	0,010	0,35	28	0,80	6,0	1,1	0,19	7,5	1,2
<b>Muu</b>	0,080	0,003	28	0,70	4,0	0,6	0,22	6,0	1,0

# Liite D: Käyttötaluokkaryhmät

## Palaneet rakennukset



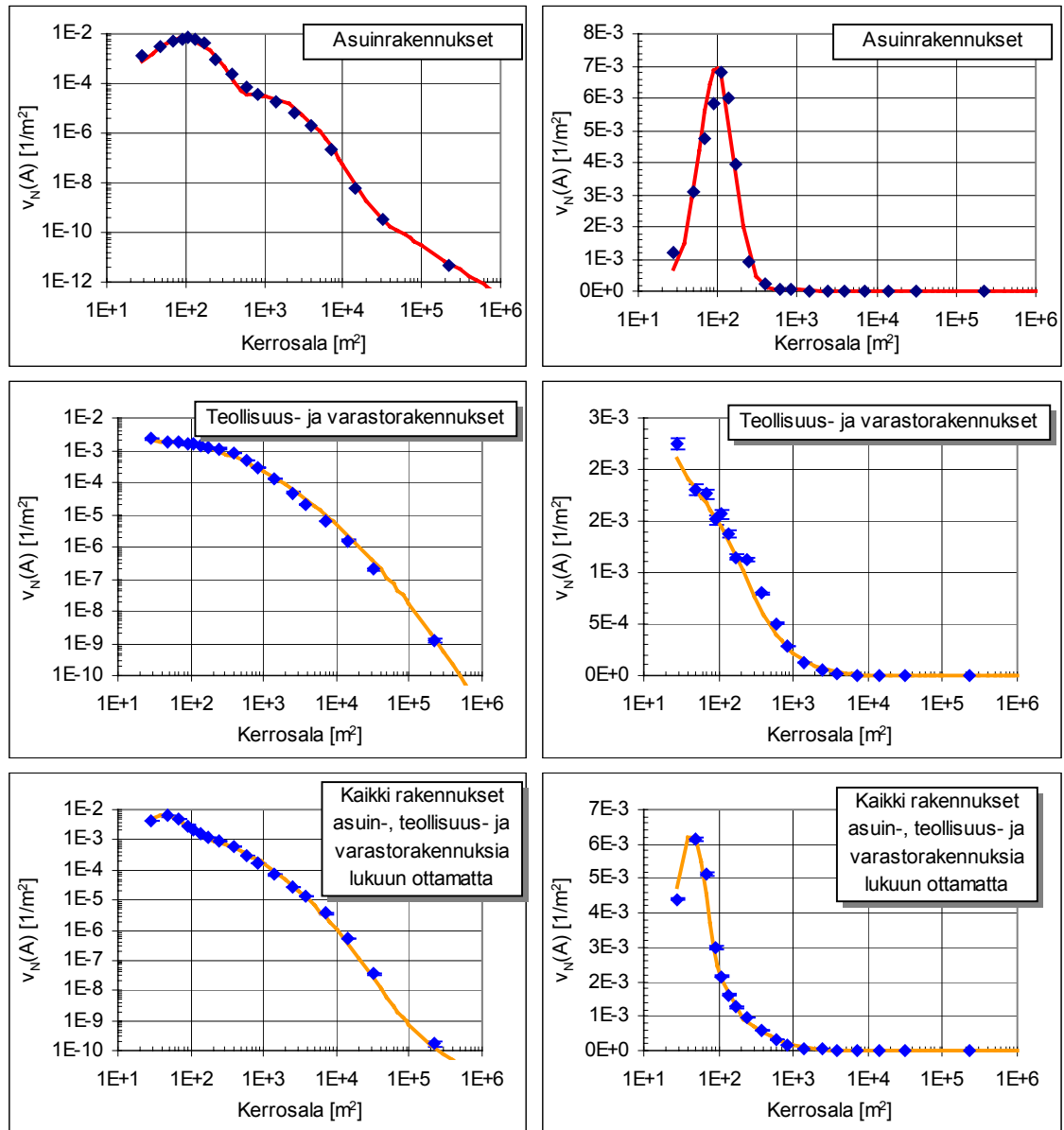
Kuva D1. Palaneiden rakennusten lukumäärän jakaumien riippuvuus kerrosalasta. Tilastohavainnot vuosilta 1996–1999 (pisteet) ja teoreettinen sovite (viiva). Vasemmalla logaritmiset x- ja y-akselit ja oikealla logaritminen x-akseli ja lineaarinen y-akseli.



*Taulukko D1. Soviteparametrien arvot eri käyttötaluokkaryhmissä.*

	$c_{1n}$	$\lambda_n$	$S_n$	$c_{2n}$	$\mu_{2n}$	$\sigma_{2n}$	$c_{3n}$	$\mu_{3n}$	$\sigma_{3n}$
Asuinrakennukset	0,01	0,40	3	0,67	4,9	0,7	0,32	7,9	0,8
Teollisuus- ja varastorakennukset	0,10	0,10	3	0,20	4,1	1,0	0,70	7,5	1,5
Kaikki muut asuin-, teollisuus- ja varastorakennuksia lukuun ottamatta	0,35	0,45	3	0,50	4,0	1,5	0,15	8,2	1,5

## Uhatut rakennukset



Kuva D2. Uhattuna olevien rakennusten lukumäärän jakaumien riippuvuus kerrosalasta. Tilastohavainnot rakennuskannasta (pisteet) ja teoreettinen sovite (viiva). Vasemmalla logaritmiset x- ja y-akselit ja oikealla logaritminen x-akseli ja lineaarinen y-akseli.

*Taulukko D2. Soviteparametrien arvot eri käyttötaluokkaryhmissä.*

	$c_{1N}$	$\lambda_N$	$S_N$	$c_{2N}$	$\mu_{2N}$	$\sigma_{2N}$	$c_{3N}$	$\mu_{3N}$	$\sigma_{3N}$
Asuinrakennukset	0,01	1,00	28	0,93	4,8	0,5	0,06	7,2	0,7
Teollisuus- ja varastorakennukset	0,01	1,40	28	0,80	6,0	1,5	0,19	7,5	1,5
Kaikki muut asuin-, teollisuus- ja varastorakennuksia lukuun ottamatta	0,01	0,60	28	0,31	4,0	0,5	0,68	6,0	1,3



Tekijä(t) Tillander, Kati & Keski-Rahkonen, Olavi			
Nimeke <b>Rakennusten syttymistaajuudet PRONTO-tietokannasta 1996–1999</b>			
Tiivistelmä <p>Palosta aiheutuvan vahingon odotusarvo on palon taajuus kertaa palon seuraus. Koska palot yksittäisessä rakennuksessa ovat harvinaisia merkittävien johtopäätösten tekemiseksi, tämä tulo on vielä summattava koko tarkasteltavan joukon yli esimerkiksi vuosittain. Palotilastoihin pohjautuva luotettava tieto syttymistaajuudesta on välttämätöntä, jotta tulipalon riski voidaan arvioida kvantitatiivisesti, ja toiminnallisessa suunnittelussa syttymän todennäköisyys on yksi tärkeimmistä paloriskianalyysin komponenteista. Tässä tutkimuksessa jatkettiin Suomen vuosien 1994–1995 tilastoaineistosta tehtyä tutkimusta ja tarkasteltiin rakennusten syttymistaajuutta käyttämällä sisäasianministeriön ylläpitämästä PRONTO-tietokannasta poimittua tilastoaineistoa vuosilta 1996–1999 sekä Tilastokeskuksen vuoden 1999 rakennuskantaa. Perimmäisenä tavoitteena oli saada syttymistaajuudesta niin luotettava kuva kuin mihin tilastoaineisto riittää, jotta tuloksia voitaisiin käyttää Suomessa paloturvallisuuden suunnitteluun sekä valtakunnallisella tasolla erityisesti uusien säädösten asiapohjana että alaa koskevassa teollisuudessa jopa yksittäisen rakennuksen paloturvallisuussuunnitteluun saakka. Laajempi tilastoaineisto mahdollisti ilmiöiden huomattavasti tarkemman ja pidemmälle viedyn analysoinnin. Nyt käytettävissä olevalla aineistolla pystyttiin selvittämään teorian malleja käyttäen syttymistaajuuteen vaikuttavien tekijöiden mekanismi ja lopputuloksena saatiin tilastollisesti luotettavat kolmen käyttötaparyhmän syttymistaajuuskäyrät, joiden perusteella insinööriytyöhön tarvittavat mitoituskäyrät voidaan laatia.</p> <p>Syttymistaajuuden riippuvuutta kerrosalasta käyttötavaltaan erilaisissa rakennuksissa sekä rakennuspalojen jakaantumista kuukausittain, viikoittain, viikonpäivittäin ja vuorokaudenajoittain sekä myös muita esiintyviä ilmiöitä tarkasteltiin edellistä laajemmasta aineistosta. Kuten aiemminkin, yleistetty Barrois'n malli, kahden potenssifunktion summa, antoi käytettävissä olevasta aineistosta hyvät sovitteet tilastollisesti merkittävällä tarkkuudella. Paneutumalla teoreettiseen malliin johdettiin yleistetty Barrois'n mallin lauseke ja huomattiin senkin olevan vain tietty erikoistapaus. Syttymistaajuuskäyrässä pinta-alan funktiona voi olla maksimeja ja minimejä riippuen uhatun ja syttyneen rakennuskannan jakaumien muodosta. Työssä saatiin hyvä teoreettinen selitys havaituille ilmiöille sekä vahva tilastollinen pohja laskennalliselle syttymistaajuustiheydelle toiminnallista suunnittelua varten jakamalla rakennukset kolmeen suureen käyttötaparyhmään: asuinrakennukset, teollisuus- ja varastorakennukset ja kaikkia muut näiden ulkopuolelle jäävät käyttötaparyhmät yhdessä. Rakennuksissa, joiden kerrosala on välillä 100–20 000 m<sup>2</sup> mallit toimivat hyvin. Tilastoaineiston rajoitusten vuoksi syttymistaajuustiheydestä ei kuitenkaan voitu tehdä tilastollisesti merkittäviä päätelmiä hyvin pienillä tai hyvin suurilla kerrosalan arvoilla. Tulokset eivät ole ristiriidassa aiempien tulosten kanssa, mutta nyt ne ymmärretään teorian pohjalta ja johdetut likikaavat nojaavat huomattavasti suurempaan tilastoaineistoon. Tilastokeskuksen käyttötaparyhmä 'muut rakennukset' osoittautui poikkeukselliseksi. Niiden osuus rakennuskannan kerrosalasta on vain 1 %, mutta vahinkojen määrästä niissä sattuu 15 %. Palonehkäisyn kannalta tämä ryhmä vaatii lisäselvityksiä, jotta voitaisiin ymmärtää, miksi vahinkoja syntyy niin paljon ja miten niitä voitaisiin torjua ennakolta.</p> <p>Syttymien aikajakaumien jaksollinen vaihtelu oli melko pientä vuorokausirytmia lukuun ottamatta. Vuorokausivaihtelun havaittiin seuraavan ihmisten elämänrytmiä siten, että silmävaraisesti katsoen asuinympäristössä valveilla vietetty aika on verrannollinen syttymien määrän kanssa. Lisäksi PRONTOsta otetun otoksen perusteella saatiin viitteitä siitä, että vuosittain rakennuspaloja saattaisi esiintyä huomattavasti tilastoitua enemmän ja ettei kaikkia rakennuksissa tai niiden läheisyydessä tapahtuvia paloja kirjata rakennuspaloina eikä niistä täytetä rakennusselostetta.</p>			
Avainsanat buildings, building stock, fire safety, ignition, statistics, ignition frequency, risk analysis, reliability, models			
Toimintayksikkö VTT Rakennus- ja Yhdyskuntatekniikka, Materiaalit ja tuotteet, Kivimiehentie 4, PL 1803, 02044 VTT			
ISBN 951-38-5929-0 (nid.) 951-38-5930-4 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/pdf/</a> )		Projektinnumero	
Julkaisu-aika Joulukuu 2001	Kieli Suomi, engl. tiiv.	Sivuja 66 s. + liitt. 16 s.	Hinta B
Projektin nimi		Toimeksiantaja(t)	
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/pdf/</a> )		Myynti: VTT Tietopalvelu PL 2000, 02044 VTT Puh. (09) 456 4404 Faksi (09) 456 4374	

Published by



Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland  
Phone internat. +358 9 4561  
Fax +358 9 456 4374

Series title, number and  
report code of publication

VTT Research Notes 2119  
VTT-TIED-2119

Author(s) Tillander, Kati & Keski-Rahkonen, Olavi			
Title <b>Ignition frequency of structural fires in Finland 1996–1999</b>			
Abstract <p>The expected value of the fire loss is the ignition frequency multiplied by the consequences added up over the distribution of burned buildings from the building stock studied. Reliable knowledge of the ignition frequency derived from fire statistics is a prerequisite for quantitative estimation of fire risks and the probability of fire starting is one of the most important factors in fire risk analysis used for example in performance based design. This study covered the fires in buildings during the years 1996–1999, which were picked out from the national accident database PRONTO (formerly ONTIKA), as well as building stock of 1999 by Statistics Finland. The final goal of this work was to process statistical data as far as possible to extract structural fire frequencies at national level for use by pertinent industries as well as for backing fire code regulations for performance based design of individual buildings. Compared to earlier study, which based on statistical data of structural fires in Finland during the years 1994–1995, the amount of observations was considerably larger and therefore better statistical accuracy was obtained. Overall the mechanism of the factors affecting to ignition frequency was discovered. As a result it was achieved statistically reliable ignition frequency graphs for the four building groups to which the design methods can be based on.</p> <p>Following a model obtained from literature a power law function of total floor area was observed to be at variance with data, but trying heuristically a sum of two power functions led to a fairly good fit with the available statistical data. Since theoretically power law dependence is a special case, a general approach was attempted starting from the initial distributions of the buildings involved in fires and the total stock at risk and this way a good agreement with the observations was obtained. The general method shed new light on the ignition frequency and good theoretical explanation was achieved for the observed phenomena. It showed that the ignition frequency varies with the floor area and has maxima and minima depending on the form of these size distributions. Estimation of systematic errors yielded values of partial safety constants needed for calculation of the ignition frequency for design purposes. Three principal classes of building use could be differentiated: residential buildings, industrial and storage buildings, and all other categories outside these groups together. The model is useful for determining the ignition frequency of buildings of floor area between 100 and 20 000 m<sup>2</sup>. Because of limited statistical data it was not possible to make definite conclusions about the ignition frequency in very small or very large buildings. Building category 'other buildings' turned out exceptional. They contribute only 1% to the floor area but 15% to total loss. For fire prevention additional studies are necessary for understanding the phenomenon and devising means of mitigation.</p> <p>The time distributions of fire alarms showed that periodic variations are rather small with exception of daily cycle. Apparently the ignitions seem to follow the rhythm of life of people awake in residential environment, although no specific measured data was available to show the connection. Also based on the sample picked out from PRONTO it seemed that there are considerably larger amount of structural fires annually than the statistics show because all of the fires are not registered as structural fires correctly.</p>			
Keywords buildings, building stock, fire safety, ignition, statistics, ignition frequency, risk analysis, reliability, models			
Activity unit VTT Building and Transport, Materials and Products, Kivimiehentie 4, P.O.Box 1803, FIN-02044 VTT, Finland			
ISBN 951-38-5929-0 (nid.) 951-38-5930-4 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/pdf/</a> )		Project number	
Date December 2001	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 66 p. + app. 16 p.	Price B
Name of project		Commissioned by	
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1235-0605 (soft back ed.) 1455-0865 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/pdf/</a> )		Sold by VTT Information Service P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 9 456 4404 Fax +358 9 456 4374	

## VTT TIEDOTTEITA – MEDDELANDEN – RESEARCH NOTES

### VTT RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIikka – VTT BYGG OCH TRANSPORT – VTT BUILDING AND TRANSPORT

- 2072 Paiho, Satu, Leskinen, Mia & Mustakallio, Panu. Automaatiojärjestelmän hyödyntäminen energiatietoisen käytön apuvälineenä. 2000. 63 s.
- 2075 Häkkänen, Helinä, Britschgi, Virpi & Kanner, Heikki. Nuorten aikomus hankkia ajokortti. 2000. 71 s. + liitt. 4 s.
- 2076 Leivo, Markku & Holt, Erika. Betonin kutistuma. 2001. 57 s.
- 2078 Ratvio, Juha. Ultralujan betonin käyttösovellukset. Esitutkimus. 2001. 45 s. + liitt. 13 s.
- 2079 Laukkanen, Kyösti & Unhola, Timo. Ajoharjoitteluratojen liukasaluututkimus. Laboratorio- ja kenttäkokeet 2000. 2000. 58 s. + liitt. 8 s.
- 2082 Tiuri, Ulpu, Sarja, Asko & Laine, Juhani. Korjauskonsepti. Korjausrakentamisella asunto kaikkiin elämänvaiheisiin 2001. 45 s. + liitt. 130 s.
- 2083 Tarvainen, Veikko, Pietilä, Jukka & Serenius, Matti. Puun öljykuivaus, öljykyllästys ja värjäys. 2001. 65 s. + liitt. 9 s.
- 2084 Hietaniemi, Jukka, Mangs, Johan & Hakkarainen, Tuula. Burning of Electrical Household Appliances: An Experimental Study. 2001. 60 p. + app. 23 p.
- 2085 Valkiainen, Matti, Klobut, Krzysztof, Leppäniemi, Sami, Vanhanen, Juha & Varila, Reijo. PEM-polttokennoon perustuvat mikro-CHP-järjestelmät. Tilannekatsaus. 2001. 60 s.
- 2090 Koukari, Heli, Petäkoski-Hult, Tuula, Rönkä, Kimmo, Regårdh, Elina, Lappalainen, Veijo, Eerikäinen Miia, Norvasuo, Markku & Koota, Jaana. Esteetön asuinkortteli. 2001. 112 s. + liitt. 68 s.
- 2091 Toratti, Tomi. Puurakenteiden seisminen suunnittelu. 2001. 57 s. + liitt. 16 s.
- 2093 Andstén, Tauno. Käsisammuttimien käyttö ruokaöljypalojen sammutuksessa. Kirjallisuustutkimus. 2001. 28 s.
- 2100 Pakanen, Jouko, Möttönen, Veli, Hyytinen, Mikko, Ruonansuu, Heikki & Törmäkangas, Kaija. Dynaamisten HTML-sivujen ja multimedian hyödyntäminen taloteknisten järjestelmien käytön, huollon ja vikadiagnostiikan opastamiseen. 2001. 20 s. + liitt. 10 s.
- 2101 Toratti, Tomi. Seismic design of timber structures. 2001. 53 p. + app. 16 p.
- 2102 Kolari, Sirpa & Luoma, Marianna. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaan asennusmenetelmän kehittäminen. 2001. 47 s.
- 2103 Koivu, Tapio, Mäntylä, Kaj, Loikkanen, Kaisu, Appel, Mikael & Pulakka, Sakari. Innovaatiotoiminnan kehittäminen kiinteistö- ja rakennuskluusterissa. Lähtökohtia ja kokeiluja. 2001. 81 s. + 19 s.
- 2104 Hostikka, Simo, Kokkala, Matti & Vaari, Jukka. Experimental Study of the Localized Room Fires. NFSC2 Test Series. 2001. 49 p. + app. 46 p.
- 2106 Anttila, Virpi & Luoma, Juha. Turvavöiden käyttökokeilu junissa. Käyttö ja matkustajien mielipiteet. 2001. 27 s. + liitt. 9 s.
- 2108 Vares, Sirje. Kerrostalon ympäristövaikutukset. LVIS-2001-tyyppikerrostalo. 2001. 49 s.
- 2109 Ranta-Maunus, Alpo, Fonselius, Mikael, Kurkela, Juha & Toratti, Tomi. Reliability analysis of timber structures. 2001. 102 p. + app. 3 p.
- 2110 Anttila, Virpi. Talvijalankulku, liukastumistapaturmat ja kelitiedottamisen kehittäminen. 2001. 51 s. + liitt. 11 s.
- 2112 Ala-Outinen, Tiina, Myllymäki, Jukka, Baroudi, Djebbar & Oksanen, Tuuli. Ruostumaton teräs tulipalolle altistetuissa rakenteissa. 2001. 53 s. + liitt. 9 s.
- 2113 Sipilä, Kari, Kirjavainen, Miikka, Ritola, Jouko & Kivikoski, Harri. Liikenne- ja yleisten alueiden sulanapitojärjestelmät. Energiatalous ja tekninen toteutus. Kesäkeli-projekti. 2001. 75 s. + liitt. 15 s.
- 2116 Ryyänen, Tiia, Kallonen, Raija & Ahonen, Eino. Palosuojatut tekstiilit. Ominaisuudet ja käyttö. 2001. 101 s.
- 2118 Kärki, Otto. Alkolukko rattijuopumuksen ehkäisyssä. Esiselvitys. 2001. 85 s. + liitt. 3 s.
- 2119 Tillander, Kati & Keski-Rahkonen, Olavi. Rakennusten syttymistajuudet PRONTO-tietokannasta 1996–1999. 2001. 66 s. + liitt. 16 s.
- 2120 Koota, Jaana. Construction site safety. Case United States. 2001. 39 p. + app. 3 p.