

Jyrki Hööpakka

Liikerakennusten palokuormien inventaariotutkimus

Erikoistavarakaupat

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talonrakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö
Koulutusohjelma: Rakennustekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Jyrki Hööpakka

Työn nimi: Liikerakennusten palokuormien inventaariotutkimus

Ohjaaja: Heikki Ylihärsilä

Vuosi: 2010 Sivumäärä: 38 Liitteiden lukumäärä: 5

Opinnäytetyössä on esitelty ja pohdittu 14:n erikoistavarakauppoihin lukeutuvan liikerakennuksen palokuormien inventointi- ja mittaustulokset. Päätuloksena saatu liiketilojen palokuorman tiheyden keskiarvo 480 MJ/m^2 lattiapinta-alaa kohti oli hieman pienempi kuin muutamissa ulkomaisissa tutkimuksissa saatu keskiarvo. Työn perusteella saadaan osittainen kuva tämänhetkisestä tilanteesta suomalais-ten liikerakennusten palokuormista.

Tämä opinnäytetyö liittyi liikerakennusten palokuormien inventaariotutkimukseen, jossa olivat mukana Seinäjoen ammattikorkeakoulu, VTT ja Tampereen teknillinen yliopisto. Tutkimuksen rahoituksesta vastasivat Palosuojelurahasto, Ympäristöministeriö, Teräsrakenneyhdistys ja Seinäjoen seudun elinkeinokeskus. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, voidaanko EN 1991-1-2:n mukaisia suunnitteluarvoja käyttää Suomessa. Tutkimuksessa inventoitiin Suomen rakennuskantaa siten, että saatiin selville, paljonko palokuormaa liikerakennuksissa käyttötavan mukaan oli. Kyseessä oli paloturvallisuuden oleellisesti liittyvä empiirinen tutkimus.

Asiasanat: Paloturvallisuus, palosuojaus, liikerakennukset.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology
Degree programme: Construction Engineering
Specialisation: Building Construction

Author: Jyrki Hööpakka

Title of the thesis: Fire load survey of commercial buildings

Supervisor: Heikki Ylihärsilä

Year: 2010 Number of pages: 38 Number of appendices: 5

This thesis presents inventory and measurement results for the 14 specialty goods stores that includes commercial buildings. The main results of the project show that the fire load density for an average floor area is 480 MJ/m². This result was slightly lower than the average value obtained in some foreign studies. The research produced a partial picture of the current situation of fire loads in Finnish commercial buildings.

This thesis was related to an inventory fire load survey of commercial buildings. The study was conducted by Seinäjoki University of Applied Sciences, VTT and Tampere University of Technology. Funding for the study was given by Fire Protection Fund, Ministry of Environment, Finnish Constructional Steelwork Association and Seinäjoki Regions Economic Development Center. The study sought to identify if the EN 1991-1-2 can be in accordance with the design values used in Finland. An inventory of Finnish building stock was made to identify the amount of fire load in commercial buildings, according to the method of operation in the buildings. This empirical research was significantly associated with fire safety.

Keywords: Fire safety, fire protection, commercial buildings.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLTÖ

KÄYTETYT TERMIT

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

1 JOHDANTO	11
1.1 Työn tausta	11
1.2 Työn tavoite	11
2 RAKENNUSTEN PALOTURVALLISUUS	12
2.1 Palomitoitus	12
2.1.1 Luokitukseen perustuva mitoitus.....	12
2.1.2 Palonkehitykseen perustuva mitoitus.....	14
2.2 Palomääräykset	14
2.2.1 Rakennusten paloluokat.....	16
2.2.2 Rakennusosat	17
2.2.3 Rakennustarvikkeet	18
2.3 Palaminen	19
2.3.1 Palon kehittyminen.....	20
2.3.2 Palokuorma.....	22
2.3.3 Palokuorman määrittäminen	22
3 MITTAUKSET	25
3.1 Mittausmenetelmät.....	25
3.2 Mittauksien eteneminen	25
3.3 Mittauskohteet.....	26
3.4 Mittaustulosten tarkasteluun käytettyjä arvoja.....	27

4 TULOKSET	29
4.1 Mittaustulokset	29
4.2 Palokuorman koostumus.....	30
4.3 Palokuorman tiheys.....	33
4.4 Palokuorman tiheys eri toimialojen liikkeissä	35
5 YHTEENVETO	36
LÄHTEET	37
LIITTEET	38

KÄYTETYT TERMIT

Inventointi	Liikeryityksen tavaravarastojen laskeminen ja luettelointi.
Kerrosala	Rakennuksen kaikkien kerrosten alojen summa. Kerroksella tarkoitetaan sellaista kerrosta, joka on kokonaan tai pääasiassa maanpinnan yläpuolella, ja jonne saa sijoittaa asuinhuoneen. Rakennuksen kerrosalaan ei lasketa mukaan ullakkoa, eli sellaista maan päällä olevaa kerrosta, jonne ei saa sijoittaa asuinhuoneita.
Kerrosuku	Rakennuksen kerrosukuun lasketaan mukaan kaikki ne pääasiallisesti maanpinnan yläpuolella olevat kerrokset, joissa on asuin- tai työhuoneita tai rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisia tiloja. Jos rakennuksen kerrosten lukumäärä vaihtelee rakennuksen eri osissa, kerrosluvulla tarkoitetaan yleensä rakennuksen suurinta kerrosukua.
Palamislämpö	Lämpömäärä, jonka aine luovuttaa massayksikköä kohti palaessaan täydellisesti, yksikkönä [MJ/kg].
Palamisnopeus	Palavan aineen massan pieneneminen aikayksikköä kohti. Palamisnopeuden yksikkö on [kg/s].
Palokuorma	Kokonaislämpömäärä, joka vapautuu, kun tietyssä tilassa oleva aine palaa täydellisesti, ilmaistaan megajouleina [MJ].
Palokuorman tiheys	Saadaan jakamalla palokuorma huoneistoalalla. Palokuorman tiheys ilmaistaan megajouleina neliometriä kohden [MJ/m ²].

Paloluokka	Rakennusten, rakennusosien, rakennustarvikkeiden ja sisusteiden paloteknisten ominaisuuksien perusteella määritetty luokka.
Palonkestävyysaika	Aika, jonka rakennusosan tai laitteen on todettu täyttävän sille asetetut palonkestävyysvaatimukset. Palonkestävyysaika määritetään polttokokeessa tai laskennallisesti.
Rakennusosa	Pystysuorat rakennusosat, jotka ovat huoneen rajoina sekä hormit, kuilut ja kanavat sekä huoneiston tai huoneen rajautuva osa, jonka korkeus on alle 1600 mm, mutta joka suunnitellun käyttötarkoituksen mukaan on huoneeksi määritetty.
Suojaverhous	Verhous, joka määrätyn ajan suojaa verhouksen takana olevan rakenteen syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta palon aiheuttamalta vaurioitumiselta.

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

KUVIO 1. Toiminnallisen palomitoituksen kulku yksinkertaistettuna. (Ruukki 2008).	14
KUVIO 2. Palon kehittyminen (Palovara.net).	21
KUVIO 3. Kiinteän palokuorman osuus verrattuna palokuormaan.	30
KUVIO 4. Kenkäkaupan (1) palokuorman jakautuminen pääryhmiin prosentuaalisesti.	32
KUVIO 5. Kenkäkaupan (2) palokuorman jakautuminen pääryhmiin prosentuaalisesti.	32
KUVIO 6. Liiketilojen pinta-alat ja pinta-alojen keskiarvo.	34
KUVIO 7. Liiketilojen palokuorman tiheys ja saatu keskiarvo.	34
TAULUKKO 1. Kantavien rakenteiden luokkavaatimukset. (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 14.)	13
TAULUKKO 2. Rakennuksen kokoa koskevat rajoitukset. (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002.)	17
TAULUKKO 3. Rakennustarvikkeiden paloluokat.	18
TAULUKKO 4. Kokoontumis- ja liiketilojen sisäpuolisten pintojen luokkavaatimukset. (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002.)	19
TAULUKKO 5. Eräiden palavien aineiden lämpöarvoja. (Heikkilä-Kauppinen & Kauppinen. 2003, 46.).....	23

TAULUKKO 6. Mittauskohteet.	27
TAULUKKO 7. Liiketilöjen palokuorman määrä pääryhmittäin (%)	31
TAULUKKO 8. Pinta-ala, palokuorman tiheys ja kokonaispalokuorma liiketiloissa.	33
TAULUKKO 9. Pinta-ala, palokuorman tiheys ja kokonaispalokuorma muissa tiloissa.....	33
TAULUKKO 10. Yhteenveto eräiden toimialöjen liiketilöjen lattiapinta-alan ja palokuorman tiheyden keskiarvoista.	35

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Rakennusten paloturvallisuutta suunniteltaessa ja mitoitettaessa rakenteellisten lähtötietojen lisäksi tarvitaan oikea tieto rakennuksen palokuormasta. Tutkimuksen lähtökohtana haluttiin selvittää, paljonko palokuormaa erityyppisissä rakennuksissa on käytötavan mukaan. Tällaisia tietoja tarvitaan, kun arvioidaan voidaanko EN 1991-1-2:n mukaisia suunnitteluarvoja käyttää Suomessa. Tällä hetkellä niiden käyttö on kielletty. Tiedot on annettu standardissa EN 1991-1-2 taulukoissa E.4 ja E.5. Tämä opinnäytetyö liittyy osana rakennusten palokuormien inventaariotutkimukseen. Tutkimuksessa ovat mukana Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Tampereen teknillinen yliopisto sekä VTT ja tutkimuksen rahoittajina toimivat Palosuojelurahasto, Ympäristöministeriö, Teräsrakenneyhdistys ja Seinäjoen seudun elinkeinokeskus. Tutkimuskohteiksi on valittu liikerakennukset. Tämä opinnäytetyö on rajattu tarkemmin erikoistavarakauppoihin.

1.2 Työn tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää inventaariomittauksin erityyppisissä liikerakennuksissa oleva kiinteä ja irtain palokuorma sekä palokuorman tiheys. Tutkimustulosten soveltaminen ei rajoitu pelkästään rakenteelliseen paloturvallisuuteen, vaan todenmukainen tieto rakennusten palokuormasta on välttämätön lähtötieto myös poistumisturvallisuutta arvioitaessa ja suunniteltaessa sekä savunpoistoa mitoitettaessa. Nämä ovat välttämättömiä toimenpiteitä suurten kohteiden suunnittelussa. Inventaariomittauksien yhteydessä kerätään myös muita tärkeitä tietoja, jotka liittyvät oleellisesti liikerakennusten paloturvallisuuteen, kuten rakennustyyppi, runkomateriaali, rakenteiden palosuojaus ja kiinteistössä olevat paloturvallisuuslaitteet.

2 RAKENNUSTEN PALOTURVALLISUUS

2.1 Palomitoitus

Rakentamismääräyskokoelman osan E1 mukaan kantavien rakenteiden pitää palon sattuessa kestää sortumatta niille määrätyn vähimmäisajan. Muut vaatimukset koskevat henkilöturvallisuutta, palon leviämistä, palokunnan toimintaa ja aineellisten vahinkojen minimointia. Kantavien rakenteiden mitoitus voi perustua joko standardoituun lämpötila-aikakäyrään perustuvaan luokitukseen tai oletetun palonkehityksen mukaisiin rasituksiin.

2.1.1 Luokitukseen perustuva mitoitus

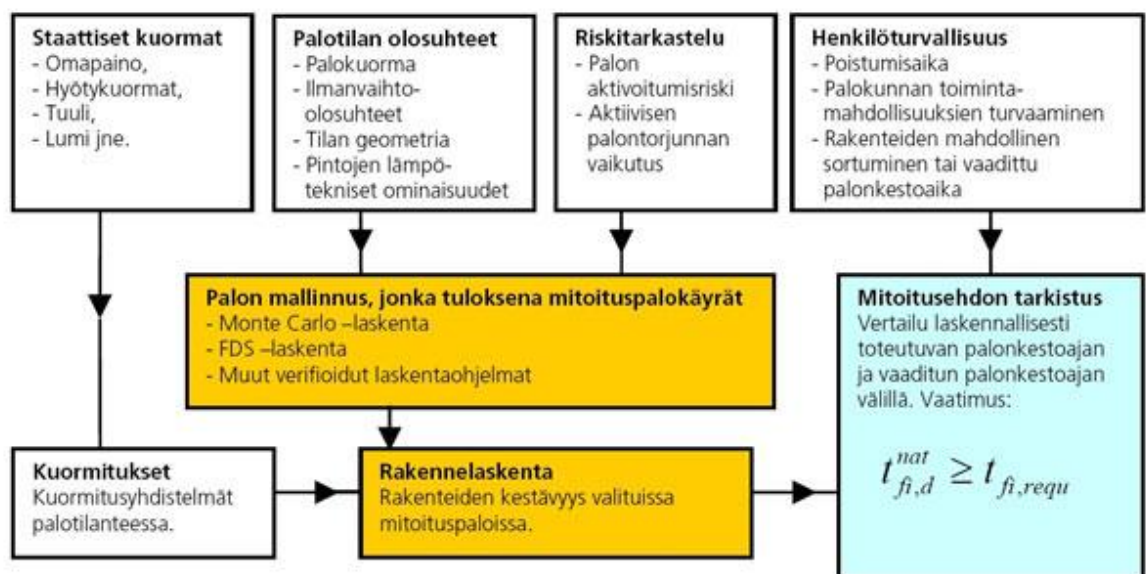
Paloturvallisuusvaatimuksen katsotaan täyttyvän, kun rakennus suunnitellaan ja rakennetaan noudattaen rakentamismääräyskokoelman osan E1 määräysten ja ohjeiden paloluokkia ja lukuarvoja. Standardoitua lämpötila-aikakäyrää käyttäen kantavat rakennusosat suunnitellaan luokkavaatimusten mukaiseksi. Vaatimustenmukaisuus osoitetaan kokeellisesti, laskennallisesti, yhdistämällä koe- ja laskennalliset tulokset tai käyttämällä taulukkomitoitusta. Taulukkomitoitusta koskevat luokkamääräykset on esitetty taulukossa 1. (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 13.)

TAULUKKO 1. Kantavien rakenteiden luokkavaatimukset. (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 14.)

	Rakennuksen paloluokka				
	P1			P2	P3
	Palokuorma MJ/m ²				
	yli 1200	600–1200	alle 600		
Sarake	1	2	3	4	5
Enintään 2-kerroksinen rakennus yleensä	R 120*	R 90*	R 60*	R 30	—
– jos rakennuksen eristeet eivät ole vähintään luokkaa A2-s1, d0	R 120	R 90	R 60	R 30	—
– hoitolaitokset, majoitustilat, kellarit	R 120	R 90	R 60	R 30	—
3–8-kerroksinen rakennus yleensä	R 180	R 120	R 60	■	■
3–4-kerroksinen asuin- tai työpaikkarakennus					
– kerrokset	R 180	R 120	R 60	R 60*	■
– kellarikerrokset	R 180	R 120	R 60	R 120	■
Yli 8-kerroksinen rakennus	R 240	R 180	R 120	■	■
Ylimmän maanalaisen kellarikerroksen alapuolella sijaitsevat kellarikerrokset	R 240	R 180	R 120	R 120	R 60
Yläpohjan rakenteiden vaatimukset, jos yläpohjan eristeet ovat vähintään luokkaa A2-s1, d0					
– enintään 2 kerrosta, ei ullakkoa; rakenteet, jotka ovat rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa	R 60	R 60	R 60	R 30	—
– enintään 2 kerrosta, ei ullakkoa; rakenteet, jotka eivät ole rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa	R 15	R 15	R 15	R 15	—
– 1 kerros, ei ullakkoa, automaattinen sammutuslaitteisto; rakenteet, jotka eivät ole rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa	—	—	—	—	—
– 1 kerros, tuotanto- tai varastorakennus; ei ullakkoa; rakenteet, jotka eivät ole sen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa	—	—	—	—	—
Ullakon tai ontelon vesikattorakenteet, jotka eivät ole rakennuksen rungon olennaisia kantavia tai palossa runkoa jäykistäviä rakenteita	—	—	—	—	—
Taulukon huomautukset:	Parvekkeiden palonkestävyysvaatimus on puolet kerroksen kantavien rakenteiden vaatimuksesta.				
	Tuotanto- ja varastorakennuksessa sallitaan lievennyksiä Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeiden E2 mukaisesti.				
Taulukon merkinnät:	* = jos kantavat rakenteet eivät ole vähintään luokkaa A2-s1, d0, tulee rakennuksen eristeiden olla vähintään A2-s1, d0-luokan tarvikkeista				
	○ = kantavat rakenteet on tehtävä vähintään luokan A2-s1, d0 tarvikkeista				
	— = ei luokkavaatimusta				
	■ = ei mahdollinen				

2.1.2 Palonkehitykseen perustuva mitoitus

Paloturvallisuusvaatimuksen katsotaan täyttyvän, kun rakennus suunnitellaan ja rakennetaan perustuen oletettuun palonkehitykseen, joka kattaa kyseisessä rakennuksessa mahdollisesti esiintyvät tilanteet. Vaatimuksen täytyminen todennetaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen ominaisuudet ja käyttö. Mitoituksen perustuessa oletettuun palonkehitykseen kantavia rakenteita pidetään riittävän paloturvallisena, mikäli yli kaksikerroksinen rakennus ei sorsu palon eikä jäähtymisvaiheen aikana. Enintään kaksikerroksisen rakennuksen kohdalla paloturvallisuus määräykset täytyvät, mikäli rakennus ei sorsu poistumisen turvaamisen, pelastustoiminnan ja palon hallintaan saamisen tarvittavana aikana. (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 15.)



KUVIO 1. Toiminnallisen palomitoituksen kulku yksinkertaistettuna. (Ruukki 2008.)

2.2 Palomääräykset

Rakentamisen paloturvallisuutta on Suomessa ohjattu 1800-luvulta lähtien. Yhteiset palomääräykset ja ohjeet on kuitenkin saatu kehitettyä vasta 1900-luvulla. Rakennusten paloturvallisuudesta annettiin ensimmäiset määräykset koskien sekä kaupunkeja että maaseutua laissa eräistä naapuruussuhteista vuonna 1920.

1936 annettiin päätös rakennusten ja rakennusosien palonkestävyyden luokittelemisesta. PI-päätös luokitteli rakennukset, rakennusosat ja suojaverhoukset neljään palotekniseen luokkaan:

- A-luokka; palonkestävä
- B-luokka; paloapidättävä
- C-luokka; paloahidastava
- D-luokka; palonarka.

PI-päätöstä kattavampi Pk-päätös tuli voimaan 1962. Siinä oli ensimmäisen kerran huomioitu palonkesto-aika ja palokuorma. Rakennusten luokitus muuttui A–E-luokkiin ja rakennustarvikkeet, rakennusosat ja suojaverhoukset luokiteltiin A:sta D:hen. Palonkesto-aika perustui polttokoetesteihin ja sitä ilmaistiin tunteina. (Siikainen 1996, 67.)

Nykyisiin palomääräyksiin perustuva rakentamismääräyskokoelma ja sen E1-osa koottiin vuonna 1976. Vanhoja määräyksiä oli tarkennettu ja esimerkiksi kantavien rakenteiden palonkesto-aikoja tihennetty. Määräyksiä tarkistettiin uudelleen vuonna 1981.

Vuonna 1997 siirryttiin seuraavaan vaiheeseen, kun voimaan astui uusittu osa E1 Rakennusten paloturvallisuus. Siihen sisältyi myös rakennusosien palonkestävyysluokkien tunnuksset. Myöhemmin näiden tunnuksien perään liitettiin numeroarvo, joka kertoi palonkestävyysajan minuutteina. Ohjeiden selkeyttämiseksi julkaistiin vuonna 1998 ympäristöopas 39, Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa. Nykyisin käytössä oleva versio on uusittu E1 vuodelta 2002. (Heikkilä-Kauppinen & Kauppinen 2003, 16.)

2.2.1 Rakennusten paloluokat

Palomääräykset luokittelevat rakennukset erilaisten ominaisuuksien ja käyttötavan mukaan kolmeen paloluokkaan. Paloteknisen luokan määräytymiseen vaikuttavat rakennuksen korkeus, käyttötapa, kerrosluku, kerrosala, palovaarallisuusluokka, käyttäjien määrä ja kaavamääräykset. Aikaisemmissa määräyksissä rakennukset jaoteltiin paloakestäviin, paloapidettäviin ja paloahidastaviin rakennuksiin. Uusissa määräyksissä luokat on nimetty kirjain-numero yhdistelmällä P1, P2 ja P3. Uusien luokkien yleispiirteitä ovat: (Heikkilä-Kauppinen & Kauppinen 2003, 47–48.)

P1-luokan rakennuksen oletetaan kestävän sortumatta palon ajan. Rakennuksen henkilömäärää tai kokoa ei ole rajoitettu, mutta mikäli korkeus muodostuu riskiteki-jäksi, palotekniset vaatimukset kasvavat. Rakennuksen suunnitteluun ja mitoitusseen vaikuttaa oleellisesti rakennuksessa oleva palokuorma. P1-luokan rakennuk-sia ovat yleensä kerrostalot. (Heikkilä-Kauppinen & Kauppinen 2003, 47–48.)

P2-luokan rakennuksella palotekniset vaatimukset rakenteiden kantavuudessa voivat olla edellistä luokkaa matalammat. Erityisvaatimukset tässä luokassa koh-distuvat sisätilojen kuten seinien, sisäkattojen ja lattioiden pintamateriaaleihin. P2-luokan rakennukset voivat olla 1–2 kerroksisia, mutta asuin- ja työpaikkarakennuksille sallitaan 3–4 kerrosta. P2-luokkaan kuuluvat tavallisesti teollisuus-, varasto- ja myymälähallit. (Heikkilä-Kauppinen & Kauppinen 2003, 47–48.)

P3-luokan rakennukset ovat ominaisuuksiltaan ja käyttötavoiltaan tarkimmin rajoitetut. Kantaville rakenteille ei kuitenkaan ole palonkestovaatimusten suhteen määrätty erityisvaatimuksia. Varsinaiset rajoitukset koskevat kerrosmäärää, joka saa olla enintään kaksi, sekä enimmäiskerrosalaa yksikerroksisena 2400 m² ja kaksi-kerroksisena 1600 m². P3-luokan tyypillisiä rakennuksia ovat pientalot. (Heikkilä-Kauppinen & Kauppinen 2003, 47–48.)

TAULUKKO 2. Rakennuksen kokoa koskevat rajoitukset. (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002.)

Rakennuksen ominaisuus	Rakennuksen paloluokka		
	P1	P2	P3
KERROSLUKU			
– yleensä	ei rajoitusta	enintään 2	enintään 2
– asuinrakennus, työpaikkarakennus	ei rajoitusta	enintään 4	enintään 2
– tuotanto- tai varistorakennus, autosuoja	ei rajoitusta	enintään 2	enintään 1
KORKEUS			
– yleensä	ei rajoitusta	enintään 9 m	enintään 9 m
– asuinrakennus, työpaikkarakennus	ei rajoitusta	enintään 14 m	enintään 9 m
– yksikerroksinen tuotanto- tai varistorakennus	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 14 m
KERROSALA			
Kerrosala yleensä			
– yksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 2400 m ²
– kaksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 1600 m ²
Kerrosala tuotanto- ja varistorakennuksissa sekä autosuojissa			
– yksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
– kaksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	<i>ei sallittu</i>
Selostus	<i>Rakennuksen korkeus on julkisivupinnan ja vesikaton leikkausviivan korkeus maan pinnasta (MRA 58 §). Tarvittaessa lasketaan rakennuksen nurkkapisteiden korkeuksien keskiarvo.</i>		

2.2.2 Rakennusosat

Edellä mainittujen rakennusten paloluokkien lisäksi on rakentamismääräyskoelmassa esitetty rakennusosille ja rakennustarvikkeille paloluokitusjärjestelmät. Palonkestävyysluokitus perustuu rakennusosien kykyyn säilyttää kantavuutensa R, tiiviytensä E ja eristävyytensä I palon ajan. Merkintöjen R, REI, RE, EI, E jälkeen on palonkestävyysaika ilmoitettu minuutteina yhdellä seuraavista luvuista: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 tai 240. Esimerkiksi kantavan ja osastoivan seinän paloluokka voi olla REI 30. Tällöin seinän on kestettävä paloa puolen tunnin ajan. Rakennuksen paloluokka määrittelee rakennusosalta vaaditun palonkestävyysajan. (Metsä 2009, 271 – 272.)

2.2.3 Rakennustarvikkeet

Rakentamismääräyksissä on rakennustarvikkeet jaettu katteisiin, lattianpäällysteisiin ja muihin rakennustarvikkeisiin. Rakennustarvikkeet luokitellaan sen perusteella, kuinka ne vaikuttavat palon syttymiseen, leviämiseen ja savun tuottoon. Koe-menetelminä ja luokituksessa käytetään EN-standardeja. Rakennustarvikkeiden luokitukset ja lisämääreet on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Rakennustarvikkeiden paloluokat.
(Metsä 2009.)

A1	Tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon
A2	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu
B	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu
C	Tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti
D	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä
E	Tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä
F	Tarvikkeet, joiden käyttäytymistä ei ole määritetty
	Lisämääreet
s1	Savuntuotto on erittäin vähäistä
s2	Savuntuotto on vähäistä
s3	Savuntuotto ei täytä s1 eikä s2 vaatimuksia
d0	Palavia pisaroita tai osia ei esiinny
d1	Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti
d2	Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia

Luokat A1 ja F esiintyvät aina ilman lisämääreitä. E ilman lisämäärettä tarkoittaa, että rakennustarvikkeesta ei irtoa palavia pisaroita.

Lattianpäällysteillä luokat ovat yhtenäiset taulukossa esitettyihin, mutta niihin lisätään alaindeksi FL. Lattianpäällysteiden savuntuotto ilmaistaan lisämääreillä s1 tai s2. Rakentamismääräyskokoelmassa E1 lattianpäällysteille ovat käytössä luokat A2_{FL}-s ja D_{FL}-s1.

Katteiden palonkestävyyttä ulkopuolista paloa vastaan tutkitaan standardin ENV 1187 mukaisella lentopalokokeella. Katteiden luokitusjärjestelmässä on käytössä vain yksi varsinainen luokka, B_{ROOF}⁽²⁾. Ilman testausta ja erillistä luokitusta hyväksyttäviä katteita ovat esimerkiksi kivilaatat, tiilet ja peltikatteet. (Metsä 2009, 272-273.)

TAULUKKO 4. Kokoontumis- ja liiketilojen sisäpuolisten pintojen luokkavaatimukset. (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002.)

Käyttötapa	Kohde	Rakennuksen paloluokka		
		P1	P2 *	P3
Asunnot	seinät ja katot lattiat	D-s2, d2 ¹⁾ —	B-s1, d0 ²⁾ —	D-s2, d2 ¹⁾ —
Majoitustilat	seinät ja katot lattiat	D-s2, d2 —	B-s1, d0 —	D-s2, d2 —
Hoitolaitokset	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 D _{FL} -s1	B-s1, d0 D _{FL} -s1	D-s2, d2 —
Kokootumis- ja liiketilat				
– palokuorma alle 600 MJ/m ² ja – pinta-ala on ≤ 300 m ²	seinät ja katot lattiat	D-s2, d2 —	B-s1, d0 —	D-s2, d2 —
– pinta-ala on yli 300 m ²	seinät ja katot lattiat	C-s2, d1 —	B-s1, d0 —	D-s2, d2 —
– palokuorma ≥ 600 MJ/m ²	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 D _{FL} -s1	B-s1, d0 D _{FL} -s1	B-s1, d0 —
Työpaikkatilat	seinät ja katot lattiat	D-s2, d2 ¹⁾ —	B-s1, d0 ²⁾ —	D-s2, d2 ¹⁾ —
Taulukon merkinnät:		Taulukon huomautukset:		
— = ei vaatimusta		¹⁾ Vähäisiä osia seinäpinoista voidaan verhota luokkiin kuulumattomilla tarvikkeilla.		
* Edellytettäessä kohdan 8.2.3 mukaista suojaverhousta pinnan vaatimus on A2-s1, d0.		²⁾ Vähäisiä osia seinäpinoista voidaan verhota D-s2, d2-luokan tarvikkeilla. Koskee myös suojaverhottuja seinäiä.		
		³⁾ Vähäisiä osia seinä- ja kattopinoista voidaan verhota B-s1, d0-luokan tarvikkeilla.		

2.3 Palaminen

Tuli on palamisreaktio, missä palava aine ja happi yhtyvät. Palamisreaktiossa ylimääräinen energia vapautuu lämpönä. Reaktion syntymiseen tarvitaan samanaikaisesti neljä vaikuttavaa tekijää: polttoaine, happi (ilma), syttymisen aiheuttava lämpö ja häiriintymätön ketjureaktio. Syttyminen edellyttää lämmönlähteen, kuten kipinän tai liekin. Myös pelkästään riittävän korkean lämpötilan antama lämpömaa-

rä saattaa aiheuttaa syttymisen. Palamisreaktion nopeus vaihtelee hitaasta hapettumisesta räjähdysmäiseen palamiseen.

Palaminen voidaan jakaa kahteen päätyyppiin: liekki- ja hehkupalamiseen. Ensin höyrystyttyään kaasut ja nesteet palavat ainoastaan liekillä. Ennen varsinaista palamista kiinteillä aineilla, kuten puulla, paperilla ja muovilla alkaa terminen hajoaminen eli pyrolyysi. Terminen hajoamisen aikana aineesta irtoaa palamiskelpoisia kaasuja. Tämän jälkeen alkaa varsinainen palaminen, joko liekki- tai hehkupalamisena tai näiden yhdistelmänä. Tulipalon mahdollisuus ja palosta aiheutuvat vaarat tulisi aina huomioida rakennusten suunnittelussa. (Siikanen 1996, 65.)

2.3.1 Palon kehittyminen

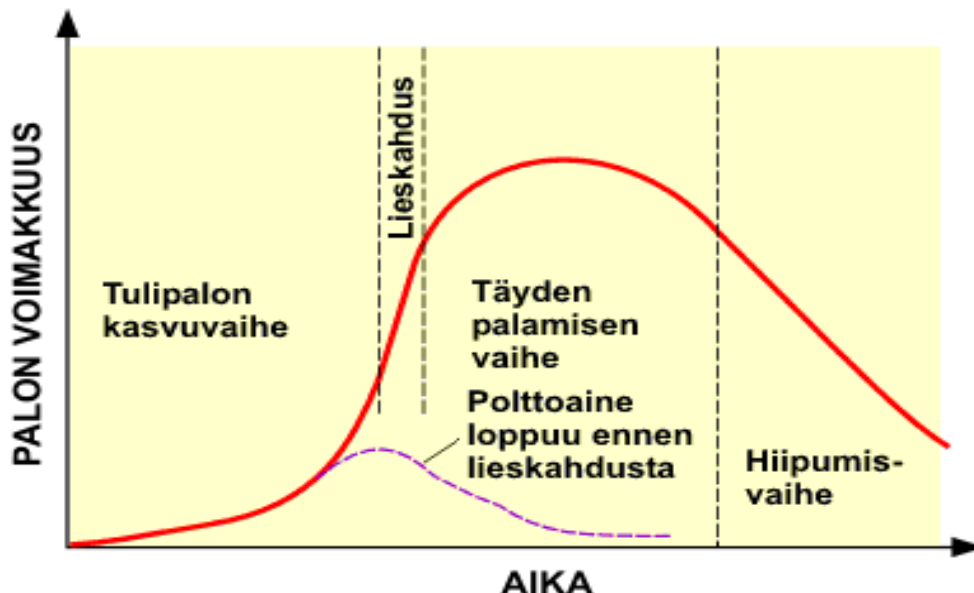
Vapaasti kehittyvä tulipalo on kolmivaiheinen tapahtuma, joka sisältää syttymisvaiheen, täydellisen palamisen vaiheen ja jäähtymisvaiheen.

Syttymisvaiheessa lämpötila kohoaa hitaasti noin $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$:seen. Palaminen rajoittuu yleensä syttymiskohteen ympäristöön ja leviää siitä vähitellen edelleen. Palavan tilan suhteellisen alhaisen lämpötilan johdosta lämpö siirtyy pääasiallisesti konvektion eli ilmavirtauksen välityksellä. Tilassa vaikuttavat suuret paikalliset lämpötilaerot. Kun uusi palava aine syttyy liekkien välittömässä läheisyydessä, palo voimistuu. (Siikanen 1996, 65.)

Turvallisuuden kannalta ratkaisevin on syttymisvaiheen kesto aika, ja rakenteiden pintakerrosten syttymisherkkyydelle suurimmat vaatimukset aiheuttaa juuri syttymisvaiheen kesto aika. Syttymisvaiheen pituus ja lämpötilan nousunopeus määräytyvät tilassa olevien aineiden syttymisherkkyiden, määrän ja käytettävissä olevan ilmamäärän mukaan. Tavallisissa asuinhuoneistoissa syttymisvaiheen pituus on yleensä 10–15 minuuttia. Mikäli asuinhuoneistossa oleva palokuorma on hyvin pienijakoista materiaalia tai esimerkiksi palavaa nestettä syttymisvaihe voi olla vain muutamia sekunteja. (Siikanen 1996, 66.)

Lämpötilan noustessa +400 - +500 °C:seen rakennuksissa yleisesti esiintyvät materiaalit syttyvät räjähdysmäisesti. Tällöin lämpötila nousee nopeasti +800 - +1200 °C:seen. Tämän jälkeen lämpötila nousee vielä hitaasti, kun palavassa tilassa olevat rakenteet lämpiävät. Tätä vaihetta kutsutaan täydellisen palamisen vaiheeksi. Vaiheen kestoon vaikuttavat tilassa oleva palokuorma, palamisnopeus, hapensaantimahdollisuudet ja ympäröivät rakenteet. Täydellisen palamisen vaiheessa ihmisten ja tavaroiden pelastaminen on lähes mahdotonta. Täydellisen palamisvaiheen kesto aika ja lämpötila vaikuttavat merkittävästi kantavien ja osastoivien rakenteiden toimintakelpoisuuteen, ihmishenkien pelastamismahdollisuuksiin, omaisuusvahinkojen suuruuteen ja palokunnan toimintaedellytyksiin. (Siikanen 1996, 66–67.)

Kun palava materiaali loppuu, palo alkaa hiipua ja lämmöntuotto hidastuu. Seuraa palon kolmas vaihe eli jäähtyminen. Jäähtyneeseen huonetilaan ja sen vastakkaiselle puolelle siirtyy lämpöä kuumentuneista rakenteista, mikä saattaa aiheuttaa esimerkiksi takana olevien eristeiden syttymisen tunteja palon sammumisen jälkeen. Tietyt tilanteet edellyttävät, että rakennus kestää sortumatta myös jäähtymisvaiheen. (Siikanen 1996, 66–67.)



KUVIO 2. Palon kehittyminen. (Tulipalositulaatiot, [viitattu 4.3.2010].)

2.3.2 Palokuorma

Palokuormalla tarkoitetaan kokonaislämpömäärää, joka vapautuu kun tilassa oleva materiaali tai aine palaa täydellisesti. Tilaan luetaan kantavat, runkoa jäykistävät, osastoivat ja muut rakennusosat suojaverhouksineen sekä irtaimisto. Palokuorman tiheys ilmaistaan megajouleina huoneistoalan lattianeliömetriä kohden. Palokuorman yksikkönä käytetään MJ/m². (Heikkilä-Kauppinen & Kauppinen. 2003, 45.)

2.3.3 Palokuorman määrittäminen

Normaalitapauksissa palokuorman tiheys määräytyy osaston käyttötavan perusteella E1:n kohdan 2.2 mukaan. Tavallisesti palokuorman tiheyttä ei lasketa, koska yksittäistapauksissa käyttötaparyhmiin liittyvät lukuarvot ovat tarkkuudeltaan riittävät. Palokuorman tiheys voidaan osoittaa luotettavan arvion perusteella tai laskeamalla seuraavissa erityistapauksissa:

- yksittäiskohteissa, joissa halutaan osoittaa todellinen palokuorma oleellisesti pienemmäksi kuin kyseen omaisissa käyttötavan tiloissa
- P1-luokan tuotanto- ja varastorakennuksissa, joissa palokuormat vaihtelevat eri toimialoilla
- erityistoiminnoissa, jotka eivät esiinny E1:n kohdan 2.2.1 ohjeen käyttötapa-luettelossa.

Mikäli palokuorman tiheys on laskettava, täytyy ensin selvittää palo-osastossa olevien palavien aineiden määrä ja laatu sekä tiedettävä palo-osaston pinta-ala. Pinta-ala voidaan selvittää pohjapiirustuksista tai se voidaan laskea.

Kaikki palavat materiaalit, joilla on erilainen lämpöarvo, lasketaan kiloissa. Lisäksi huomioidaan irtaimisto, kiintokalusteet ja osaston sisällä olevissa sekä osastoa rajaavissa rakenteissa olevat palavat rakennustarvikkeet. Jokaisen materiaalityypin massa kerrotaan sen lämpöarvolla, joka saadaan kirjallisuudesta. Taulukossa

5 on esitetty eräiden materiaalien lämpöarvoja. Laskemalla saatujen tulojen summa voidaan määrittellä kokonaislämpömäärä, joka palossa syntyy, kun palava materiaali loppuu. Palokuorman tiheys saadaan, kun saatu lämpömäärä jaetaan tilan pinta-alalla. (Heikkilä-Kauppinen & Kauppinen. 2003, 45–46.)

TAULUKKO 5. Eräiden palavien aineiden lämpöarvoja. (Heikkilä-Kauppinen & Kauppinen. 2003, 46.)

Palava aine	Lämpöarvo (MJ / kg)
Kiinteät aineet	
ABS-muovi	40
Nahka	20
Paperi ja pahvi	16-18
Polystyreeni	42
Polyvinyylikloridi (PVC)	18
Puu	17
Vaatteet	17-23
Nesteet	
Bensiini	44
Eläinöljyt	35-40
Pellavaöljy	39
Voiteluöljy	44

Palokuormaa laskettaessa voidaan aineen sisältämän kosteuden vaikutus lämpöarvoon ottaa huomioon kaavalla

$$q_{\text{tod}} = \frac{100q - 2,5u}{100 + u}, \text{ missä} \quad (1)$$

q_{tod} on kostean aineen lämpöarvo

q on tehollinen lämpöarvo taulukosta

u on aineen kosteus painoprosentteina kuivan aineen painosta.

Kaavassa 1. aineen sisältämän kosteuden vaikutuksen huomioiminen lämpöarvossa. (Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa. 2003, 46).

Esimerkki palokuorman laskemisesta, teollisuushallin koko on 60 m x 20 m ja korkeus on 6 m. Palavat aineet hallin sisällä ja rakenteissa ovat:

- puuta 15.000 kg
- polystyreenimuovia 12.600 kg
- PVC-muovia 1.200 kg
- voiteluöljyä 2.500 kg

Palokuorman tiheydeksi saadaan:

$$\frac{(15000 * 17) + (12600 * 42) + (1200 * 18) + (2500 * 44)}{20 * 60} = 763 \text{ MJ} / \text{m}^2 \quad (2)$$

Palokuorman sijainnin vaikutus on huomioitava tapauskohtaisesti, silloin kun siitä aiheutuva rasitus kohdistuu yhteen tilan osaan huomattavasti muita enemmän. (Heikkilä-Kauppinen & Kauppinen. 2003, 45–46.)

3 MITTAUKSET

3.1 Mittausmenetelmät

Tutkimuskohteissa tehdyt mittaukset tehtiin inventaariomittauksin, jossa kohteista mitattiin pinta-alat ja tilavuudet, sekä inventoitiin sisätilojen palavat materiaalit. Kaikki kiinteään palokuormaan liittyvät mittaukset tehtiin rakenteita rikkomatta, tilojen sisäpinnoista. Mittauksissa käytetyt työvälineet olivat laseretäisyysmittareita sekä tavallisia rullamittoja. Käsien siirreltävät materiaalit ja tavarat punnittiin keittiötai henkilövaaoilla. Mittaustulokset ja tehdyt havainnot kirjattiin erilliselle tiedonkeruulomakkeelle. Esimerkki puhtaaksikirjoitetusta tiedonkeruulomakkeesta liitteenä (liite 1).

3.2 Mittauksien eteneminen

Aluksi tutkimuskohde-ehdokkaille laadittiin saatekirje (liite 2), jossa esiteltiin tutkimukseen osallistuvat tahot sekä kerrottiin tutkimuksen luonteesta ja tavoitteista.

Seuraavaksi tutkimuskohde-ehdokkaat kartoitettiin henkilökohtaisin käynnein. Mikäli kohde havaittiin mittauksille soveltuvaksi, myymälävastaavalle tai muulle myymälähenkilökunnalle esiteltiin tutkimusprojekti, annettiin saatekirje ja pyydettiin lupa suorittaa mittaukset. Mittaukset etenivät seuraavanlaisessa järjestyksessä:

1. Kohteesta kirjattiin ylös kiinteistön yleistiedot kuten rakennustyyppi, runkomateriaali, kerroksien lukumäärä ja sijainti.
2. Silmämääräisesti havainnoitiin kohteessa olevia paloturvallisuuslaitteita esimerkiksi automaattisia paloilmoittimia, automaattisia sammutusjärjestelmiä, käsisammuttimia, turva- ja merkkivalaistuksia sekä paloposteja.
3. Myymälätilat mitattiin ja tiedot merkittiin pohjapiirustukseen, mikäli pohjapiirustusta ei ollut saatavilla, kohteesta luonnosteltiin pohjakuva ja mitat merkittiin siihen.

4. Liikkeentyypit ja myymälätiloja koskevat tiedot kuten pinta-ala ja korkeus kirjattiin ylös. Tässä vaiheessa mitattiin myös myymälässä olevat ikkunat sekä ovet ja kirjattiin ne aukkotietoihin.
5. Myymälän lattia-, katto- ja seinämateriaalit luetteloidtiin pintamateriaaleihin ja tehtiin silmämääräinen arvio materiaalien paksuudesta. Näillä tiedoilla määriteltiin myymälän kiinteä palokuorma.
6. Lopuksi myymälätilassa oleva irtain tavara luetteloidtiin seuraaviin materiaali-ryhmiin *puu, paperi, tekstiili, muovi* ja *sekalaista*. Tavarat punnittiin tai mikäli niitä ei pystynyt liikuttelemaan, niiden massasta tehtiin arvio ja tulokset kirjattiin tiedonkeruulomakkeelle kilogrammoina. Massan ja taulukoitujen palamislämpöarvojen perusteella materiaaleista ja tavaroista määriteltiin myymälän irtain palokuorma.

3.3 Mittauskohteet

Tämän opinnäytetyön tutkimuskohde-ehdokkaiden valintaan vaikuttivat liikkeiden sijainti ja koko. Liikkeiden toivomuksesta mittaukset pyrittiin suorittamaan aamupäivän aikana ja näin ollen liikkeiden oli sijaittava Seinäjoen alueella ylimääräisten matkakustannusten välttämiseksi. Koko tutkimuksessa mittauskohteiden koko oli rajattu 500 lattianeliömetriin. Kaikista tutkimuskohde-ehdokkaista mittauskohteiksi päätyi lopulta noin 75 % liikkeistä.

Opinnäytetyötä varten mittauksia tehtiin 14:sta erikoistavarakaupan liikkeestä. Edustettuina olivat esimerkiksi videovuokraamoja, kenkä-, vaate- ja kirjakauppoja, urheiluväline- ja lelukauppa sekä kemikaalio ja optikkoliike. Taulukossa 6 on eritelty tämän opinnäytetyön tuloksiin huomioidut liiketilat ja liiketilojen mitat. Lattiapinta-ala on ilmoitettu neliömetreinä, korkeus metreinä ja tilavuus kuutiometreinä. Mikäli mittauskohteiden yhteyshenkilöt halusivat tietoja mittaustuloksista, heille toimitettiin yhteenveto tuloksista (liite 3).

TAULUKKO 6. Mittauskohteet.

Kohde nro.	Liiketyyppi	Liiketilän tiedot		
		Lattiapinta-ala (m ²)	Korkeus (m)	Tilavuus (m ³)
1	Lelukauppa	82,0	3,1	254,2
2	Videovuokraamo (1)	420,0	3,8	1596,0
3	Urheiluvälinekauppa	491,0	3,0	1473,0
4	Kangaskauppa	485,8	4,2	2040,4
5	Optikko	75,0	4,2	311,3
6	Kirjakauppa (1)	400,0	4,4	1760,0
7	Videovuokraamo (2)	205,0	4,2	861,0
8	Kenkäkauppa (1)	316,0	3,2	1004,9
9	Kirjakauppa (2)	205,0	2,7	553,5
10	Vaatekauppa (1)	368,0	3,9	1435,2
11	Kenkäkauppa (2)	143,0	3,1	443,3
12	Laukkukauppa	80,0	3,0	240,0
13	Vaatekauppa (2)	82,0	2,8	229,6
14	Kemikalio	54,0	2,8	151,2

3.4 Mittaustulosten tarkasteluun käytettyjä arvoja

Inventointivaiheessa tilojen sisältämät palavat materiaalit jaoteltiin ryhmiin: *puu, paperi, tekstiili, muovi ja sekalaista* Thauvoye ym. 2008 mukaan. Mikäli materiaali oli tarkemmin tunnistettavissa, siitä tehtiin huomio tiedonkeruulomakkeelle.

Materiaalien jaottelua ryhmään *sekalaista* pyrittiin välttämään tulosten tarkastelun helpottamiseksi.

Tulosten tarkasteluun ja laskentaan tarvittavia materiaalien palamislämpöarvoja löytyy lähdeaineistosta, jos materiaali on tarkoin tunnistettavissa. Mikäli materiaalia ei tunnistettu ja se luokiteltiin yleisesti esimerkiksi ryhmään puu, sille löytyy lähdeaineistosta riippuen palamislämpöarvoksi 17–20 MJ/kg. Tulosten tarkastelussa on tässä tapauksessa käytetty puulle arvoa 17,5 MJ/kg, EN 1991-1-2 standardin taulukon E.3 mukaan.

Muut tulosten tarkasteluun ja laskentaan liittyvät palamislämpöarvot on otettu lähteistä Korpela 1999 ja Buchanan 2002.

Kiinteään palokuormaa määriteltäessä rakennusaineiden tiheyksille arvot on saatu RT-kortista: Rakennustarvikkeiden ainetiheyksiä sekä tavarakuormia. Esimerkiksi lastulevylle RT-kortti esittää ainetiheyttä 600...800 kg/m³. Tulosten tarkastelussa on lastulevyn ainetiheydelle käytetty keskiarvoa 700 kg/m³. Myös muille arvoille, joille on annettu tietty vaihteluväli, on pyritty käyttämään ala- ja yläarvon keskiarvoa.

4 TULOKSET

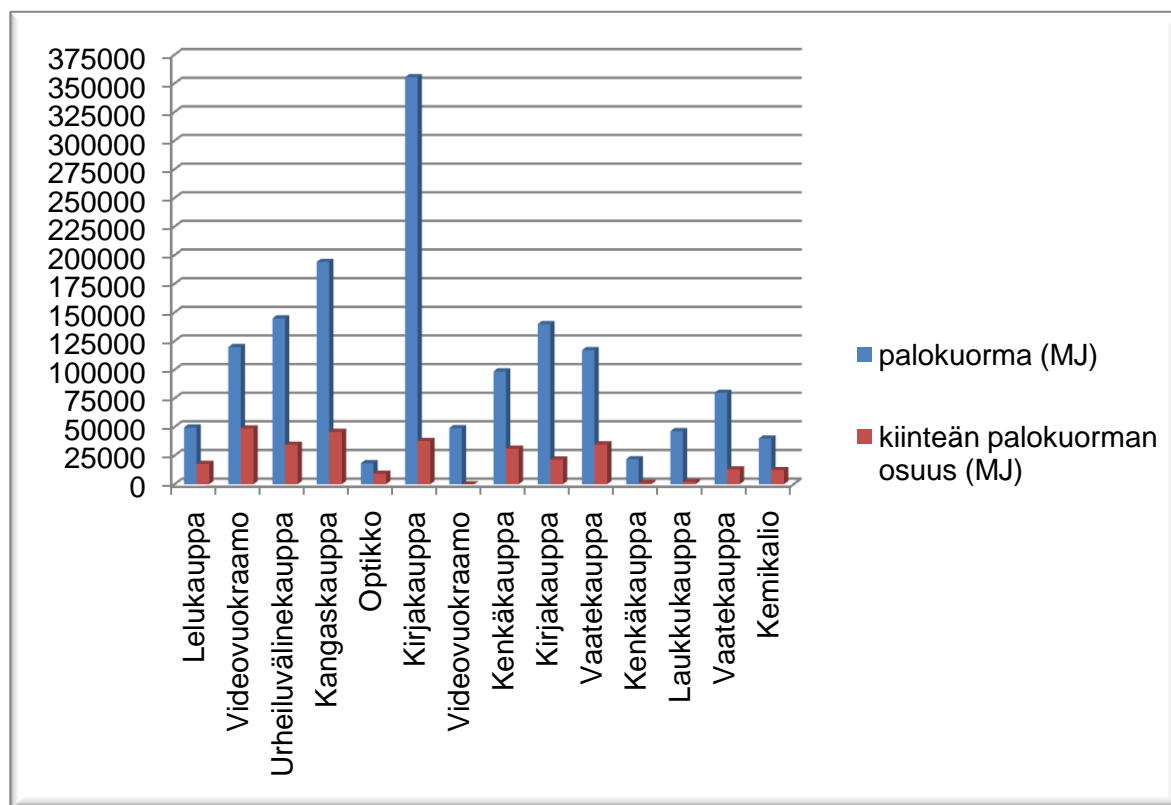
4.1 Mittaustulokset

Tammi- ja helmikuun 2010 aikana mittauksia tehtiin 18 kappaletta, joista 14 suoritettiin erikoistavarakaupoissa. Tulosten tarkastelu on rajattu näissä erikoistavarakaupoissa suoritettuihin mittauksiin. Näissä 14:ssä liikkeessä yhteensä mitattua ja inventoitua lattiapinta-alaa oli 3824,6 m². Mittaukseen käytetty aika vaihteli liikkeen koosta ja inventoitavasta tavaramäärästä riippuen 1,5 tunnista 3 tuntiin. Suurin osa mittauksista suoritettiin noin 2,5 tunnissa. Mittausryhmän koko vaihteli kahdesta neljään henkilöön. Tiedonkeruulomakkeisiin merkittyjen mittausaikojen tarkastelu osoittaa, että yhden lattianeliömetrin mittaukseen ja inventointiin käytettiin aikaa keskimäärin noin 2 minuuttia.

Mittausten tuloksista sekä mittausarvojen pohjalta Excel-taulukkolaskennalla saaduista arvoista tarpeellisimmat on esitetty liitteen 4 taulukossa. Taulukossa ensimmäisenä on ilmoitettu kohteen numero mittausjärjestyksessä (sarake 1). Seuraavassa sarakkeessa on ilmoitettu kohteen tyyppi (sarake 2). Kohteen mitoista taulukossa on esitetty lattiapinta-ala ja tilan korkeus (sarakkeet 3 ja 4). Mittauskohteen kokonaispalokuorma (sarake 5) on esitetty megajouleina (MJ), kuten myös palokuorman muodostavat osat: *puu*, *paperi*, *tekstiili*, *muovi* ja *sekalaista* (sarakkeet 6, 7, 8, 9 ja 10). *Sekalaista* osaan on mittauksissa ja myöhemmin laskettaessa huomioitu tilassa olevat laitteet ja koneet. Rakenteissa olevien materiaalien perusteella muodostuva kiinteä palokuorma on esitetty myös megajouleina, (sarake 11). Palokuorman tiheys (sarake 12) on laskettu lattiapinta-alan ja kokonaispalokuorman perusteella. Taulukossa muut tilat sisältävät liiketilan tai myymälän yhteydessä olevan taukhuoneen, toimiston, varastotilan tai muun vastaavan tilan. Mittaus- ja inventointivaiheessa tiedonkeruulomakkeelle kirjatut kiinteistön yleistiedot ja kiinteistössä havaitut paloturvallisuuslaitteet on luetteloitu kaikkien kiinteistöjen osalta liitteessä 5.

4.2 Palokuorman koostumus

Yleisesti voidaan päätellä liikerakennusten palokuorman koostuvan liiketilassa hallitsevan materiaalin perusteella. Esimerkiksi kirjakaupan palokuormasta suurimman osan muodostaa paperi ja vaatekaupan palokuormasta tekstiilit. Joissakin tapauksissa kuitenkin liikkeen kalustuksella tai pintamateriaaleilla voi olla niin suuri vaikutus, että niistä muodostuu palokuorman suurin osuus. Kuviossa 3 voidaan verrata liiketilojen kiinteän palokuorman osuutta kokonaispalokuormaan. Taulukossa 7 on esitetty liiketilojen palokuorman prosentuaalinen määrä pääryhmittäin. Liiketilassa olevat koneet ja laitteet on huomioitu sarakkeeseen *sekalaista*. Kiinteä palokuorma muodostuu rakenteissa olevista palavista materiaaleista, kuten seinäverhouksessa käytetystä lastulevystä tai laminaattilattiasta.

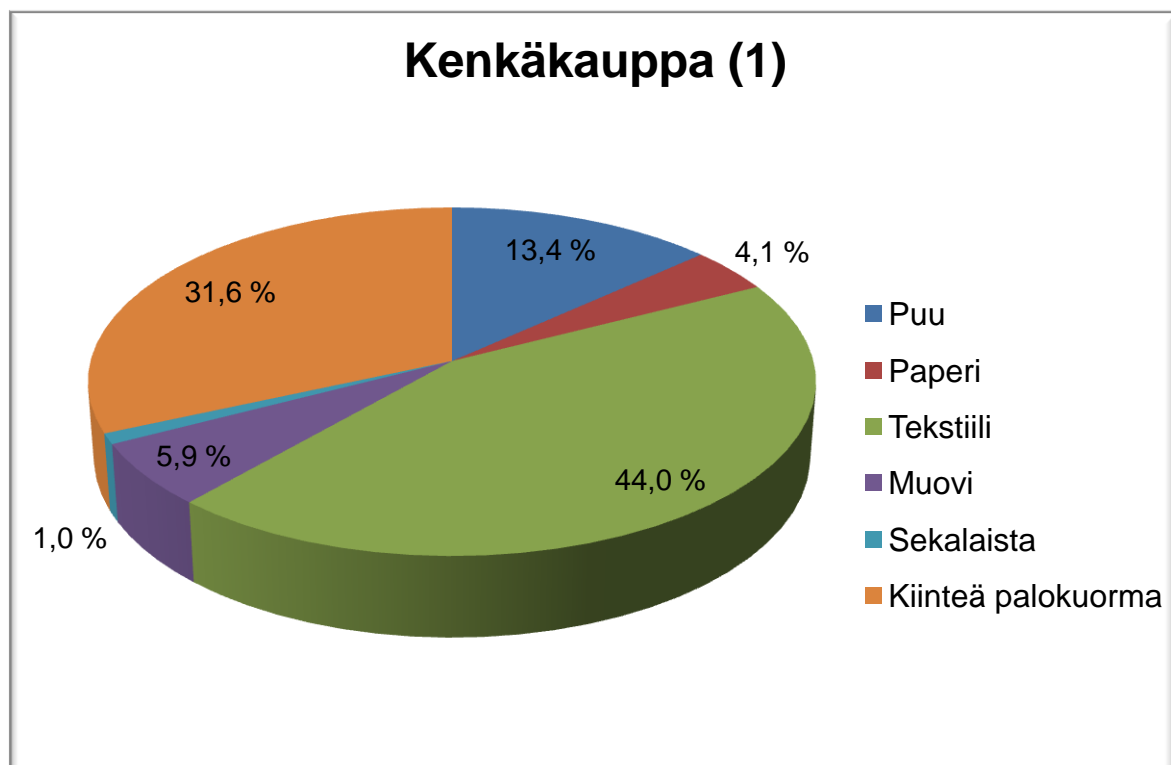


KUVIO 3. Kiinteän palokuorman osuus verrattuna palokuormaan.

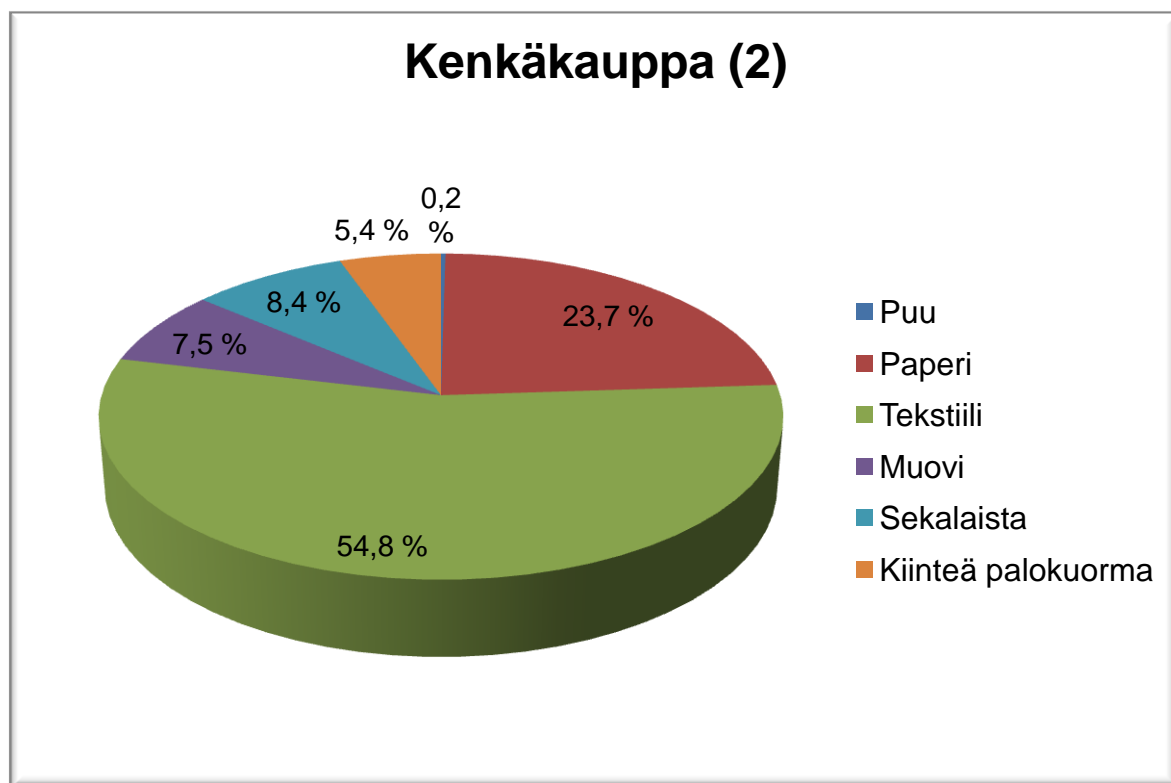
TAULUKKO 7. Liiketilöjen palokuorman määrä pääryhmittäin (%)

Kohde nro.	Liiketyyppi	Puu	Paperi	Tekstiili	Muovi	Sekalaista	Kiinteä palokuorma
1	Lelukauppa	17,7	7,9	3,2	33,8	1,7	35,8
2	Videovuokraamo (1)	4,5	3,5	4,7	39,9	6,8	40,6
3	Urheiluvälinekauppa	6,0	3,3	48,4	17,4	1,1	23,8
4	Kangaskauppa	15,3	4,5	54,7	0,8	1,1	23,5
5	Optikko	11,0	1,3	7,9	15,1	14,7	50,1
6	Kirjakauppa (1)	9,1	66,1	0,4	12,5	1,3	10,6
7	Videovuokraamo (2)	4,0	1,7	0,6	91,0	2,8	0,0
8	Kenkäkauppa (1)	13,4	4,1	44,0	5,9	1,0	31,6
9	Kirjakauppa (2)	26,4	46,8	0,2	9,4	1,8	15,4
10	Vaatekauppa (1)	6,8	0,5	55,3	5,4	2,4	29,7
11	Kenkäkauppa (2)	0,2	23,7	54,8	7,5	8,4	5,4
12	Laukkukauppa	2,3	0,2	49,5	42,1	1,3	4,5
13	Vaatekauppa (2)	38,9	0,1	26,3	16,8	1,7	16,2
14	Kemikalio	13,1	0,1	0,8	18,3	36,6	31,0

Kuviot 4 ja 5 esittävät graafisesti kahden samantyyppisen liiketilan mittaustuloksia. Tulokset ilmoittavat palokuorman jakautumisen prosentuaalisesti pääryhmittäin. Huomattavimmat erot voidaan havaita kiinteän palokuorman suhteen sekä irtaimen puumateriaalin kohdalla.



KUVIO 4. Kenkäkaupan (1) palokuorman jakautuminen pääryhmiin prosentuaalisesti.



KUVIO 5. Kenkäkaupan (2) palokuorman jakautuminen pääryhmiin prosentuaalisesti.

4.3 Palokuorman tiheys

Mittauksista kerättyjen tietojen ja arvojen perusteella palokuorman tiheyden keskiarvo oli liiketiloissa 480 MJ/m^2 ja niihin liittyvissä muissa tiloissa 466 MJ/m^2 . Kanadassa vuonna 2003 tehdyn liikehuoneistojen palokuormatutkimuksen keskiarvo oli 747 MJ/m^2 (Zalok, Bwalya & Hadjisopocleous 2005). Tässä tutkimuksessa saatu hieman pienempi keskiarvo saattaa selittyä tutkimuskohteiden pienellä lukumäärällä.

Rakentamismääräyskokoelman osan E1 mukaan liiketilat luokitellaan palokuormaryhmään palokuorman tiheyden mukaan, joka on vähintään 600 MJ/m^2 ja enintään 1200 MJ/m^2 . Tutkimuksessa saatu keskiarvo ei tässä tapauksessa vastaa liiketilojen palokuormaryhmää. Taulukoihin 8 ja 9 on koottu tutkimuksen tarpeellisimmat tulokset.

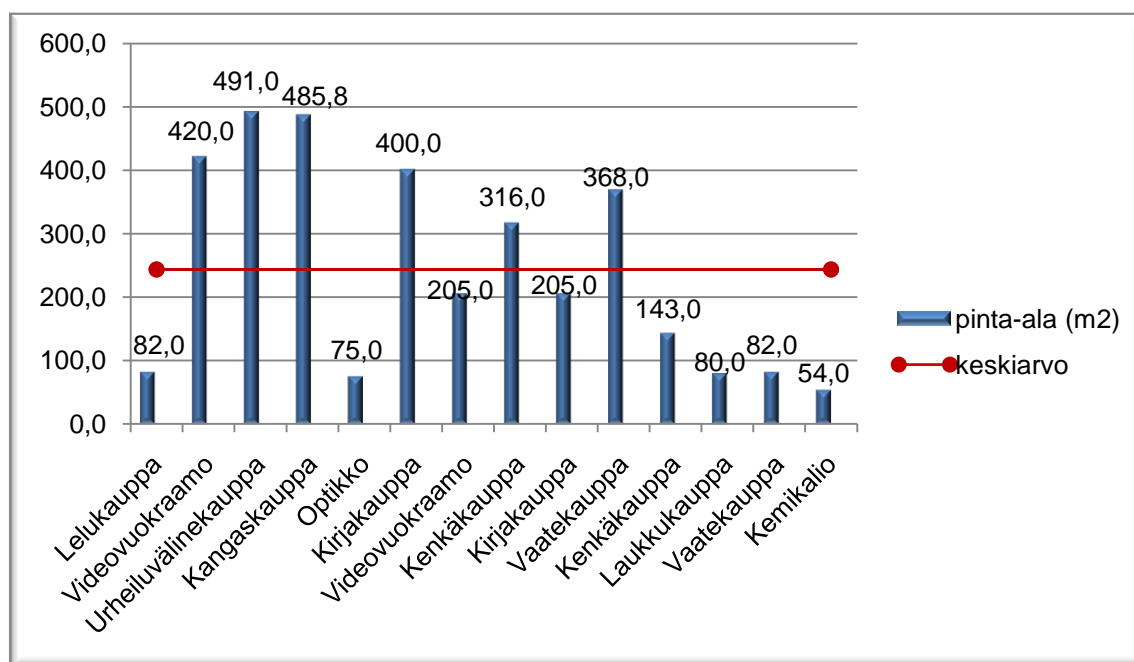
TAULUKKO 8. Pinta-ala, palokuorman tiheys ja kokonaispalokuorma liiketiloissa.

	Keskiarvo	Vaihteluväli	Keskihajonta
Lattiapinta-ala (m^2)	243	54,0-491,0	164,7
Palokuorman tiheys (MJ / m^2)	480	153,9-974,1	262,7
Kokonaispalokuorma (MJ)	105326	18349,0-355450,0	88926

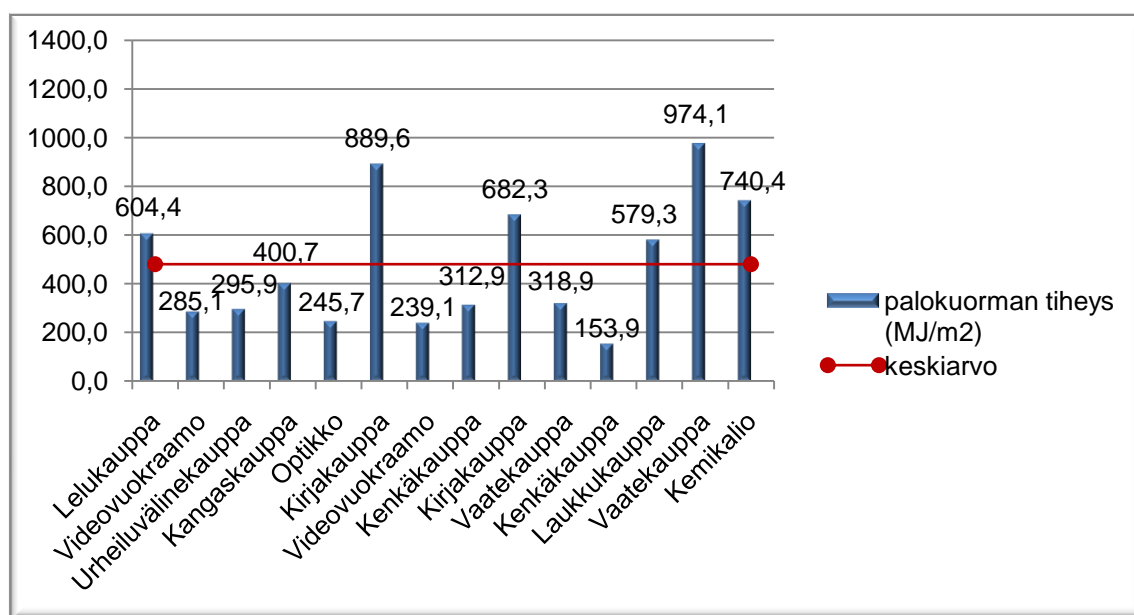
TAULUKKO 9. Pinta-ala, palokuorman tiheys ja kokonaispalokuorma muissa tiloissa.

	Keskiarvo	Vaihteluväli	Keskihajonta
Lattiapinta-ala (m^2)	32	7,5-107,5	30,1
Palokuorman tiheys (MJ / m^2)	466	157,6-738,1	180,2
Kokonaispalokuorma (MJ)	14024,8	4837,5-59105,0	14995,3

Seuraavissa kuvioissa on pyritty graafisesti havainnollistamaan liiketilojen pinta-
alat (kuvio 6) ja palokuorman tiheys (kuvio 7) sekä niistä saadut keskiarvot.. Lat-
tiapinta-alan kohdalla suurin kohde oli kohde numero 3, urheiluvälinekauppa ja
palokuorman tiheyden osalta suurimman arvon tuotti kohde numero 13, vaate-
kauppa. Kuvioista voidaan myös havaita, että lattiapinta-alan osalta pienimmän
kohteen palokuorman tiheys on joukon toiseksi suurin. Näin ollen voidaan päätellä,
että liiketilan koko ei ole suoraan verrattavissa palokuorman tiheyden määrään.



KUVIO 6. Liiketilojen pinta-alat ja pinta-alojen keskiarvo.



KUVIO 7. Liiketilojen palokuorman tiheys ja saatu keskiarvo.

4.4 Palokuorman tiheys eri toimialojen liikkeissä

Mikäli tutkimuskohteita saatiin samalta toimialalta useampia, voitiin näistä tehdä keskiarvojen perusteella taulukon 9 mukainen yhteenveto. Saatuja keskiarvoja tiheyden osalta voidaan verrata Sveitsissä vuosina 1967–1969 tehtyyn palokuorman tutkimukseen (Buchanan 2002). Sveitsissä tehdyissä tutkimuksissa palokuorman tiheydeksi kirjakaupalle saatiin 1000 MJ/m² ja kenkäkaupalle 500 MJ/m². Lähes samaan arvoon tuloksissa päästiin vaatekaupan osalta, missä Sveitsin tutkimuksissa saatiin keskiarvoksi 600 MJ/m². Sveitsissä tehtyä tutkimusta voidaan pitää tilastollisesti erinomaisena vertailukohtana, koska tutkimuskohteita yhtä toimialaa kohden oli minimissään 10–15 ja normaalisti yli 20 kappaletta.

TAULUKKO 10. Yhteenveto eräiden toimialojen liiketilojen lattiapinta-alan ja palokuorman tiheyden keskiarvoista.

Liiketyyppi	Lattiapinta-alan keskiarvo (m²)	Tiheyden keskiarvo (MJ / m²)
Videovuokraamo	312,5	262,0
Kirjakauppa	302,5	785,5
Kenkäkauppa	229,5	232,5
Vaatekauppa	225,0	646,0

5 YHTEENVETO

Liikerakennusten palokuormien inventaariotutkimuksella kerättiin tietoa liiketiloissa olevasta palokuorman määrästä niin kiinteään kuin irtaimen palokuorman osalta. Tutkimuksen työläin vaihe oli mittauksien ja materiaalien inventointi liiketiloissa. Tutkimukseen pyrittiin saamaan hieman yli 30 tutkimuskohdetta tilastollisen tarkastelun pohjaksi. Koska tämä tutkielma on tehty opinnäytetyönä ja ajan käyttö oli täten rajallinen, tutkielmassa on tarkasteltu 14 erikoistavarakaupan mittaustuloksia.

Liiketiloissa tehty materiaalien inventointi tehtiin punnitukseen tai silmämääräisesti arvioimalla materiaalien massa. Mikäli inventointivaiheessa on tapahtunut virheitä, ne luultavasti liittyvät silmämääräiseen arviointiin ja tutkimuksen tekijöiden tulkinta-eroihin. Inventoidut materiaalit jaoteltiin pääryhmittäin *puu, paperi, tekstiili, muovi* ja *sekalaista*. Ryhmäjako oli inventointi vaiheessa toimiva eikä suurempia vaikeuksia ilmaantunut. Materiaalien jaottelua ryhmään *sekalaista* pyrittiin välttämään mittaustulosten tulkinnan helpottamiseksi. Tulosten tarkasteluvaiheessa ryhmään *sekalaista* on laskettu koneiden ja laitteiden sisältämä palokuorma. Mikäli jokin materiaali oli pääryhmää tarkemmin tunnistettavissa, tehtiin siitä huomio tiedonkeruulomakkeelle.

Mittaustulosten perusteella saatiin liiketilojen palokuorman tiheydeksi 480 MJ/m^2 . Tutkielmassa saatu palokuorman tiheyden arvo on jonkin verran pienempi kuin Kanadassa vuonna 2003 palokuormatutkimuksessa saatu palokuorman tiheys 747 MJ/m^2 . Tiheyksien ero selittyy luultavasti tässä tutkielmassa tarkasteltujen mittaustulosten vähäisellä määrällä. Mittaustuloksien tarkkuutta voidaan parantaa lisäämällä tutkimuskohteiden määrää. Tulosten tarkastelu osoittaa, että kiinteällä palokuormalla on suuri osuus kokonaispalokuorman määrään. Tämä on tärkeä kohta toiminnallisen palomitoituksen suunnittelussa ja näin ollen jatkuvalla palokuormatutkimuksella saadaan hyödyllistä tietoa suurten kohteiden suunnitteluun.

LÄHTEET

- Buchanan, A. 2002. Structural Design for Fire Safety, Chichester, England. John Wiley & Sons LTD.
- E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2002. Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö.
- Heikkilä-Kauppinen, M. & Kauppinen, T. 2003. Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa. Ympäristö-opas 39, Ympäristöministeriö. Helsinki: Edita Prima Oy
- Korpela, K. 1999. Toimistorakennusten palokuormat. Diplomityö. Espoo. Teknillinen Korkeakoulu.
- Metsä, H. (toim.) 2009. Palo- ja rakennuslainsäädäntö. Nummela: Suomen Kalenterit Oy.
- RT 07-10598. 1996. Rakennustarvikkeiden ainetiheyksiä sekä tavarakuormia. Rakennustieto Oy.
- Ruukki. 2008. Rakenteiden toiminnallinen palomitoitus. [WWW-dokumentti]. Ruukki Oy. [Viitattu 11.2.2010]. Saatavissa: [http://www.ruukki.com/www/materials.nsf/0/212764A1FDBFB673C225753C0046F56C/\\$File/Datasheet_Rakenteiden%20toim%20palomit_web.pdf?openElement](http://www.ruukki.com/www/materials.nsf/0/212764A1FDBFB673C225753C0046F56C/$File/Datasheet_Rakenteiden%20toim%20palomit_web.pdf?openElement).
- Siikanen, U. 1996. Rakennusfysiikka. Helsinki: Rakennustieto Oy
- Suhonen, S. (toim.) 2006. Palo- ja pelastussanasto. Helsinki: Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö ry. Suomen Palopäällystiiliitto.
- Thauvoye, C., Zhao, B., Klein, J. & Fontana, M., 2009. Fire Load Survey and Statistical Analysis. London, England : International Association for Fire Safety Science.
- Tulipalosimulaatiot; ei päiväystä. Palonkehittyminen. [WWW-dokumentti]. Palovara.net. [Viitattu 4.3.2010] Saatavissa: <http://palovara.pelastustoimi.net/tulipalosimulaatiot.htm>.
- Zalok, E., Bwalya, A. & Hadjisopocleous, G. 2005. Medium-scale fire experiments of commercial premises. [WWW-dokumentti]. National Research Council Canada. [Viitattu 3.2.2010]. Saatavissa: <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/jrc/doc/pubs/nrcc45397/nrcc45397.pdf>.

LIITTEET

Liite 1. Esimerkki tiedonkeruulomakkeesta (kohde 1.)

Liite 2. Saate tutkimusehdokkaille

Liite 3. Yhteenveto tutkimuskohteille (kohde 7.)

Liite 4. Yhteenveto mittaustuloksista

Liite 5. Kiinteistöjen yleistiedot ja paloturvallisuuslaitteet

TIEDONKERUULOMAKE

KIINTEISTÖN YLEISTIEDOT

TUTKIMUKSEN TEKIJÄ__ Ryhmä 1. _____

PÄIVÄMÄÄRÄ__ 26.1.2010 _____

KOHDE_____ (OSOITE)

RAKENNUSTYYPPI_____ Pienkerrostalo _____ (ESIM OSTOSKESKUS)

RUNKOMATERIAALI_____ Betoni _____ (ESIM BETONI)

RAKENTEIDEN PALOSUOJAUS ON ___ EI ___ x_ (HUOM. KOHTAAN SUOJAUKSEN TYYPPI)

KERROKSIEN LUKUMÄÄRÄ__ 3 _____

PALOLUOKKA__ P1 _____ (P1,P2,P3)

ETÄISYYS PALOASEMAAN__ 1,2 _____ KM

PELASTUSSUUNNITELMA ON _____ EI _____ EI TIETOA __ x _____

PALOTEKNISET SUUNNITELMAT LIITTEENÄ__ - _____

KIINTEISTÖN PALOTURVALLISUUSLAITTEET

AUTOMAATTINEN PALOILMOITIN __ - _____

TURVA- JA MERKKIVALAISTUS __ x _____

AUTOMAATTINEN SAMMUTUSJÄRJESTELMÄ__ - _____

KUULUTUSLAITTEET _____ - _____

LAUKAISTAVA SAVUNPOISTO__ - _____

PIKAPALOPOSTIT _____ - _____

KÄSISAMMUTTIMET __ x _____

HUOM.

- Kohde 1.
- Mittauksen kesto 2 h 25 min.

LIIKKEEN TIEDOT

LIIKKEEN TYYPPI _____ Lelukauppa _____ (ESIM KIRJAKAUPA,
PÄIVITTÄISTAVARALIIKE)

KERROS __1__

MYYMÄLÄN TIEDOT

MYYMÄLÄN PINTA-ALA __82__ M²

KORKEUS __3,1__ M

TILAVUUS __254,2__ M³

AUKKOTIEDOT

AUKKO	TYYPPI (OVI/IKKUNA/ MUU)	KOKO (L x K)	MATERIAALI (ESIM LASI)	ALAREUNAN ETÄISYYS LATTIASTA
1.	ikkuna	1,7*1,92	lasi/alumiini	0,5
2.	ikkuna	7,8*1,92	lasi/alumiini	0,5
3.	oviaukko	0,82*2,1	-	-
4.	oviaukko	0,92*2,1	-	-
5.	ikkuna	3,45*0,77	lasi	2,33
6.	ovi	1,1*2,23	puu	-
7.	ovi	0,63*2,05	puu	-
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				
13.				
14.				
15.				

MUUT TILAT

TILA _____ takahuone _____ (ESIM TAKAHUONE,
KYLMIÖ)

PINTA-ALA ___7,5___ M² KORKEUS ___3,1___ M TILAVUUS ___23,25___ M³

AUKOT _____ oviaukko, ulko-ovi _____

SEINIEN PINTAMATERIAALI _____ lastulevy _____

LATTIAN PINTAMATERIAALI _____ muovimatto _____

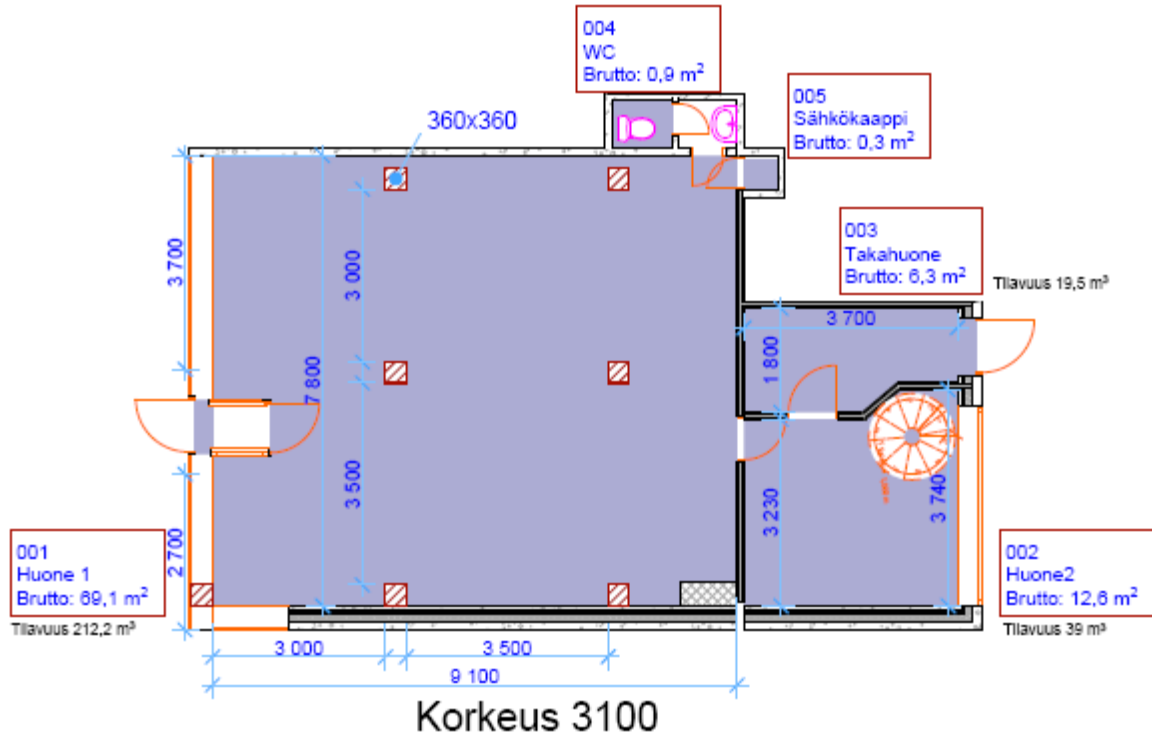
KATON PINTAMATERIAALI _____ puukuitulevy _____

IRTAIN PALOKUORMA

TAVARA	PALAVA AINE	MASSA	TILAVUUS	MUUTA
		[kg]	[m ³]	
kalusteet	puu	19		
vaatteet yms.	tekstiili	2		
käyttötavarat	muovi	3		
irtaimisto	paperi	4		
	muovi	2		
koneet:				
mikro				
kahvinkeitin				
kannettava tietokone				
minikeittiö				jääkaappi+keittolevy

HUOM. _____

POHJAPIIRROS. MIKÄLI KOHTEESTA EI OLE KÄYTÖSSÄ VALMIITA PIIRUSTUKSIA TEHDÄÄN KOHTEESTA ERILLINEN POHJAPIIRROS JOHON MERKITÄÄN PÄÄMITAT, AUKOT, HYLLYT, ALTAAT, JNE. (TARVITTAESSA KÄYTETÄÄN ISOMPAA/USEAMPAA PAPERIA)



Saate tutkimusehdokkaille

Rakennusten palokuormien inventaariotutkimus

SeAMK Rakennustekniikka, TTY ja VTT etsii tutkimusmateriaalia myymälärakennusten palokuormakartoitukseen. Tutkimuksen tavoitteena on inventoida Suomen rakennuskantaa siten, että saadaan selville tämänhetkinen tilanne, paljonko palokuormaa erityyppisissä rakennuksissa on käyttötavan mukaan. Kyseessä on paloturvallisuuteen oleellisesti liittyvä empiirinen tutkimus.

Tulosten soveltaminen ei ole rajoittunut vain rakenteelliseen paloturvallisuuteen, vaan oikea tieto rakennusten palokuormasta on välttämätön lähtötieto myös poistumisturvallisuutta arvioitaessa ja suunniteltaessa sekä savunpoistoa mitoitettaessa. Nämä ovat välttämättömiä toimenpiteitä suurten kohteiden suunnittelussa.

SeAMK Rakennustekniikka kartoittaa myymälärakennusten palokuormia ja tutkimusaineistoksi tarvitaan myymälätiloja ja niihin liittyviä muita tiloja esimerkiksi takahuoneet ja kylmiöt. Tutkimuksessa määritetään tutkittavasta tilasta palavat materiaalit, mitataan niiden määrät ja mitataan myymälätilassa olevien ikkuna- ja oviaukkojen mitat. Materiaalien määrittäminen tapahtuu silmä- ja käsivaraisesti materiaaleja vahingoittamatta. Mittaukset suoritetaan mittanauhalla ja pienillä vaaoilla tai muilla vastaavilla välineillä.

Etukäteen tehtäviä valmisteluja varten olisi hyvä saada kopiot tutkittavien tilojen pohjapiirustuksista sekä myymälän paloturvallisuudesta vastaavan henkilön yhteystiedot. Mittaukset tehdään myymälän normaaleina aukioloaikoina mahdollisimman vähän häiriöitä aiheuttaen. Mittaukset pyritään aloittamaan tammikuun aikana.

Tutkimukseen on tarkoitus saada tilastollisesti merkittävä määrä myymälärakennuksia ja niistä saadut tiedot ja tulokset käsitellään luottamuksellisesti siten, ettei yhteenvedoista voi yksilöidä mitään tutkittua kohdetta.

Pyydämme lupaa suorittaa kyseinen mittaus myymälässänne. Toivomme ystävälliset vastauksenne sekä toivomuksenne mittausajankohdasta yhteyshenkilöllemme Jyrki Hööpäälle viimeistään 29.1.2010. Otamme myöhemmin yhteyttä ja sovimme tarkemmin mittausajankohdasta. Lisätietoja tutkimuksesta saa Projektipäällikkö Veli Autiolta.

Rakentavaa yhteistyötä toivoen

Projektipäällikkö

Veli Autio

veli.autio@seamk.fi

040 830 4162

Rakennustekniikan opiskelija

Jyrki Hööpä

jyrki.hoopakka@seamk.fi

050 535 2408

YHTEENVETO TUTKIMUSKOHTEILLE

KIINTEISTÖN YLEISTIEDOT

Rakennustyyppi	Liike- ja asuinrakennus
Runkomateriaali	Betoni
Kerroksien lukumäärä	5
Paloluokka	P1
Etäisyys paloasemaan	1,0

KIINTEISTÖN PALOTURVALLISUUSLAITTEET

Havaitut laitteet (X)	
Automaattinen paloilmoitin	X
Automaattinen sammutusjärjestelmä	
Laukaistava savunpoisto	X
Käsisammuttimet	X
Turva- ja merkkivalaistus	X
Kuulutuslaitteet	
Pikapalopostit	

LIIKKEEN TIEDOT

Liikkeen tyyppi	Videovuokraamo	
kerros	1	
myymälän pinta-ala	205	m ²
myymälän korkeus	4,2	m

TULOKSET

Palava kiinteä materiaali (rakenteet)	0	kg		
Palava irtain materiaali	1313	kg		
Palavaa materiaalia liiketilassa yhteensä	1313	kg		
Palavaa materiaali / lattia pinta-ala	6,4	kg / m ²		
Palokuorman jakautuminen ryhmittäin (%)				
PUU	PAPERI	TEKSTIILI	MUOVI	SEKALAISTA (sis. Koneet ja laitteet)
3,96	1,66	0,57	90,99	2,82

HUOM.

Suurin osuus palokuormasta keskittynyt kassan läheisyyteen.

YHTEENVETO MITTAUSTULOKSISTA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kohde nro.	Kohde- tyyppi	Lattia- pinta-ala	Tilan korkeus	Palo- kuorma	Puu	Paperi	Tekstiili	Muovi	Sekalaista	Kiinteä p.kuorma	Palokuor- man tiheys
		(m ²)	(m)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(MJ/m ²)
LIIKETILAT											
1	Lelukauppa	82,0	3,1	49561	8750	3927	1580	16736	840	17728	604,4
2	Videovuokraamo	420,0	3,8	119736	5343	4233	5600	47816	8078	48667	285,1
3	Urheiluvälinekauppa	491,0	3,0	144814	8729	4709	70113	25187	1600	34476	295,9
4	Kangaskauppa	485,8	4,2	194157	29739	8806	106168	1568	2180	45696	400,7
5	Optikko	75,0	4,2	18349	2013	238	1440	2771	2700	9188	245,7
6	Kirjakauppa	400,0	4,4	355450	32410	234804	1532	44384	4520	37800	889,6
7	Videovuokraamo	205,0	4,2	49017	1943	816	280	44598	1380	0	239,1
8	Kenkäkauppa	316,0	3,2	98575	13160	4080	43399	5824	980	31132	312,9
9	Kirjakauppa	205,0	2,7	139864	36974	65450	257	13088	2570	21525	682,3
10	Vaatekauppa	368,0	3,9	116975	7896	527	64664	6272	2840	34776	318,9
11	Kenkäkauppa	143,0	3,1	21864	53	5185	11974	1632	1830	1190	153,9
12	Laukkukauppa	80,0	3,0	46346	1050	102	22954	19520	620	2100	579,3
13	Vaatekauppa	82,0	2,8	79875	31098	85	21000	13376	1380	12936	974,1
14	Kemikalia	54,0	2,8	39981	5250	51	320	7328	14640	12392	740,4

KIINTEISTÖJEN YLEISTIEDOT JA PALOTURVALLISUUSLAITTEET

Liite 5.

Kohde nro.	Liiketyyppi	Kiinteistön yleistiedot							Kiinteistön paloturvallisuuslaitteet (X = havaittu laite)					
		Rakennus- tyyppi	Runko- materiaali	Rakenteiden palosuojaus	Liikkeen sijainti/ kerroksien lukumäärä	Palo- luokka	Etäisyys palo- asemaan (KM)	Pelastus- suunnitelma	Autom. paloilmoitin	Autom. sammutus- järjestelmä	Laukaistava savun- poisto	Käsisam- muttimet	Turva- ja merkki- valaistus	Pikapalo- postit
1	Lelukauppa	pienkerrostalo	betoni	ei	1 / 3	P2	1,2	ei tietoa				x	x	
2	Videovuokraamo (1)	liikeyraken- nus	betoni	ei	1 / 2	P2	1,5	ei tietoa	x			x	x	
3	Urheiluvälinekauppa	ostoskeskus	betoni	ei	3 / 3	P1	1	on	x	x	x	x	x	
4	Kangaskauppa	ostoskeskus	puu	ei	1 / 1	P1	2	ei tietoa	x		x	x	x	
5	Optikko	ostoskeskus	betoni/teräs	on	2 / 3	P1	1,5	ei tietoa	x	x	x	x	x	
6	Kirjakauppa (1)	ostoskeskus	betoni/teräs	on	1 / 3	P1	1,5	ei tietoa	x	x		x	x	x
7	Videovuokraamo (2)	liike/asuinrakennus	betoni	ei	1 / 5	P2	1	on	x		x	x	x	
8	Kenkäkauppa (1)	liikeyraken- nus	betoni	ei	1 / 3	P2	1,7	ei tietoa	x		x	x	x	
9	Kirjakauppa (2)	liikeyraken- nus	betoni	ei	1 / 1	P2	1,5	ei tietoa	x			x	x	
10	Vaatekauppa (1)	liikeyraken- nus	betoni	ei	1 / 1	P2		ei tietoa	x	x		x	x	
11	Kenkäkauppa (2)	liikeyraken- nus	betoni	ei	1 / 2	P2	1,7	on				x	x	
12	Laukkukauppa	liikeyraken- nus	betoni	ei	1 / 5	P2	1,7	ei	x			x	x	
13	Vaatekauppa (2)	liikeyraken- nus	betoni	ei	1 / 4	P2	1,5	ei tietoa	x	x		x	x	
14	Kemikalio	liikeyraken- nus	betoni	ei	1 / 3	P2	1,5	ei tietoa	x	x		x	x	

