

Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Ilja Andrejev

MITTESÜTTIVATE TEKSTIILIDE KASUTAMINE  
ÜHISKONDLIKES HOONETES

Lõputöö

Juhendaja:

Andres Talvari, professor

Tallinn 2011

# LÕPUTÖÖ ANNOTATSIOON

Kolledž: Päästekolledž	Kuu ja aasta: Juuni 2011
Töö pealkiri: Mittesüttivate tekstiilide kasutamine ühiskondlikes hoonetes	
Töö autor: Ilja Andrejev	Olen nõus oma lõputöö kättesaadavaks tegemisega elektroonilises keskkonnas
Allkiri:	
<p>Lühikokkuvõte:</p> <p>Antud lõputöö on kirjutatud teemal "Mittesüttivate tekstiilide kasutamine ühiskondlikes hoonetes". Lõputöö põhiosa pikkuseks on 42 lehekülge. Lõputöö sisaldab 7 tabelit ja 2 joonist. Töö on kirjutatud eesti keeles ja võõrkeelne kokkuvõte vene keeles.</p> <p>Paljud riigid on karmistanud tuleohutusnõudeid ja üha rohkem pööratakse tähelepanu mitmesuguste tekstiiltoodete tuleohutusele, näiteks ühiskondlike hoonete sisustusmaterjalid.</p> <p>Probleem on seotud mitme aspektiga: suur hulk inimkonna poolt kasutatavatest materjalidest on süttivad ja põlevad, põlengutes hukuvad inimesed ja tekivad suured materiaalsed kahjud, paljud materjalid ja tooted, nagu kodutekstiilid, ühiskondlikes hoonetes kasutatavad tekstiilsed sisustusmaterjalid kujutavad endast tulekahju korral süttides inimesele ohtu. Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli selgitada välja mittesüttivate tekstiilide ühiskondlikes hoonetes kohustusliku kasutamise otstarbekus Eestis ja anda ettepanekud mittesüttivate tekstiilide kasutamisele rakendamise viisist.</p>	
Võtmesõnad: Looduslikud kiud, keemilised kiud, mittesüttivad tekstiilid, kuumakindlad kiud, hapnikupiirindeks LOI, ühiskondlikud hooned, leegiaeglustid, statistika	
Võõrkeelsed võtmesõnad: Noncombustible textile, natural fibers, man-made fibers, flame retardant, high-temperature textiles, limiting oxygen index, негорючие ткани, горение; природные, синтетические, жаростойкие ткани, общественные здания	
Säilitamise koht:	
Kaitsemisele lubatud	Allkiri:
Kolledži direktor: Margus Möldri	
Vastab lõputöö nõuetele	
Juhendaja: Andres Talvari	Allkiri:

## SISUKORD

LÕPUTÖÖ ANNOTATSIOON .....	2
SISUKORD .....	3
MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU .....	5
SISSEJUHATUS.....	6
1. KIUDUDE LIIGITUS .....	8
1.1. Liigitus päritolu järgi .....	8
1.2. Keemiline liigitus .....	8
1.3. Looduslikud kiud .....	9
1.3.1. Loomsed kiud .....	9
1.3.2. Taimsed kiud .....	11
1.4. Keemilised kiud .....	13
1.4.1. Tehiskiud .....	13
1.4.2. Sünteeskiud.....	14
2. KUUMAKINDLAD KIUD .....	15
2.1. Polüamiid.....	15
2.2. Aramiidid.....	15
2.3. Polüester .....	16
2.4. Modakrüül .....	16
3. TEKSTIILIMATERJALI SÜTTIMIS- JA PÕLEMISKINDLUSE SUURENDAMINE.....	17
3.1. Põlemisprotsess .....	17
3.2. Termiline püsivus .....	20
3.3. Süttimist ja põlemist tõkestavate omaduste andmine tekstiilmaterjalides .....	22
3.4. Leegiaeglustide kasutamine.....	23
4. TÖÖ UURIMUSLIK OSA .....	25
4.1. Uurimistöö probleemiasetus ja uurimismeetodid .....	25
4.2. Intervjuu meetodika valik ja tulemused .....	26
4.3. Ühiskondlikes hoonetes tulekahjude statistikaandmed .....	28
4.4. Tuleohutusnõuded ühiskondlikele hoonetele .....	30
4.5. Tekstiilide klassifikatsioon süttivuseomaduse järgi .....	32
5. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD .....	34

KOKKUVÕTE.....	37
PE3IOME .....	38
VIIDATUD ALLIKATE LOETELU .....	39
TABELITE JA JOONISTE LOETELU .....	41
LISA 1. Kiudude põlemise protsess .....	42
LISA 2. Mõnede tekstiilkiudude loi-arvud .....	43
LISA 3. Pikaajalise vastupidavusega leegiaeglustid .....	44
LISA 4. Tulekahjude arvud 1998-2005 .....	45
LISA 5. Structure fires involving textiles as the initial fuel type .....	46
LISA 6. Tulekahjude arengu tendents 1998-2010 .....	47
LISA 7. Tulekahjude diagramm 2000-2010 .....	48

## MÕISTETE JA LÜHENDITE LOETELU

Mittepõlevad ained - ained, mis ei põle järjepideva soojendamise juhul kuni temperatuurini 900° C.

Raskepõlevad ained – ained, mis süttimise allika olemasolul süttivad, kuid allikast eemaldamisel on isekustuvad.

Mittesüttivad ained – ained, mis oma keemiliselt ehituselt ei reageeri hapnikuga.

Põlevad ained – ained, mis on suutelised ise süttima ning pärast süttimise allikast eemaldamist jätkavad põlemist.

Kiud – see on materjalide klass, mis koosneb materjali mittekedratud niitidest ja niitide pikkadest peenikestest lõikedest.

Hapniku piirindeks (*limiting oxygen indeks*, LOI) – minimaalne keskkonna hapnikusisalduse näitaja, mille juures materjal võib põleda. Materjalid, mille LOI on suurem kui 25, on õhus põlemisel isekustuvad. Materjalid, mille LOI on alla 25, põlevad õhus kergesti.

Ehitis – on aluspinnasega kohtkindlalt ühendatud ja inimtegevuse tulemusena ehitatud terviklik asi.

Hoone – on katuse, siseruumi ja välispiiridega ehitis.

Ühiskondlik hoone ehk üldkasutatav hoone – on inimeste jaoks vaba pääsuga hoone, mida võivad kasutada rahvahulgad. Ühiskondlikeks hooneteks loetakse avaliku otstarbega, mitteelumaju ja nende hoonete loetelu on sätestatud Majandus- ja kommunikatsiooni määrusega: vastu võetud majandus- ja kommunikatsiooniministri 26. novembri 2002 a. Määrusega nr. 10 (RTL 2002, 133, 1950) jõustunud 01.01.2003 „Ehitise kasutamise otstarvete loetelu“.

Tekstiilsed sisustusmaterjalid – kardinad, pehme mööbli või toolide polsterdus, vaibad, madratsid, tekid, padjad ning eesriietena kasutatavad kangad.

## SISSEJUHATUS

Põlemine on üks esimesi füüsika-keemiaprotsesse, millega inimene kohtus oma arengu koidu ajal. Protsess, mida valdades sai inimene suure eelise teda ümbritsevate elusolendite ja looduse tugevuste kohal.

Tulel on inimeste arengus väga oluline roll. Ühest küljest tuli annab soojust ja energiat, teisest küljest tuli põhjustab tulekahjusid, mille tagajärjed võivad olla traagilised. Paljud riigid on karmistanud tuleohutusnõudeid ja üha rohkem pööratakse tähelepanu mitmesuguste tekstiiltoodete tuleohutusele, näiteks ühiskondlike hoonete sisustusmaterjalid.

Lisaks ühiskondlike hoonete sisustusmaterjalidele on hakatud pöörama tähelepanu ka kodutekstiilide tuleohutusele. Tähtsamad tooterühmad, mida klassifitseeritakse põlemisomaduste järgi (isegi piiratakse kasutamist), on voodipesu, mööbliriie ja täitematerjal, vaibad ja kardinad. Rootsisis kehtivad tuleohutusnõuded jahi- ja matkarõivadele.

Probleem on seotud mitme aspektiga: suur hulk inimkonna poolt kasutatavatest materjalidest on süttivad ja põlevad, põlengutes hukuvad inimesed ja tekivad suured materiaalsed kahjud (nt. 5. märtsil 2009. aastal toimunud Mustika kaubanduskeskuse põlengu varalised kahjud olid Eesti Liikluskindlustusseltside andmetel üle 6 319 164 euro), paljud materjalid ja tooted, nagu kodutekstiilid, ühiskondlikes hoonetes kasutatavad tekstiilsed sisustusmaterjalid kujutavad endast tulekahju korral süttides inimesele ohtu.

Selle ohu ja põlengute vältimiseks on kiirendatud viimistlusprotsessi väljatöötamine tekstiilmaterjalide tulekindlamaks muutmiseks ja tulekindlate kiudude väljatöötamine. Kiudude tulekindlamaks muutmiseks lisatakse kiule tulekindlaid aineid või viimistletakse neid koos erinevate kemikaalidega. Arengu tulemusena on müügile tulnud tulekindel viskoos, polüesteer, aramiidid, modakrüülid jms.

Käesoleva lõputöö põhieesmärkideks on:

- Välja selgitada ühiskondlikes hoonetes mittesüttivate tekstiilide kohustusliku kasutamise otstarbekust
- Anda ettepanekud mittesüttivate tekstiilide kasutamisele rakendamise viisist

Lõputöö eesmärkide saavutamiseks on püstitatud järgmised alaesmärgid:

- Selgelt määrata kiudude liigitus, nende keemilised omadused ja koostis
- Anda ülevaade erinevate enam kasutatavate tekstiilide põlemisomaduste ja kasutusotstarbe kohta
- Uurida kui suurel määral ja kus kasutatakse mittesüttivaid tekstiile
- Võrrelda mittesüttivaid tekstiile tavatekstiilidega

Antud lõputöö koosneb viiest peatükist.

Esimeses peatükis vaadeldakse kiudude klassifikatsiooni, omadusi ja kasutusotstarvet. Samuti antakse lühike ülevaade enam kasutatavate tekstiilide kohta.

Teises peatükis autor toob näiteid tihti kasutatavatest kuumakindlatest tekstiilidest.

Kolmas peatükk sisaldab informatsiooni põlemisprotsessi ja tekstiilide tulekindluse tõstmise viiside kohta.

Neljas osa on töö uurimuslik osa, kus autor kasutab erinevaid uurimismeetodeid lõputöö eesmärkide saavutamiseks.

Viiendas peatükis teeb autor järeldusi ühiskondlikes hoonetes mittesüttivate tekstiilide kasutamise vajaduse kohta ja teeb ettepanekuid nende kasutamise kohustuse rakendamise võimaluseks.

# 1. KIUDUDE LIIGITUS

## 1.1. Liigitus päritolu järgi

Kiud – see on materjalide klass, mis koosneb materjali mittekedratud niitidest ja niitide pikkadest peenikestest lõikedest. Kiudu kasutavad looduses nii loomad kui ka taimed bioloogiliste kiudude säilitamiseks. „Kiud on üldmõiste. Tihti kiu all mõistetakse tekstiilmaterjali, mida iseloomustab hea painduvus ja pikkuse ning läbimõõdu suur suhtarv.“ Tekstiilkiududel on keeruline füüsiline struktuur ja enamikel neist on kõrgmolekulaarne mass, s.t oma keemiliselt ehituselt on nad polümeerid. (Viikna 2004:7)

Oma olemuse päritolu järgi kõiki tekstiilkiudusid võib jagada kaheks grupiks (Viikna 2004:7):

- Looduslikud kiud
- Keemilised kiud

Looduslik kiud – see on kiudaine mineraalse, loomse ja taimse päritoluga (Boncamper 2000:9).

Keemilised kiud – need on kiud, mida saadetakse keemiliselt töödeldud orgaanilistest loodusmaterjalidest või sünteetilistest polümeeridest (Boncamper 2000:9).

## 1.2. Keemiline liigitus

Kiudude keemiline liigitus on vajalik kõigepealt kiudude keemiliste reaktsioonide uurimiseks puhastamise, töötlemise ja värvimise ajal. Keemiline liigitus – see on teine kiudude gruppideks jagamisviis. Sellel juhul jagatakse aineid kahte rühma sõltuvalt nende keemilistest päritolust:

- Orgaanilised kiud
- Anorgaanilised ained

Orgaaniliste kiudude juurde kuuluvad kõik looduslikud kiud taimse ja loomse päritoluga ning mõned tehis- ja sünteeskiud. (Boncamper 2000:12)



### 1.3. Looduslikud kiud

Loodusliku päritoluga kiud ümbritsevad meid kõikjal. Juba palju tuhandeid aastaid tagasi kasutasid inimesed rõivaste valmistamiseks lisaks loomanahkadele ka looduslikke kiudaineid.

Looduslikud kiud liigitakse päritolu järgi kolme rühma:

- Loomsed ja valkkiud
- Taimsed kiud ehk tsellulooskiud
- Mineraalkiud

Mis omakorda liigitatakse alarühmadesse täpsema päritolu järgi. (Viikna 2004:7-8)

Looduslikud kiud koosnevad tselluloosist ja proteiinist. Kõik tuttavad looduslikud kiud on orgaanilised ained, mille koostisse kuuluvad süsinik, vesinik, hapnik ja lämmastik. Vinüüluga kaetud kiudu sisaldab kloor.

Kõik taimse päritoluga kiud, nagu näiteks puuvill, on süttivad. Tsellulooskiude põlemise ajal eraldub suits, süsinikdioksiid, vingugaas, vesi ja teised ained ja tekib temperatuur. Puuvilla süttimistemperatuur on 400° C. Tsellulooskiud söestub, kuid ei sula.

Võrreldes taimsete kiududega sisaldavad proteiinkiude molekulid lisaks süsinikule, vesinikule ja hapnikule suurt lämmastiku kontsentratsiooni ja väikest väävli kogust. Võrreldes puuvillaga, vill on raskesti süttiv, ta põleb aeglaselt ja seda on kergem kustutada (vt tabel 1). (Krasny 1991:32)

#### 1.3.1. Loomsed kiud

Loomseteks kiudaineteks nimetatakse kiud, mida saadakse loomadelt. Loomsete kiudude hulka kuuluvad loomade vill, karvad, jõhvid, siid ja ka suled. Kõik loomsed kiud peamiselt koosnevad valkainetest, mille koostisaineks on  $\alpha$ -keratiin, mis leidub loomade nahas, küüntes, sarvedes ja moodustab põhilise osa karvadest ning villast. Loomsete kiudude põlemise ajal võib tunda iseloomulikku karvade põlemise lõhna (vt tabel 1). Tuntumad loomsed kiud on vill ja siid. (Viikna 2004:8)

Lammas on üks vanimaid koduloomi ja villa on inimene oma riiete tegemiseks kasutanud juba üle 10000 aastat. Kirjalikud allikad väidavad, et 4000 aastat eKr olid Babüloonialased kuulsad

oma villaste toodete poolt ja kasvasid lambaid villa saamiseks. Vanim villane riie on leitud Taanis, Hiinas ja Egiptuses. (Boncamper 2000:121)

Vill on oma päritolult loomne looduslik kiud. Villaks nimetatakse laama-, kitse-, kaameli- ja teiste loomade karvad. Reeglina põhiliseks villakiuks nimetatakse lambavilla (tema osa on peaaegu 98%). Villakiud sisaldab mittevulgulise päritoluga lisandeid, nagu villavaha, rasvaineid, tselluloosseid mehaanilisi lisandeid (lehtede ja rohu tükikesed). (Кукин, Соловьев, Кобляков 1989:6-11 ja Viikna 2004:8-10)

Lambavilla kasutamist raskendavad villa väike tugevus ja võimalik vanunemine pesemisel. Enamikel juhtudel kasutatakse lambavilla kudumite ja käsitöölõnga valmistamisel. Vill ei kortsu ja seega sobib ta ideaalselt mantlite ja kostüümide valmistamiseks. Villast riie kasutatakse veel kardinade ja tekkide valmistamiseks. Villa kasutatakse toorainena nii vildi madratsipealsete, polstrite ja täitematerjalide kui ka vaipade valmistamisel. (Boncamper 2000:121)

Lambavillaste toodete triikimisel on soovitatav temperatuur 140-170° C. Temperatuuril 180° C hakkab kiud muutuma kollaseks ja seejärel lagunema. Lõplikult laguneb lambavill temperatuuril 300° C. (Boncamper 2000:133-134)

“Põlemisomaduste poolest on lambavill üsna turvaline kiud. Villa LOI-arv on 25. Seega lambavill on rasksüttiv, põleb aeglaselt, kustub leegist eemaldamisel; põlemisel levitab põlevate juuste või sulgede lõhna”. Villa isesüttimistemperatuur on 600° C. (Boncamper 2000:133-134)

Siidi kasutamine sai alguse umbes 4000 aastat tagasi Hiinas ja Indias. Hiinas sai siidist kiiresti tänu oma tekstuurile ja läikele populaarne kangas kaupmeeste hulgas. Euroopas oli siid nii nõutud, et maksis sama koguse kulda. Siidi vedu Hiinast Euroopasse oli nii aktiivne, et peamist kaubateed hakati kutsuma Siiditeeks. (Boncamper 2000:160)

Siidiks nimetatakse looduslikku kiudu, mida saadakse siidiliblika rööviku - siidiussi - tardunud eritisest. Ühes kookonis on 3000-4000 meetrit niiti, millesse röövik on kookonit moodustades mähkunud. (Viikna 2004:13 ja Кукин jt 1989:11)

Siid on üks tugevamaid looduslikke kiude. Sama jämedusega terastraat katkeb raskuse all varem kui siidikiud. See on elastne, särav ja läikiv ning peamiselt valget või kreemikat värvi. Siid imab hästi niiskust, see teeb siidi suvel jahedaks ja talvel soojaks. Tänu imamisvõimele on siidi ka kerge värvida. (Boncamper 2000:165-168)

Siid on taandajate toimele vastupidavam kui vill, aga ei ole püsiv oksüdeerijate toimele. Mehaanilisele koormusele ei pea siid vastu, siid ei talu ka kuuma temperatuuri ning ta pleegib intensiivse päikesevalguse käes, mistõttu ei ole teda soovitatav pikalt päikese käes eksponeerida. Päikesevalgus pleegitab siidi ja muudab selle kollakaks. (Viikna 2004:14)

Kõige tihedamini kasutatakse siidi läike, kerguse, pehmuse ja hea soojapidavuse tõttu rõivaste valmistamiseks. See on kõige hinnalisem looduslik kiud. Ehkki viimasel ajal kasutatakse siidi ka argirõivastes. Siidi kasutati kardinade, katete, vaipade valmistamiseks, samuti aga seinte viimistlemiseks ja polstrimaterjalina. Tänapäeval kasutatakse laialt kunsti siidi, mille omadused ületavad „looduslikku“ materjali ja see ei anna praktilisest esteetikas alla. (Boncamper 2000:170)

„Siid talub pikaajaliselt temperatuuri 120-130° C, kuid hakkab lagunema temperatuuril 170° C. Siid põleb nagu lambavill ja on üsna tulekindel kiud. Siidi LOI-arv on 23“ (vt tabel 2). (Boncamper 2000:167)

Põlemise erisused: põleb aeglaselt, kustub ise leegist eemaldamisel, põlemisel levitab nõrka põlevate juuste lõhna, põlemisjäätiks on must õhuke habras tuhk (vt tabel 1). (Boncamper 2000:64)

### **1.3.2. Taimsed kiud**

Taimsete kiudude peamine koostisaine on tselluloos. Kõige rohkem kasutatakse maailmas taimsetest kiududest puuvilla kiudu. Eestis kasvatatakse lina. Tuntumad taimsed kiud on puuvill, lina, kanep, ramjee, džuu, kapok. Taimsed kiud koosnevad peamiselt tselluloosist ja seetõttu võib nende põlemisel tunda paberi põlemise lõhna (vt tabel 1). (Viikna 2004:14)

Taimsed kiud liigitatakse selle järgi, millises taimeosas kiud kasvab: (Boncamper 2000:10)

- Seemnekiud (nt puuvill)
- Niinekiud (nt lina)
- Lehekiud
- Viljakiud

Puuvillast on rõivaid tehtud juba väga ammu. Mehhiko haudadest on leitud selle kohta tõendeid, mis on umbes 8000 aastat vanad. Kasvatama hakati puuvilla umbes 7000 aastat tagasi Indias, seejärel ka Egiptuses ja Hiinas. Kuni 19. sajandini oli puuvill luksuskaup. (Boncamper 2000:80)

Puuvill kuulub taimsete kiudude hulka. Puuvillakiudu saadakse puuvillataime kuprast, puuvillaseemne pinnalt – seega on seemnekiud. Looduslik värvus on valge. Puuvilla kasvatatakse Kesk-Ameerikas, Hiinas, Indias, Pakistanis, Usbekistanis jm. Kasvamiseks vajab ta sooja päikeselist kliimat, seega Eestis puuvilla ei kasvatata. Ta on puhas ja vaieldamatult armastatuim looduslik kiud. (Boncamper 2000:79-83)

Puuvillased rõivad on meeldivalt pehmed ja eriti nahasõbralikud. Puuvill on tähtsaim rõivaste toormaterjal ja sellel põhjusel imab ta väga palju niiskust. Seetõttu on ta ideaalne rõivaste jaoks, mida kantakse otse ihul. Puuvillast valmistatakse ka pitsi, tülli, võrku, nõeltöödeldud vilti, lausriiet jms. (Boncamper 2000:91-92)

Pikaajalisem temperatuuri mõjutamine põhjustab kiukahjustusi (isegi temperatuuril 120° C) kiu tugevus väheneb ja see hakkab muutuma kollakaks. Kiu termiline lagunemine algab temperatuuril 140° C ja lõplik lagunemine toimub temperatuuril 240° C. (Boncamper 2000:88)

Põlemisel meenutab puuvill paberit: süttib kergesti, põleb kiiresti heleda leegiga, levitab põleva paberi lõhna, põlemisjäägiks on hall tuhk (vt tabel 1). (Boncamper 2000:88)

Lina on kasvatatud juba väga kaua. Lina peetakse üheks vanemaks tekstiilitaimeks. Vanimate leidude vanuseks on umbes 7000-8000 aastat ja need on seotud kalapüügiga. Ka muumiad olid Vana-Egiptuses mässitud linase kanga ribadesse. Eesti aladel on lina kasvatatud umbes 3000 aastat. (Boncamper 2000:97)

„Linast valmistatakse käterätikuid, laudlinu, voodipesu, sisustustekstiili ja rõivaid. Tehnilistes tekstiilides kasutatakse ära lina tugevust (tõstevööd) ja kiu paisumist niiskuse toimel (tuletõrjevoolikud).“ (Boncamper 2000:105)

Pikaajalisem kuiv kuumus (220° C) kahjustab kiudu ja kiu tugevus väheneb. Lina lagunemine toimub temperatuuri vahemikul 260-320° C. Lina põleb kiiresti, heleda leegiga (vt tabel 1). (Boncamper 2000:103)

## 1.4. Keemilised kiud

Looduslikul toorainel on oma puudusi. Näiteks naturaalsed kiud on liiga lühikesed, ebapiisavalt tugevad, nõuavad keerulist tehnoloogiatöötlemist. Inimesed hakkasid otsima tooret, millest oleks võimalik saada odavam viisiga kangast, mis oleks soe nagu vill, kerge ja ilus nagu siid, odav ja praktiline nagu puuvill.

Kaasaegse keemia edusammud lubasid luua selline keemiline kiud looduslikest polümeeridest, peamiselt tselluloosist. Seda kiudu nimetatakse kunstkiuks, sünteetilisest polümeeridest kiudu aga sünteeskiuks.

Keemilised kiud liigitakse kolme rühma:

- Tehiskiud
- Sünteeskiud
- Anorgaanilised kiud

Üldiselt keemilisi kiude võib jagada kaheks grupiks. Esimesele grupile kuuluvad regenereeritud ja rekonstrueeritud kiud. Teises grupis asuvad täiesti sünteetilised kiud. Tänapäeval kõige levinum regenereeritud kiud on viskoos. Ta on moodustatud lagunenu tselluloosist ja sarnane puuvillaga põlemise ja söestumise omaduses. (Viikna 2004:7)

### 1.4.1. Tehiskiud

Tehiskiud – see on kiud, mis on saadatud keemilisel viisil looduslikust kiust. Tehiskiudude molekulide ehitus ei erine nende tootmiseks kasutatavate lähteainete molekulide ehitusest. Tehiskiudude saamiseks muudetakse looduslike lähteaineid kiukujulisteks. Esmalt kogutakse kiudude valmistamiseks sobivaid molekule sisaldavaid tooraineid, siis eraldatakse need molekulid ning lõpuks moodustatakse molekulidest kiud. Tuntumad tehiskiud on viskoos, modaal, atsetaat. (Boncamper 2000:175)

Keemiliselt koostiselt viskoos on tselluloos. Viskoosi kasutatakse kardinade, mööbliriide, vildi ja vaipade tootmisel. Uued tulekindlad viskooskiud on hea materjali valik transpordivahendites ja ühiskondlike hoonete kardinade jaoks. Tulekindlate kiudude eeliseks võrreldes muude kiududega on elektriseerumatus ja pillingukindlus. Umbes pool toodetud viskoosikogusest kasutatakse rõivaste valmistamiseks: naiste kleitide, pluuside, pükste ja särkide materjaliks, aga samuti voodririidena. Viskoossegusid kasutatakse trikootoodetes, aluspesus ja öörõivastes. Viskoosist

toodetakse lausriiet, millest valmistatakse haiglatekstiile, ühekorralinu, ja laudlinu. (Boncamper 2000:188-189)

Puhta tselluloosina on viskoos oma omadustelt väga sarnane puuvillaga. Ta talub kuumust nagu puuvill, kuid triikimistemperatuur peab olema madalam. Temperatuuril 150° C hakkab kiud kaotama oma tugevust ning kiu lagunemine algab vahemikul 185-205° C. Viskoos põleb sarnaselt puuvillaga, seega põleb kergesti, suure leegiga ja tunda on paberi põlemise lõhna (vt tabel 1). Viskoosi isesüttimistemperatuur on 420° C. (Boncamper 2000:184)

Viskoos saab muuta tulekindlaks samal viisil kui puuvillased tooted, viimistledes tulekindlate ainetega, ning viskoosist saab toota spetsiaalseid tulekindlaid kiude, mis on raskesüttivad ja kustuvad leegist eemaldamisel. Üldiselt ei ole tulekindel viimistlus pesukindel või peab vastu kõige rohkem 5-10 pesemisele. Tehiskiudude tulekindlust on püütud tekitada kiu sees: viskoosi ketruslahusele lisatakse viimases staadiumis enne ketrust põlemist takistavaid aineid. Need ained jäävad valmiskiudu tilkadena või tahkete kübekestena. (Boncamper 2000:187)

Tulekindlus vähendab mõnevõrra kiu tugevust ja niiskusimamisvõimet. Uuemad tulekindlad viskoosid säilitavad oma tulekindlaid omadusi pesemisel ega põhjusta tervisehäired. Tulekindel viskoos ei ole nii läikiv kui tavaviskoos ning seda ei saa värvida erksatesse toonidesse. Tulekindel viskoos on tavaviskoosist 3-5 korda kallim. (Boncamper 2000:187)

#### **1.4.2. Sünteeskiud**

Sünteeskiuks nimetatakse kiudu, mis on tehtud sünteetilistest polümeeridest. Sünteeskiudude valmistamine toimub põhimõtteliselt kahes etapis: (Boncamper 2000:207)

1. Madalmolekulaarsetest lähteainetes valmistatakse tekstiilkiudude tootmiseks sobivaid kõrgmolekulaarseid ühendeid (polümeere)
2. Saadud kõrgmolekulaarsetest ühenditest valmistatakse tekstiilkiude

Sünteeskiude ei liigitata alarühmadesse. Mõnikord liigitatakse molekuliahela valmistusmehhanismi järgi või ketrusprotsessi järgi. Sünteeskiudude grupile kuuluvad paljud kuumakindlad kiud: polüamiid, aramiid, polüümiid, PBI jt. (Boncamper 2000:207)

## 2. KUUMAKINDLAD KIUD

### 2.1. Polüamiid

Selliste kiudude rühma, mida toodetakse juba 1930. aastatest alates, kuuluvad vast kõige rohkem tuntud ja kasutusel olevad kuuma- ja põlemisekindlad kiulised materjalid (Boncamper 2000:213-215).

Polüamiidikiust toodetakse riidet, trikootooteid, kudumeid, pitsi, lausriiet. Polüamiidi kergus ja vastupidavus teevad sellest sobiva materjali kande- ja reisikottide valmistamiseks. Rõivastes kasutatakse polüamiidi sukkade-sokkide, spordi- ja tööriivaste valmistamiseks, see on ettenähtud riideks, aluspesuks, lasterõivasteks. Sisustusmaterjalina polüamiidi kasutatakse voodririide, kardinariide, vaipade valmistamiseks. (Boncamper 2000:222-223)

„Kiu põlemisel see sulab, moodustab lõnga otsa kerakese ja põleb. Leegist eemaldamisel põlemine tavaliselt ei jätku. Põlemise erituv lõhn meenutab selleri või põlenud luu lõhna. Põlemisjääk on kõva ja järelhõõguv“ (vt tabel 1). (Boncamper 2000:218-219)

### 2.2. Aramiidid

Aramiidid on modifitseeritud polüamiid, kus on koostises süsinikringid. Selline ehitus annab kiule termilist ja mehaanilist tugevust ning kemikaalikindlust. Kõiki neid iseloomustab kõrge kuumakindlus, mis lühikese eksponeerimise käigus võib ulatada üle 300° C, ja lisaks hea süttimis- ja leegikindlus. (Viikna 2007:23 ja 80)

Kõige tuntum aramiidkiud on Nomex. Aramiide võib jagada kaheks grupiks: meta-aramiidid ja para-aramiidid. Meta-aramiidid säilitavad oma omadusi kõrgel temperatuuril. Para-aramiide iseloomustavad hea kulumiskindlus, tõmbetugevus, vastupidavus löi- ja tõrjõududele ja kemikaalikindlus ja need kiud on samuti kuumakindlad. Para-aramiidi pikaajaliseks töötemperatuuriks loetakse 180° C ja lühiajaliseks 450° C. Aramiidi LOI arv on 28.5. (Viikna 2007: 80-82)

Võrreldes tavaliste polümeeridega aramiidide hind on mitmekordselt kõrgem. See on nende spetsiifilise kasutamise peamine põhjus (nt tuletõrjajate, keevitajate ja muud eririided). Meta-aramiide kasutatakse eelkõige tulekindlates rõivastes. Kaitserõivaid kasutatakse muuhulgas tuletõrjajad, rallisõitjad, nafta- ja keemiatööstuse töötajad, elektrikud jms. Para-aramiide kasutatakse köitena, rihmadena, komposiitmaterjalides lennukiehituses, kuulikindlates vestides ning komposiitmaterjalina maavärina piirkondades. (Boncamper 2000:226)

Nomex (meta-aramiid) nagu materjal on kristalliline termoplast. Nomex kiudusid kasutatakse pikaajalistes rakendustes madalamatel temperatuuridel (150° C) ja lühiajaliselt 300° C juures. Lagunemisreaktsiooni käivitamisel muutub kiud kollaseks ja lõpuks söestub temperatuuril 370°C. (Viikna 2007:81)

### 2.3. Polüester

Tänu heale hooldatavusele (toodet ei ole tingimata vaja triikida) polüestrit kasutatakse rõivastes. Umbes pool toodetud polüestritest läheb rõivaste tootmiseks. Polüestrit kasutatakse veel majapidamistekstiiliks, kardinatena, vildina, veel kasutatakse polüestrit vaipade, õmblusniidi, köidete ja kaablite, vati ja täitematerjali ning lausriide tootmisel. (Boncamper 2000:234)

Polüestri pehendamise temperatuur on 230-240° C ja sulamise temperatuur on 250-260° C. Polüester süttib halvasti, põleb sulades, põlemisjääk on kõva mittehõõgav kera (vt tabel 1). (Boncamper 2000:230)

### 2.4. Modakrüül

Modakrüülid on lineaarsed makromolekulid, mis sisaldavad üle 50 ja alla 85 massiprotsendi polüakrüülnitriile. Teiste sõnadega modakrüül on modifitseeritud polüakrüülnitriil. Suur erinevus seisneb paremustatud tulekindluses. Sellel põhjusel ning seoses tuleohutusnõuete karmistamisega on modakrüül välja tõrjumas polüakrüülnitritkiu kasutamist sisustusmaterjalina. Modakrüüli kasutatakse mööbliriide ja rõivaste valmistamiseks. Tulekindluse tõttu rõivamaterjalina kasutatakse modakrüüli laste öörõivastes ja hommikumantlites. (Boncamper 2000:240-242)



### 3. TEKSTIILIMATERJALI SÜTTIMIS- JA PÕLEMISKINDLUSE SUURENDAMINE

#### 3.1. Põlemisprotsess

Põlemine on põlevaine ja hapniku ühinemise keemiline reaktsioon, millega kaasneb soojuse eraldumine ja valguskiirgus. Üldiselt igapäeva elus põlemiseks võib nimetada keemilist kiiret oksüdatsiooni, kus peamist osa hõivab hapnik. Enamuste ainete süttimiseks on vajalik minimaalselt kolme komponendi olemasolu: põlevaine, oksüdeerija (hapnik) ja temperatuur (süütamise allikas). Sellest võib teha järelduse, et teatud temperatuuri juures aine, mis sisaldab oma struktuuris hapnikku või reageerib temaga, süttib. Kuid kõik materjalid põlevad erinevalt. Ainete põlemise omaduse alusel võib eristada kolm põhigruppi: süttivad, raskepõlevad ja tulekindlad ehk mittesüttivad ained. Osa süttivatest materjalidest on kergesti süttivad, osa raskesti süttivad. (Viikna 2005:69-70 ja Danilov, Devlišev, Jevtjuškin, Kimstatš 1976:7)

Kõik, mis meid ümbritseb, koosneb molekulidest. Need väikesed osakesed pidevalt mõjustavad üksteisega, kuid keemilist reaktsiooni ei toimu, kuna molekulid peavad olema erutuseseisundis. Molekulide aktiveerimiseks ja energia eraldamiseks, on vaja esialgu energia kulutada. Seda energiat kasutatakse põlevaine ja oksüdeerija vahel molekulide sidede katkestamiseks, nii, et nad hakkasid reageerima omavahel. Pärast seda toimub energia eraldus, mille kogus on mitu korda suurem võrreldes kuludega. Selline reaktsioon toimub materjali soojendamise juhul, milleks on kaks võimalust; Üks võimalus on kuumutada materjali, kuni algab iseeneslik hapniku reaktsioon ja teine – kasutada lahtist leeki. Põlemine on eksotermiline protsess, mille käigus molekulide vahel toimub ahelreaktsioon. Energia eraldub nii suurtes kogudes, et enam molekulide vahel sidede katkestamiseks puudub vajadus leegiga soojendamises. Soojust tekib nii palju, et seda jätkub tulekollet ümbritseva keskkonna soojendamiseks, mis soodustab tule edasist levikut. (Абдурагимов, Андросов, Исаева, Крылов, 1984:16-19 ja Viikna 2005:70)

Reaalsetes olukordades soojusülekanne jaoks on kolm võimalust: konduktsioon (soojusjuhtivus), konvektsioon ning kiirgus. Sisetulekahjude puhul need kõik kolm varianti toimivad koos, kuid siiski reeglina üks nendest on domineeriv. (Абдурагимов jt 1984:171)

Kuumutamise hetkest kuni süttimiseni tahketes materjalides toimuvad erinevad keemilised reaktsioonid, mille tulemusena materjal oksüdeerub ja laguneb ära. Tahkete materjalide soojendamise toimub mitmeetapiliselt. Esialgu, temperatuuri mõju all, aine hakkab aegapidi soojenema kuni temperatuurini, mille saavutades temast hakkab auruma vesi. Niiskuse aurustamise järel algab teine etapp. Juba kuiv materjal jälle hakkab soojenema kuni lagunemise temperatuurini. Lagunemise protsessi ajal atmosfääri eralduvad lenduvad produktid, mis oma korras ühinevad oksüdeerijaga, moodustades aurugaasisegu. Lõpuks, viimane etapp, on gaasisegu süütamine leegipõlenguga. (Абдурогимов jt 1984:171-172)

Selleks, et põlemisprotsess toimuks, on vajalik hapnik, mille sisaldus õhus on tavaliselt 21%. Kuid on teada materjale, mis võivad põlema hapniku vaeses keskkonnas. Selle alusel kõiki materjale võib klassifitseerida sõltuvalt nende põlemiseks vajaliku hapniku kontsentratsioonist. Hapniku piirindeksi (LOI) abil on võimalik määrata kiude põlemiseks tendents sütte allika eemaldamise pärast. Mida suurem on kiude LOI arv, seda suurem on tõenäosus, et pärast sütte allika eemaldamist ta ise kustub. LOI näitab vajalikku hapniku kontsentratsiooni hapniku-lämmastiku segus materjali pikaajalise põlemise toetuseks, juhul kui materjal oli põlema pandud vertikaalses asendis, materjali ülaosas. Näiteks, puuvilla LOI on 19. See tähendab, et kui hapniku kontsentratsioon õhus langeb vähem kui 19 %, siis sütte allika puudumise korral puuvill kustub. Suure LOI näitaja ja süttimise kõrge temperatuuriga kiud on võimalik ohutult kasutada riietuse ja furnituuri jaoks. (Viikna 2005:71-72)

Iga tahke materjali põlemise ajal atmosfääri eralduvad põlemisproduktid, mille koostis otseselt sõltub põleva materjali koostisest ning tingimusest, milles toimub põleng. Põlemise ajal kõigepealt suures koguses eraldub süsinikoksiid, süsihappegaas ja lämmastikoksiid, mis järkjärgult täidavad kogu ruumi, kus põlemine toimub, ja seega ruumis tekkivad inimeste elule ohtlikud kontsentratsioonid. Kaasaegses maailmas on leiutatud palju uut materjali ja tekstiili, mis on saadud kunstliku viisiga. Tihti need ained on tunduvalt odavamad, loodusliku päritoluga võrreldes ainega, kuid põlemise ajal nad võivad eristada väga mürgiseid aineid, näiteks sinihape, fosgeen jt. (Абдурогимов jt 1984:34-38)

Suitsu eraldumine on eriti ohtlik inimeste elude jaoks juhul, kui põleng toimub kinnises ruumis. Sisetulekahju korral suits kiiresti täidab kogu hoone ruumala ja toksiliste ainete kontsentratsioon tõuseb väga kiiresti. Eriti ohtlikud sisetulekahjud on hoonetele, kus viibib palju inimesi. Näiteks hotellid, ööklubid, kinoteatrid jms. Suitsu tekkimisega inimeste seas võib tekkida paanika, mille tulemusena tõuseb inimeste seas ohvrite arv. Suits on põlevproduktide ja gaaside segu, ta on õhust kergem ja seetõttu eriti suure kontsentratsiooniga suits tekib ruumide ülaosas. Suits kiiresti

levib lahtiste avade, šahtide ning ventilatsiooni kaudu naaberruumidesse ja aegapidi haarab kogu hoonet. Samuti suits võib levida lael, põrandas ja seintes asuvate prao ja augu kaudu. Konvektsiooni abil temperatuur ja põlemisproduktid levivad keldrist pööningule, mille tulemusena seal võib tekkida uus tulekolle. Suitsu ja põlemisgaaside segu avaldab kahjulikku mõju materjalidele ja konstruktsioonidele, kutsudes esile nende lagunemist ja deformatsiooni. Esikutesse või trepikotta jõudes, suits löikab inimeste jaoks teed päästmiseks. On tuntud juhtumeid, kus alumisel korrusel põlemise pindala ei olnud suur, vaid evakuatsiooniteede suitsutamise tõttu suri inimesi, kes katsus minna välisõhku. Sellepärast on väga tähtis hoones evakuatsiooniteed kaitsta. (Danilov jt 1976:23-25)

Suitsu toksilisusega koos inimeste elule ja tervisele tekitab ohtu ka hapniku sisalduse vähendamine õhus. Põlemine ja põlemisproduktid põletavad hapnikku, seega vähendades tema kontsentratsiooni ruumis. Tavalises olukorras hapnikusisaldus õhus on umbes 21%, juhul kui see näitaja langeb 14-16 %, inimestel tekib hapnikunälg, alla 9 % hapniku kontsentratsiooni lagunemine õhus on eluohtlik inimeste jaoks. (Danilov jt 1976:27)

Oksüdeerijaga põlevaine keemilise reaktsiooni vastastikuse mõju produkte nimetatakse põlemisproduktideks. Eralduvad täieliku ja mittetäieliku põlemise produktid. Juhul kui põlemistsoonis saabuv õhk on piisavas koguses, siis toimub täielik põleng, mille põlemisproduktina moodustuvad niisugused ained, nagu süsinikdioksiid, veeaurud, lämmastik, vääveldioksiid. Sisetulekahju tingimustes reeglina toimub mittetäielik põlemine. See on tingitud sellega, et täieliku põlemise jaoks vajalik õhu kogus ei jõua vahetult põlemise tsoonisse. Tulemusena ruumis tekkivad mittetäieliku põlemise produktid, näiteks süsinik, süsinikoksiid jt, mis õhuga segunedes võivad moodustada põlev- ning isegi plahvatusohtlikke segusid. (Danilov jt 1976:25 ja Абдурагимов jt 1984:34-35)

Nagu eespool oli juba mainitud, suitsu toksilisus sõltub temas asuvatest põlemise produktidest, mille sisaldus otseselt sõltub põlevamaterjalist ja põlemise tingimustest. „Rohkesti leidub suitsu koostises toksiliste omadustega auruseid ja gaase plastmasside, kautšuki ning sünteetiliste kiudainete ja vaikude põlemisel.“ (Danilov jt 1976:25)

Kaasaaegsete materjalide koostisesse tihti kuuluvad tsüaniidid, seega tulekahju korral on alati tsüaniidiga mürgistuse oht. Tsüaanhape (vesiniku tsüaniid) ja tema soolad on väga mürgised, isegi väike kontsentratsioon võib olla eluohtlik. Teine tulekahju korral kõige tihti kohtav mürgine aine on vingugaas, mis tekib mittetäieliku põlemise juhul. Vingugaas ja tsüaanid sattuvad inimeste organismi sissehingamisel. Kopsudesse sattudes sissehingatud aine imeb veresüsteemi

sisse, seega rikkudes organismi tööd. Vingugaas ja tsüaanid blokeerivad hapniku liikumist kopsudest teiste inimese siseorganitesse ja rakkudesse. (Talvari 2006:67)

Suitsu koostises toksiliste ainete olemasolu, teeb suitsu sissehingamist juba väikeste kontsentratsioonide puhul eluohtlikuks. Nii, näiteks, 300 sekundi jooksul õhu hingamine, mis sisaldab CO 0.4%, võib tekitada surma. CO<sub>2</sub> sisaldavas suitsukeskkonnas kontsentratsiooniga 8-10% viibimine kutsub esile teadvuse kadu ja surma. (Абдурагимов jt 1984:41)

Samuti suurt ohtu inimeste eludele tekitab suitsu temperatuur. Nii, põlemistsoonist väljuva suitsu temperatuur võib saavutada 1000° C, kuigi keskkonna kriitiline temperatuur, milles inimene võib pikaajaliselt viibida, on ainult 60° C. (Абдурагимов jt 1984:41)

Niimoodi suits ohustab inimesi mitmetel põhjustel:

- Suitsu koostises olevate põlemisproduktide toksilisus ja mürgisus
- Kõrge temperatuur
- Suitsu tihedus, mis vähendab nähtavust, raskendab inimeste evakueerimist ning päästjate tegevust tulekahju kustutamisel
- Põlev- ning plahvatusohtlike mittetäielike põlemisproduktide moodustamine

### 3.2. Termiline püsivus

Kogu oma eksisteerimise aja kestel tootmise, kasutamise, hoolduse ja nii edasi ajal mõjutavad erinevad temperatuurid pidevalt tekstiilmaterjale. Seega peab tekstiilmaterjal olema püsivaks kõikide tuntud temperatuuride mõju toime vastu, mida leidub tavalistel eksploateerimistingimustel. Püsivuse all mõistetakse kiu poolt oma omaduste säilitamist kindla temperatuuri toime all. (Boncamper 2000:38)

Kiudude termilist püsivust võib märgistada kahe viisiga. Esimesel viisil määratakse termilist püsivust läbi vaadates eraldi võetud kiu omaduse muutmist temperatuuri toime all. Näiteks elastsuse sõltuvus temperatuurist. (Boncamper 2000:38)

Teine viis on vaadata tähtsaid piirjuhtumeid läbi kui kasutamise, töötlemise või ohutuse seisukohalt (Boncamper 2000:38).

Selles mõttes pakuvad huvi:

- Kiudude olemusvormi muutused
- Kiudude käitumine piirjuhtumitel
- Kiudude soojapidavus
- Kiudude käitumine põlemisel

Erinevad tekstiilliigid käituvad erinevalt temperatuuri mõju all. See sõltub otseselt polümeeri või polümeeride struktuurist, millest koosneb tekstiilmaterjal. Kuid kõikides tekstiilmaterjalides toimuvad muutused temperatuuri kõrgenemisel. Ühed kiud sulavad, teised muutuvad teatud temperatuuril vedelaks, mõned aga põlevad ära sulamiseta. (Boncamper 2000:38)

Kiudude käitumine põlemise ajal on nende üks tähtsamaid omadusi. Nii näiteks mõnedel aladel nagu päästeteenistus ja teistel on vaja kasutamiseks nimelt tulekindlaid või mittesüttivaid materjale. Tänapäeval ei ole veel leiutatud täiesti mittesüttivaid tekstiile, vaid on olemas raskesüttivad kiud ja kiud, millel on võime seista eriti kõrgetele temperatuuridele vastu. Neid kiude nimetatakse kuumuskindlateks kiududeks. (Boncamper 2000:39-40)

Kiudude põlemist käsitledes pööratakse tähelepanu mitmele asjaolule:

- Süttimispunkt
- Süttimise laad
- Põlemise laad
- Põlemise jätkumine leegist eemaldamisel
- Põlemisel tekkivad ained
- Põlemisjääd ja nende järelhõõgumine

Kiudude käitumine põlemisel on igale kiule eriomane ja seda saab kasutada abivahendina kiudude päritolu määramisel (vt tabel 3). (Boncamper 2000:39-40)

Tabel 3. Erinevate kiudude liikide põlemise omadused.

Tsellulooskiud	Kergsüttivad, kiiresti põlevad ja söestuvad
Proteiinkiid	Raskesüttivad, halvasti põlevad, söestuvad
Sünteeskiud	Vahelduvate põlemisomadustega- tavaliselt sulavad põlemisel

(allikas: Boncamper 2000:40)

### 3.3. Süttimist ja põlemist tõkestavate omaduste andmine tekstiilmaterjalides

Sõltuvalt tekstiilide kasutamise alast eristatakse kaks põlemisvastast töötlemisviisi. Esimese töötlemisviisi juurde kuuluvad tekstiilid, mida inimesed kasutavad tavaliselt igapäevaelus, näiteks dekoratiivse interjööri jaoks, kardinatena, riietusesemetena jne. Sellised tekstiilid ei sütti, kuid lagunevad lahtise leegi toime all. (Viikna 2005:73)

Teise töötlemisviisi juurde kuuluvad tekstiilid, mis peavad vastu pidama kõrgele temperatuurile. Neid tekstiile kasutatakse inimese tule eest kaitsmiseks, näiteks tuletõrje kustutusriided ja erinevates tehnoloogilistes protsessides, kus tekstiil asub kõrge temperatuuri toimel. (Viikna 2005:73)

Tekstiilidele süttimis- ja põlemiskindluse andmiseks on mitu võimalust, näiteks: (Viikna 2005:74)

- Solubilisatsioon
- Katmine
- Kopolümeerisatsioon
- Ristsidumine
- Kelaatimine
- Kovalentse sideme moodustamine

Mittesüttivate tekstiilide tootmisel kasutatakse erinevaid kemikaale ja on olemas terve rida kuumakindlaid polümeere (nt melamiin-formaldehüüd- ja fenool-formaldehüüdvaigud). Ei eksisteeri niisugust kemikaali, mis ühtviisi hästi sobiks kõikidele kiududele. Eriti raske leida õigeid aineid segakiududest kangastele. Sõltuvalt kasutatavast kemikaali ja tootmise meetodist võib süttimis- ja põlemiskindlus olla erinev. (Viikna 2005:75-76 ja Krasny 1980: 35)

Töötamise ajalise toime alusel võib eristada kaks varianti: pikaajaline püsiv ja lühiajaline. Pikaajalise töötamise korral kasutatakse P/N või Sb/X sünergilist efekti omavaid ühendeid (vt tabel 4). Lühiajalise töötamise korral toimub kangaste erinevate soolade lahustega imbumine. Selle töötamise puuduseks on see, et pärast pesemist kangas kaotab oma omadusi. (Viikna 2005:74-75)

### 3.4. Leegiaeglustide kasutamine

Mõnedes riikides leegiaeglustide kasutamine on tavaliselt kohustuslik näiteks teatri dekoratsioonides, kardinates, draperimises ja teistes ühiskondlikes kohtades, kus viibib palju inimesi. Töödeldud tekstiile kasutatakse hotellides, kinoteatrites, haiglates ja teistes hoonetes tulekahjude ennetamiseks ja inimeste eludele ja varale ohutuse eesmärgiks. (Krasny 1980:36-37)

Mõned leegiaeglustide põhjal spetsialiseeruvad firmad kasutavad standartidega nõutavaid kemikaale. Kuid mõned nendest ei või töödelda tekstiili nagu kord või kasutavad ebaefektiivseid kemikaale. Sellepärast on eriti tähtis teha koostööd usaldusväärsete firmadega või tundmatu ettevõtte korral teostada tekstiilide töötlemisele vastavuse kontrolli. Kvaliteetne töötlus peab garanteerima tekstiilide vastupidavust, vananemist pesupesemisest ja keemilisest puhastusest. Siin on mõtet seletada, et niisugune töötlus annab vastupidavust tekstiilide põlemiseks ainult väikeste tulekollete juhul, suurtes tulekahjudes nad põlevad kergesti. (Krasny 1980:36-37)

Põlevtekstiilide tulekindluse tõstmiseks kasutatava keemilise töötlemise efektid on väga erinevad ja mitte kõik faasid ei ole veel täiesti arusaadavad. Leegiaeglusteid võib jagada kahte rühma. Nende rühmade põhjal eksisteerib viis erinevat võimalust, kuidas kemikaalid või nende segud mõjutavad tulekahju levimise takistamist ja/või pidurdamist:

1. Esimene rühm – süttimise energiat neelavad leegiaeglustid:
  - Leegiaeglusti lõhustamise ajal moodustatud vabad radikaalid või molekulid reageerivad endotermiliselt ja segunevad ahelreaktsiooniga leegis. Ühesõnaga kemikaali molekulid absorbeerivad leegiga vabastatud energiat
2. Teine rühm – põlemisel eralduva energia hulka vähendavad:
  - Põlemise ajal tekivad mittepõlevad gaasid, mis tõrjuvad hapnikku põlemise tsoonist
  - Põlevate gaaside mahu vähendamine ja söestuva osa suurendamine
  - Mittepõleva kelme tekitamine, mis raskendab hapniku juurdepääsu põlemise tsoonisse
  - Koostisosakesed ühenduvad põlemisreaktsiooni muutmiseks

Reeglina leegiaeglustid mõjutavad tekstiilide põlevust üheaegselt mitme viisiga ülalmainitutest. Leegiaeglustide kasutamine tõstab tekstiilide hapniku piirindeksi. Nii, näiteks, puuvilla LOI saab tõsta 19 kuni 27 või 32 ja villa LOI – 25.2 kuni 34. (Krasny 1980:35)

Saju erinevaid kemikaale kasutatakse tekstiilide leegiaeglustitena, kuid ei ole niisugust töötlemise süsteemi, mis toimuks kõikide tekstiilide jaoks. Samuti mõned keemilised süsteemid muudavad tekstiilide omadusi, näiteks päikesekindlus, värv, paindumus, või kaotavad suure

temperatuuri mõjul või korduva pesemise juhul oma efektiivsust. Suur progress oli saavutatud nende ebasoovitavate tagajärgedega võistluses. Nii, näiteks kõige tähtsam probleem puuvilla leegiaeglustidega töötlemises on tugevuse kadu. Kuid see rahutus, et mõned leegiaeglustid võivad olla ärritavad nahka jaoks, kantserogeensed või kallid, peatab nende kasutamist. Samuti töötlemine, mis annab kaitset väikeste leekide eest, ei või anda tulekindlust sigaretilt põlengu juhul. Näiteks, puuvilla jaoks kasutatud leegiaeglustid tõstavad tema söestumise temperatuuri, kuid tihti vähendavad sigaretilt süttimise kindlust. (Krasny 1980:37-40)



## 4. TÖÖ UURIMUSLIK OSA

### 4.1. Uurimistöö probleemiasetus ja uurimismeetodid

Käesolev lõputöö on kirjutatud järgmiste probleemide alusel:

- suur hulk inimkonna poolt kasutatavatest materjalidest on süttivad ja põlevad
- põlengutes hukuvad inimesed ja tekivad suured materiaalsed kahjud
- paljud materjalid ja tooted, nagu kodutekstiilid, ühiskondlikes hoonetes kasutatavad tekstiilsed sisustusmaterjalid, kujutavad endast tulekahju korral süttides inimestele ohtu.

Lõputöö kirjutamiseks olid püstitatud järgmised uurimisküsimused:

1. Missugused ohud tulenevad tekstiilidest tulekahju korral?
2. Missugused on mittesüttivate tekstiilide kasutamise eelised ja puudused?
3. Kas on vajadus mittesüttivate tekstiilide kasutamises ühiskondlikes hoonetes?
4. Missuguseid viise rakendatakse mittesüttivate tekstiilide kasutamisel?

Uurimisküsimustele vastamiseks autor kasutas kvalitatiivse ja kvantitatiivse uurimismeetodite kombineeritud variante. Lõputöö suurem osa sisaldab kvalitatiivset uurimismeetodit, mille andmekogumismeetodiks valis autor intervjuud, tekstide ja muude dokumentide kogumise. Kvantitatiivseks uurimismeetodiks oli kasutatud ametlik statistika. Statistika andmeid saadud Statistikaameti andmebaasist, Põhja-Eesti Päästkeskuse Statistikaraamatust (2011), Sisekaitseakadeemia inseneriainete ja matemaatika õppetooli juhataja-professori Helmo Käerdi poolt ja Põhja-Eesti Päästkeskuse avalike suhete büroo juhataja Peeter Randoja poolt.

Esimesele kahele uurimisküsimusele vastamiseks autor kasutas tekstide ja muude dokumentide kogumist ja läbivaatlust, sealhulgas teaduskirjandust ja raamatuid. Nendele küsimustele vastus nõudis teaduslikku lähenemist ning erialakirjandust.

Ülejäänud küsimustele vastamiseks viis autor läbi intervjuud, analüüsis statistikaandmed ning vaatas õigusaktid ja EVS standardid läbi.

Kõik uurimismeetodite järeldused on ühendatud ja kirjeldatud antud lõputöös viiendas peatükis (käesolev töö lk 34).

## 4.2. Intervjuu metoodika valik ja tulemused

Lõputöö kirjutamise raames viis autor läbi kaks intervjuud. Intervjuu vajadus oli tingitud lõputöö eripärasusega. Intervjueeritavaks oli valitud kaks omavahel mitteseotud eksperti erinevatest valdkondadest ning küsimused olid koostatud igaühele eraldi.

Töö autor valis esimeseks intervjueeritavaks Tallinna Tehnika Ülikooli tekstiiltehnoloogia professori Anti Viikna. Intervjuu viis oli vabaintervjuu, mille käigus intervjueerija esitas vabas vormis koostatud küsimusi ja sõltuvalt olukorrast vahetas nende järjekorra. Selles intervjuus professor Anti Viikna andis oma ekspertarvamuse autori poolt püstitatud küsimustele. Intervjuu küsimused olid suunatud tekstiiltehnoloogia valdkonnale.

Intervjuust TTÜ tekstiiltehnoloogia professori Anti Viiknaga selgusid mittesüttivate tekstiilide peamised eelised ja puudused. Kuumakindlate ja kemikaalidega viimistletud kiudude kasutamise eelis seisneb selles, et nad ei sütti takistades seega tule edasist levikut. Viimistlus tõstab kiudude hapniku piirindeksi (LOI), suurendades nende tulekindlust. Kuumakindlate kiudude sisustusmaterjalidena ühiskondlikes hoonetes kasutamiseks on väga oluline hinna faktor. Kõrgsuutlike kiudude puuduseks on nende kõrge hind. TTÜ tekstiiltehnoloogia professori Anti Viikna sõnul on kaks võimalust kiude odavamalt teha. Esimene võimalus on kõrge LOI-ga materjali segada odavama hinnaga ja madalama LOI-ga materjaliga. Teine võimalus on tavalist polümeerimaterjali viimistleda süttimistakistavate materjalidega. Esimese võimaluse puhul on väga tähtis määrata, mis LOI-ga materjal on vajalik kasutamiseks, sest odavama kiuga segades, laguneb ka materjali üldine LOI näitaja. Teise võimaluse puudus selles, et viimistlusprotsess annab ainult ajutist mõju. See tähendab, et materjali pesemise korral kaotatakse tuldtakistavad omadused. Seega materjali süttimistakistavate vedelikega viimistlus ei ole otstarbekas kasutamiseks selliste tekstiilide jaoks, nagu näiteks voodipesu majutushoonetes. Samuti tekstiilide jaoks kasutatakse terve rida erinevaid kemikaale. Nende kasutamiseks on vaja täpselt määrata, mis kemikaal kõige paremini sobib arvestades inimeste allergilist reaktsiooni. Kõrgsuutlike kiude on mõistlik kasutada mööbliriie, kardinade ja teiste tekstiilide jaoks, mis ei nõua pidevalt pesemist. Näiteks kinoteatrite ja teatrite istmete katmiseks.

Teiseks intervjuueeritavaks oli Päästeameti tuleohutusjärelvalve osakonnajuhataja Rait Pukk. Omavahel suhtlemiseks oli valitud mõlemale poolele kõige mugavam intervjuu viis. Autorit huvitatud intervjuu küsimused olid koostatud ja saadetud elektroonselt intervjuueeritavale ning kogu suhtlemine toimus elektroonilises keskkonnas. Intervjuu küsimused puudutasid tuleohutusejärelvalve valdkonda.

Mittesüttivate tekstiilide kasutamise korral on vaja arvestada seda fakti, et nad on suutlikud takistama väike tulekahju korral. Kuid suure tulekolde korral nad kergesti põlevad. Sellest võib järelduda, et kuumakindlad kiud on kasulikud ainult sel juhul, kui nad on otseselt seotud tulekahju tekkimise põhjusega ja astuvad tulekahju levimise vajaliku kütusena. See situatsioon võib juhtuda näiteks kui sigaret, küünal või muu väike leegi allikas sattub tekstiilmaterjali pinnale (tugitool, voodi jms.). Riski hindamisel tuleb arvesse võtta erinevaid aspekte nagu kõrgus, korruselisus, evakuatsiooniteede olemasolu, isikute arv, liikumisvõime, ehitusmaterjalid, kustutussüsteemide olemasolu, tulekahju avastamissüsteemide olemasolu. Päästeameti tuleohutusjärelvalve osakonna juhataja Rait Pukk sõnul „Kui vaadata ehitiste olukorda siis keskmisest suurem raskete tagajärgede oht tulekahju korral on ravi- ja hoolekandeametustes, kus viibivad isikud, kes vajavad liikumiseks kõrvalabi“. Suur tulekahju tõenäosus on ka majutushoonetes, kus inimene jääb üksinda ruumis. Enamustes teistes hoonetes suitsutamiseks määratud erikoht, mis on varustatud vastavate seadmetega (nt. temperatuur anduritega), samuti inimesed jäävad pidevalt silme all. Lisaks sellele majutushoonete ruumides on suur tekstiilmaterjalide hulk: kardinad, mööbel, voodipesu, vaibad jt. Päästeameti tuleohutusjärelvalve osakonna juhataja Rait Pukk sõnul „...on palju materjale, mis omavad oluliselt suuremat rolli tulekahju levikus ja suitsu tekkes kui tekstiilmaterjalid.“, seega igas hoones ja iga ruumis on vaja arvestada, kui suur on tõenäosus, et tulekahju tekkimise kohaks võib olla tekstiil- või tekstiilkattega materjal.

Päästeameti tuleohutusjärelvalve osakonna juhataja Rait Pukk arvamusel, „Meil on terve rida kohustuslikke tuleohutusnõudeid, mida tänapäeval ei täideta, sh. ka riigiasutuste poolt“. See tähendab seda, et õigusaktides kirjeldatud ohutuse tase ei ole isegi riigiasutustele kättesaadav. Kõigepealt on tähtis saavutada esmalt tänase õigusaktides kirjeldatud taseme, siis võiks rääkida selle tõstmisest.

„Iga nõue toob endaga kaasa kulusid. Ühel päeval me selleni kindlasti jõuame, aga selleks läheb veel aega. Tuletundlikkuse vähendamiseks töödeldakse materjale kemikaalidega, mis omakorda võivad põhjustada muid probleeme. Ei poolda kõikide lahenduste kohustuslikuks tegemist. Ettevõtjal peab olema võimalus ohutust tõendada erinevatel viisidel.“ (Rait Pukk)

### 4.3. Ühiskondlikes hoonetes tulekahjude statistikaandmed

Ehitusseaduse järgselt ehitis on aluspinnasega kohtkindlalt ühendatud ja inimtegevuse tulemusena ehitatud terviklik asi. Hoone on katuse, siseruumi ja välispiiretega ehitis (Ehitusseadus 15.05.2002). Ühiskondlik hoone ehk üldkasutatav hoone on inimeste jaoks vaba pääsuga hoone, mida võivad kasutada rahvahulgad. Ühiskondlikeks hooneteks loetakse avaliku otstarbega, mitteelumaju ja nende hoonete loetelu on sätestatud Majandus- ja kommunikatsiooni määrusega: vastu võetud majandus- ja kommunikatsiooniministri 26. novembri 2002 a. Määrusega nr. 10 (RTL 2002, 133, 1950) jõustunud 01.01.2003 „Ehitise kasutamise otstarvete loetelu“.

Päästeameti infotehnoloogia büroo järgi ühiskondlikud hooned on: majutamis-, toitlustus-, kaubandus-, teenindus-, tervishoiu, hooldusasutuse-, haridus- ja teadus-, kogunemis- ja kultuuri-, spordi-, kultus-, administratiiv- ja kontorihooned. (Kivi 2007:6)

Peaaegu kõik ühiskondlikud hooned on suure pindalaga hooned ja nad on ettenähtud suure inimeste hulga poolt külastamiseks (nt restoranid, muuseumid, kaubanduskeskused jms.). Mõnedes nendest võivad üheaegselt viibida ühes ruumis rohkem kui mitu sada inimest korraga (teatrid, kinoteatrid, ööklubid jms).

Tulekahjupõhjusteks võivad olla niisugused allikad näiteks:

- Kõõgiseadmed, pliit, katel, kuum torustik, tõmbeventilatsioon ja filtrid (toitlustushooned)
- Hõõguvad materjalid, näiteks sigaret, tuletikud, valgustid (majutushooned)
- Elekter-, gaas- või õlisoojendi (statsionaarne või kandev),
- Elektriseadme rikkisolek või elektrivõrkude kasutamise eeskirjade rikkumine
- Keskkütteboilerid, ahjud
- Lahtine tuld, küünlad, gaasi- või vedelikutulemasin
- Valgustusseadis, halogeen lampid.
- Ilutulestik ja teised pürotehnilised seadmed

Päästeameti 2010.a statistika põhjal olid levinumad tulekahju põhjused lahtise tule kasutamine (22%), suitsetamine (12,5%), rikked elektrijuhtmetes (7,6%), kütteseadmete kasutamine (7,6%), rikked elektriseadmetes (7,5%) ja süütamine (6,3%).

Tihti ühiskondlikes hoonetes viibib suur hulk inimesi. Tulekahju korral inimeste ohvrite arv otseselt sõltub tule ja suitsu leevimise kiirusest. Mis omakorda sõltub hoone põlemiskoormusest. Kiire suitsu eraldamise korral inimeste hulgas võib tekkida paanika. Suitsu kiire levik eriti ohtlik sellistes kohtades, kus inimesed ööbivad (hotellid), kitsade läbimineku- ja avadega ruumid (kinoteatrid) või hoonetes, kus inimesed võivad olla mitteadekvaatses seisundis (ööklubid) või ei saa ise liikuda (haiglad).

Paljud traagilised tagajärjed on seotud teatritulekahjudega. Uuringud näitavad, et 70% tulekahjust juhtub laval. See on tingitud suurest hulgast tekstiilsetest ja puitdekoratsioonidest. Traagilised juhtumid näitavad, et ühiskondlike hoonete tuleohtlikkust ei saa tagada ainult tuleohutusnõuetega. Suurt rolli mängib hoone omaniku moraalne vastutus külastajate elude eest. (Šuvalov 1977:50)

Selline fakt, et ühiskondlikes hoonetes viibib palju inimesi ja toimub erinevate andurite ja teavitamissüsteemide kasutamine, lubab tule algstaadiumis avaldada ning esmaste tulekustutusvahendite abil tulekolle likvideerida. Kuid juhtub, et tule ja suitsu levik on nii kiire, et tulekustuti ja teiste kustutusvahendite kasutamine ei ole võimalik. Kiire tuleleviku korral ühiskondlikes hoonetes võib tekkida suur inimohvrite arv.

Vaiko Kivi lõputöö „Ühiskondlikes hoonetes toimunud tulekahjude analüüs“ raames vastavalt tehtud uuringu tulemustele Eestis ühiskondlikes hoonetes tulekahjudes on inimohvrite ja vigastatute arv väike. Hukkunuid 2001-2005. aastatel kokku neli ja vigastatuid üheksa.

Kõige enam on tekkekohtadeks on muu tekkekoht (puhketuba, palatit, garaaži, olmeruume, prügikasti, kommunikatsiooniseadmeid jne.). Nende tulekahjude arv võrreldes teiste tekkekohtadega on väga suur (kelder - 3.8%, pööning – 2.1%, köök – 3.9%, koridor – 5%, kontor – 7.9%, suitsulõõr – 3.2%, katus – 5.4%, hoone väline – 2.7%, muu ruum – 32.%, muu tekkekoht – 33.1%). (Kivi 2007:16-17)

Tulekahjude arv ühiskondlikes hoonetes aasta jooksul ei ole eriti suur (vt tabel 5). Kõige rohkem tulekahjusid tekkib kaubandushoonetes ja administratiiv- ja kontorihoonetes ja kõige väiksem arv toimus kultuse-, spordi- ja tevistushoonetes (vt joonis 2). Hea tendents on näha majutamishoonete puhul, kusjuures tulekahjude arv on langenud kaks korda.

Kõige suuremad tulekahjude arvud ühiskondlikes hoonetes olid 2000-2003. ja 2009. aastates (vt tabel 6). Tabelist on näha, et aasta jooksul tulekahjude hulk ületab 100. See ei ole eriti suur näitaja võrreldes eluhoonetega (rohkem kui kaks tuhat tulekahjud), kuid ühiskondlikud hooned jäävad kõrge riskifaktoriga hooneteks, kus tulekahju korral võib tekkida palju kannatanuid. Vaatamata kahanemise tendentsile võivad tekkida tulekahjude arvude tõused nagu näiteks 2008-2009.

Tabel . Tulekahjude arvud ühiskondlikes hoonetes 1998-2010a.

Aastad	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Tulekahjud	237	229	236	198	157	142	193	174	198	238	163

Üldiselt tulekahjude arv aastatega on langenud (vt joonis 1). See tendents on tingitud elu kvaliteedi ning tuleohutusnõuete arenguga. Langemine toimub aeglaselt ja mitteproportsionaalselt.

Siin on vaja märkida, et statistika sisaldab ATS-i poolt antud tulekahjude häireid. Osa nendest on eksklikud andurite tööle rakendamised, seega reaalsete tulekahjude arvud võivad olla veel väiksemad. (PEPK Statistikaamet 2011:7)

#### 4.4. Tuleohutusnõuded ühiskondlikele hoonetele

EVS standardi 812-7:2008 alusel olulised tuleohutusnõuded on tagatavad võimaliku tulekahju puhkemise korral:

- säilib ettenähtud aja jooksul ehitise kandevõime
- ehitises on tule ja suitsu tekkimine ning levik on takistatud
- tule levik on ehitistest naaberehitisele takistatud
- inimesel on võimalik ehitisest evakueeruda
- on võimalik inimesi ehitisest evakueerida
- on arvestatud päästemeeskondade ohutuse ja nende tegutsemisvõimalustega

Siit tulenevad erinevad piirangud ja nõuded ehitise projekteerimisel ja kasutamisel:

- Ehitise kasutamise otstarve (ehk ehitise kasutusviis)
- Tulepüsivus
- Tuleohutusklaas

- Tuletundlikkus
- Korruste arv, pindala ja kõrgus
- Tuletõkkeseksioonid
- Maksimaalne hoones viibivate inimeste arv
- Evakuatsioon
- Tuleohutuspaigaldis
- Põlemiskoormus

Kõige esimene samm tuleohutusenõuete rakendamiseks on ehitise kasutusviisi määramine. Kasutusviis tuleneb ehitise kasutamise otstarbest ja sellest tulenevatest riskidest. Kokku ehitisi jagatakse seitsmesse erinevasse kasutusviisi. Vabariigi Valitsuse määruse nr 315 „Ehitisele ja selle osale esitavad tuleohutusnõuded“ lisa 1 alusel ühiskondlike hoonete kasutusviisi võib jagada järgmiselt:

- Majutamishooned – II kasutusviis
- Tervishoiu-, hooldusasutusehooned – III kasutusviis
- Toitlustamis-, haridus- ja teadus-, teenindus-, kogunemis- ja kultuuri-, kaubandus-, kultus-, spordihooned – IV kasutusviis
- Administratiiv- ja kontorihooned – V kasutusviis

EVS 812-7:2008 järgi hooned või hooneosad, kus viibivate inimeste arv on alla 10 inimese, v.a piiratud liikumisvõimega kasutajaid ning VI ja VII kasutusviisi ehitisi, võrdsustatakse oluliste tuleohutusnõuete osas I kasutusviisiga, kui see ei ohusta hoones viibivaid isikuid. Teiste kasutusviisidega hoonete või nende osade I kasutusviisiga võrdsustamisel peab ehitusprojekt tuleohutuse osas sisaldama ka sellekohast selgitust. Seega mõned üldkasutatavad ehitised võivad olla I kasutusviisiga.

Ehitise kasutusviisist, kõrgusest ja pindalast sõltub otseselt ehitise tuleohutusklass. Tuleohutuklass on ehitiste tuleohutust iseloomustav näitaja. Tuleohu seisukohalt jagatakse ehitised kolmele klassile: TP1, TP2, TP3. TP1 klassi juurde kuuluvad tulekindlad hooned. See tähendab, et nende kandetarind ei pea varisema ettenähtud aja jooksul tulekahjus. Selliste ehitiste kõrguse, suuruse ja kasutajate arvu järgi piiranguid ei esine, kuid kõrguse ja kasutusviisi arvestades tuleohutusnõuded kasvavad. TP2 klassi kuuluvad tuldtakistavad ehitised. Selle klassi ehitiste kandetarindite tulepüsivus on madalam TP1 klassiga võrreldes. Sõltuvalt kasutusviisist esitatakse nõuded korruste ja inimeste arvu kohta. TP3 klass on tuldkartvad ehitised. See on kõige nõrgem klass tuleohutuse mõistes. Siia kuuluvate ehitiste kandetarinditele ei seata

erinõudeid tulepüsivuse osas, vaid sõltuvalt kasutusviisist kehtivad piirangud korruste, suuruste ja inimeste arvu kohta. Juhul kui ehitise osad kuuluvad erinevatesse tuleohutusklassisse, neid eraldatakse tulemüüriaga. (EVS 812-7:2008:6-8)

Ehitise või selle osa tuleohutuse üheks näitajaks on tulepüsivus. Tulepüsivuseks nimetatakse ehitise konstruktsiooni või selle osa võimet säilitada kandevõimet teatud aja jooksul. Tulepüsivusaeg on aeg minutites, vastavalt 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 või 240. Ehitise kandekonstruktsioonide ja tuletõkkeseksioonide moodustavate konstruktsioonide tulepüsivus määratakse lähtuvalt konstruktsiooni kandevõimest (tähi R), tihedusest ehk terviklikkusest (tähis E) ja soojus (sooja-) isolatsiooni võimest (tähis I). (Sieger 2007:99) Ehitiste tarindite tulepüsivus põhineb põlemiskoormuse rühmitisel. EVS 812-1:2005 järgi põlemiskoormus on summaarne soojuse hulk, mis vabaneb kõikide põlevate materjalide põlemisel ruumis, kaasa arvatud seinte, põrandate ja lagede pinnakatteid. Põlemiskoormuse määramiseks arvestatakse ruumi peamine kasutusviis või kasutatakse eripõlemiskoormuse arvutusi. (EVS 812-7:2008:12)

EVS 812-7:2008 alusel ehitisi määratakse põlemiskoormuse järgi järgmiselt:

1. Üle 1200 MJ/m<sup>2</sup> – näiteks raamatukogud koos hoidlatega
2. 600 MJ/m<sup>2</sup> - 1200 MJ/m<sup>2</sup> – näiteks kauplused, näitusehallid
3. Alla 600 MJ/m<sup>2</sup> – näiteks majutusruumid, hoolekandeesutused, restoranid, büroohooned, koolid, spordisaalid, teatrid ja kirikud

Ehitiste ohutus on tagatud erisuguste süsteemide abil. Samuti ehitiste puhul nende kasutusotstarbest sõltuvalt kehtivad ehituslikud nõuded, mis puudutavad nii ehitiste siseviimistlust (siseseinte, lagede ja põrandate kattematerjalid jne.) kui ka ehitise üldist välimust (korruselisus, tuletõkkeseksioonid, suurus, pindala jne.)

#### 4.5. Tekstiilide klassifikatsioon süttivuseomaduse järgi

Eesti standard EVS 620-6:2003 sätestab tekstiilsete sisustusmaterjalide kasutustingimusi eriotstarbega ruumides, sõltuvalt materjalide põlemisomadustest.

Tekstiilsete sisustusmaterjalide (kardinad, pehme mööbli või toolide polsterdus, vaibad, madratsid, tekid, padjad ning eesriietena kasutavad plastikud või kangad) tuleohtlikkust määratakse nende materjalide põhiliste süttimisomaduste järgi, mis on saadud suhteliselt lihtsate süütevahenditega (tuletikk, küünlaleek, sigaret jms) katsetamisel. (EVS 620-6:2003)



Süttivuse järgi tekstiile jaotakse neljaks süttivusklassiks (EVS 620-6:2003):

1. SK0 – mittesüttivad
2. SK1 – rasksüttivad
3. SK2 – süttivad
4. SK3 – kergsüttivad

EVS 620-6:2003 järgi sisustusmaterjalid valitakse nende kasutamistingimuste ja sisustustüüpide järgi:

- Majutusruumides, kus inimesed viibivad ööpäevaringselt ning kus on magamiskohad, sealhulgas haiglad, hooldusasutused, hotellid jms.) sisustusmaterjalidena kasutatakse süttivusklassi SK1. Automaatkustutussüsteemiga või tõhus valvega ruumides, sisustusmaterjalidena võib kasutada SK2.
- Laste-, tervisehoiu- ja teistes hoolderuumides, mida kasutatakse ainult päeval, kardinate jaoks on esitatud nõuded SK1. AKS-i ning valvega ruumis kasutatakse SK2.
- Kultuuri- ja kultusasutuste ruumides (teatrid, kirikud, kinod jms.) sisustusmaterjalide jaoks normatiivsed miinimumnõuded on sarnased majutusruumide nõuetega, ehk siis SK1 ja SK2 (valvega ja AKS ruumides).
- Suurkauplustes (ühekorruselised üle 2400 m<sup>2</sup>, kahekorruselised üle 1500 m<sup>2</sup>, kolmekorruselised üle 800 m<sup>2</sup>) ja näituseruumides kardinad ja vaibad vastavad nõuetele SK1 ja SK2 (valvega ja AKS-iga ruumid)
- Spordihallide sisustusmaterjalidele esitatakse SK2 nõuded.

Seega on näha, et süttivusklass sõltub ehitise kasutusviisist ja ruumide kasutusotstarbest. Kõige nõrgem tekstiilsete sisustusmaterjalide süttivusklass, mis võib olla ühiskondlikes hoonetes, on SK2 ehk süttivad.

## 5. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

Autori poolt läbiviidud statistiliste andmete tulemuste põhjal selgus, et tulekahjud ühiskondlikes hoonetes on suhteliselt harva esinev nähtus (võrreldes eluhoonete tulekahjudega). Statistiliste andmete analüüs näitab, et kõige rohkem tulekahjuoht esineb kaubandus- ja administratiivhoonetes ja vastupidi kõige väiksem tulekahjude tekkimise tõenäosus on kiriku- ja spordihoonetes. Eestis ühiskondlikes hoonetes tulekahjudes on inimohvrite ja vigastatute arv väike. Samuti üldine tulekahjude arv aastatega on langenud.

Statistiliste andmete analüüsi käigus selgusid järgmised probleemid:

- Puuduvad andmed selle kohta, mis materjal või aine soodustas tulekahju levimist
- Puuduvad statistilised andmed tekstiilsete sisustusmaterjalidega seotud tulekahjudega kaasnevate materiaalsete kahjude ja kannatanute arvude kohta
- Ühiskondlike hoonete tulekahjude arvud sisaldavad ATSi poolt antud ekslikke väljakutseid

Antud probleemid raskendasid teha põhjalikku analüüsi mittesüttivate tekstiilide rakendamise vajaduse kohta.

Selle probleemi põhjal esimese ettepanekuna peab autor vajalikuks luua ühine andmebaas, millele oleksid sellised andmed nagu: tulekahjude arv, milles tähtsat rolli mängiksid leegi levimisel tekstiilmaterjalid, tekitatud varaline kahju, samuti aga hukkunute ja kannatanute arv.

Eesti õigusaktide läbivaatlus näitas, et Eesti seadusandluses kehtib terve rida nõudeid, mis puudutab ühiskondlike hoonete tuleohutust. Ehitiste ohutus on tagatud erisuguste süsteemide abil (autonoomne ja automaatne tulekahjusignalisatsioonisüsteem, automaatsed tulekustutussüsteemid, tuletõrje voolikusüsteemid, turvavalgustid, piksekaitse, luugid suitsu eemaldamiseks jt). Samuti ehitiste puhul nende kasutusotstarbest sõltuvalt kehtivad ehituslikud nõuded, mis puudutavad nii ehitiste siseviimistlust (siseseinte, lagede ja põrandate kattmaterjalid jne.) kui ka ehitise üldist välimust (korruselisus, tuletõkkeseptsioonid, suurus,

pindala jne.). Kõik ülespool loetletud nõuete ja tingimuste eesmärk on ainult üks – inimeste elude ja vara kaitsmine.

Iga nõue, isegi kõige vähetähtsam, nõuab erinevate uuringute ja ekspertiisi tegemist. Iga nõude rakendamises peab olema kaalukas vajadus. Tekstiilsete materjalide suhtes tuleohutusnõuete loomiseks on vaja määrata, kui suur on selles vajadus, lähtudes erinevatest andmetest: tulekahjude arvud, materiaalsed kahjud, kannatanute ja hukkunute arvud, rakendamise ala ja viis jne. Tekstiilsete materjalidega ühiskondlike hoonete tulekahjudes rolli määramiseks on vaja arvestada, kui tihti need on tulekahju allikana. Samuti mittesüttivate tekstiilide kasutamise kohustus peab omama seaduslikku alust.

Teise ettepanekuna autor pakub vastava seadusliku nõudluse aluseks kasutada Eesti standardi EVS 620-6:2003, mis sätestab tekstiilsete sisustusmaterjalide kasutustingimusi eriotstarbega ruumides, sõltuvalt materjalide põlemisomadustest. Sellest standardist lähtudes sõltuvalt süttivusomadusest kõiki tekstiilseid materjale võib jagada neljaks grupiks: SK0, SK1, SK2, SK3. Sisustusmaterjalide süttivusklassi valimine on kõige otstarbekam sõltuvalt ruumide kasutustingimustest ja hoonete kasutusotstarbest.

Õigusaktide läbivaatluse käigus autor pörkas kokku ühiskondlike hoonete definitsiooni määramise probleemiga. Probleem koosneb selles, et käesoleval ajal Eesti seadusandluses puudub selline mõiste nagu „ühiskondlik hoone“.

Kolmanda ettepanekuna antud lõputöö raames autor annab ühiskondlikele hoonetele üldist definitsiooni nagu inimeste jaoks vaba pääsuga hooned, mida võivad kasutada rahvahulgad. Üldiselt ühiskondlikeks hooneteks loetakse avaliku otstarbega mitteelumaju ja nende hoonete loetelu on sätestatud majandus- ja kommunikatsiooni määrusega: vastu võetud majandus- ja kommunikatsiooniministri 26. Novembri 2002 a. määrusega nr. 10 (rtl 2002, 133, 1950) jõustunud 01.01.2003 „Ehitise kasutamise otstarvete loetelu“.

Lisaks uuringutöö tulemuste põhjal selgusid mittesüttivate tekstiilide peamised eelised ja puudused. Tulekahju korral tekstiil esineb põleva kütuse rollis. Tekstiilide süttivuse tase, leegi levimise kiirus, valgusekiirgus ning temperatuur sõltuvad nende kiudude koostisest, kaalust ja struktuurist. Mittesüttivate tekstiilide kõige tähtsam eelis on tulekindlus. Tulekahju korral nad ei sütti takistades seega tule edasist levikut. Kuumakindlate tekstiilide kasutamise puuduseks on nende kõrge hind ja erinevate kemikaalidega viimistluse puhul lühiajaline pesukindlus. Kuumakindlad kiud peavad tavaliselt vastu pidama mõne aja jooksul temperatuuri mõjule. Selleks, et süttimist vältida, nende LOI näitaja peab olema kõrgel tasemel. Mõnede

kuumakindlate kiudude kohta on antud ka täpne temperatuur, millele nad peavad lühiajaliselt vastu. Kõrgeks kuumakindluseks loetakse kiu omaduste säilimist üle 200° C ning väga kõrgeks üle 350° C. Omaduste säilitamises loetakse, et ei tohi toimuda pehmenemist ega sulamist. Selliste kiudude kuumakindlus on tagatud nende koostises makromolekulide olemasoluga.

## KOKKUVÕTE

Tekstiilid hõlmavad meie igapäevase elu väga tähtsat osa. Kardinaid, mööbel, vaibad, voodipesu, riided - kõik need asjad on meie majades kasutatavate tekstiilide näidis.

Viimase aasta jooksul tehnilise progressi tulemusena on ilmunud suure kuuma- ning leegikindlusega kiud. Täna eksisteerib üsna palju uusi protsesse, kus vajatakse kuuma eest kaitsmist. See on näiteks eriti tähtis näitaja päästeteenistuses, kus inimeste töö on seotud kõrgtemperatuuri ja põlemisgaasidega.

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli selgitada välja mittesüttivate tekstiilide ühiskondlikes hoonetes kohustusliku kasutamise otstarbekus ja mittesüttivate tekstiilide kasutamisele rakendamise ettepanekute andmine. Töö käigus tutvus autor nii eesti kui ka võõrkeelse erialase kirjandusega. Töö eesmärgini jõudmiseks kasutas autor erinevat erialakirjandust, analüüsis statistikaandmeid, viis läbi intervjuud ja vaatles läbi õigusaktid.

Uurimisküsimustele vastamiseks autor kasutas kvalitatiivse ja kvantitatiivse uurimismeetodite kombineeritud variante.

Lõputöö raames uurimusliku töö tulemuste alusel selgus, et mittesüttivate tekstiilide kasutamises puudub suur vajadus. Kahtlemata mittesüttivate tekstiilide kasutamine teeb ümbritsevat keskkonda tuleohutumaks. Kuid nende rakendamine on pikaajaline projekt, mis nõuab lisauuringute ja ekspertiisi läbiviimist, sealhulgas uue statistilise andmebaasi loomist.

## РЕЗЮМЕ

Тема данной дипломной работы «Использование не горючих текстилей в общественных зданиях». Работа состоит из 5 глав (всего страниц) и содержит 9 таблиц и 2 рисунка. Работа написана на эстонском языке с иноязычным заключением на русском.

Ключевыми словами в данной работе являются: негорючие ткани, горение, природные ткани, синтетические ткани, жаростойкие ткани, общественные здания, пожаростойкость.

Многие государства постоянно ужесточают противопожарные требования и всё больше уделяется внимание пожарной безопасности текстильных материалов, например внутренней обстановке общественных зданий.

Проблема связана с несколькими аспектами: большое количество используемых материалов (в том числе текстилей) воспламеняются и горят, в пожарах погибают люди и наносится большой материальный ущерб, многие текстили и материалы, используемые в общественных зданиях, представляют собой опасность для людей в случаи пожара.

Задача данной дипломной работы выяснить насколько велика необходимость в использовании негорючих текстилей в общественных зданиях и дать предложения, касающиеся внедрения негорючих текстилей в использование.

В первой главе рассматриваются классификация тканей, их подразделение, свойства и места использования.

Во второй главе приведены примеры часто используемых жаростойких текстилей.

Третья глава содержит информацию о процессе горения и способах повышения огнестойкости текстилей.

Четвёртая часть является исследовательской частью, где автор использует различные исследовательские методы для достижения поставленных целей дипломной работы.

В пятой главе на основе данных, полученных в ходе исследовательской работы, автор делает выводы об необходимости использования негорючих текстилей в общественных зданиях и даёт предложения, касающиеся их использования.

## VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

Boncamper, I. 2004. Tekstiilkiud. Käsiraamat (Tekstiilioppi. Kuituraaka-ainet). Väljaandja ja tõlge eesti keelde: Eesti Rõiva ja Tekstiililiit. (Originaal on publitseeritud Hämeen Ammattikorkeakoulu, 2000)

Danilov, M., Devlišev, F., Jevtjuškin, N., Kimstatš, I. 1976. Tuletõrjetaktika, I osa (Пожарная тактика, Часть I). Tõlge eesti keelde, Eesti NSV Siseministeeriumi Tuletõrje Valitsus. Tallinn Kirjastus Valgus. (Originaal on publitseeritud Издательство литературы по строительству Москва, 1969)

Eesti Standard EVS 620-6:2003. Tuleohutus. Tekstiilsed sisustusmaterjalid Eesti Standard EVS 812-1:2005. Ehitiste Tuleohutus. Osa 1: Sõnavara

Eesti Standard EVS 812-7:2008. Ehitiste Tuleohutus. Osa 7: Ehitistele esitatava põhinõude, tuleohutusnõude tagamine projekteerimise ja ehitamise käigus

Ehitise kasutamise otstarvete loetelu. Vastuvõetud Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrusega 26.11.2002, jõustunud 01.01.2003 – RTL 2002, 133, 1950

Ehitisele ja selle osale esitatavad tuleohutusnõuded. Vastu võetud Vabariigi Valitsuse määrusega 27.10.2004, jõustunud 01.01. 2005 - RT I 2004, 75, 525

Ehitusseadus 15.05.2002, jõustunud 01.01.2003 – RTI 2002, 47, 297

John F. Krasny. 1991. Fibers and Textiles. In Arthur E. Cote, P.E., Jim L. Linville, Fire Protection Handbook, seventeenth edition. (Section 3, pp 31-43). Quincy, Massachusetts, National Fire Protection Association

Kivi, V. 2007. Ühiskondlikes hoonetes toimunud tulekahjude analüüs. Publitseerimata lõputöö. Sisekaitseakadeemia, Tallinn

Põhja-Eesti Päästkeskus Statistikaraamat 2011, Tallinn

Sieger, A. 2007. Tuleohutus. Korraldus, nõuded, seadusandlus. Väljaandja Teabekirjanduse OÜ

Šuvalov, M. 1977. Tuletõrjealused (Основы пожарного дела). Tõlge eesti keelde, Eesti NSV Siseministeeriumi Tuletõrje Valitsus. Tallinn Kirjastus Valgus. (Originaal on publitseeritud Издательство литературы по строительству Москва, 1971)

Talvari A. 2006. Ohtlikud ained. Sisekaitseakadeemia.

Viikna, A. 2004. Tekstiilkeemia I. Ettevalmistusprotsessid. Tallinna Tehnika Ülikooli Kirjastus

Viikna, A. 2005. Tekstiilkeemia III. Tekstiilmaterjalide trükkimine ja viimistlus. Tallinna Tehnika Ülikooli Kirjastus

Viikna, A. 2007. Kõrgsuutlikud kiud ja materjalid. Tallinna Tehnika Ülikooli Kirjastus

Абдурагимов, И.М., Андросов, А.С., Исаева, Л.К., Крылов, Е.В. 1984. Процессы горения. Редакционно-издательский отдел Москва, 1984

Кукин, Г.Н., Соловьев, А.Н., Кобляков, А.И. 1989. Текстильное материаловедение. Издательство «Легкая промышленность и бытовое обслуживание»



## TABELITE JA JOONISTE LOETELU

Tabel 1. Erinevate kiudude liikide põlemise protsess

Tabel 2. Mõnede tekstiilkiudude LOI-arvud

Tabel 3. Erinevate kiudude liikide põlemise omadused

Tabel 4. Pikaajalise vastupidavusega leegiaeglustid

Tabel 5. Tulekahjude arvud erinevate kasutusotstarbega hoonetes 1998-2005 a.

Tabel 6. Tulekahjude arvud ühiskondlikes hoonetes kokku 1998-2010 a.

Tabel 7. Structure fires involving textiles as the initial fuel, by textile type

Joonis 1. Tulekahjude arengu tendents ühiskondlikes hoonetes 1998-2010 a.

Joonis 2. Erinevate ühiskondlike hoonete tulekahjude diagramm 2000-2010 a.

## LISA 1. KIUDUDE PÕLEMISE PROTSESS

Tabel 1. Erinevate kiudude liikide põlemise protsess

<b>Kiurühm</b>	<b>Süttivus</b>	<b>Põlemine</b>	<b>Lõhn</b>	<b>Jääk</b>
Tsellulooskiud (puuvill, lina, viskoos jt)	Kergsüttiv	Põleb kiiresti suure leegiga, leegist eemaldamisel põlemine jätkub	Paberi põlemise lõhn	Hajuv tuhk
Tulekindlad tsellulooskiud	Rasksüttiv	Leegist eemaldamisel kustub	Oleneb tulekindlast ainest	Tume söestunud kera
Proteiinkiud (lambavill, karv, siid jt)	Rasksüttiv	Põleb aeglaselt ja särisedes ajab suitsu, leegist eemaldamisel kustub	Juuste põlemise lõhn	Must või hall rabe kera
Sünteeskiud				
Polüamiid		Sulab, põleb	Sellerit meenutav lõhn	Kõva järelhõõguv kera
Polüester		Sulab, põleb tahmast suitsu levitades	Magusavõitu	Nagu polüamiid
Kloorikiud	Pehmeneb	Põleb tahmast suitsu levitava leegiga	Terav lõhn must ja habras	
Anorgaanilised ja tulekindlad kiud (klaaskiud, metallkiud, aramiidkiud jt)		Küünlaleegis ei põle, üksnes metalliseeritud kiud võivad põleda		

(allikas: Boncamper 2000:63-64)

## LISA 2. MÕNEDE TEKSTIILKIUDUDE LOI-ARVUD

Tabel 2. Mõnede tekstiilkiudude LOI-arvud

<b>Kiud</b>	<b>LOI</b>
Puuvill	19
Lina	19
Lambavill	25
Siid	23
Viskoos	18-20
Modaal	18-20
Polüamiid	20-22
Polüakrüülnitriilkiud	18
Modalkrüülkiud	25-30
Polüpropeenkiud	18.5
Polüeteenkiud	17.5
Kloorkiud	35-39
Klaaskiud	Mittesüttiv
Asbest	Mittesüttiv
Aramiid (nomex)	28-30
Tulekindel viskoos	27-30
Polüester	22
Kuumuskindlad kiud	27-75

(allikas: Boncamper 2000:40)

## LISA 3. PIKAAJALISE VASTUPIDAVUSEGA LEEGIAEGLUSTID

Tabel 4. Pikaajalise vastupidavusega leegiaeglustid

<b>Ühend</b>	<b>Kiud</b>	<b>Pealekandmisviis</b>	<b>Töötuse vastupidavus</b>
Kloreeritud parafiinid	Puuvill	Katmine	Ilmastikukindel
Karbamiid/trimetüloomelamiin	Puuvill	Homopolümeri- Satsioon/ristsidu- Mine	Pesukindel
N-metülooldime- tüülfosforpropioon- amiid/melamiinvaigud	Puuvill	Kovalentne side/ Ristsidumine	Pesukindel
Alkoksüfosfaaseenid	Viskoos	Lahustumatuks muutmine	Pesukindel
Dekabromofenüüloksiid	Puuvill/polüester	Katmine	Pesukindel

(allikas: Viikna 2005:75)

## LISA 4. TULEKAHJUDE ARVUD 1998-2005

Tabel 5. Tulekahjude arvud erinevate kasutusotstarbega hoonetes 1998-2005 a.

Nimetus	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Majutamishooned	41	31	38	35	58	24	20	16
Toitlustushooned	11	19	20	19	14	16	17	9
Kaubandushooned	27	59	53	58	41	52	29	33
Teenindushooned	19	26	11	9	10	11	11	6
Tervishoiuhooned	9	8	8	7	4	12	9	4
Hooldusasutuse hooned	5	7	12	8	10	10	7	8
Haridus- ja teadushooned	28	44	33	21	22	38	21	28
Kogunemis- ja kultuurihooned	8	10	13	10	15	21	4	6
Spordi - ja tervistushooned	6	10	7	1	2	3	5	-
Kultusehooned	2	7	1	5	5	4	4	-
Administratiiv – ja kontorihooned	24	67	41	56	55	7	30	32

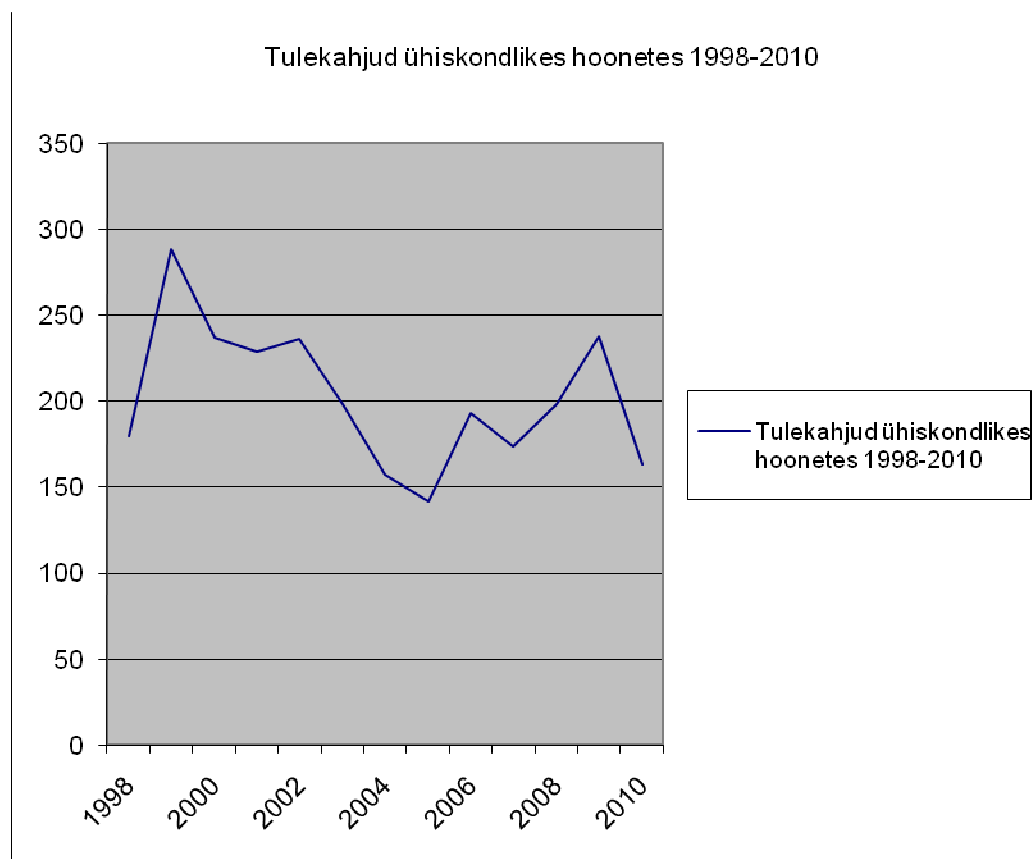
## LISA 5. STRUCTURE FIRES INVOLVING TEXTILES AS THE INITIAL FUEL, BY TEXTILE TYPE

Tabel 7. Structure fires involving textiles as the initial fuel, by textile type

<b>Textile type</b>	<b>Fires</b>	<b>Civilian deaths</b>	<b>Direct property damage (in millions)</b>
Cotton, rayon, or cotton-polyester	67,600 (55.1%)	1,000 (47.2%)	\$4384.8 (44.1%)
Man-made fabric	39.400 (31.1%)	768 (36.2%)	\$323.8 (37.1%)
Wool or wool mixture	2.200 (1.8 %)	19 (0.9%)	\$15.0 (1.7%)
Fur, silk or other fabric	500 (0.4%)	11 (0.5%)	\$3.3 (0.4%)
Other or unclassified	4.400 (3.6%)	56 (2.7%)	\$66.0 (7.6%)
Unknown	8.800 (7.1%)	266 (12.5%)	\$78.7 (9.0%)
<b>TOTAL</b>	<b>122.900 (100.0%)</b>	<b>2.121 (100.0%)</b>	<b>\$871.6 (100.0%)</b>
	15.3 %	42.5%	13.8%

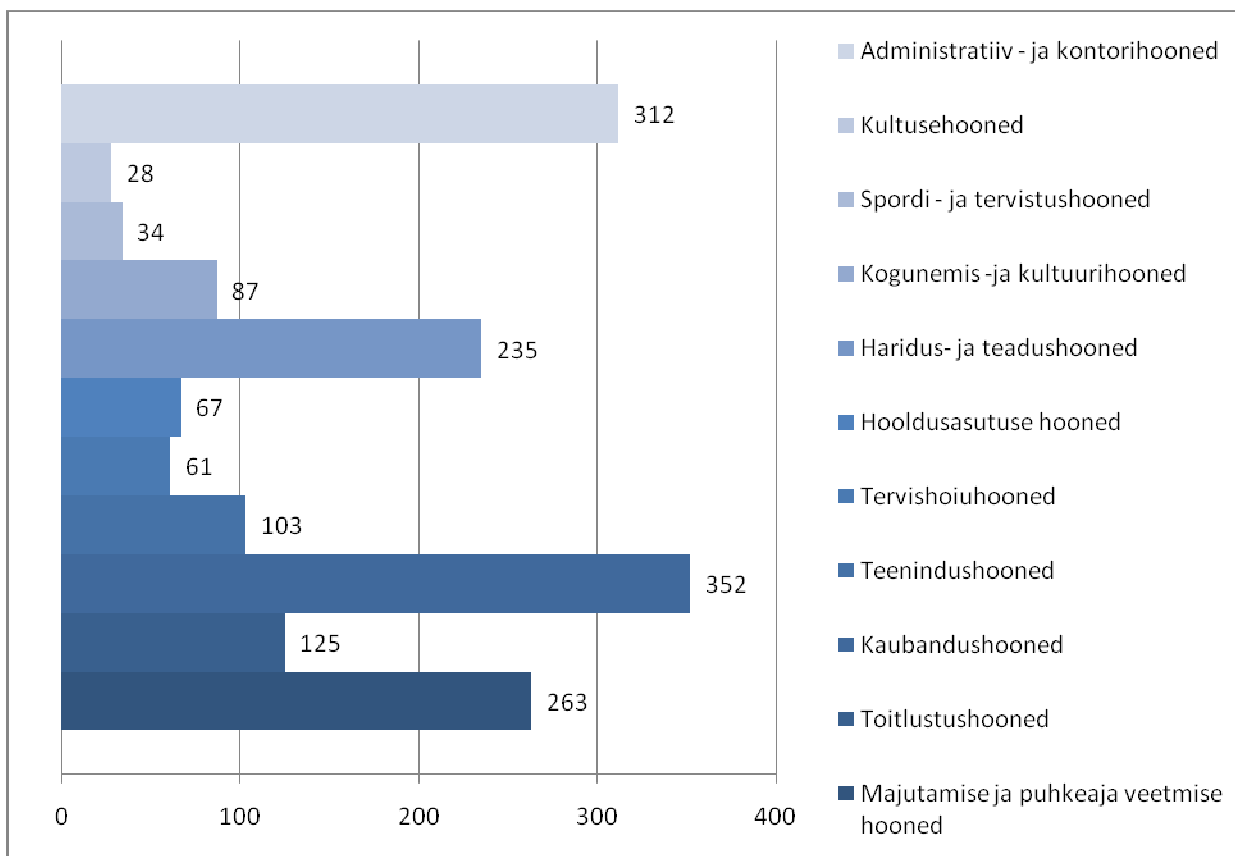
(allikas: Krasny 1991:32)

## LISA 6. TULEKAHJUDE TENDENTS 1998-2010



Joonis 1. Tulekahjude arengu tendents ühiskondlikes hoonetes 1998-2010 a.

## LISA 7. TULEKAHJUDE DIAGRAMM 2000-2010



Joonis 2. Ühiskondlike tulekahjude diagramm 2000-2010 a.