Sisekaitseakadeemia
Päästekolledž

Gehrt Kompus
RK030

POLÜMEERMATERJALIDE PÕLEMINE

Lõputöö

Juhendaja: Andres Talvari. PhD

Tallinn 2007

ANNOTATSIOON

Lõputöö teemal „Polümeermaterjalide põlemine“ on kirjutatud eesti keeles ning võõrkeelne resümee vene keeles. Lõputöö kogumaht trükitult on 50 lehekülge. Kasutatud allikaid on kokku 6 , sealhulgas eestikeelseid 4, võõrkeelseid 2. Lõputöös on 2 joonist, 16 tabelit ja lisad.

Lõputööd iseloomustavad märksõnad on järgmised: polümeeride ja plastide põlemine, põlemissaadused, soojuskiirgus, tervise ohutegurid tuletõrjujatele – päästjatele.

Käesolev lõputöö käsitleb looduslike- ja sünteesipolümeeride ja polümeermaterjalide (plastide) põlemist. Töös antakse lühiülevaade sünteesipolümeeride tüüpidest, füüsikalis-keemilistest omadustest ja enamkasutatavate plastide põlemissaadustest. Tuuakse välja põlemissaaduste, nn suitsu tõenäoline koostis olenevalt põlemise tingimustest ja põlevmaterjalist ning suitsu ja termilise radiatsiooni tervistkahjustav toime. Lõputöö aktuaalsus seisneb selles ,et praegusel ajahetkel puudub ülevaatlik materjal, mis annaks ülevaate polümeermaterjalide valdkonnast tulekustutus – päästetöid teostavatele päästetöötajatele.

Lõputöö eesmärgiks on esitada piisav materjal polümeeride ja plastide põlengutel tekkivatest ohuteguritest ja nende minimeerimise võimalustest.

Tulekahju teise ohtliku teguri – soojuskiirguse kohta on esitatud ohualad, koos toime kirjeldusega.

Ettepanekud käsitlevad plastide põlengul tegutsevate tuletõrjujate-päästjatele mõjuvate tervise ohutegurite võimalikku minimeerimist.

SISUKORD

Annotatsioon....2
Sisukord....3
Tabelid....4
Sissejuhatus....5
1. Polümeeride koostis ja nomenklatuu....7
1.1 Polümeeride koostis....7
1.2 Polümeeride nomenklatuur....7
1.3 Polümeeride keemilised ja füüsikalised omadused....8
2. Polümeermaterjalid....10
2.1 Polümeermaterjalid ehk plastid....10
2.1.1 Plastid....10
2.1.2 Kummid ja elastomeerid....11
2.1.3 Kiud....11
2.1.4 Adhesiivid....12
2.1.5 Pinnakattematerjalid....12
2.2 Plastide lisandid....13
2.3 Plastide põhilised kasutusalad....14
3. Sünteetiliste polümeeride põlemise üldised jooned....17
3.1 Sünteespolümeeri põlemine....20
3.2 Loodusliku polümeeri põlemine....22
4. Suitsu toime inimorganismile....25
4.1 Suitsu teke ja koostis....25
4.2 Suitsu psüholoogiline toime....30
5. Termilise radiatsiooni (soojuskiirguse) mõju inimesele....32
6. Ohutusabinõud kustutus-päästetöödel....36
6.1 Suits....36
6.2 Soojuskiirgus....36
Kokkuvõte....40
Võõrkeelne kokkuvõte....42
Kasutatud allikate loeteelu....43
Lisad 1....44
Lisa 2....47

TABELID

Tabel 1 – Põlemissaaduste näiteid lk 19
Tabel 2 – Süttivus arameetrid lk 21
Tabel 3 – Erinevate materjalide suitsu eralduvus lk 26
Tabel 4 – Erinevate materjalide põlemisel eralduvad mürgised komponendid lk 27
Tabel 5 – Süsinikmonooksiidi (CO) ja tsüaanvesiniku (HCN) eraldumine 1 kg erinevate materjalide põlemisel, ppm. lk 28
Tabel 6 – Lubatud suitsuses keskkonnas töötamise aeg (kui kustutab tuld) olenevalt CO sisaldusest. lk 30
Tabel 7 – Termilise radiatsiooni (soojuskiirguse) toime lk 32
Tabel 8 – Põletuse tekkimise eksponeerimise aeg lk 32
Tabel 9 - Termilise radiatsiooni (soojuskiirguse) toime (valu ja põletuse tekke aeg). lk 33
Tabel 10 – Lubatud termiline radiatsioon lk 33
Tabel 11 – 5 kw/m^2 suuruse soojuskiirguse mõju inimestele lk 33
Tabel 12 – Struktuuri kahjustuste kriteeriumid lk 34
Tabel 13 – Termilise radiatsiooni (soojuskiirguse) kahjustav toime erinevatele materjalidele. lk 34
Tabel 14 - – Erinevad termilise radiatsiooni (soojuskiirguse) piirangud seadmetele ja struktuurielementidele. lk 34
Tabel 15 – Hukkunute arvu sõltuvus soojuskiirguse intensiivsusest ja kestvusest lk 35
Tabel 16 – Soojuskiirguse ohualad olenevalt põlevaine kogusest lk 37

SISSEJUHATUS

Tänapäeval pole eluvaldkonda, kuhu poleks jõudnud polümeermaterjalid ehk plastid. Juhtkohal on nende hulgas pakkematerjalid (liider: plast polüetüleeni baasil) ja ehitusmaterjalid (liider: plast polüvinüülkloriidi baasil). Plastide toodangut võib hinnata 100 miljonile tonnile. Tavaliselt liigitatakse plastid laiatarbeplastideks ja konstruktsooniplastideks (sh. ka kõrgtehnoloogilised). Plastide tarbimine laiatarbes on üle 80 %. Laiatarbeplastide hulka loetakse plastid polüetüleeni, polüpropüleeni, polüvinüülkloriidi ja polüstüreeni baasil. Konstruktsoonplastide kasutamine on kiiresti arenev valdkond, kuid nende osa ei moodusta siiski üle 10%. Valdavad on plastid polüamiidi, polükarbonaadi, modifitseeritud polüstüreeni, polüestrite, polüatsetaalide, polümetüülmetakrülaatide baasil, väiksemas mahus ka kõrgtehnoloogilised, kuid kallid plastid. Plastid liigitatakse ka kompaktplastideks, vahtplastideks, kiledeks jms.

Teisel kohal tootmismahult on kiud (ligi 40 miljonit tonni). Küllalt suur (u 50%) on kiudude tarbimises looduslike kiudude osa (tuntud puuvill ja vill). Põhiosa kiududest läheb tekstiilmaterjalide tootmiseks. Sünteetilistest kiududest on suurema osa turust (u 70%) haaranud polüester- ja polüamiidkiud, teised olulisemad on polüakrüülnitriilkiud (PAN-kiud), polüpropüleen, polüvinüülkloriidi kopolümeerid (*viniyon*- kiud), väga elastne polüuretaankiud (*spandex*). Kõrgtehnoloogilised kiud saadakse aromaatsetest polüamiididest (aramiidkiud) ja karboniseeritud PAN-ist või pigist (süsinikkiud). (Christjansen 2001:10)

Nii polümeeride kui ka plastide kasutamine hõlmab peaaegu kõiki eluvaldkondi, alates inimeste tarbeesemetest (riided, mööbel jms),elamute ja tööstushooneteni välja (sise-ja välisviimistluse plastmaterjalid, elektrijuhtmete isolatsioon, vee- ja kanalisatsioonitorud jms). Tuletõrjujad-päästjad puutuvad kokku peaaegu kõikidel tulekahjudel kokku suuremal või vähemal määral polümeeride ja plastide põlemisega.

Hüpotees : Tulekahjul alahinnatakse eelkõige suitsu tervistkahjustavat toimet, soojuskiirgus on küll kergemini tajutav, kuid ka selle mõju vähendamiseks ei tehta kõike võimalikku

Kuna praegusel ajal ei ole ülevaatlikku materjali polümeermaterjalidest siis on lõputöö eesmärgiks on koostada piisav materjal mis hõlmaks nii looduslikke kui sünteespolümeere. Töö peaks autori arvates andma lühiülevaate sünteespolümeeride füüsikalis- keemilistest omadustest ning nende tüüpidest. Plastmaterjalide põlemise puhul on probleemiks põlengul tekkivad põlemissaadused ja autor toob töös välja nn. suitsu tõenäolise koostise olenevalt põlemise tingimustest ja põlevmaterjalist ning suitsu ja termilise radiatsiooni tervistkahjustava toime.

.

1. POLÜMEERIDE KOOSTIS JA NOMENKLATUUR

1.1. Polümeeride koostis

Polümeeride koostis tähendab aatomite ja sidemete järjekorda polümeersetes molekulides täpsustamata ruumilist ehitust. Polümeerset molekuli võib vaadelda koosnevana lineaarsest peaahelast ja kõrvalahelatest (või külgrühmadest). (Talvari 2006:162)

1.2. Polümeeride nomenklatuur

Polümeeride keerulist koostist on raske väljendada. Kasutatakse mitmesuguseid võimalusi:

- Triviaalnimed on kasutusel peamiselt looduslike polümeeride puhul.

Näiteks – tselluloos, tärklis, nukleiinhape, kaseiin.

- Kaubanduslikud nimed on väga levinud (ligi 35 tuhat plasti- ja kiunime).

Näiteks– nailon (polüamiid)

  - teflon (polütetrafluoroetüleen)
  - pleksiklaas (polümetüülmetakrülaat)
  - makrolon, leksaan (polükarbonaat)
  - neopreen (polükloropreen)
  - kevlar (polü-p-fenüleentereftaalamiid)

- Monomeeri järgi protsessist lähtuvalt nimetamine on kõige rohkem kasutusel.

Näiteks– polüpropüleen, polüakrüülnitriil, polüetüleenoksiid

- Funktsionaalse rühma järgi nimetamine lähtub koostisest, kuid nimed iseloomustavad terveid polümeeride klasse.

Näiteks – polüamiidid, polüestrid, polüuretaanid, epoksüvaigud

- Süstemaatilised nimed lähtuvad koostisest (IUPAC), kuid on keerulised.

Näiteks– polü(1-atsetoksüetüleen)-polüvinüülatsetaat

  - polü(oksüetüleenoksütereftalüül-polüetüleentereftalaat
  - polü(oksukarbonüüloksu-1,4-fenüleen-isopropülideen-1,4-fenüleen)polükarbonaat difenüloolpropaanist.

Üldiselt:

1. Polümeeride nimed ei ole kunagi päris täpsed
2. Molekuli kuju (hargnemine) jääb nimes kajastamata
3. Lõpprühmad jäävad nimes reeglina määratlemata
4. Makromolekulide erinev molekulmass jääb nimes kajastamata
5. IUPAC- i soovitusel on suund süstemaatiliste nimede kasutamise poole

(Talvari 2006:167-168)

1.3. Polümeeride keemilised ja füüsikalised omadused

Polümeeride tihedus (*density*) on mahuühiku mass ja funktsioon makromolekulide massist ja pakkimistihedusest. Puhaste polümeeride tiheduse suuruses on teatud seaduspärasused:

1. süsivesinikpolümeeride tihedus on kõige madalam (860.....1050 kg/m^3); seejuures hargnemine vähendab ja kristalliinsus suurendab tihedust
2. raskete aatomite sisaldus tõstab polümeeri tihedust (PVC 1300.....1500; PTFE ~ 2200)
3. heteroahelaga polümeeride tihedus on suurem, tavaliselt 1200.....1400 (PC~1200 ; PET ~ 1300.....1.400)
4. aromaatsete ja heterotsüklitega jäigad polümeerid on tihedamalt pakitud ja nende tihedus on suurem (PI ~ 1400.....1500)
5. termoreaktiivide tihedust mõjutab palju tegureid (EP ~ 1200; MF (heterotsükkel) – 1480)

Polümeeride termiline stabiilsus *thermal stability*) on maksimaalne temperatuur, mida polümeer talub degradeerumata. Termiline stabiilsus on sidemeenergia funktsioon. Termiliselt stabiilsed on polümeerid siis, kui nad ei lagune temperatuuril alla 400 ^{0}C. Kõrge T_g või T_m aromaatseid ja heterotsükleid sisaldavad polümeerid on termiliselt stabiilsemad. Mõnede kuumuskindlate (*heat resistant*) polümeeride lagunemistemperatuurid on järgmised; polü-para-fenüleen – 660 ^{0}C, PI – 585 ^{0}C, PPO – 570 ^{0}C. Kuumuskindluse kasvuga halvenevad polümeeride töötlemisomadused.

Polümeeride süttivus ja tulekindlus. Enamik polümeere põleb hästi. Mittesüttivad (*nonflammable*) on halogeene sisaldavad polümeerid (PVC, PTFE). Mõned polümeerid põlevad ainult leegitekitaja juuresolekul ja on isekustuvad (*self- extinguishing*) (PC, PUR, MF jt). Polümeeri põlemisel on kaks astet:

1. välise soojusallika mõjul polümeeri temperatuur tõuseb piirini, kus algab lagunemine põlevate gaaside vabanemisega
2. põlemine toimub gaasifaasi oksüdeerumisel, mis eraldab soojust ja stimuleerib esimest protsessi

Kergemini põlevad termoplastid, kuna nad sulavad ja sellega põlevad gaasid pääsevad välja. Raskemini põlevad termoreaktiivid, kuna nad ei sula, vaid moodustades klaasja söestuva kile, mis takistab gaaside liikumist. Tulekindluse (*fire resistance*) suurendamise põhiviis on leegiaeglustite (*flame retardants*) lisamine

1. Põlemise aeglustamiseks gaasifaasis lisatakse halogeene sisaldavaid ühendeid.
2. Söe teke on soovitav mittepõleva barjääri moodustamiseks. Palju sütt annavad aromaatsed ja ristsidemetega polümeerid. Söe teket soosib P sisaldavate estrite lisamine.
3. Lagunemisel vett eraldavate ühendite ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$; $Al(OH)_3$) jahutab endotermiliselt pürolüüsitsooni.
4. Lagunemisel mittepõlevat gaasi eraldavate ühendite lisamine nt Na_2CO_3(eraldub CO_2); (Talvari 2006:183-184)

Polümeeride toksilisus. Reeglina ei ole polümeerid mürgised. Enamik toksilisusega seotud probleeme on seotud nn kaasnevatest nähtustest. Kuna paljud monomeerid on mürgised, näiteks fenoolid, isotsüanaadid, formaldehüüd jt , siis peab polümerisatsiooniprotsess olema lõpuni viidud välistamaks monomeeride jääknähtusid. Polümeeride lagunemisel tekkivad ühendid on mürgised).Ekstremaalses olukorras kõrgel temperatuuril , näiteks tulekahjul kaasneb mürgiste gaaside teke. PA ja PUR põlemisel eralduvad HCN ja NO_2, sest plastid sisaldavad lämmastikku. PVC eraldab lagunemisel kloorvesinik HCl, seda põhjustab kloori olemasolu. Enamikest polümeeridest kui süsinikku sisaldavatest ainetest eraldub põlemisel väga mürgine süsinikmonooksiid (CO).(Talvari 2006:185)

2. POLÜMEERMATERJALID

2.1. Polümeermaterjalid ehk plastid

Rakenduse saavad polümeerid kasutamisel polümeermaterjalides. Polümeermaterjal koosneb polümeerist ja lisakomponentidest, mida on keskmiselt 23 (0.....90)%. Polümeermaterjale liigitatakse lähtuvalt keemilisest struktuurist, näiteks PE, PP, PB, PA, PC, EP, PI jt. Materjalikesksem on liigitamine täidetava lõppfunktsiooni järgi:

1. plastid (plastikud), mida omakorda liigitatakse kompaktplastideks, vahtplastideks, kiledeks, komposiitideks,
2. kiud ja kiudmaterjalid
3. kummid ja elastomeerid, kas klassikalise kummikäitumisega või termoplastsed elastomeerid (elastoplastid)
4. liimid (adhesiivid) ja sideained komposiitmaterjalides
5. pinnakattematerjalid, sh lakid, värvid ja polümeerpinded.(Talvari 2006:186)

2.1.1. Plastid

Polümeeri tarbimisväärtuse plastina määrab eelkõige jäikuse ja sitkuse vahekord (E= 0,2(LDPE – 7(PF)Gpa).

Kompaktplastidest (*compact plastics, bulk polymers, polymers in mass*) tooted saadakse valdavalt survevalul ja ekstrusioonil

1. Laiatarbeplastid (*commodity*) on odavamad masstoodangu polümeerid (PE, PP, PVC). Nad on sitked, tugevusomadused pole maksimaalsed, kuid püsivad.
2. Konstruktsiooniplastid (*engineering*) on kõvad-sitked materjalid, valdavalt termoplastid (PC, PA, PET, HIPS, ABS, POM jt).
3. Kõrgtehnoloogilised konstruktsiooniplastid (*high performance*) on reeglina kuumuskindlad polümeerid, mille omadused on paremad. Põhipolümeerid on heterotsüklilised (PI), polüaramiidid, polüarulaadid, PPO, PEK, PEEK, S-sisaldavad jt.

4. Kilede ja pehmete õõnsate toodete saamiseks sobivad sitked polümeerid (PE, PP, plastifitseeritud PVC, PET, PA jt) .
5. Vahtplastid (*foamed plastics*) on polümeeri ja gaasi komposiidid, mis võivad olla jäigad või elastsed, kinniste või lahtiste pooridega. Saadakse polümeerile vahustava agendi (porofoori) lisamisel.
6. Keemilised agendid eraldavad lagunedes N_2 või CO_2, PUR – vahtude tootmisel tekib CO_2 isotsüanaatrühmade reageerimisel veega.
7. Füüsikalised agendid on fluoreeritud süsivesinikud jt. PS- vahud saadakse juhul, kui porofoori sisaldavad graanulid töötlemisel auruga paisuvad ja kokku paakuvad.

Toodetakse ka isekustuvaid termoreaktiivseid jäikasid PF- ja UF-vahtplaste.
(Talvari 2006: 187)

2.1.2. Kummid ja elastomeerid

Kummi (*rubber*) on materjal, mida võib korduvalt venitada vähemalt kahekordse pikkuseni ja mis taastab jõust vabastamisel esialgse pikkuse. Elastomeer on kummitaoline materjal, millel on piiratud venivus ja mis ei taasta jõust vabastamisel täielikult dimensioone. Kummi ja elastomeeri mõiste tõlgendus pole alati ühene. Kummi on põhimõteliselt ristseotud elastomeer. Ajalooliselt nimetatakse kummideks aga just paljusid elastomeere. Looduslikku toorkummi (*natural rubber*) nimetatakse ka kautšukiks.

Elastoplastid (*termoplastic elastomers*) (näiteks SBS, SIS, polüuretaanid jt) koosnevad omavahel lahustumatutest kõvadest ja pehmetest plokkidest. (Talvari 2006:187)

2.1.3. Kiud

Kiud (*fiber*) on polümeermaterjal, mille pikkus ületab läbimõõdu vähemalt 100 korda. Kiud liigitatakse:

1. looduslikud – puuvill, vill, siid, lina

2. modifitseeritud tselluloos – atsetaatkiud, vaskammoniaakkiud, viskooskiud (*rayon*)
3. sünteetilised – PET, PA, PAN, PP, PUR, polüaramiid jt. (Talvari 2006:188)

2.1.4. Adhesiivid

Adhesiivid e. liimid (*adhesives, glues*) on ained, mis on võimelised hoidma materjale koos nende vahel tekkivate koosmõjude toimel.
Liimid on keerulised kompositsioonid, mis sisaldavad peale polümeerse liimaine (liimvaigu) rea teisi komponente, sh kõvendid, katalüsaatorid, täiteained, naket parandavad ained (*tactifiers*), tiksotroopsed lisandid, lahustid jm.

Liime võib liigitada:

1. lahusliimid – mis kõvenevad lahusti aurumisel (migratsioonil).
2. lateksliimid – mis kõvenevad vee eraldumisel
3. rõhutundlikud – on erandina mittekõvenevad. Põhiomadus on püsiv nake.(kleeplintide liimikile)
4. sulaliimid – on termoplastsed polümeerid, mida kasutatakse sulana ja mis tahkestuvad jahtudes.
5. Reaktsiooniliimid – liimid mis kõvenevad keemilisel reaktsioonil. Suure tugevusega konstruktsiooniliimid ja vastupidavad ekspluatatsioonis. (Talvari 2006:188-189)

2.1.5. Pinnakattematerjalid

Pinnakate (*coating*) on materjal, mis moodustab pinnal õhukese pideva kile. Polümeersed pinnakatted liigitatakse:

1. Värv (*paint*) on pigmente ja polümeerset kilemoodustist (*film former*) sisaldav kompositsioon, mis pinnale kantuna moodustab tahke läbipaistmatu kile

2. Lakk (*varnish, lacquer*) on polümeerset kilemoodustit sisaldav kompositsioon, mis pinnale kantuna moodustab tahke läbipaistva kile

Enamlevinud kilemoodustid on järgmised:

1. Õlivärvides ja –lakkides on sideaineks kuivavad õlid (küllastumata rasvhapped), mis ristseotakse reaktsioonil õhuhapnikuga (*dryng oils*)
2. Alküüdid on küllastumata rasvhappega modifitseeritud polüestrid (pentaftaal ja glüftaalvaigud) või ka kopolümeerid (näiteks uretaanalküüdid)
3. Termoplastsed sideained kõvenevad lahusti aurumisel. Enam levinud on tselluloosi estrid, polüvinülideenkloriid, polüakrülaadid jt
4. Lateksvärvides on kilemoodustiks PVAC, SBR, akrülaatide kopolümeerid jt
5. Keemilise reaktsiooniga kõvenevad pinnakatted:
6. Küllastumata polüestrid kõvenevad radikaalpolümerisatsioonil stüreeniga
7. Modifitseeritud UF- ja MF- vaikudele lisatakse happeline katalüsaator
8. Polüliitumisel kõvenevad EP ja PUR (Talvari 2006:189)

2.2. Plastide lisandid

Lisandeid tuleb käsitleda kui täiendavaid põlevaineid.

1. Täiteained (*fillers*) tõstavad dimensionaalset ja termilist stabiilsust ning tugevust

   peeneteralised täiteained – kriit, kaoliin, metallioksiidid, ränimuld, puidujahu, tahm jt, kummiosakesed, klaaskiud

   pikakiulisi täiteaineid, sh klaas-, süsinik-, aramiid- jt kiude kasutatakse klaasplastide, paberplastide, autokummide jt komposiitmaterjalide anisotroopseks armeerimiseks
2. Plastifikaatorid (*plasticizers*) lisatakse polümeeridele voolavuse parandamiseks, T_g alandamiseks, sitkemate ja külmakindlamate materjalide saamiseks.
3. See on eelkõige PVC probleem (80%) . Plastifikaatorid on kõrge keemistemperatuuriga vedelikud (M>300), mis segunevad polümeeriga,nad ei tohi lenduda, migreeruda ega kristalluda. Rohkem kasutatakse väliseid plastifikaatoreid. Tuntuim on dioktüülftalaat, samuti ka teised ftaalhappe ja fosforhappe estrid, õlid

(pehmendid), vahad, rasvhapete estrid, oligomeerid, polüetüleenglükoolid, elastomeerid

4. Töötlemist soosivad lisandid (*process aids*) parandavad voolamisomadusi või vähendavad toodete kleepumist vormivate pindade külge.

   välised määrdeained migreeruvad pinnale (rasvhapete ja soolade estrid, vahad, õlid), kuna neil on väike sobivus polümeeriga

   abhesiivid (*release agents*) on madala pinnaenergiaga silikoonid, fluoropolümeerid, vahad

   sisemised määrdeained parandavad polümeeride voolamisomadusi; kasutatakse rasvhapete estreid, vahasid jt

5. Stabilisaatoreid lisatakse degradatsiooni vältimiseks, sh antioksüdandid , UV-absorberid, Pb-soolad (PVC), fungitsiidid jt

6. Värvaineid (*colorants*) on kahte liiki;

   tavaliselt lahustumatud pigmendid (TiO_2, tahm) segatakse polümeeri massiga

   lahustuvad orgaanilised värvid (*dyes*) lisatakse polümeeri läbipaistvaks värvimiseks

7. Kõvendamis- ja sidusagendid (*curing and coupling agents*)

   vulkanisaatorid (S) , kõvendid prepolümeeride ristsidumiseks, katalüsaatorid ja initsiaatorid protsesside käivitamiseks

   sidusagendid moodustavad kovalentseid sidemeid polümeeri ja täiteainega parandades adhesiooni. Kõige tähtsamad on silaanid (näiteks CH_2=CH-$SiCl_3$), aga ka Ti ja Cr metallorgaanilised ühendid. (Talvari 2006:186-187)

2.3. Plastide põhilised kasutusalad

Tänapäeval on plastide kasutamine laialt levinud ja igapäevaselt kasutatav meie igapäevases olmes kui ka tööstuses ja ehituses. Järgnevalt annab autor ülevaate mõnede enamlevinud plastmasside kasutusaladest:

* Polüetüleen (PE) – kõige massilisemalt toodetav laiatarbeplast, tema hinnatavamad omadused on keemiline inertsus, apolaarsus, madal hind, kilede läbipaistvus. PE-d kasutatakse järgmiste toodetena:

¤ kiled pakkimiseks ja katmiseks,laminaatkiled,

¤ pehmed pudelid, traatide ja kaablite isolatsioon,

¤ ekstrusioontorud,

¤ rotovormitud suured mahutid,

¤ kastid, karbid, nõud, mänguasjad ja survevalu tooted.

* Polüpropüleen (PP) – kuni 1990 aastani toodeti maailmas ligi 6 miljonit tonni, kuid tema tootmise maht kasvab kiiresti. PP on jäigem kui PE ja teda vormitakse sulaolekus (210.....250 ^{0}C) ja tema mehaanilised ja termilised omadused on paremad võrreldes PE-ga. Polüpropüleeni kasutatakse järgmiste toodetena:

¤ suuremad survevalutooted (toolid,lauad,kohvrid,suuremate seadmete korpused jt.)

¤ hingedega tooted, steriliseeritav meditsiiniaparatuur,

¤ kiled, orienteeritud fibrilleeritud kiud (köied, võrgud, nöör, lõng, kotimaterjal),

¤ ekstrusioonitorud, traadiisolatsioon

* Polüisobutüleen (PIB) – on amorfne sümmeetrilise struktuuriga polümeer. PIB –i kasutatakse:

¤ kleepuvust andva lisandina liimides, närimiskummis, tihendites jm,

¤ vulkaniseerituna isopreeni kaudu on keemiliselt inertne,oksüdatsioonikindel ja gaase mitteläbilaskev butüülkummi.(Christjanson 2001:63-64)

* Polüvinüülkloriid (PVC) – on tootmismahult teisel kohal maailmas. PVC-d saadakse vinüülkloriidi vabaradikaalsel polümerisatsioonil peamiselt suspensioonis. PVC on suhteliselt jäik, raske, halvasti lahustuv, polaarne, mittesüttiv, kuid ebastabiilne (eraldub HCl), odav ja halvasti töödeldav polümeer. Modifitseeritud segudes e kompaundides on lisakomponentide osatähtsus suur, sh. plastifikaatorid (dioktüülftalaat) , stabilisaatorid (Pb-soolad), määrdeained, täiteained, pigmendid, elastomeerid. Kompaundid on märksa paremini töödeldavad. Kasutamine sõltuvalt kompaundist on väga erinev:

¤ **jäigast** PVC (UPVC) valmistatakse torusid, profiiltooteid,aknaid, seinaplaate jm.

¤ **plastifitseeritud** PVC – st (PPVC) valmistatakse traadi ja kaabliisolatsiooni, täispuhutavaid esemeid, kardinaid, kaustu, kileriideid, dispersioonist plastifikaatorist (plastisoolist) alusmaterjalil kunstnahka, põrandakatteid, tapeeti, pinnakatteid jm.
(Christjanson 2001:66)

* Polüstürool (PS) - saadakse fenüületeenist ehk stüreenist. Puhtal kujul on värvitu, läbipaistev, küllaltki kõva, kuid rabe. Tema puuduseks on vähene kuumakindlus (100^0C) ja vähene vastupidavus lahustitele: ta lahustub enamikus orgaanilistes lahustites, mõnedes küll ainult pundub. Polüstüroolile lisatakse sageli pigmenta. Teda segatakse teiste polümeeridega, veel sagedamini kasutatakse teda kopolümeerina akrüülnitriiliga, butadieeniga, akrülaatidega jne. (Timotheus 1999:46)

Sellised kopolümeerid on palju vastupidavamad löögile ja lahustitele. Polüstürooli kasutatakse järgmiste toodete valmistamiseks:

¤ survevalutooted (majapidamistarbed, mänguasjad, spordivarustus, korpused, nupud, lülitid, korgid, anumad jt);

¤ vahtpolüstüreen soojusisolatsiooniks;

¤ löögikindel õhukeseseinaline pakkematerjal;

¤ väga hea konstruktsiooniplast on PC modifitseeritud ABS , kus täiteaineks on klaaskiud.

PS ja polüfenüleeneeter (PPO) moodustavad suhteliselt harva esineva homogeense polüsegu.

* Polüvinüülatsetaat (PVAC) – saadakse vinüülatsetaadi radikaalpolümerisatsioonil emulsioonis. PVAC on amorfne ataktiline jäiga ahelaga polümeer. PVAC on külmvoolav, vormitoodeteks sobimatu ja veetundlik polümeer. Tema kasutamise valdkonnad on järgmised:

¤ plastifitseeritud vesiemulsioonid on tuntud lateksvärvid, lateksliimid ja metid paberile, puidule, tekstiilile,

¤ kopolümeer etüleeniga on heade omadustega odav sulamliim (EVA)

* Polüvinüülalkohol (PVAL) - on ataktiline amorfne polümeer, ei sula, vaid laguneb u 150^0C juures, lahustub kergesti vees. PVAL kasutatakse:

¤ tekstiili ja paberi mettimiseks,

¤ tihkestava lisandina vesilahustes,

¤ stabilisaatorina vesiemulsioonides,

¤ vees lahustuva kilena

¤ polüvinüülatsetaalide saamise lähteainena.

(Christjanson 2001:67)

3. SÜNTEETILISTE POLÜMEERIDE PÕLEMISE ÜLDISED JOONED

Enamik kaubanduslikult kasutatavaid sünteesipolümeere on orgaanilised ühendid; järelikult kõrgetel temperatuuridel enamik sünteetilistest polümeeridest valmistatud tooteid põlevad. Nende põlemine on üldiselt seotud kolme iseloomuliku joonega:

1. toode sulab põlemisel sageli;
2. toote pind kaldub söestuma;
3. polümeerse produkti põlemisel eraldub suur hulk suitsu, süsinikmonooksiidi ja teisi ohtlikke põlemisgaase samuti ka aerosoole, vedelikke ja gaase.

Tüüpilises põlenguolukorras on polümeeride sulamine nähtus, millel on samaaegselt nii kasulikke kui kahjulikke jooni. Sulamisega kaasneb tavaliselt polümeeri tilkumine ta esialgsest asukohast mujale, näiteks laest põrandale. Selline polümeeri tilkumine sarnaneb kuuma küünlavaha tilkumisega. Ühest küljest, tilkumine on jahutusmehhanism, mis eemaldab soojust otsesest põlemiskohast. See võib takistada polümeeri põlemist. Teisest küljest, kui sula polümeer juba põleb, aitab tilkumine tõenäoliselt kaasa tule levikule ühest kohast teise.

Sulamisega kaasneb ka laialivalgumine, tekib nn. „lombi tuli“ ja millega kaasneb suur soojuskiirgus.

Polümeeri põlemisele kaasneb sageli kõigepealt polümeeri enda termiline lagunemine lihtsamateks keemilisteks ühenditeks, tavaliselt monomeerideks, millest polümeer on moodustunud. Mõnikord need lihtsad ühendid- nad on ka vedelikud – difundeeruvad – kui on gaasid - materjali pinnale, kus nad segunevad õhuhapnikuga ja põlevad. Ekspositsiooni korral suurele kuumusele võivad nende lihtsamate ainete aurud migreeruda aeglaselt otsesest põlemiskohast eemale ja akumuleeruda mujal, näiteks lae all, kus nad õhuga segunevad. Kui selle segu kontsentratsoon on süttivuspiirides, põhjustab süüteallikas segu süttimise.

Soojus võib läbida polümeerse materjali juhtivuse või kiirguse teel, põhjustades polümeeri termilise lagunemise mitte seal, kus esialgne kuumutamine toimus. Näiteks: võtame seina, mis on tehtud puutaladest ja millele on kinnitatud polümeersed paneelid. Kui soojus läbib

juhtivuse või kiirguse teel seina, võib polümeerne materjal laguneda, kuigi soojusallikas on mõnevõrra eemal. Sellisel juhul moodustub lihtsate orgaaniliste ainete põlev segu, mis süüteallika olemasolul võib süttida. See nähtus on *flashover*`i näide, see aitab kaasa tule levikule kõrvalasuvatesse ruumidesse. Selline põleng on seotud eriprobleemidega suurtes avalikes hoonetes, mis on ehitatud osaliselt plastmasse kasutades, sest polümeersed produktid põlevad palju kiiremini ja põhjustavad kõrgema temperatuuri kui puit ja teised looduslikud materjalid.

Fataalsete juhtude arv põlengutes kasvab dramaatiliselt, kui põleva hoone ehitusel on kasutatud polümeerseid materjale. Need juhtumid on tavaliselt tingitud põlengugaaside sissehingamisest, mitte põletustest või muudest põhjustest. Väikestes ruumides tõuseb põlengugaaside kontsentratsioon eluohtlikule tasemele sekunditega. Pealegi, kui sellistes hoonetes leiab aset põleng võib põlengu mõju olla suurem põlengukohast kaugemal. Mõnikord on see tingitud põlengugaaside ja termilise lagunemise produktide konvektiivsest liikumisest läbi ventilatsioonisüsteemide, prügisahtide ja teisi teid mööda mujale. See põlengugaaside liikumine levitab tuld, kuid gaaside sissehingamine võib olla fataalne inimestele, kes on kaugel põlengukohast. (Talvari 2006:200)

Sünteetiliste polümeersete ainete põlemine tekitab teistsuguse põlengugaaside segu, võrreldes mittepolümeersete ainete põlemisega. Kõikide orgaaniliste ainete põlengute puhul on süsinikmonooksiid ja süsinikdioksiid koos veauruga põhisaadused, kuid lisagaase tekib plastide põlengul rohkem kui tavalisel põlengul. Tõenäoline on eluohtlike gaaside kontsentratsioonide, näiteks tsüaanvesiniku HCN ja kloorvesiniku HCl teke.

Polümeersete materjalide põlengutel on tõenäoline ka paljude toksiliste lenduvate ühendite ainete teke, mis põhjustab aerosoolide teket. Kõige sagedamini on täheldatud küllastamatu aldehüüdi, *akroleiini…(esineb värvitu või kollaka vedelikuna)* teke; ta keemiline valem on: CH_2=CHCHO. See on terava lõhnaga, intensiivselt ärritav, pisaraid tekitav aine, mille TLV (kokkupuute ülempiir, suurim kemikaali konsentratsioon õhus, mida ei tohi tööötaja hingamistsoonis kunagi ületada) on ainult 0,1 ppm. Vaid ühe minuti pikkune ekspositsioon õhule, mis sisaldab 1 ppm akroleiini, põhjustab nina ja silma limaskestade ärritust. Õhu sissehingamine, mis sisaldab 10ppm akroleiini võib fataalselt lõppeda mõne minutiga.

Polümeersete materjalide põlengul tekkiva suitsu koostis sõltub polümeeri keemilisest loomusest(elemendilisest koostisest, tabel 1). Aromaatsete polümeeride põlemisel tekib tavaliselt rohkem musta suitsu (mikroskoopilised süsinikuosakesed, 10^{-5}…10^{-7} m) kui alifaatsete polümeeride põlemisel. Polüstüreeni põlemisel tekib näiteks palju rohkem musta suitsu kui polüetüleeni põlemisel. (Talvari 2006:201)

Tabel 1 Põlemissaaduste näited

Põlemissaadused	**Materjal**
Süsinukdioksiid	Enamik materjale
Vesiniktsüaniid	Vill, puuvill, siid, POLUURETAANID
Lämmstikoksiidid	Nitrotselluloos, POLÜAMIIDID
Vesinikkloriid	POLÜESTER KUMMID(mõned) POLÜVINÜÜLKLORIID(PVC) Kloreeritud süsivesinikud
Vääveldioksiid	Väävliühendid, süsi, mineraalõli
Isotsüanaadid	POLÜURETAANID
Akroleiin	Naftasaadused
Fosgeen	POLÜVINÜÜLKLORIID
Ammoniaak	POLÜAMIIDID Vill, siid FENOOLKUMMID
Vesinikfloriid	TEFLON(POLUTETRAFLOROETÜLEEN) JA TEISED FLOORI SISALDAVAD ÜHENDID
Broomvesinik	Broomi sisaldavad ühendid

Plastmasside ja kangaste töötlemise tehnika nende **tulekindluse tõstmiseks** on keeruline ja pole täiuslik. Polümeersed materjalid põlevad ikkagi, isegi kui nad on töödeldud tuldsummutavate ainete ja põlemisvastaste vahenditega, eriti aga kõrgetel temperatuuridel suurte põlengute puhul.

Tüüpilised tuldsummutavad ained ja põlemisvastased vahendid, mida kasutatakse tänapäeva kangaste tootmisel on halogeenitud süsivesinikud, teatud vees lahustumatud metallide soolad, antimontrioksiid, trikresüülfosfaat ja teised fosfaatestrid. Üks selline tulesummuti kerkis päevakorda 1970-ndatel aastatel: *tris*-(2,3-dibromopropüül)fosfaat, mida tavaliselt tunti TRIS`ina.

Seda ainet kasutati esialgselt sünteetiliste kangaste immutamiseks, nagu laste magamisriided. Kuigi ta oli efektiivne tulesummuti, leiti, et ta on kantserogeenne katseloomadele nii oraalsel manustamisel kui ka naha töötlemisel selle agendiga. Neil põhjustel keelati *tris*-(2,3-dibromopropüül)fosfaadi tootmine USAs.

Kõrvuti plastmasside ja tekstiilitöösturite vabatahtlike ettevõtmistega on seadusandlikud algatused samuti kaasa aidanud kangaste ohutumaks muutmisele tuleohutuse seisukohast. USA föderaalsel tasemel vastab *Süttivate kiudude seadus* avalikkuse murele mitmete tõsiste õnnetuste osas, mis muuhulgas juhtusid kunstkiust sviitrite ja laste kauboinukkudega, mis mõlemad süütamisel põlesid välgukiirusel. See seadus nõuab tootjalt kangaste testimist, mida kasutatakse rõivaste valmistamiseks, spetsiaalse 45° süütamis- ja ärapõlemistestiga. Tänu sellele seadusele ei ole ameerika turul kiirestipõlevaid rõivaid.

1967. aastal parandati Süttivate kiudude seadust nii, et see sisaldab ka mööblit, paberit, plastmasse ja teisi materjale, mida kasutatakse rõivaste ja mööbli valmistamisel. Järgnevalt võeti USA-s vastu seadusega kehtestatud standardid vaipade ja pleedide, laste magamistarvete ja madratsite kohta.

Lisaks sellele on USA osariikide tarbijakaitse osakonnad vastu võtnud süttivusregulatsioonid, mis on rakendatavad mitmesugustele mööbliesemetele. Teatud erinõuded kehtivad nende kasutamisel ühiskondlikes hoonetes. Kuigi ohtu ei saa täielikult elimineerida, aitavad vastavate gruppide ühendatud pingutused vähendada vigastusi põlengutel, kui põlevad plastmassid ja tekstiil. (Talvari 2006:201-2029
Eesti Vabariigis kehtivad vastavad standardid erinevatele põlevmaterjalidele ja nendest valmistatud toodetele.

3.1 Sünteespolümeeri põlemine

Erinevalt vedelikust võib tahkis põleda igas suunas, ehkki termoplast tavaliselt sulab ja on tules voolavas olekus .
Põleva tahkise pinnatemperatuur on tavaliselt kõrge (harilikult > 350^{0} C), nii et pindmine kiirgussoojuskadu on märkimisväärne. Soojus, mis on vajalik lendosiste tekkimiseks ehk

gaasistumissoojus (L_v), on tahkise korral vedelikega võrreldes märksa suurem sest protsessi käigus toimub keemiline lagunemine. Materjalid ,mis kuumutamisel söestuvad nt. puit, polüvinüülkloriid, teatavad termoreaktiivsed vaigud jne. moodustavad pinnal söekihi, mis tavaliselt kaitseb selle all olevat kütust. Pinnatemperatuur võib olla veelgi kõrgem, sellisel juhul muutub ka põlemise käitumine. Tabelis 2 on toodud mõnede põlevmaterjalide süttivusparameetrid. (Drysdale 2003:196-197)

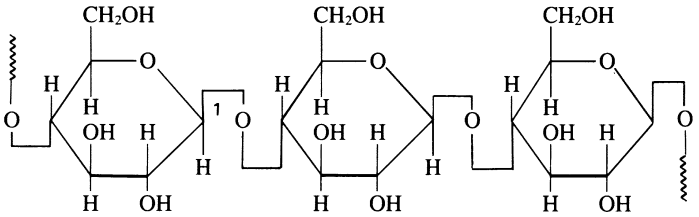
Tabel 2 Süttivusparameetrid

Põlev materjal	L_v	Q''_F	Q''_L	m''_{ideal}
	(kJ/g)	(kW/m^2)	(kW/m^2)	(g/m^2*s))
Tulekindel fenoolvaht	3,47	25,1	98,7	11[b]
Tulekindel polüisotsuanuraatvaht				
(jäik,klaassarrustatud)	3,67	33,1	28,4	9[b]
Polüoksümetüleen (tahke)	2,43	38,5	13,8	16
Polüetüleen (tahke)	2,32	32,6	26,3	14
Polükarbonaat (tahke)	2,07	51,9	74,1	25
Polüpropüleen (tahke)	2,03	28	18,8	14
Puit (ebatsuuga)	1,82	23,8	23,8	13[b]
Polüstüreen (tahke)	1,76	61,5	50,2	35
Tulekindel polüester (klaassarrustatud)	1,75	29,3	21,3	17
Fenoolvaik (tahke)	1,64	21,8	16,3	13
Polümetüülmetaakrülaat (tahke)	1,62	38,5	21,3	24
Tulekindel polüisotsüanuraatvaht (jäik)	1,52	50,2	58,5	33
Polüuretaanvaht (jäik)	1,52	68,1	57,7	45
Polüester (klaassarrustatud)	1,39	24,7	16,3	18
Tulekindel polüsrüreenvaht (jäik)	1,36	34,3	23,4	25
Polüuretaanvaht (elastne)	1,22	51,2	24,3	32
Metüülalkohol (vedelik)	1,2	38,1	22,2	32
Tulekindel polüuretaanvaht (jäik)	1,19	31,4	21,3	26
Etüülalkohol (vedelik)	0,97	38,9	24,7	40
Tulekindel vineer	0,95	9,6	18,4	10[b]
Stüreen (vedelik)	0,64[a]	72,8	43,5	114
Metüülmetakrülaat (vedelik)	0,52	20,9	25,5	76
Benseen (vedelik)	0,49[a]	72,8	42,2	149
Heptaan (vedelik)	0,48[a]	44,3	30,5	93

L_v – gaasistumissoojus, Q''_F – soojusvoog leegi pinnale,Q''_L -
m''_{ideal} – söestuva materjali näitaja(masspõlemiskiiruse maksimaalne väärtus)

3.2. Loodusliku polümeeri põlemine

Tselluloos ja derivaadid. Puidust ligniini või loodusliku sideaine eraldamisel järele jäävat osa nimetatakse tselluloosiks (naturaalne polümeer). Tselluloos on taimede tugiaine. Kuni 50%



kuivast puidust moodustab tselluloos. Puuvill on peaaegu puhas tselluloos (98%). Tselluloosi keemiline valem on (C5H10O5)n, kus n on ca 5000. Koostisühik on β-glükoos.
Kui ülaltoodud valemis hüdroksü grupid asuvad ülal, siis selline vorm on α-glükoos, mis on tärklise, kui samuti väga tähtsa biopolümeeri korduvaks lüliks. Tärklis on taimeriigi põhiline varuaine. Ta tekib juba taimelehtedes fotosünteesi lõpp-produktina.

Looduslike kõrgmolekulaarsete ühendite modifitseerimissaadustest on olulisemad tselluloosi estrid ja -eetrid. Kõige olulisemad tselluloosist pärinevad polümeerid on etüültselluloos (X = C2H5), bensüültselluloos (X = C6H5CH2), atsetüültselluloos (X = CH3CO) ja nitrotselluloos (X = NO2).

Mõnede sünteetiliste kiudude valmistamisel kasutatakse ka looduslikke (naturaalseid) polümeere. Näiteks tselluloosi atsetaati (nn atsetaatkiudu) saadakse tselluloosi töötlemisel äädikhappega, saadud produkti nimetatakse kunstsiidiks (rayon). Ta on märkimisväärselt tugevam, aga ta süttib ja põleb väga hõlpsasti. Kunstsiidist toodete maht on tunduvalt väiksem kui aastaid tagasi. Nitrotselluloos on tuntud lõhkeainena.

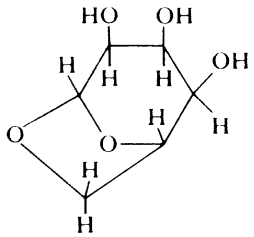
Paljud tuntud tekstiilmaterjalid on valmistatud naturaalse tooraine baasil, taimsetest või loomsetest kiududest. Linane ja puuvillane materjal on saadud taimsest kiust, villane ja siidmaterjal – loomsest kiust. Tekstiilmaterjalide lähteainteks on muidugi ka polümeersed materjalid.(Talvari 2006:194)

Lina on samuti tähtis taimne kiudaine. Keemia seisukohalt on ta samuti peaaegu puhas tselluloos. Linakiud on üks tugevamaid looduslikke kiudusid, tähelepanuväärseks omaduseks on tema niiskuseimavus, mis on palju suurem kui teistel looduslikel kiududel.

Pea iga süüteallika olemasolul kõik tselluloossed materjalid põlevad ilma eelneva sulamiseta, nad on A klassi materjalid, mida saab veega hästi kustutada.

Analüüsid on näidanud, et tselluloosse materjali põlemisel ja termilise lagunemisel tekkiva suitsu koostises on umbes 200 erinevat keemilist ainet.

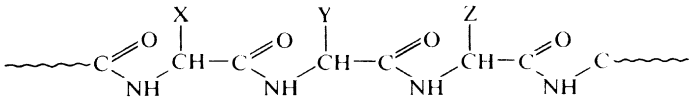
Tselluloosse materjali põlemisprotsess on küllaltki komplitseeritud. Teadlased arvavad, et esmasel etapil moodustub levoglükosaan, mille keemiline valem on:



Edasisel termilisel lagunemisel tekivad juba lihtsamad ained.

Vill ja siid

Loomsetest kiudainetest on vill ja siid kõige tähtsamad toormed tekstiilitööstusele. Nende makromolekulaarne struktuur on erinev tselluloosist. **Villa** saadakse lammaste, laamade, kitsete jt sarnaste loomade karvkattest. Villa makromolekuli struktuur on toodud joonisel 1. Tema üldvalem on $C_{42}H_{157}N_5SO_{15}$.



Joonis 1. Villa makromolekul.

Selles proteiinis X,Y ja Z on erinevad aminohapped üldvalemiga R – $CHNH_2COOH$. Tavaliselt leiame neid molekulis ainult 21 aminohappe hulgast.

Siid on pehme läikiv kiud, mida produtseerivad siidiussid oma kookoni valmistamiseks. Siidikiud on väga tugev, elastne ja sile. Ta on tekstiilitööstuses üks enamkasutatavaid looduslikke kiude. Tema väärtus ilmneb ka suhteliselt kõrges hinnas.

Keemiliselt on siidsegu kahest lihtsast valgust, siidfibroiin (*silkfibroin*) ja seritsiin (*sericin*). Esimese struktuuri nägime joonisel 1, kusjuures X, Y ja Z on vastavalt $–CH_3$; $HO–C_6H_5–CH_2–$ ja $HO–CH_2–$. Seritsiini struktuur on lihtsam, joonisel kujutatud valemis on X $HO–CH_2–CH–NH_2–$, üldvalem on tal $C_{15}H_{23}N_5O_6$.

Mõlemad kiud, nii villa kui siidi süttivad raskemini. Süttimistemperatuur on umbes 570ºC. Süttimisel põleb üldiselt aeglaselt, nad hõõguvad ja söestuvad, kustutada on neid suhteliselt kerge, nimelt veega, sest neil on omadus vett hästi endasse võtta. Kui villa makromolekulides leidub väävli ja lämmastikku aatomeid, sisaldavad põlemisproduktid ka SO_2 ja NO_2. Hõõguva villa ja siidi puhul sisaldab tema läheduses olev atmosfäär sageli ammoniaaki (NH_3)ja vesiniktsüamiidi (HCN).

4. SUITSU TOIME INIMORGANISMILE

4.1. Suitsu teke ja koostis.

Tulekahjul eralduva suitsu kogus on erinev ja muutub olenevalt põlemise staadiumist. Põlevgaaside pilv leegi kohal koosneb mitmetest komponentidest, mida võib jaotada kolme gruppi:

1. Põlevmaterjali põlemisel eralduvad kuumad aurud ja gaasid.
2. Põlevmaterjali lagunemise ja kondenseerunud mittepõlenud saadused (nende saaduste värv võib muutuda heledast kuni mustani, nagu tahm).
3. Kuumenenud kõrvalolev õhk, mis difundeerub suitsupilvesse.

Tuld ümbritsevat pilve nimetatakse suitsuks. See koosneb eelnimetatud gruppide komponentidest ja sisaldab gaase, aure ning temas pihustunud tahketest osakestest. Eraldunud suitsu maht, tihedus ja mürgisus olenevad põlevmaterjali omadustest ja põlemisprotsessist. Viimasele avaldavad mõju mitmed üksteisest sõltuvad tegurid. Tulekahjul tekkinud suits võib olla vähem või rohkem tihedam, kuid alati on tal kõrge temperatuur ja ta sisaldab mürgiseid saadusi ning on igal tihedusel inimese elule ohtlik.

Suitsu eraldumise mehhanism. Plastide põlemisel toimub lenduvate põlevgaaside eraldumine, nende süttimine tekitab leegi ja kuumad suitsugaasid (põlemisgaasid). Suitsugaaside suhteline väiksem tihedus võrreldes ümbritseva külma õhumassiga tingib nende vertikaalse tõusu. Selle tagajärjel ümbritsev õhk difundeerub ülestõusvasse suitsugaasi ja seguneb sellega. Difundeerunud õhk sisaldab põlemiseks vajalikku hapnikku. Kuna suitsupilve sisemuses ei ole küllaldaselt kõrge temperatuur ja ei jätku hapnikku on põlemine puudulik, mistõttu eralduva suitsu koostisesse satuvadki vabad tahke aine osakesed tahma näol.

Suitsu omadused . Plastide põlengul eralduva suitsu omadused ja koostis on väga mitmekesised. Välisilmelt võib suits olla heledast kuni musta värvini ja temas võivad sisalduda poolpõlenud ja kondenseerunud põlevaine laguproduktid. Suitsu tihedust võib väljendada „nähtavuse ühikutes”. Näiteks – Laboratoorsetel katsetuste määrati, et 1 kg puidu põletamisel kinnises ruumis (V=35 m^3) eralduv suits vähendab nähtavuse kuni 1

meetrini, st et näha on ainult väljasirutatud käe sõrmi. Samasuguse efekti annab 0,07 kg polüstürooli, 0,1 kg penoplasti, 0,5 kg penopolüuretaani või 0,3 l petrooleumi põletamine.

Tabelis 3 on toodud mõnede materjalide suitsu eralduvus.

Tabel 3. Erinevate materjalide suitsu eralduvus

Materjal	**Paksus mm**	**Nähtavus 34 m^3 katseruumis, m**	
		Lahtine leek	**Hõõgumine**
Kõvakartong melamiinkattega	3,2	4	3,3
Kõvakartong polüvinüülkloriidkattega	5,7	3	3.8
Tihke polüvinüülkloriid	1,6	2,8	3
Mitmekihiline polüuretaanplaat	13	4,7	4
Klaaskiuga (leegi aeglustaja) armeeritud polüeeterplaat	3,3	1,5	1,6

Ohtlike (mürgiste) kemikaalidega puutuvad tuletõrjujad-päästjad kokku tavaolukordades, kuid suitsuga seonduvad ohud tulekahjudel. Nagu varem märgitud on peaaegu igal tulekahjul tegemist plastide põlemisega.. Suitsu koostises on põlevainete põlemisgaasid ja aerosoolidena nende põlemisjääkide väikesed osakesed, sealhulgas süsinikuosakesed. Samuti võib aerosoolides (t/g ja v/g)olla lenduvaid orgaanilisi ühendeid.
Põlemisgaaside hulgas on nii lõplikult oksüdeerunud (CO_2) kui ka osaliselt oksüdeerunud (CO) ja mitmeid teisigi gaase, olenevalt põlevaine koostisest.

Suitsu mürgisus. Tulekahjul eralduv mistahes suitsu liik sisaldab mürgiseid gaase ning kui inimesel ei ole kaitsevahendeid suitsu vastu, võib viia see surmajuhtumini. Sageli isegi lühiajalise kaitse puudumine suitsu eest põhjustab surma. Üheks mürgisemaks suitsu komponendiks on vingugaas (süsinikmonooksiid), mis sisaldub alati suitsus ning mida leitakse enamikel tulesurmas hukkunute laipade lahkamisel. Vaatamata sellele, et see gaas kujutab endast ainult ühte paljudest potentsiaalselt mürgistest komponentidest suitsus on tema kontsentratsioon suitsus alati suurem kui teistel komponentidel. *Näiteks puidu*

destruktiivsel lagunemisel eraldub CO kõrval üle 50 suitsu komponendi. Veelgi suurem arv komponente on *plastide põlemise puhul.*

Tabelis 4 on toodud mõnede materjalide põlemisel tekkinud komponendid.

Tabel 4 Erinevate materjalide põlemisel eralduvad mürgised komponendid

Mürgine gaas või aur	**Moodustumise allikas (materjal)**
Süsinikdioksiid (süsihappegaas)	Kõik süsinikku sisaldavad põlevmaterjalid
Süsinikmonooksiid (vingugaas)	Kõik süsinikku sisaldavad põlevmaterjalid
Lämmastikoksiidid	Polüuretaanid, tselluloidid
Vesiniktsüaniid	Puit, siid, nahk, lämmastikku sisaldavad plastmassid, tselluloossed materjalid, tselluloossed plastmassid, viskoos
Akroleiin	Puit, paber
Vääveldioksiid	Kumm, tiokoolid
Halogeenvesinikhapped ja teised ühendid (soolhape,broomvesinikhape, floorvesinikhape, fosgeen)	Polüvinüülkloriid, tulekindlad plastmassid, floori sisaldavad plastmassid
Ammoniaak	Melamiin, nailon, karbamiid-formaldehüüdvaigud
Aldehüüdid	Fenoolformaldehüüd, puit, nailon, polüestervaigud
Benseen	Polüstürool
Aso-bis-suktsiinonitriil	Penoplastid
Antimoni sisaldavad ühendid	Mõned tulekindlad plastmassid
Isotsüanaadid	Penopolüuretaan

Põlemisgaasides sisalduvate mürgiste gaaside toime oleneb tema kontsentratsioonist ja toimeajast (ekspositsiooniaeg).Maksimaalselt lubatud kontsentratsioonid on määratud tervisekaitse eeskirjades, kus on toodud ka mõnede plastide põlemisel tekkivate mürgiste gaaside kontsentratsioonide mõju olenevus ekspositsiooni ajast. Tavaliselt on sama

kontsentratsiooni puhul lühiajaline toime 20 korda ohtlikum kui pikaajaline toime. See suhe 1:20 on küllaltki standartne ja võib ainult muutuda suurenemise suunas.

Kahe väga mürgise gaasi (CO, HCN) eraldumine 1 kg erinevate materjalide põlemisel on välja toodud tabelis 5.

Tabel 5. Süsinikmonooksiidi (CO) ja tsüaanvesiniku (HCN) eraldumine 1 kg erinevate materjalide põlemisel, ppm

Aine	CO,kg	CO,m^3 20 ^oC	CO,m^3 300 ^oC	HCN,kg	HCN,m^3 20 ^oC	HCN,m^3 300 ^oC
Tselluloos (puuvill)	0,50	0,4	0,8	-	-	-
Vill Nailon	0,23 0,44	0,18 0,35	0,37 0,7	0,12 0,11	0,10 0,09	0,19 0,18
Akrüülkiud	0,3	0,24	0,47	0,26	0,21	0,42
Penopolüuretaan	0,55	0,44	0,88	0,35	0,28	0,56

Uurimused on näidanud, et põlemissaaduste mürgine toime võib olla erinevate inimeste puhul ka erinev. See sõltub inimese füüsilisest ja psüühilisest seisundist. Seda tuleb arvestada mürgiste gaaside lubatud piirnormide puhul. Teada on, et psüühilise stressi seisundis, nagu seda esineb tulekahju olukorras, isegi mürgiste gaaside suhteliselt tühine kogus võib põhjustada mürgitusjuhtumi või isegi surma.

Suits tervikuna on ohtlik, mitmesuguste temas sisalduvate mikroskoopiliste osakeste kui ka ühendite poolest.

Suitsu ohtlikus seisneb tema sattumises hingamisteedesse, suuremad osakesed peetakse kinni ninasõõrmetes, väiksemad mikroosakesed satuvad aga bronhidesse ja kopsu. Olenevalt ainete iseloomust ja konsentratsioonist tekivad haigusnähtused, mis halvimal juhul lõpevad surmaga.(näiteks CO sattumisel kopsu). Põlemisgaaside koostises võivad olla ka kantserogeenseid polünukleaarseid aromaatseid süsivesinikke nagu bensopüreen. Suitsu

allikad on peale põlengute ka sisepõlemismootoriga transpordivahendid, tööstusettevõtted jms.

Põlengu suits on eelkõige ohtlik inimestele,kellel puuduvad hingamiskaitsevahendid. Tuletõrjujad peavad hoolitsema eelkõige selle eest, et hingamisaparaatides jätkuks piisavalt õhku.

Rohke plastmaterjalide koguse põlengu kustutamine seab päästjale mitmeid ohtusid, tugeva soojuskiirguse kõrval ka suitsu toime sissehingamisel ilma kaitsevahenditeta. **Paljud kogenud päästjad peavad suitsu ainult ebamugavuseks,** kuigi aeg- ajalt tuleb aga ette akuutset silma ja hingamisteede ärritust, iiveldust ja peavalu. Teised siiski muretsevad pikaajaliste mõjude pärast, eriti siis kui esineb suuremahulisi plastide põlenguid, mis sunnivad tuletõrjujaid töötama suitsuses keskkonnas pikka aega (ka järelkustutamine). Praeguseks hetkeks pöörata vajalikku tähelepanu sellele, kui suur on oht tervisele töötades pikaajalisel kustutustööl. See on sellepärast nii, et pole tehtud epidemioloogilisi uuringuid selgitamaks välja tuletõrjujate terviseseisund enne ja pärast nende karjääri. Kuni seda ala teaduslikult uuritakse, et öelda, kas probleem esineb või mitte, saab pealiskaudsete uuringute toel rääkida lühiajalistest kahjulikest terviseprobleemidest.

Plastide põlengu suits koosneb mitmekümnetest erinevatest kemikaalidest, väljendudes gaasides, vedelikes ja tahketes ainetes. Peamiseks inhalatsiooniliseks ohuks päästjatele kui tavainimestele on vingugaas, muud mürgised gaasid ja aerosoolid. Erinevate mürgiste ainete kontsentratsioon suitsus oleneb põlevast materjalist.

Vingugaas (CO) väga mürgine gaas. Sissehingamisel seob CO vere hemoglobiini püsivaks ühendiks, põhjustades seega kudede hapnikunälga. CO 0,1%-line sisaldus õhus on inimesele surmav sissehingamisel 20 min jooksul.

Suitsus (aerosoolidena) võib benseenituuma sisaldavate plastide põlengusaadustes olla ka fenooliühendeid ja mitmetuumalisi aromaatseid ühendeid, mis teatavasti on kantserogeense toimega

Võimalikud terviseohud töökohal (tulekahju alal) peavad olema hoolikalt hinnatud mitmetel põhjustel. Esiteks on inimestel erinev tundlikus mürgiste gaaside ja -aimete korral. Teiseks on olulised näitajad isiklikud harjumused ja füüsiline seisund. Näiteks on suitsetajatel tavaliselt kehas 5% COHb-d (karboksühemoglobiin), sest nad hingavad sigarettidest vingugaasi (CO) sisse. Seega võivad suitsuses keskkonnas terviseprobleemid neid suurema tõenäosusega tabada. Tabelis 6 on toodud CO sisalduse mõju töötamise/viibimise kohta põlengualal.

Tabel 6 Lubatud suitsuses keskkonnas töötamise aeg (kui kustutab tuld) olenevalt CO sisaldusest:

CO sisaldus töökohal [mg/l]	Töötamise aeg [minutid]
0,6	6
0,3	30
0,2	60

Päästetööde juht peab kindlustama plastmaterjalide põlengu kustutamisel osalevaid tuletõrjujaid-päästjaid hingamisorganite kaitsevahenditega. Sagedamini tuleb vahetada tulekolde juures töötavaid inimesi. Viimased peavad puhkama vähemalt 50m kaugusel suitsutsoonist, tulekoldest pealttuule suunas.

4.2 Suitsu psühholoogiline toime

Suuremate põlengute ja keemiaõnnetuste puhul, kus on tegemist keemiliste ainetega, või eraldub suuremal hulgal toksilisi aineid, kaasnevad sageli psüholoogilised ja psühiaatrilised efektid mis otseselt või kaudselt mõjutavad inimese närvisüsteemi.
Need on seotud inimese tajudega ja mõjutavad õnnetusega seotud üksikisikut või inimeste gruppe, seda ka juhul kui inimesed ei ole otseselt õnnetuspiirkonnas, on neil siiski oht saada kahjustatud stressireaktsoonist.

Laiematel inimgruppidel on tendentsiks hinnata kõiki keemiliste ainetega seotud õnnetusi äärmiselt ohtlikeks. Stressireaktsioon keemiaõnnetuste puhul on sagedane ilming ja võib varjatult mängida olulist osa inimese organismis.
Peamiste keskkonnaohtude puhul (keemiaõnnetused ,suured tulekahjud jne) on täheldatud stressi seotust psühhiaatriliste ja psühhosomaatiliste sümptomite ilmnemisel. Stressi tagajärjed võivad olla tuntavad isegi mitmeid aastaid peale õnnetuse läbielamist.

Reaktsioonid läbielatud õnnetustele kutsuvad inimeses tavaliselt esile järgmised näitajad:

1. õnnetuse ulatusest ja iseloomust sõltuvalt ebakindlustunde
2. teadmatuse oma pere, sõprade ja tuttavate käekäigu kohta
3. ebaturvalisuse oma kodu ja töö pärast, kas on vaja evakueeruda, kas hooned on saastatud, kas jätkub toiduaineid jne.
4. Sotsiaalne eemaldumine nende suhtes kes on tulnud õnnetuspiirkonnas ja on nn. nakkusohtlikud
5. meedia piiramine, mis sisendab hirmu,et halvim on juhtunud.(4:90-91)

5. TERMILISE RADIATSIOONI (SOOJUSKIIRGUSE) MÕJU INIMESELE

Termiline radiatsioon. (Soojuskiirgus) seondub põlenguleegist lähtuva soojuskiirgusega. Plastmaterjalide leegi temperatuur on küllalt kõrge ,ulatudes 1400 ^{o}C –ni.Plastid põlevad süsivesinikele omase kirka leegiga. Suurte põlengute korral on soojuskiirgus peamine ohuallikas kogu ümbruskonnale, tekitades inimestele, eeskätt tuletõrjujatele-päästjatele põletushaavu, põhjustab sekundaarseid põlenguid ja nõrgestab ehitiste konstruktsiooni elemente, tabelid 7 -15. Termiline radiatsioon (soojuskiirgus) on elektromagnetiliste lainete voog lainepikkuste 2-16 µm (infrapunane) piirkonnas. Termiline radiatsioon summeerub kiirgavate ainete (nt H_2O, CO_2) ja hõõguvate väikeste süsinikuosakeste (tahm) osakiirgusest.Kui tavatulekahjul on soojuskiirguse intensiivsus 20-30 kW/m2 piires,siis plastmaterjalide põlengul on see kordi suurem.On mitmeid soojuskiirguse mõjualade määramismeetodid. Käesolevas töös esitatud ohualad on saadud arvutustel programmi ALOHA järgi.

Tabel 7 Termilise radiatsiooni (soojuskiirguse) toime.

Soojuskiirguse intensiivsus, kW/m^2	**Toime kirjeldus**
37,5	Piisav protsessitehnika hävitamiseks, minimaalne energia puidu süttimiseks lühiaegsel ekspositsioonil.
12,5	Puidu süttimine, plasttorude sulamine.
9,5	Põletustunde piir peale 8 sekundilist toimet, teise astme põletus peale 20 sekundilist toimet.
4,0	Põletused 8 sekundi jooksul, teise astme põletused pikemaaegsel ekspositsioonil, surmajuhtumeid ei esine.
1,6	Ei põhjusta suuri ebameeldivusi ka pikaaegsel ekspositsioonil.

Tabel 8 Põletuse tekkimise eksponeerimise aeg.

Radiatsiooni intensiivsus, Btu/hr/ft^2	**kW/m^2**	**Põletuse tekke aeg, s**
500	1,58	60
740	2,33	40
920	2,90	30
1500	4,73	16
2200	6,94	9
3000	9,46	6
3700	11,67	4
6300	19,87	2

Tabel 9 Termilise radiatsiooni (soojuskiirguse) toime.

Radiatsiooni intensiivsus, kW/m^2	**Valu tekke aeg, s**	**Teise astme põletuse tekke aeg, s**
1	115	663
2	45	187
3	27	92
4	18	57
5	13	40
6	11	30
8	7	20
10	5	14
12	4	11

Tabel 10 Lubatud termiline radiatsioon

Radiatsiooni intensiivsus, kW/m^2	**Kahjustuse kirjeldus**
1,6	Lubatav tase pikaaegsel eksponeerimisel.
4,7	Kahjustus tekib mõnede minutite jooksul kaitseriietuseta Inimestel.
6,3	Ühe minuti jooksul võib tekkida kaitseriietuseta inimestel I astme põletused.
9,5	Mõnede sekundite joksul võivad tekkida kaitseriietuseta inimestel I astme põletused.

Selles tabelis toodud kiirgus pinnaühikule on funktsion ajast. Järgnev tabel 11 näitab kumuleerunud soojushulga toimet ajast olenevalt. Näiteks kiirguse 5 **kW/m^2** 30 sekundilisele toimele vastab 150 **kJ/m^2** -line termiline doos, mis põhjustab II astme põletuse.

Tabel 11 5 kW/m^2 suuruse soojuskiirguse mõju inimestele.

Effekt	**Ekspositsiooni aeg, s**	**Andmebaas**
Lakkamatu valu	13	
I astme põletus	20	(5kW/m^2 kohta 20 s jooksul vastab radiatsiooni doosile 100 kJ/m^2)
II astme põletus	30 40	(5kW/m^2 kohta 30 s jooksul vastab radiatsiooni doosile 150 kJ/m^2)
III astme põletus (1 % hukkunuid)	50	(5kW/m^2 kohta 50 s jooksul vastab radiatsiooni doosile 250 kJ/m^2)
72% I astme põletust	40	

Tabelis toodud 5 kW/m^2 suurune soojuskiirgus on piiriks, kus tehakse avarii-päästetöid kaitseriietuses. Sellise mõju alla võivad sattuda aga ka kaitseriietuseta tavatöötajad õnnetuse hetkel.

Tabel 12 Struktuuri kahjustuste kriteeriumid

Radiatsiooni intensiivsus, kW/m^2	**Kahjustuse kirjeldus**
37,5	Piisav kahju protsessitehnikale (teraskonstruktsioonid ja -seadmed)
25,0	Minimaalne energia puidu leegita süütamiseks
12,5	Minimaalne energia puidu leegiga süütamiseks, plasttorude sulamine

Tabel 13 Termilise radiatsiooni(soojuskiirguse)kahjustav toime erinevatele materjalidele

Kahjustatav materjal	**Kriitilise radiatsiooni intensiivsus[1] , kW/m^2**	**Kriitilise radiatsiooni) intensiivsus[1] , kW/m^2**
	Kahjustuse I tase[2]	**Kahjustuse II tase[3]**
Teras	100	25
Puit	15	2
Sünteetiline materjal	15	2
Klaas	4	-

1 – inntensiivsus, mis põhjustab kahjustusi pika-aegsel ekspositsioonil.
2 – põhjustab tulekahju, struktuurielementide purunemine või häving.
3 – põhjustab värvitud pindade värvimuutusi ja struktuurielementide mõningat deformatsiooni.

Tabel 14 Erinevad termilise radiatsiooni (soojuskiirguse) piirangud seadmetele ja struktuurielementidele (Lees, 1996)

Termilise radiatsiooni intensiivsus, kW/m^2	**Piirangu kirjeldus**
KLETZ,1980	
38	Intensiivne toime laomahutitele
12,5	Intensiivne toime puidule ja plastmaterjalidele
5	Intensiivne toime päästetöötajatele
BRITISH STANDARD 5908, 1990	
37,5	Intensiivne kahjustav toime protsessitehnikale
25	Intensiivne puitu kiirelt süütav toime
12,5	Intensiivne puitu süütav toime
MECKLENBURGH, 1985	
14	Normaalse puitehitise vastupidavuse tase

10 - 12	Taimse materjali süttimine
DINENNO, 1982	
30	Puidu iseeneslik süttimine
15	Puidu süttimine
20	Kütteõli süttimine 40 sekundi jooksul
10	Kütteõli süttimine 120 sekundi jooksul
18 - 20	Kaabli isolatsioni degradeerumine
12	Plast sulab
37,5	Seadmete hävimine
9	Seadmete hävimine – konservatiivne suurus, mida kasutatakse süsteemi planeerimise signaalsuurusena

Tabel 15 Hukkunute arvu sõltuvus soojuskiirguse intensiivsusest ja kestusest.

Hukkumise tõenäosus, %	**Soojuskiirguse kestus, s**	**Soojuskiirguse intensiivsus, kW/m^2**	**Soojuskiirguse doos, [s(kW/m^2)$^{4/3}$]**
1	1,43	146,0	1099
1	10,1	33,1	1073
1	45,2	10,1	1000
50	1,43	263,6	2417
50	10,1	57,6	2264
50	45,2	18,5	2210
99	1,43	586,0	7008
99	10,1	28,0	6546
99	45,2	39,8	6149

6. OHUTUSABINÕUD KUSTUTUS-PÄÄSTETÖÖDEL

6.1. Suits

1. Mahulise plastide põlengu korral teha kiire põlemisgaaside analüüs, eelkõige CO osas, samuti määrata HCN, HF, HCl, NH3 kontsentratsioon vajalikus töötsoonis, .kasutades portatiivset gaasianalüsaatorit ;
2. Hinnanud gaasianalüüsi tulemusi , määrab päästetööde juht (PTJ) individuaalkaitsevahendite tüübi;
3. Jälgib päästjate-tuletõrjujate tööaega ohtlikus tsoonis, tehes õigeaegseid vahetusi.Töötsoonist tulijad suunatakse normaalse õhuga alasse taastuma;
4. Halva enesetunde korral peab olema võimalus arstiabile koha peal.

6.2. Soojuskiirgus

1. Ohualade leidmisel kasutati arvutuprogrammi ALOHA. (http://www.epa.gov/ceppo/cameo/request.htm)

Kuna see programm võimaldab teha arvutusi ainult gaasidega, siis kasutati arvutusel nn mudelaineid, milleks olid süsivesinikgaasid C_1-C_3.Nende põlemissoojused on võrreldavad keskmiste plastide omadega

1. Tavalises kaitseriietuses tuletõrjuja-päästja võib töötada soojuskiirguse tingimustes ca 5 kW/m2;
2. erikaitseriietusega(metalliseeritud) piires 10-12 kW/m2;
3. Kustutus- ja päästetehnikat on soovitav lubada mitte üle 15 kW/m2 piirkonda(kütusepaagi plahvatuse oht);
4. Tabelites 7 -15 on toodud soojuskiirguse mõjud.

Altoodud tabelites 16 - on toodud soojuskiirgusest tulenevad ohualad.

Tabel 16. Soojuskiirguse ohualad olenevalt põlevaine kogusest

Põlevaine kogus, tonn	Rs, m 40 kW/m^2	Rv, m 30 kW/m2	Rk, m 15 kw/m2	Ro, m 5 kW/m2
0,5	10	10	10	10
3,2	10	10	14	22
51	18	27	43	70
200	30	43	72	121

Meteoroloogilised tingimused:

Poolpilves ilm

Õhutemperatuur +20 ^{o}C

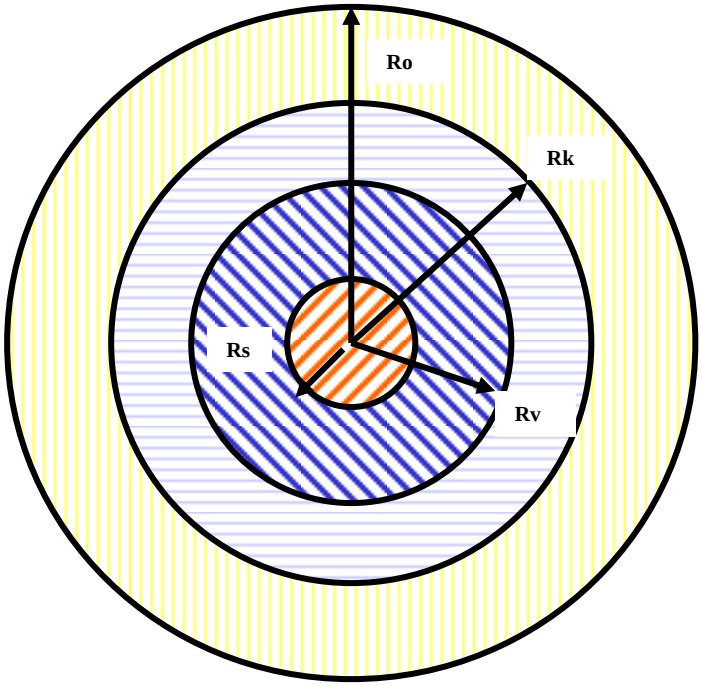
Tuule kiirus 10 m/s

Õhu relatiivne niiskus 75% niiskus

Hoonestatud maastik

Õnnetuste ohualad ja nende hindamise parameetrid (A.Sirel,PEPK)

Õnnetuse ohuala on ala, mille piires ületab õnnetuse väljundi teatud parameetri näitarv ohtliku mõju künnise.



Joonis 2 Ohtliku objekti ohuala osad

Ohuala on otstarbekas jagada järgmisteks osadeks (joonis 2)

1. Väheohtlik ala. Soojuskiirguse väärtusel 2,5 kW/m^2 tekib valu 90 sekundi jooksul;

5 kW/m^2 puhul 60 s jooksul ja 10 kW/m^2 puhul 10 s jooksul (Hymes,1983).

Väheohtliku ala välispiir on üheaegselt ka ohuala välispiiriks. Väheohtliku ala välispiiri kaugust ohtlikust objektist näitab selle ala raadius **Ro**.

2. **Keskmiselt ohtlik ala**. Soojuskiirguse toimel tekivad teise astme põletused katmata kehaosadel väärtusel 5 kW/m^2

100 sekundi jooksul, 15 kW/m^2 puhul 60 s jooksul ja 33 kW/m^2 puhul 10 s jooksul(Hymes,1983).

Kaitseriietes tuletõrjujad-päästjad võivad selles piirkonnas töötada piiratud aja.

Keskmiselt ohtliku ala välispiiri kaugust ohtlikust objektist näitab selle ala raadius **Rk**. Keskmiselt ohtliku ala välispiir on väheohtliku ala sisepiiriks.

3. **Väga ohtlik ala**. Soojuskiirgus võib põhjustada 1% kaitseriietuseta inimeste hukkumise väärtusel 37 kW/ m^2 10 sekundi jooksul, 20 kW/ m^2 juures 60 s jooksul ja 7 kW/ m^2 juures 100 s jooksul(Hymes,1983).Ekspositsiooniaja pikenedes saab kaitseriietuseta inimene üliraskeid põletushaavu, mis võib tingida kiire hukkumise . Selles alas võib olla tuletõrje-päästetehnika piiratud aja. Tuletõrjujad-päästjad erikaitseriietuses lühikest aega Päästetööde juhi erikorraldusel .

Väga ohtliku ala välispiiri kaugust ohtlikust objektist näitab selle ala raadius **Rv**. Väga ohtliku ala välispiir on keskmiselt ohtliku ala sisepiiriks.

4. **Eriti ohtlik ala**. Soojuskiirgus põhjustab kolmanda astme põletusi, põletus haarab ca 2 mm sügavuselt nahaalust piirkonda, 50% kaitseriietuseta inimesi võib hukkuda väärtusel on 60…65 kW/m^2

10 sekundi jooksul, 20 kW/ m^2 juures 60 s jooksul ja 13 kW/ m^2 juures 100 s jooksul(Hymes,1983) . Põlevmaterjali kiire süttimine. Kõikidel nendel väärtustel kaitseriietuseta inimesed hukkuvad ekspositsiooniaja suurenedes. Tuletõrjujad-päästjad

võivad seal viibida väga lühikest aega spetsiaalses metalliseeritud kaitseülikonnas Päästetöödejuhi (PTJ) erikorraldusel.

Väga ohtliku ala välispiiri kaugust ohtlikust objektist näitab selle ala raadius **Rs.** Eriti ohtliku ala välispiir on keskmiselt väga ohtliku ala sisepiiriks.

KOKKUVÕTE

Käesolevas lõputöös on vaadeldud polümeere, nii looduslikke kui sünteetilisi, polümeermaterjale. Teema on aktuaalne kuna tänapäeval kasutatakse polümeermaterjale kõikjal meie ümber, olgu see siis meie kodus ,tööl,transpordivahendites ,ehituses jne. Kahjuks on sagedased ka tuleõnnetused kus ühe põlevmaterjalina on tegemist ka polümeersete (plast) materjalidega.

Töö esimeses osas annab autor ülevaate polümeeridest nende koostisest,nomenklatuurist. Samuti on ära toodud polümeeride keemilised ja füüsikalised omadused ning nende toksilisus.

Töö põhiosas alustab autor ülevaatega polümeermaterjalidest(plastidest), kus leiavad rakendust polümeerid. Olulise osa moodustavad plastide lisandid. Lisandeid tuleb plastides kui täiendavaid põlevaineid. Plastide lisanditena kasutatakse täiteaineid, plastifikaatoreid(parandavad voolavust), töötlemist soosivaid lisandeid, stabilisaatoreid, värvaineid jne.
Töös on toodud ka plstide põhilisemad kasutusalad. Nii näiteks on kõige massilisemalt toodetav laiatarbeplast polüetüleen (PE). Temast valmistatakse kilesid, pehmeid pudeleid, kaablite ja traatide isolatsiooni, kaste karpe ,nõusid , mänguasju jne. Need on asjad mis enamuses ümbritsevad meid igapäevaelus. Teine laiemalt levinud plasmaterjal on polüvinüülkloriid (PVC) mida kasutatakse laiemalt ehitusete juures näit. torud ,profiiltooted ,aknad, seinaplaadid jm.
Laia kasutust leiab ka polüstürool (PS) segatuna teiste polümeeridega. Temast valmistatakse majapidamistarbeid, lüliteid, anumaid, nuppe, korpuseid (enamik lauaarvutite korpuseid). Ehituses leiab kasutust soojusisolatsioonimaterjalina.

Töö kolmandas osas annab autor ülevaate sünteetiliste polümeeride põlemise üldistest joontest mida võib jagada kolmeks:
-toote pinnad sulavad põlemisel
-toote pind kaldub söestuma
- **polümeerse produkti põlemisel eraldub suur hulk suitsu, süsinikmonooksiidi ja teisi ohtlikke põlemisgaase ning aerosoole,vedelikke.**

Võrreldes teiste ,mittepolümeersete, ainete põlemisega tekib sünteetiliste polümeersete ainete põlemisel teistsugune põlemisgaaside segu. Tekivad ka eluohtlike gaaside konsentratsioonid nagu tsüaanvesinik ja kloorvesinik. Tõenäoliselt tekivad ka paljud toksilised lenduvad ühendid mis põhjustavad aerosoolide teket.
Plastmasside ja kangaste tulekindlust saab tõsta kuid töötlemise tehnika on keeruline ja pole täiuslik.Kuid vaatamata sellele, et polümeerseid materjale töödeldakse tuldsummutavate ainete ja põlemisvastaste vahenditega põlevad polümeersed materjalid ikkagi.

Lõputöö neljandas osaskirjeldab autor suitsu toimet inimorganismile. Osa on oluline ,sest tulekahjudel viibivad tuletõrjujad- päästjad tahtmatult suitsuses keskkonnas ja ilma kaitsevahenditeta viibimine sellise keskkonnas võib põhjustada raskeid tervisekahjustusi. Autor kirjeldab osas suitsu teket tema koostist ja mõju inimese organismile ning puudutab põgusalt ka psüholoogilist faktorit.

Lõputöö järgnevas viiendas osas on autori poolt vaatluse alla võetud teine oluline ohuallikas,termiline radiatsioon ehk soojuskiirgus. Soojuskiirgus on ohtlik ennekõike just päästetööde teostajatele kui ka tulekolde läheduses olevale tehnikale ja hoonetele seda just tule leviku ohu tõttu. Viiendas osas on tabelit kujul ära toodud termilise radiatsiooni kahjustav toime nii inimesele ,protsessitehnikale ning ka mõningatele materjalidele. Tabelis viisteist on ära toodud hukkunute arvu sõltuvus soojuskiirguse intensiivsusest ja kestusest

Eelnevate osade põhjal on kuuendas osas autori poolt välja toodud ohutusabinõud plastide põlengute jaoks . Ennekõike on väljatoodud ohutusabinõud abiks päästetööde juhile päästetööde planeerimisel ja tõrjujate- päästjate ohutuse tagamisel.

Аннотация

Дипломная работа на тему «Горение полимерных материалов» написана на эстонском языке, а резюме на русском языке. Объём дипломной работы в напечатанном виде 50 страниц. Количество использованных источников 6, из них 4 на эстонском языке . В дипломной работе 2 чертежа, 16 таблиц и приложения.

Дипломную работу характеризуют следующие понятия: горение полимеров и пластиков, продукты горения, тепловое излучение, опасные факторы для здоровья пожарных-спасателей.

Данная дипломная работа о горении природных и синтетических полимеров, а также полимерных материалов (пластиков).

В работе даётся краткий обзор типов и физико-химических свойств синтетических полимеров и продуктов горения наиболее часто используемых пластиков. Рассматриваются вероятный состав продуктов горения (так называемого дыма) в зависимости от условий и от материала горения и последствия термической радиации, которые причиняют вред здоровью.

Актуальность дипломной работы состоит в том, что в настоящий момент отсутствуют данные, позволяющие работникам, осуществляющим пожарно-спасательные работы, иметь полное представление о полимерных материалах.

Цель дипломной работы – представить достаточные данные об опасных факторах, присутствующих при горении полимеров и пластиков и о возможностях их уменьшения.

Со вторым опасным фактором пожара – тепловым излучением – были представлены опасные области вместе с описанием их действия.

Предложения затрагивают возможное уменьшение опасных факторов, влияющих на здоровье пожарных-спасателей при горении пластиков.

KASUTATUD ALLIKATE LOETELU

1. http://www.epa.gov/ceppo/cameo/request.htm
2. Christjanson, P. 2001. Polümeeriteaduse alused. Tallinn: TTÜ kirjastus
3. Drysdale, D. 2003. Tulekahju dünaamika. Tallinn: Sisekaitseakadeemia,tõlge.
4. Organisation for economic co-operation and development. 1994. Healt aspects of chemical accidents: Paris
5. Talvari, A. 2006. Ohtlikud ained 2. Tallinn: Sisekaitseakadeemia
6. Timotheus, H. 1999. Praktiline keemia. Tallinn 1999

LISA 1

Tabel L-1. Enamkasutatud polümeeride nimelühendid.

AAS (ASA)	termopolümeer akrülaadist, akrüülnitriilist ja stüreenist	ABA	termopolümeer akrülaadist, butadieenist ja akrüülnitriilist
ABS	termopolümeer akrüülnitriilist, butadieenist ja stüreenist	CPE (PE-C)	klooritud polüetüleen
CA	atsetaattselluloos	CIIR	klorobutüülkummi
CMC	karboksümetüültselluloos	BR	butadieenkummi
CR	kloropreenkummi	CSM	klorosulfoonitud polüetüleen
EAA	kopolümeer eteenist ja akrüülhappest	EC	etüültselluloos
EEA	kopolümeer eteenist ja etüülakrülaadist	EMA	kopolümeer eteenist ja metakrüülhappest
EP	epoksüvaik (plast)	EPR	etüleen-propüleenkummi
EPDM	kopolümeerkummi eteenist, propeenist ja dieenist	ETFE	kopolümeer eteenist ja tetrafluoroeteenist
EVA (EVAC)	kopolümeer eteenist ja vinüülatsetaadist	EVOH (EVAL)	kopolümeer eteenist ja vinüülalkoholist
HDPE	kõrgtihe polüetüleen	HIPS	löögikindel polüstüreen
IR	isopreenkummi	LDPE	madaltihe polüetüleen
IIR	kummi isobutüleenist ja isopropeenist (butüülkummi)	MAB	terpolümeer metüülmetakrülaadist, akrüülnitriilist ja butadieenist
LLDPE	lineaarne madaltihe polüetüleen	MBS	terpolümeer metüülmetakrülaadist, butadieenist ja stüreenist
MF	melamiin-formaldehüüdvaik (plast)	NBR	kummi akrüülnitriilist ja butadieenist (nitriilkummi)
NC	nitrotselluloos	NR	looduslik kummi
PA	polüamiid	PAA	polüakrüülhape
PAI	polüamidoimiid	PAN	polüakrüülnitriil
PAR	polüarülaat	PAS	polüarüleensulfoon
PB	polübutadieen või polü(1-buteen)	PBI	polübensimidasool
PBT	polübutüleentereftalaat	PC	polükarbonaat
PCTFE	polüklorotrifluoroetüleen	PDAP (DAP)	polüdiallüülftalaat
PDMS	polüpolüdimetüülsiloksaan	PE	polüetüleen
PEBA	polüeeter-plokk-polüamiid	PEEK	polüeetereeterketoon
PEEKK	polüeetereeterketoonketoon	PEG	polüetüleenglükool
PEI	polüesterimiid v polüeeterimiid	PEK	polüeeterketoon
PEO (PEOX)	polüetüleenoksiid	PES (PESU)	polüeetersulfoon
PET	polüetüleentereftalaat	PE-X	ristseotud polüetüleen

(PETP)			
PF	fenool-formaldhüüdvaik (fenoplast)	PHB	polü(2-hüdroksübutüraat) v polü(p-hüdroksübensoehape)
PI	polüimiid	PIB	polüisobutüleen
PMA	polümetüülakrülaat	PMMA	polümetüülmetakrülaat
POM	polüoksümetüleen (polüformaldehüüd)	PPE (PPO)	polüfenüleeneeter (polüfenüleenoksiid)
POP	polüoksüpropüleen	PP	polüpropüleen (isotaktiline)
PPG	polüpropüleenglükool	PPO (PPOX)	polüpropüleenoksiid
PPS	polüfenüleensulfiid	PPSU	polüfenüleensulfoon
PPVC	plastifitseeritud polüvinüülkloriid	PS	polüstüreen
PTFE	polütetrafluoroetüleen	PUR	polüuretaan
PVAC	polüvinüülatsetaat	PVAL	polüvinüüalkohol
PVB	polüvinüülbutüraal	PVC	polüvinüülkloriid
PVDC	polüvinülideenkloriid	PVDF	polüvinüülideenfluoriid
PVF	polüvinüülfluoriid	PVK	polü(N-vinüülkarbasool)
PVP	polü(N-vinüülpürrolidoon)	RF	resortsinool-formaldehüüdvaik
SAN	kopolümeer stüreenist ja akrüülnitriilist	SBS	triplokk-kopolümeer stüreenist ja butadieenist
SB	kopolümeer stüreenist ja butadieenist	SBR	stüreen-butadieenkummi
SI (Q)	silikoonplastid (silikoonelastomeerid)	SMA	kopolümeer stüreenist ja maleiinhappe anhüdriidist
T	tiokoolkummi	UP	küllastumata polüestervaik
UF	karbamiid-formaldehüüdvaik (aminoplast)	UHMWPE	ülikõrge molaarmassiga polüetüleen
UPVC	plastifitseerimata polüvinüülkloriid	VCVAC	kopolümeer vinüülkloriidist ja vinüülatsetaadist
VLDPE	väga madaltihe polüetüleen		

Ahelakasvupolümeeride nime lühendamisel lähtutakse tähest P (polü) ja monomeeri nime esitähest. Lühendite kasutamise avardamiseks kasutatakse sageli monomeeri eristamiseks ka rohkem tähti. Mõned lühendid viitavad ka teatud omadustele (näiteks HD – kõrgtihe, HI – löögikindel). Kopolümeeride nimelühendid sisaldavad rohkem tähti vastavalt monomeerid arvule (ilma P). Elastomeeride nimelühendid saadakse tavaliselt monomeeride nimede esitähest lisades R (*rubber* – kummi). Astmekasvupolümeeride nimed on vähem süsteemsed. Kuna nimed sageli viitavad tervetele polümeeride klassidele peamiselt funktsionaalse rühma järgi, siis saadakse ka lühendid vastavatest esitähtedest (tavaliselt P). Lihtsamate nimede puhul esineb ka koostisest lähtuvate nimede esitähtedest saadud lühendid (näiteks PET). Vaikude ja plastide nimesid lühendatakse ühtemoodi, kuid vahel lisatakse tähtedest

lühenditele sõnad vaik (*resin*) või plast (ka kiud, kummi). Eesti keeles võib kopolümeeride nimed esitada ka üldiselt kasutatava skeemi järgi, näiteks: SAN – polü(stüreen-ko-akrüülnitriil). Plokk-kopomeeride eristamiseks kasutatakse teistsugust skeemi, näiteks SBS – polü-stüreen-plokk-polübutadieen-plokk-polüstüstüreen.

Lisa 2

Tabel L-2. Polümeeride enam levinud kaubanduslikud nimed.

A. POLÜOLEFIINID	
Polüetüleen (PE)	Alathon, Alkathene, Baylon, Dowlex, Eraclene, Escorene, Fertene, Flexirene, Fortiflex, Grex, Hostalen, Lacqtene, Lupolen, Marlex, Nipolon, Paxon, Petrothene, Riblene, Sclair, Tenite, Unival, Vestolen
Polüpropüleen (PP)	Appryl, Escorene, Fina, Fortilene, Hostacom, Hostalen PP, Larflex, Lacqtene P, Latene, Moplen, Napryl, Niplene, Norchem, Novolene, Profax, Propathene, Tenite, Vestolen P
Etüleeni kopolümeerid	Elvaloy, Elvax, Escorene, Greenflex, Levapren,
vinüülatsetaadiga (EVA)	Ultrathene, Vyna
metakrüülhappega (EMA)	Nucrel, Surlyn
tertrafluoreteeniga (ETFE)	Aflon COP, FP-FF, Halon, Hostaflon ET, Tefzel
PE/PP polüsegu	Hostalen LP, Keltan, Levaflex EP, Milastomer, Moplen SP, Propathane TE
B. HALOGEENE SISALDAVAD POLÜMEERID	
Polüvinüülkloriid (PVC)	Alpha, Carina, Corvic, Darvic, Elvic, Exon, Geon, Hostalit, Lacqvyl, Marvinol, Nipeon, Opalon, Oxyblend, Sicron, Trosiplast, Vestolit, Vinidur, Vinnol, Vinoflex, Vinuran, Vybak, Vygen, Welvic
Polüvinülideenkloriid (PVDC)	Saran, Tygon
Polüvinüülfluoriid (PVF)	Dyflor, Tedlar
Polüvinülideenfluoriid (PVDF)	Dyflor, Foraflon, Kynar, Solef
Polüklorotrifluoroetüleen (PCTFE)	Aclar, Halar, Kel-F, Voltalef
Polütetrafluoroetüleen (PTFE)	Algoflon, Floraflon, Fluon, Halon, Hostaflon, Soreflon, Teflon
C. POLÜSTÜREENID	
Polüstüreen (PS)	Carinex, Dylene, Edistir, Fostarene, Hostyren, Lacqrene, Lastirol, Lustrex, Stirolan, Styrolux, Styron, Styropor,Vestyron
Stüreeni kopolümeer akrüül nitriiliga (SAN)	Barex, Fostacryl, Lacqsan, Lastil, Luran, Lustran SAN, Thermocomp AF
Termopolümeer akrüülnitriilist, butadieenist ja stüreenist (ABS)	Abafil, Abson, Blendix, Cycolac, Dylel, Kralac, Lacqran, Lastilac, Lustran ABS, Magnum, Novodur, POLYabs, Terluran, Tybrene, Urtal
Stüreeni triplokk-kopolü-meerid:	
* butadieeniga (SBS)	Cariflex, Europrene, Kraton, K-Resin, Soloprene, Stereon,

	Styrolux, Vector
***** etüleeni-butüleeniga (SEBS)	Bergaflex, Evoprene
D. ALKADIEEN- JA OLEFIINELASTOMEERID (kummid)	
Butadieenkummi (BR)	Budene, Buna, Diene, Ep-Neo, Europrene, Intene, Kuraprene, Solprene, Taktene
Stüreen-butadieen-kopolümeerkummi (SBR)	Buna S, Cariflex, Copo, Duradene, Intol, Philprene, Plioflex, Polysar, Soloflex, Solprene
Akrüülnitriil-butadieen-kopo-lümeer (nitriilkummi) (NBR)	Buna N, Chemingum, Hycar, Krynac, Nipol, Nysyn, Paracryl, Perbunan
Isopreenkummi (IR)	Ameripol, Natsyn, Nipol
Polüisobutüleen (PIB) ja butüülkummi (IIR)	Butyl, Exxon, Oppanol, Polysar Butyl, Vistanex
Kloropreenkummi (CR)	Baypren, Butaclor, Denka, Neoprene
Etüleen-propüleen-kopolü-meerkummi (EPR, EPDM)	Buna EP, Elite, Exxral, Hifax, Nordel, Royalene, Santoprene, Vestoprene, Vistalon, Vyram
Fluoroelastomeerid	Aflas, Dai-El, Dyneon, Fluorel, Kalrez, Kel-F, Technoflon, Viton
Elastomeerid polüepikloro-hüdriinist (polüeeter)	Epichlomer, Herclor, Hydrin
E. AKRÜÜLPOLÜMEERID	
Polüakrüülnitriilkiud	Acron (elastomeerid), Acrylite, Akrylon, Degalan, (peamiselt PMMA) Dicalite, Gujpol, Implex, Lucite, Lucryl, Oroglas, Perspex, Plexiglas, Rhoplex
Polüakrüülnitriilkiud	Acrylan, Creslan, Courtelle, Dralon, Dynel, Euroacryl, Orlon, Teklan, Verel, Zefran
F. POLÜVINÜÜLATSETAAT JA DERIVAADID	
Polüvinüülatsetaat (PVAC)	Elvacet, Elvanol, Vinylite
Polüvinüülalkohol (PVAL)	Elvanol, Gelvatol, Mowiol, Rhoddoviol, Vinol
Polüvinüülformaal	Formval, Mowital
Polüvinüülbutüraal (PVB)	Butacide, Butvar, Saflex
G. POLÜEETRID	
Polüatsetaal (polüformaldehüüd (POM))	Alkon, Celcon, Derlin, Duracon, Hostaform, Kematal, Lubricomp, Sniatal, Ultraform
Polüetüleenoksiid (PEO)	Pluronics, Polyox
Polüetüleenglükool (PEG) ja polüpropüleenglükool (PPG)	Carbowax, Daltorez, Jeffox, Multarnol, Niax, Pluracol, Poly-G, Terathene, Voranol
Polüfenüleeneeter (PPE)	Laril, Luranyl, Noryl (PPE/PS), Pervex, Vestoblend, Vestoran, Xyron
Polüeeterketoonid (PEK)	Hostatec, Thermocomp LF, Ultrapek, Victrex
H. POLÜESTRID	
Polüetüleenterftalaat (PET):	
* plastid	Arnite A, Eastar, Impet, Kodapak, Petlon, Petra, Rhodester, Rynite, Valox

* kiud	Angelette, Blue C, Caripak P, Celanar, Dacron, Diolen, Mylar, Terylene, Trevira
Polübutüleentereftalaat (PBT)	Arylef, Bergadur,Celanex, Crastin, Gafite, Hostadur, Later, Orgator, Pibiter, Pocan, TenitePTMT, Ultradur, Valox, Vandar, Vestodur
Polüeeterester-elastomeerid	Dryflex, Gaflex, Hytrel, Lomad, Riteflex
Küllastumata polüestrid	Alpolit, Cyglas, Dion, Durez, Gabraster, Leguval, Palatal, Polylite, Selectron, Stratyl
Aromaatsed polüestrid (polüarülaadid)	Ardel, Arylon, Bexloy M, Durel, Ekkcel, Ekonol, Vectra, Xydar, Rodrun
Polükarbonaadid (PC)	Apec, Bergalon, Calibre, Latilon, Lexan, Lubricomp, Makrolon, Merlon, Orgalan, Sinvet
* PC/PET	Petsar, Xenoy
* PC/PBT	Makroblend, Novarex, POLYlux, Sabre, Xenoy
* PC/ABS	Bayblend, Cycoloy, Multilon, Novamate, POLYblend, Pulse, Ronfaloy, Triax
I. POLÜAMIIDID	
Alifaatsed polüamiidid (PA) (N6, N66, N11, N12) kiud ja plastid	Akulon, Bergamid, Capron, Cristamid (12), Durethan, Fosta, Frianyl, Grilamid (12), Grilon, Guilon, Maranyl, Minlon, Miramid, Orgalloy (PA/PP), Orgamid, Perlon, Polyloy, Rhenyl, Rilsan (11, 12), Sniamid, Sniavitrid, Technyl, Ultramid, Verton, Vestamid (12), Vydyne, Zytel
Alifaatsed-aromaatsed polüamiidid	Arlen, Durethan CT, Grilamid TR 55, Grivory,Hostamid, Torgamid T, Ultramid KR, Zytel 330
Polüeeteramiidid (plokk)	Estamid, Grilamid, Pebax
Aromaatsed polüamiidid	Arenka, Conex, Durette, Flexten, Ixef, Kermel, Kevlar, (polüaramiidid) Nomex, Twaron
Polüimiidid (PI)	Kapton, Keremid, Kermel, Kinel, LarC, Pyralin, Thermid, Ulten, Vespel
Polüamidoimiidid (PAI)	Torlon
J. VÄÄVLIT SISALDAVAD POLÜMEERID	
Polüfenüleensulfiidid (PPS)	Fortron, Larton, Ryton, Thiokol (alifaatne)
Polüsulfoonid	Astrel, Lasulf, Radel, Udel, Ultrason, Victrex
K. POLÜURETAAN (PUR) TERMOPLASTSED POLÜMEERID	

Adiprene, Bayflex, Desmopan, Dorlaston, Elastollan, Estane, Lycra, Millathane, Pellethane, Rimthame, Spandex, Spanzelle, Texin, Urepan, Vibrathane, Vulkollan	
L. MÕNED TERMOREAKTIIVID	
Polüsiloksaanid (SI, Q)	Elastosil, Silastic, Silopren
Epoksüvaigud (EP)	Araldit, DER, Epikote, Epirez, Epon, Epotuf, Epoxin, Hostapox, Levepox
Fenool-formaldehüüdvaigud	Bakelite, Durez, Fenoform, Plenco, Progilite, Resinox, Trolitan
Karbamiid-melamiin formaldehüüdvaigud	Avisco, Beetle, Formica, Melaform, Plaskon, Uroform

Tabelis on toodud polümeeride enam levinud kaubanduslikud nimed. Kuna nimede hulka võib hinnata mitmekümnele tuhandele, siis on valik põgus ja kindlasti ka suvaline. Suhteliselt vähe on toodud kopolümeeride ja polüsegude nimesid. On püütud rohkem esitada kaubanimesid autoriteetsematelt firmadelt. Väheste tuntumate firmade hulgas tuleks nimetada BASF, Bayer, Dow, Du Pont, Eastman, Exxon, Hoechst, Huels, ICI, Mitsubishi, Monsanto, Montedison, Phillips, Shell, Union Carbide. Kaubanimedele järgneb tavaliselt veel materjali tähistav numbrite ja tähtede kombinatsioon. Mingit konkreetset süsteemi kaubanduslike nimede valikus ei ole. Vahel kasutatakse nimesid, kus on aimatav seos firma nimega (näiteks Hoechst). Mõned esialgselt kaubanduslikud nimed on muutunud mingit polümeeriklassi tähistavaks üldnimeks, näiteks nailon, teflon, neopreenkummi. Vahel kasutatakse ka ühte nime (näiteks Thermocomp) ja erinevaid polümeeriklasse eristatakse lisatähtedega. Alati ei kasutata polümeeri kaubanduslikku nime, vaid firma koos polümeeri nimelühendiga (näiteks Borealis PE, PP; Dow HDPE).