Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Juri Zabellevits

RK030

SURUÕHUVAHUSÜSTEEMI EELISED A-KLASSI TULEKAHJUDE KUSTUTAMISEL

The vantages of the compressed air system putting out class a fires

Lõputöö

Juhendaja:

Dmitri Peterson

Tallinn 2007

ANNOTATSIOON

Lõputöö on kirjutatud teemal suruõhuvahusüsteemi eelised a-klassi tulekahjude kustutamisel. Töö on kirjutatud eesti keeles, 42 lehel, kasutatud on 13 inglise keelset allikat. Võõrkeelne kokkuvõte on kirjutatud inglise keeles. Kirja stiil on Times New Roman, kirja suurus 12 ning reavahe 1,5.

Töö koosneb annotatsioonist, sissejuhatusest, 3 peatükist ning kokkuvõttest. Esimeses peatükis on käsitletud suruõhuvahusüsteemi arengut ning kirjeldatud a-klassi vahuaineid ehk märgajaid. Teises peatükis on uuritud suruõhuvahusüsteemi tehnoloogiat, ehitust, selle effektiivsust ja eeliseid tulekahjude kustutamisel ning mõju sündmuskohale. Kolmandas peatükis kirjeldatud Saaremaa päästeteenistuse kogemust süsteemi kasutamisel ning erinevaid suruõhuvahusüsteeme maailmas.

Töö eesmärk on tõestada, toetudes Saaremaa Päästeteenistuse 8 aastasele kogemusele ning Ameerika tuletõrjeametite ja inseneride teoreetilistele seisukohtadele, refereeringutele ning praktilistele kogemustele, et suruõhuvahusüsteem on parem tulekustutusvahend a-klassi tulekahjude kustutamisel kui vesi.
Teiseks eesmärgiks on suruõhuvahusüsteemi vastu huvi äratamine ja diskussiooni algatamine Eesti päästesüsteemis ning uudse kustutussüsteemi laialdasem kasutuselevõtt.

Tuginedes käesoleva lõputöö analüüsile ja tulemustele kavatseb autor välja töötada praktilise suruõhuvahusüsteemi kasutusjuhendi.

Autor püstitab järgmise hüpoteesi – a-klassi tulekahjudel on suruõhuvahusüsteem efektiivseim tulekustutussüsteem.

Antud töö aktuaalsus seisneb selles, et viimaste aastate jooksul on aina rohkem hakatud rääkima suruõhuvahu tõhususest ning esimesed süsteemid on ka jõudnud Eesti päästesüsteemi. Autorile teadaolevalt ei ole suruõhuvahusüsteemi uurimust sellises mahus veel Eestis läbi viidud.

TABELITE JA JOONISTE LOETELU

Tabel 1: Salemi katsetuste tulemused 24

Joonis 1: Maasturile on paigaldatud suruõhuvahusüsteem 9
Joonis 2: Suruõhuvahusüsteemi skemaatiline joonis 14
Joonis 3: Suruõhu abil kokkusurutud mitmetahulised õhumullid 17
Joonis 4: Auto žassiile paigutatud W.S.Darley suruõhuvahusüsteem 18
Joonis 5: W.S.Darley õhukompressor 19
Joonis 6: W.S.Darley vahuaine doseerimissüsteem 20
Joonis 7: TFT siledatüveline suruõhuvahu joatoru 26
Joonis 8: W.S.Darley Snuffer paigutatuna Scania 80-le 34
Joonis 9: Kuressaare esimene suruõhuvahusüsteem 36
Joonis 10: Selja suruõhuvahusüsteem 37
Joonis 11: Suruõhuvahusüsteem mootorrattal 37
Joonis 12: Suruõhuballoon autosse paigutatuna 38

SISUKORD

ANNOTATSIOON 2
TABELITE JA JOONISTE LOETELU 3
LÜHENDID JA ÜHIKUTE TEISENDUS 5
SISSEJUHATUS 6
1. ÜLEVAADE SURUÕHUVAHUSÜSTEEMI ARENGUST 8
1.1. 1940 – 1960 8
1.2. Areng Texases 9
1.3. Mitteametlikud uuringud ja arendus 11
1.4. A klassi vahuained ehk märgajad 12
2. SURUÕHUVAHUSÜSTEEM 14
2.1. Liikumine voolikus 15
2.2. Seitsme mulli teooria 16
2.3. Ehitus 18
2.3.1. Tsentrifugaalne veepump 18
2.3.2. Õhukompressor 19
2.3.3. Doseerimissüsteem 20
2.4. Suruõhuvahusüsteemi kasutamine hoonete tulekahjul 21
2.5. Millega arvestada suruõhuvahusüsteemi puhul 23
2.6. Välikatsed 24
2.7. Joatorud 26
2.8. Suruõhuvahu mõju sündmuskoha uurimisele 28
2.9. Suruõhuvahu plussid ja miinused 30
2.9.1. Plussid 30
2.9.2. Miinused 31
3. Saaremaa päästeteenistuse kogemus 33
3.1. Esimesed katsetused suruõhuvahuga 33
3.2. Kuressaare esimene suruõhuvahusüsteem 33
3.3. Kuressaare teine suruõhuvahusüsteem 35
3.4. Erinevad kasutuselolevad süsteemid 35
KOKKUVÕTE 39
SUMMARY 41
KASUTATUD ALLIKAD 42

LÜHENDID JA ÜHIKUTE TEISENDUS

CAFS – (Compressed Air Foam System) Suruõhuvahusüsteem

WES – (Water Expansion System) Vee Paisutamise Süsteem

1 toll	- 25,4 mm
1 kuupjalg	- 0,027 m^3
1 USA gallon	- 3,785 l
1 dyn/cm^2	- X 10^3 = X1000 J/m^2
1 cfm	- kuupjalg minutis

SISSEJUHATUS

Pidevalt muutuv ja arenev elukeskkond ning vajadus jõuliselt progresseeruvale maailmale järele jõuda, on pannud päästeteenistused ja tuletõrjeinsenerid mõtlema erinevatele lahendustele, mis aitaksid päästjaid veel paremini vastu hakata meie igipõlisele laastavale vastasele – tulele. Uued tulekustutustehnoloogiad on olnud alati tuletõrje teenistustega kaasas käiv nähtus. Käsipritsid muutusid automatiseeritud pumpadeks, hobused vahetati autode vastu, siledatüvelised kompaktjoatorud vahetati välja automaatjoatorude vastu jne. Koopainimese ajastust saadik on tuld kustutatud veega. Alles viimased 60 aastat on hakatud mõistma, et tavaline vesi ei olegi alati kõige efektiivsem tulekustutusvahend. Suure uurimistöö ja arenduse tagajärjel on väga paljudes maailma riikides kasutusele võetud uus tulekustutussüsteem – suruõhuvahusüsteem.

1940. aastatel põlevvedelike tulekahjudega võitlemiseks konstrueeritud suruõhuvahusüsteem on läbi teinud suure arengu ja on tänapäeval peamiselt kasutusel just a-klassi tulekahjudega võitlemisel. Suruõhuvahusüsteem on saanud populaarsuseks üle kogu maailma. Ameerikas ja Saksamaal on valdav osa uusi tuletõrje masinaid varustatud just suruõhuvahusüsteemidega. Aina rohkem tuletõrje pealikke, instruktoreid, päästjaid ja tuletõrjetehnika tootjaid on aru saamas suruõhuvahusüsteemide eelistest. Suruõhuvahusüsteemide kasutamisel kaasnevad eelised - ressursi kokkuhoid, ohutus, säästlikus, kustutusefektiivsus jt. Peamine on, et suruõhuvahu tehnoloogia töötab väga hästi ja seda on tõestatud kümnete testide ja reaalsete situatsioonidega.

1998. aastal ehitati Saaremaa päästeteenistuses Eesti esimene suruõhuvahusüsteem. Tegemist oli katsetusteks ehitatud algelise süsteemiga kuid see andis tõuke tõsisemale uurimistööle ning aastal 2000. osteti esimene suruõhuvahusüsteem Ameerika tootjalt W.S.Darley. Üsna pea sai sellest kõigi päästjate lemmik tulekustutusvahend. Kui W.S.Darley süsteem oli suhteliselt väike ning sellega kaasnevalt ka tema võimsus piiratud siis aastal 2002. sai Saaremaa päästeteenistus võimsa Rosenbaueri suruõhuvahusüsteemi, mis oli paigutatud Scania tulekustus –ja päästeautole. See süsteem teenis Saaremaa päästjaid aastani 2007.

Käesoleva lõputöö **eesmärkideks** on:

1. Tõestada, toetudes Saaremaa Päästeteenistuse 8 aastasele kogemusele ning Ameerika tuletõrjeametite ja inseneride teoreetilistele seisukohtadele, refereeringutele ning praktilistele kogemustele, et suruõhuvahusüsteem on parem tulekustutusvahend a-klassi tulekahjude kustutamisel kui vesi.
2. Suruõhuvahusüsteemi vastu huvi äratamine Eesti päästesüsteemis ja diskussiooni algatamine ning uudse kustutussüsteemi laialdasem kasutuselevõtt.

Lähtuvalt eelnevast, on autor püstitanud järgmise **hüpoteesi**:

1. A-klassi tulekahjudel on suruõhuvahusüsteem efektiivseim tulekustutussüsteem.

Töö **aktuaalsus** seisneb selles, et viimaste aastate jooksul on aina rohkem hakatud Eestis rääkima suruõhuvahu tõhususest ja eelistest ning esimesed süsteemid on ka jõudnud Eesti päästesüsteemi. Autorile teadaolevalt ei ole suruõhuvahusüsteemi uurimust sellises mahus veel Eestis läbi viidud. Jälgides Lääne Euroopas jõuliselt populaarsust võitmas suruõhuvahusüsteemide arengut ja laialdast kasutuselevõttu, võib kindlalt väita, et tegemist on uue ajastu tulekustutusüsteemiga.

1. ÜLEVAADE SURUÕHUVAHUSÜSTEEMI ARENGUST

Et lõpuni aru saada suruõhuvahusüsteemist, peame vaatama ka selle süsteemi ajalugu. Siis näeme kust selle süsteemi tehnoloogia pärineb ja kuhu see tänaseks jõudnud on.

Tänapäeval vaatab tuletõrje suruõhuvahusüsteemi kui uut tehnoloogiat. Kui lühidalt ja täpselt, siis suruõhuvahusüsteem põhineb juba 1940-ndatest aastatest pärit tehnoloogial, mis äratati uuesti ellu Texase Metsa Teenistuse poolt 1970-ndate aastate lõpus. Texase metskonna ametnikud lootsid suruõhuvahusüsteemist saada abi võitluses suurte loodustulekahjudega väga väikeste vee saamise võimaluste tingimustes.

1.1. 1940 – 1960

Neljakümnendatel ja viiekümnendatel ehitati päris mitu suruõhuvahusüsteemi Briti Kuningliku Õhuväe ja Ühendriikide Mereväe tarbeks, et võidelda põlevvedelike tulekahjudega.

Briti Kuninglik Õhuvägi paigaldas oma süsteemid lennupääste masinatele. Neid masinaid hakati kutsuma „air-blown-foam" (õhu-abil-valmis-puhutud-vahu) masinateks. Ühendriikide Merevägi tellis aga kolm abimootoriga pumbasüsteemi laevadel kasutamiseks.

Me võime ainult spekuleerida, miks suruõhuvahusüsteemi tehnoloogia ei leidnud tol ajal suuremat rakendust. Kõige tõenäolisemalt oli viga väheses uurimis –ja arendustöös, eriti mis puudutas vahtainete kasutamist ja suruõhuvahusüsteemist arusaamist. Teiseks suureks teguriks oli kindlasti süsteemi operatsioonide keerukus ja selle kallidus.

1.2. Areng Texases

Seitsmekümnendate lõpus, vaatas Texase Metsa Teenistus (edaspidi TMT) suruõhuvahusüsteemi väga kriitilise pilguga. Nende eesmärgiks oli saada abi suurte ja kiiresti liikuvate loodustulekahjudega võitlemisel. TMT uurimis –ja arendustöö pani põhimõtteliselt aluse tänapäeva suruõhuvahusüsteemi tulekustutus tehnoloogiale.

Tol ajal oli Texases umbes 1500 kommuuni, kus ei olnud ühtegi organiseeritud tuletõrjesüsteemi ja need üksikudki töötasid väga vähese varustatusega. Et aidata tõsta kaitset tule vastu, ehitas TMT mõned prototüüp masinad, mis varustati süsteemiga ja mida kutsuti „WES`iks" – Water Expansion System ehk vee paisutamise süsteemiks. Need süsteemid paigaldati kastiga maasturitele ja jagati piirkondlikele tuletõrjeüksustele. (vt joonis 1)

Joonis 1: Maasturile on paigaldatud suruõhuvahusüsteem[1]

WES`i põhikomponendiks oli surveanum, mis sisaldas 800 liitrit vett. Sinna lisati „männi seepi" 5-7 % ulatuses, et tekitada juba valmis vee ja vahuaine segu. Surveanumasse lisati suruõhk, et vee ja vahuaine segu väljuks anumast juba surve all. Samuti lisati suruõhku anumast väljuvale vee ja vahtaine segule. Niimodi tekkiski suruõhuvaht kui vee ja vahuaine segu ning surõhk voolikus liikudes segunesid.

[1] Desimone, W. Fire Apparatus Advertiser. http://www.faa.911net.net/mini.htm, 08.05.2007

1988. aastaks tootis TMT 300 WES kustutussüsteemi, mis võeti vastu ettearvamatu üleüldise heakskiiduga. Süsteemi hakati kasutama nii loodustulekahjude puhul kui ka autode ning majade tulekahjude korral. Väljaspool Texast hakati seda süsteemi kutsuma „Texase lumetegijaks”.

Kasutades WES`i, tegi TMT, praegusele suruõhuvahusüsteemile suure eeltöö ära. Nende töö seisnes oma süsteemi arendamises võitlemiseks just a-klassi tulekahjudega. Enne TMT sekkumist 1970. aastatel, oli suruõhuvahusüsteem mõeldud ainult B klassi tulekahjudega võtlemiseks. TMT edumeelne mõtlemine ja tulevikuvisioon, rajas tee tänapäevasele suruõhuvahusüsteemile ning selle kasutusele just looduses ja asustustes.

1980-ndate aastate lõpus, üritasid nii mõnedki väikefirmad WES`i edasi arendada ja toota uuem ja parem suruõhuvahusüsteem. Samal ajal aga ostis autoettevõte Carter Chevrolet suruõhuvahusüsteemi pumba mooduli intellektuaalsed õigused ning ehitas suure võimsusega suruõhuvahusüsteemi, mis oli kasutusel Yellowstone`i Rahvuslikus Pargis.[2]

[2] Colletti, D. 1998. Class A Foam – Best Practice For Structure Firefighters. Pennsylvania: Lyons Publishing, 207-212.

1.3. Mitteametlikud uuringud ja arendus

Juba 1990. aastate alguses hakkas munitsipaal tuletõrjeametite teadlikkus a-klassi vahtudest ja suruõhuvahusüsteemist tõusma. Üsna algul, olid metskonna ametnikud, kes viisid läbi enamiku eksperimentidest, kindlad oma hüpoteesis, et suruõhuvahusüsteem ja a-klassi vaht töötavad hästi hoonete kustutamisel. Nii arvati seetõttu, et vägagi head tulemused dokumenteeriti suurte metsatulekahjude kustutamisel või järelkustutamisel, näiteks nagu Yellowstone`i Rahvusliku Pargi põlengul 1988. aastal. Pealegi puu jääb ikka puuks, on ta siis elavana metsas või saetuna ja hõõveldatuna toa laes.

Metsa tuletõrjujad, instruktorid ja progressiivselt mõtlevad tuletõrjeüksused viisid läbi mitmeid mitteteaduslikke katsetusi, millede tulemused olid ääretult head. Tulekahju katsetused mahajäetud eluhoonetes ja lautades, andsid tulemusi, mis näitasid, et oluliselt vähem kulus aega ja kustutusainet tulekahju kustutamiseks suruõhuvahusüsteemiga kui seda teha veega.

Veel üks boonus tekkis sellest, et hakati tootma a-klassi vahuainet mille protsent oli 0,3 kuni 0,5. See oli suur edusamm võrreldes 5 kuni 7 protsendiga, mida kasutati „männi seebi“ aegu. See oli isegi veel madalama protsendiga kui B klassi vahtainetel. Selline vähene kulu tegi a-klassi vahtainete ja suruõhuvahusüsteemi kasutamise hoonete tulekahjudel üsnagi odavaks.[3]

[3] Colletti, D. 1998. Class A Foam – Best Practice For Structure Firefighters. Pennsylvania: Lyons Publishing, 213.

1.4. A klassi vahuained ehk märgajad

Tavaline vesi omab suhteliselt suurt pindpinevust, mis raskendab oluliselt tulekahjudega võitlemist sellistel objektidel nagu puithooned ja kuurid, autokummide laod, turbarabad, poroloon, puuvilla- ja pehmemööblilaod jne. Vesi ei taha laiali voolata mõõda põlevat pinda, ei taha ka hästi põleva materjali sisse tungida. Seda takistab vee suur pindpinevus, mille suurus on umbes 68-78 dyn/ cm^2.

USA-s algasid katsed märgajatega Texase osariigis, kus maatuletõrjeametid püüdsid hakkama saada tulekahjudega, mille puhul lähim vesi asus miilide kaugusel. Varem kasutati tehastelt saadud pindaktiivseid aineid, kuid kui ka teiste USA osariikide tuletõrjeametid said aru märja vee kasutamise eelistest, hakkasid tootjad välja töötama juba nõuetele vastavat märga vett. Siis hakati seda kasutama nii metsatulekahjudel kui ka hoonete tulekahjude kustutamiseks.

Kaasaegsed vee vahtained vähendavad vee pindpinevust kuni 22-21 dyn/ruutsentimeetrini, muidugi kerge vee vahtained (AFFF) vähendavad seda kuni 16 dyn/ruutsentimeetrini, kuid need ei ole mõeldud tahkete ainete tulekahjude kustutamiseks, sest see läheks liiga kulukaks. Kaasaegsed märja vee vahtained omavad väga häid vahutavaid omadusi ja on loodusesõbralikud. Kõik see kokku annab järgmisi tulemusi:

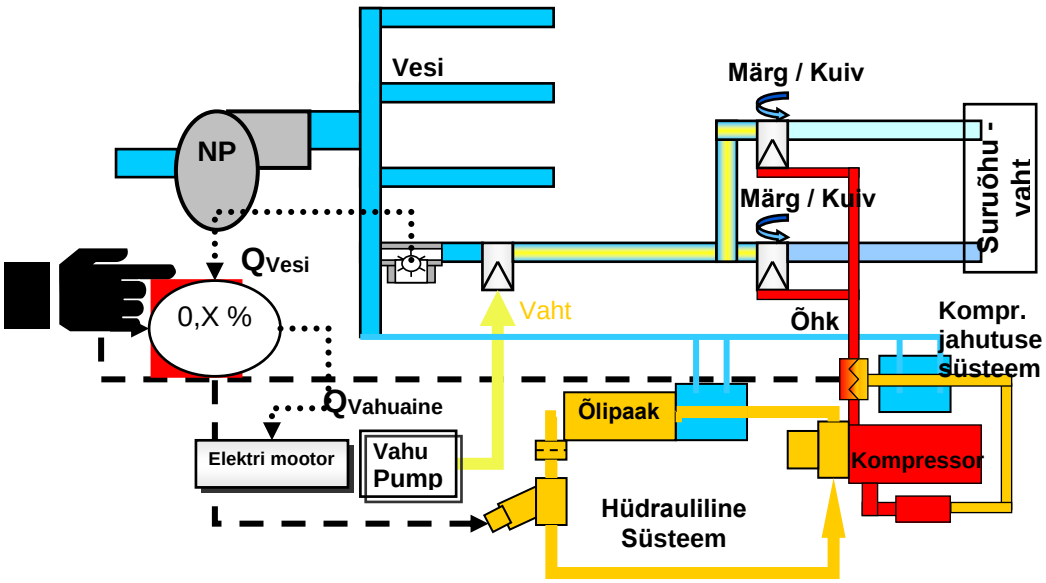
- märg vesi märgab väga kiiresti põlevaid materjale, tungib puidu sisse ja jahutab seda;
- palju kiiremini jahtub põleva ruumi keskkond;
- aurud ja suits summutatakse põlevatele pindadele tekkiva kerge vahukihi abil, suitsu tekib oluliselt vähem ning samuti väheneb korduv süttimine;
- märja vee vahul on omadus jääda vertikaalsete ja kolmedimensiooniliste pindade külge, mis võimaldab veel tungida “A” klassi põlevate materjalide sisse (tavaline vesi jookseb maha ja kaob);
- tänu rasvakõrvaldamisomadustele tungib vahust eralduv vesi sisse rasvastesse materjalidesse, näiteks määrdesse, taimevahasse puulehtede küljes, värvidesse jne.
- märja vee vaht ei kahjusta keskkonda;
- vaht on väga hästi nähtav, joatorumees näeb kohe kuhu on märgajat lastud ja kuhu peaks veel laskma;
- tulekahjude kustutamiseks läheb 3-5 korda vähem vett, väheneb vee poolt tekitatud kahju;

- tulekustutuseks kulub 3-5 korda vähem aega;
- Märgaja on odav, kuna saab kasutada madalates kontsentratsioonides.[4]

[4] Wieder, M., Smith, C., Brackage, C. 1992. Essentials of Fire Fighting. Oklahoma. 21-25

2. SURUÕHUVAHUSÜSTEEM

Suruõhuvahusüstemid ei saa õhku vahu moodustamiseks joatorul, vaid õhukompressor pumpab selle otse väljamineku ehk vooliku sisse. Suruõhuvahu kasutamisel on tähtis see, et vee ja õhu staatilised rõhud peavad olema võrdsed, kusjuures suruõhk siseneb veevahtaine segusse proportsioonis 1 kuupjalg õhku – 1 gallon lahust. (1 kuupjalg = 0,027m³ ja 1 gallon = 3,785 liitrit). Veevahtaine ja õhu segunemisel moodustub ülikerge ja kohev produkt, mida ajab torustikust ja voolikutest läbi hüdraulilise ja pneumaatilise energia kombinatsioon. (vt joonis 2)



Joonis 2: Suruõhuvahusüsteemi skemaatiline joonis[5]

Operaatori tegutsemine pumba taga mõjutab otseselt vee pumba ja kompressori kiirusi ning klappide ja kraanide asetusi, mille tulemusena muutub ka vahukordsus. Seni kuni vee ja vahuaine segu ja suruõhu suhe on 1:1, sõltumata sellest kas surve on 10 gpm/10 cfm (37,85 lmin/0,27 m³min) või 100 gpm/100 cfm (378,5 lmin/2,7 m³min), on toodetav vaht märga tüüpi. Sellist vahtu kasutatakse just otseste tulekahjurünnakute puhul. Kui pumba seadistused on nii pandud, et vee ja vahuaine segu suhe on 1 gpm: 4 cfm (3,785 lmin: 0,108 m³min), kus

[5] Seebacher, H. 2006. Compressed Air Foam System. Basics, technology, applications. Belgrade: Rosenbauer.

vee sisaldus on väiksem, siis toodetakse kuiva tüüpi vahtu. Seda tüüpi vahtu kasutatakse edukalt kõrvalhoonete ja veel mittepõlevate materjalide kaitseks.[6]

Näitena võiks siin tuua Eestile tüüpilised metsatulekahjud, mis liiguvad kohati kiiremini kui päästetehnika ning ohustavad metsas või siis metsaservadel olevaid elumaju. Igat sellist maja tuleks ka kaitsta, kuid suurte metsapõlengute korral napib ressurssi ning tavaliselt piirdutakse elanike evakuatsiooniga. Suruõhuvahusüsteemi kasutamisel oleks aga võimalik sellised reaalselt ohus olevad hooned katta ükshaaval tiheda kuiva vahuga ning kasutada olemasolevat ressurssi otseselt metsatulekahju kustutamisele.

2.1. Liikumine voolikus

Sedamööda, kuidas vahumullid liiguvad voolikust läbi, jäävad nad vooliku sisepinna ja teiste vahumullide külge. See aga segab vahu täiendavalt ära. Voolikuliini piisava pikkuse korral, mitte vähem kui kaks 20 meetrist 38 mm voolikut, seguneb vaht niivõrd hästi, et moodustab ühesuguseid väikseid vahumulle, milledel on võrdne veesisaldus. Need vahumullid moodustavad vahukorgi, mille otsa jookseb kokkupressitud uus vaht, mis omakorda moodustab pisikesi ja ühesuguseid vahumulle. Selle protsessi nimetus on „ hõõrdumine”. Nii et tegelikkuses moodustub suruõhuvaht alles voolikus.

Kuna suured suruõhuvahusüsteemid eeldavad vahu moodustamiseks pikemat ja suurema läbimõõduga voolikut, siis on nende varustuses vahulahuse ja õhu segunemiskamber kus vaht seguneb juba enne voolikusse jõudmist. Siiski käib ka segunemiskambrist väljuva vahu lõplik valmimine voolikus.

Joatorule lähenedes vahu liikumiskiirus suureneb, kuna suruõhk hakkab paisuma atmosfääriõhuni. Tulemuseks on see, et valmis vaht lendab joatorust oluliselt kaugemale so 25 kuni 55 meetrit. Sellepärast nimetatakse suruõhuvahusüsteeme kõrgenergilisteks kuigi ei kasutata kõrget energiat. Kasutatakse vaid kokkusurutud õhu vabanemise efekti. Selle tõttu, et õhk surutakse veevahtaine segu sisse rõhu all, ei teki joatorul energia kaotust vahu

[6] Colletti, D. 1998. Class A Foam – Best Practice For Structure Firefighters. Pennsylvania: Lyons Publishing, 218-219.

moodustamiseks. Moodustatud vaht on ülimal määral homogeenne – vahumullid on kõik väikesed ja ühesuurused. Vaht sarnaneb habemeajamiskreemile. Selle püsivus on mitu korda suurem sellest vahust, mis on valmistatud madalenergiliste vahusüsteemidega st õhkuimevate vahujoatorude abil. See omadus on eluliselt tähtis mitte ainult a-klassi tulekahjude kustutamisel ja mittepõlevate materjalide kaitsmisel kaitsva vahukihiga, vaid ka b-klassi tulekahjude kustutamisel. Suruõhuvahusüsteemis kasutatakse a-klassi tulekahjudega võitlemiseks veevahtaine lahuse moodustamiseks a-klassi märgajat.

Vahu struktuuri iseloomustab selle disperssus ehk gaasimullide suurus ja vedelikümbriste paksus. Vahu kordsus ja suurused, mis iseloomustavad vahu struktuuri, on omavahel seotud. Vaht saab ühe ja sama kordsuse korral omada erinevat struktuuri. Vahu ühesuguse kordsuse korral võivad gaasimullide läbimõõt ja vedelikseinte paksus erinevad olla.

Madalenergilise süsteemi abil valmistatud vahumullide suurus võib muutuda millimeetri kümnendikust kuni 10-15 mm. Vahu iseeneslik lagunemine on seotud vedeliku maha voolamisega mullide vahelistes kiledes ja mullide vedelikseinte paksuse vähenemisega, mis viib mullide lõhkemiseni. Vahu lagunemise kiiruse iseloomustamiseks rakendati selline mõiste nagu vahu püsivus. Vahu püsivuse all mõistetakse vahu omadust säiluda teatud aeg.[7]

Vene tuletõrjespetsialistid märkasid juba kuuekümnendatel aastatel, et ühe ja sama kordsuse juures vahu püsivus suureneb disperssuse suurenemisega ehk vahumullide läbimöödu vähenemisega. Seda asjaolu selgitatakse sellega, et vahumullide läbimõõdu vähenemisel vähenevad ka mullidevahelised kanalid, mille kaudu toimub vedeliku mahavoolamine. Peale selle nõrgenevad veel kapillaarefektid, mis on seotud vedeliku väljumisega kile peenematest osadest jämedamatesse osadesse.

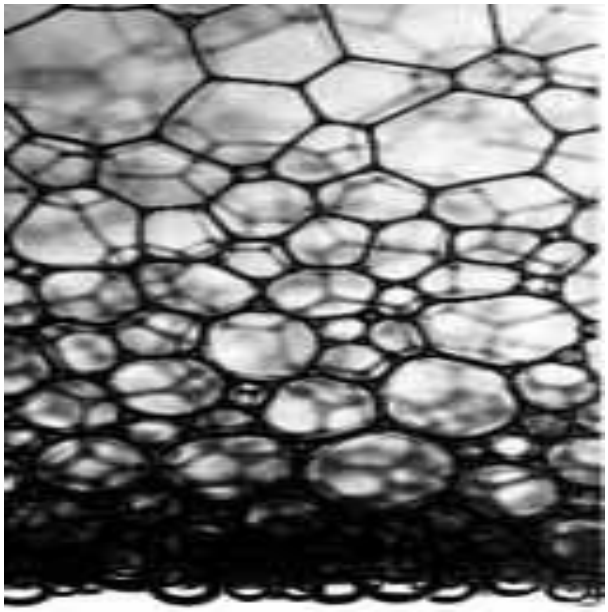
2.2. Seitsme mulli teooria

Suruõhuvahusüsteem lubab, tänu õhukompressorile, suruda õhku vee ja vahuainesegule veel paremini, mistõttu tekivad ühesugused tugevad mullid. Kui teeme ühest tilgast veest palju väikeseid mulle, siis selle tulemusena katame ja seega ka jahutame juba oluliselt suurema pinna kui varem. Kujutame ette, et me võtame ühe vee ja vahuaine tilga ning tekitame sellest

[7] Wieder, M., Smith, C.M., Brakhage, C. 1996. Principles of Foam Fire Fighting. Oklahoma, 27-30.

teise, kolmanda, neljanda, viienda, kuuenda ja seitsmenda mulli, mis on kõik ühesuurused. Lõpptulemusena, tõstame me selle ühe tilga jahutamisvõimet ehk suutlikkust seitse korda.

Suruõhuvahusüsteemi saladus peitubki selles, et kui me võtame needsamad seitse mulli ja surume need hästi suure jõuga kokku, siis mehhaaniliselt oleme me muutnud mullikeste kuju sfäärilisest rohkem nagu polüeedri kujuliseks ehk teiste sõnadega mitmetahuliseks mulliks. (vt joonis 3) See aga lubab sellel muudetud kujuga mullil veel paremini kinni kleepuda vertikaalsetele pindadele ehk sinna kus kuumus on.



Joonis 3: Suruõhu abil kokkusurutud mitmetahulised õhumullid[8]

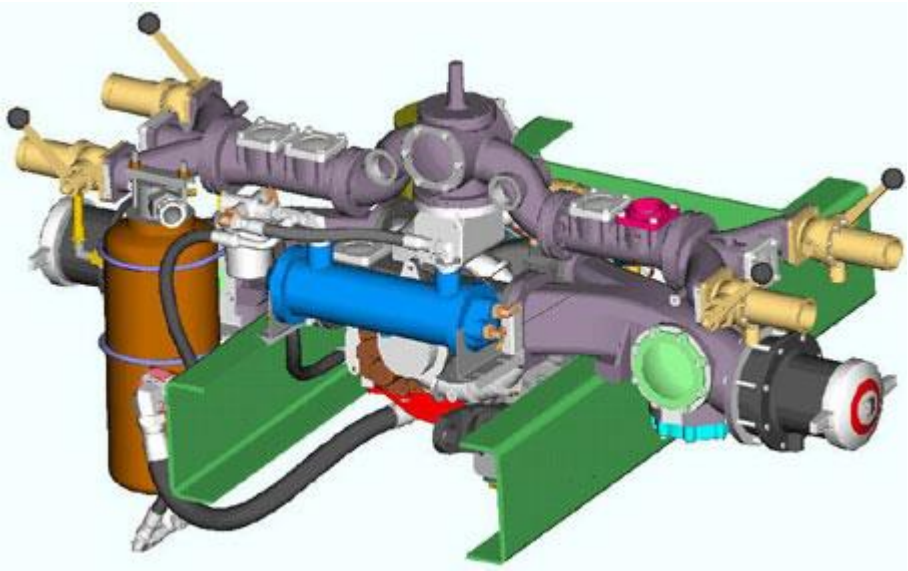
Kindlasti tuleb aru saada, et seitsme mulli teoorias käsitletakse umbkaudset mullide arvu, mis saadakse ühe vee ja vahuainesegu tilga moodustamisel seitsmeks ühesuuruseks mulliks suruõhu kaudu. Tegelik mullide arv võib olla väiksem märja vahu korral, suurem aga kuiva vahu korral.[9]

[8] Brooks, N. CAFS-The Mystery Revealed. http://www.cafsinfo.com/compressed_air_foam_systems.htm, 20.02.2007
[9] Brooks, N. CAFS-The Mystery Revealed. http://www.cafsinfo.com/compressed_air_foam_systems.htm, 20.02.2007

2.3. Ehitus

Suruõhuvahusüsteem (vt joonis 4) koosneb järgmistest osadest:

- Tsentrifugaalne veepump
- Õhukompressor
- Vahuaine doseerimissüsteem
- Toitesüsteem
- Juhtsüsteem



Joonis 4: Auto žassiile paigutatud W.S.Darley suruõhuvahusüsteem[10]

2.3.1. Tsentrifugaalne veepump

Oluline vajadus kasutada tsentrifugaalset veepumpa suruõhuvahusüsteemis on see, et tuleb saada ühtlane veesurve. Tsentrifugaalse veepumba kasutamisel on kolm võimalust, et saavutada nõutav surve:

[10] Brooks, N. CAFS-The Mystery Revealed. http//www.cafsinfo.com/compressed_air_foam_systems.htm, 20.02.2007

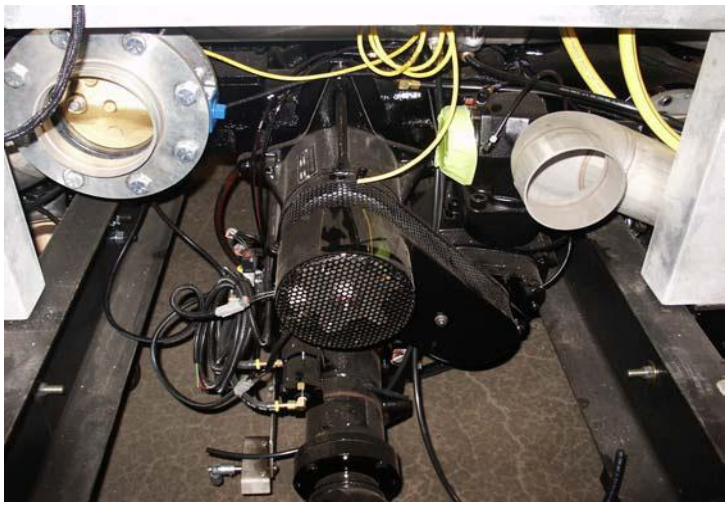
- Ühtlasel tsentrifugaalpumba pööretel,
- Kasutades reduktsioonklappi,
- Kasutades ülerõhuklappi.

Keskmistel pööretel on tsentrifugaalpumba rõhk võrdeline kiiruse ruuduga. See võimaldab kontrollida pumba rõhku kontrollides ainult pumba pöördeid. Mõõtes vee voolu läbi kuulklapi segunemispunkti, on võimalik tekitada ja säilitada ühtlane vee voolamiskiirus. Kasutades suruõhuvahusüsteemis tsentrifugaalset veepumpa, ei ole vaja karta veega varustatuse vähenemist ega ka tuletõrjeauto mootori töökindluse vähenemist.

Osa suruõhuvahusüsteeme on varustatud oma tsentrifugaalpumbaga, teine osa saab vee surve tulekustutusauto pumbalt.

2.3.2. Õhukompressor

On olemas erinevaid õhukompressoreid. Kolb-, pöörlevate labadega, pöörlevate kruvidega ja pöörleva sagaraga kompressoreid. Kolb tüüpi õhukompressor on kõige odavam ja lihtsam, kuid tavaliselt kasutatakse pöörleva kruviga (vt joonis 5) ja pöörlevate labadega kompressoreid, millede rõhku on võimalik reguleerida.



Joonis 5: W.S.Darley õhukompressor[11]

[11] Brooks, N. CAFS-The Mystery Revealed. http://www.cafsinfo.com/compressed_air_foam_systems.htm, 20.02.2007

2.3.3. Doseerimissüsteem

Õiges vahekorras segatud vahuaine vesilahuse doseerimine on vahu valmistamisel kriitiliseks momendiks. Tavaliselt pole vahuvedelikud kunagi valesti valmistatud. Nende valmistamist kontrollitakse tehastes ja nad vastavad täpselt omadustele. Suruõhuvahusüsteemis peab doseerimissüsteem (vt joonis 6) olema automaatselt reguleeritav ja uuematel süsteemidel see nii ka on.

Joonis 6: W.S.Darley vahuaine doseerimissüsteem[12]

Automaatne süsteem kontrollib pidevalt vee vooluhulka ning lisab veele täpse koguse vahuainet.

[12] Brooks, N. CAFS-The Mystery Revealed. http://www.cafsinfo.com/compressed_air_foam_systems.htm, 20.02.2007

2.4. Suruõhuvahusüsteemi kasutamine hoonete tulekahjul

Suruõhuvaht on oluliselt efektiivsem hoonete tulekahjude kustutamisel kui on seda vesi või siis märg vesi (vee ja a-klassi märgaja segu). Kasutades õige kordsusega suruõhuvahtu õigel tulekahjul, saame parima kustutusvahendi meile kättesaadavast veest. Suruõhuvahusüsteem on kasulik igale suurusele komandole aga kõige kasulikum on ta ehk siiski maapiirkonna komandodele, mis asetsevad veevaesetes piirkondades või kasutavad veeveoks suuri paakautosid. Oluliselt väheneb kogu tulekustutustööde aeg sealhulgas ka järelkustutuse aeg.

Suruõhuvahu voolikuliinid on umbes 50 protsenti kergemad samasugustest veevoolikutest, millest tulenevalt on nendega kergem manööverdada, mis omakorda vähendab tuletõrjuja väsimust. Kuna suruõhuvaht on kõrgenergiline, siis ka tema juga on seetõttu pikem ja kaugemale ulatuv. Sellest tulenevalt on lausleekides hoone kustutamine väljast kergendatud ja ohutum.

Õhu pneumaatiline võimsus, mis on ühendatud vee hüdraulilise survega, muutub energiaks mis lükkab kerget vahtu mööda voolikuliini pikkadele distantsidele, sealjuures survekadu voolikuliinides on minimaalne. Vee, vahu ja õhu segul, nagu ka tavalisel veel liikudes mööda voolikuliini, on olemas piiriäärne kiht ja keskvoolu turbulentsus, kuid üldised survekaod on väiksemad kergekaalulise pneumaatilise komponendi pärast. Seoses suruõhuvahu voolu väiksema kaaluga ja tihedusega, tekivad väga väikesed kõrgusest tingitud survekaod. Näiteks kui joatoru töötab hoone ülemistel korrustel, st asub pumba/kompressori seadmest palju kõrgemal. See on üks asjaoludest, miks suruõhuvahusüsteemid pakuvad huvi nii Ameerika kui ka teiste riikide suurlinnadele.

Võimalus rakendada suruõhuvahusüsteeme kõrghoonete tuletõrjeveetorustikes avab uusi võimalusi tänu vähendatud survekadudele aine pumpamisel kõrgustesse. Kui suruõhuvaht ja vesi pumbata ühesugustesse vertikaalsetesse torudesse, kasutades selleks ühesugust survet, siis suruõhuvaht tõuseb palju kõrgemale.

Kui joatorumees paneb järsku joatoru kraani kinni, siis ei teki tavalist hüdraulilist lööki ja voolikute lõhkemist, kuna erinevalt veest saab vee, vahu ja õhu segu kokku suruda vooliku sees. Kui joatoru peale pausi lahti teha, siis paiskub juga sellest esimesel momendil

topeltenergiaga välja. Just sel põhjusel tuleb joatoru avada aeglaselt, nagu seda tehakse ka vee puhul. See akumuleerunud energia, sõltuvalt voolikuliini pikkusest, võimaldab tuletõrjujatel töötada joatoruga veel kümmekond hindamatut sekundit peale seda kui vesi on otsa saanud või pumbal on tekkinud tõrge. Autojuhil tekib võimalus hoiatada rünnakumeeskonda tekkinud situatsioonist või siis jääb tuletõrjujatel pisike ajavaru, et taganeda ohtlikkust tsoonist.[13]

Nii teoorias kui ka praktikas on tõestatud, et 285 liitrit minutis lööv suruõhuvahusüsteem toodab tegelikkuses umbes 1895 liitrit minutis valmis vahtu, mis kleepub tulekahju tsoonis olevatele seintele ja lagedele, sinna kust vesi momentaalselt maha kukub. Need on just need kohad kus on kuumus ja oht ning just seetõttu on võrdlevate testide tulemustes suruõhuvaht mitmeid kordi efektiivsem ja kiirem tulekahju kustutamisel.[14]

[13] Fornell, D.P. 1991. Fire Stream Management Handbook. New Jersey: PennWell, 316-318.
[14] Brooks, N. CAFS-The Mystery Revealed. http://www.cafsinfo.com/compressed_air_foam_systems.htm, 20.02.2007

2.5. Millega arvestada suruõhuvahusüsteemi puhul

Kasutades suruõhuvahusüsteemi peavad pumba operaatorid, kustutustööde juhid ja rünnakumeeskonnad arvestama järgmiste asjaoludega:

- Suruõhuvahusüsteemiga töötamine on erinev – pumba operaatorid peavad teadma suruõhuvahu tootmise algtõdesid ja tundma oma spetsiifilist suruõhuvahusüsteemi,
- Surved väljaminekutel ja vahu survekadu voolikutes on erinev vee omast,
- Joatorude suurus ja valik erineva diameetriga voolikute jaoks on erinev,
- Jugade ja voolikute käsitlus on erinev – olenemata sellest et voolikud on oluliselt kergemad ja nendega liikumine on kerge, sisaldavad nad siiski kõrget energiat ja seeläbi on tagasilöök joatorul oluliselt suurem,
- Aukudega voolikute puhul ja voolikute lahti monteerimisel tuleb olla ettevaatlikum kui muidu,
- Juhtivad töötajad peavad lõpuni aru saama vahu erinevatest tüüpidest. Kus kasutada märjemaid, kus aga kuivemaid vahtusid,
- Suitsusukeldujad peavad õppima õigesti kasutama suruõhuvahtu sisetulekahjudel.[15]
- Tuleb jälgida voolikute murdekohti. Ainult vee kasutamise puhul suudab veesurve kergemini murdekohad sirgeks lükata kui suruõhuvaht.
- Joatoru kraan tuleb avada täielikult, pooleli avatud kraan lõhub vahtu.

[15] Colletti, D. 1998. Class A Foam – Best Practice For Structure Firefighters. Pennsylvania: Lyons Publishing, 225.

2.6. Välikatsed

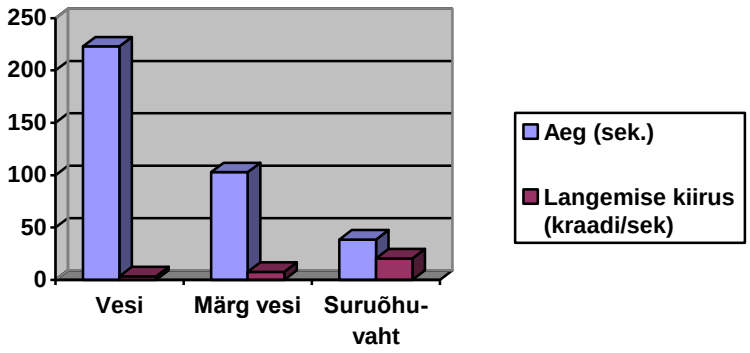
Kõrgendatud huvi suruõhuvahusüsteemide vastu Ameerikas ja nüüd ka teistes riikides nagu Saksamaa, Inglismaa, Austria, Jaapan, Hiina jt on just tänu suruõhuvahu joa suurele tulekustutusvõimele võrreldes vee ning vee ja vahtaine seguga.

1992. aastal Salemi linnas, Connecticuti osariigis, viidi erinevate Ameerika tuletõrjeorganisatsioonide poolt läbi katsed. Pandi põlema ühesuguselt mõbleeritud identsed ruumid. Need tulekahjud kustutati ühesuguse vooluhulgaga 75 liitrit minutis ja analoogses maneeris. Kustutamise ajal rakendati tavalist vett, madalenergilist vahtu ja suruõhuvahtu. Mõõdeti temperatuuri langemise kiirust 1,2 meetri kõrgusel 537,5°C kuni 100°C. Kokku põletati üheksa identset ruumi.[16]

Tulemused olid järgmised:

	Aeg sekundites	Kraadid
Vesi	222,9	3,5
Madalenergiline vaht	102,9	7,6
Kõrgenergiline vaht	38,5	20,5

Tabel 1: Salemi katsetuste tulemused



[16] Colletti, D. 1998. Class A Foam – Best Practice For Structure Firefighters. Pennsylvania: Lyons Publishing, 165-167.

Selle katse tulemusena on selgelt näha (vt tabel 1), et madalenergiline vaht töötab paremini kui vesi ja kõrgenergiline vaht töötab omakorda paremini kui madalenergiline vaht. Sellest tulenevalt võime järeldada, et mida vähem läheb aega leekide maha löömiseks ja temperatuuri alandamiseks, seda turvalisem ja ohutum on kogu tulekustutuse operatsioon.

Nende testide mõõdetud tulemused on otseselt seotud põlevasse hoonesse lõksu jäänud okupantide ellujäämisega ning tuld kustutavate tuletõrjujate kurnatusega.

Peale Salemi, on taolisi katsetusi ja teste tehtud mitmeid ja erinevates riikides. Tooksin mõned mainitumad siinkohal välja:

1. Canterbury Ülikool, Christchurch, Uus Meremaa, läbiviija Michael Dunn (1998.)
2. Canterbury Ülikool, Christchurch, Uus Meremaa, läbiviija Neil Gravestock (1998.)
3. Wallopi saared ja Virginia, Ameerika, läbiviijad Atlantic Virginia Päästeteenistus, Rahvusvaheline Tuletõrje Instruktorite assotsiatsioon, Elkhart Brass, Rahvuslik Aeronautika ja Kosmose Lennukeskuse Päästeteenistus jt.[17]

[17] Grimwood, P. 2007. Compressed Air Foam Systems. http://www.firetactics.com/CAFS.htm, 02.02.2007

2.7. Joatorud

Suruõhuvahu laskmiseks vajaminevad joatorud koosnevad põhimõtteliselt kahest osast - kuulkraanist ja silindrikujulisest otsast. Neid nimetatakse siledatüvelisteks joatorudeks. (vt joonis 7) Tavalise 42mm siseläbimõõduga suruõhuvahuliini puhul kasutatakse 32mm sisendi läbimõõduga joatoru, mis suudab toota 70 gpm/80 cfm (265 lmin/2,16 m³min) suruõhuvahtu. Sõltuvalt õhu rõhust, vooliku suurusest jm, võib selline juga lennata 30-60 meetrit. Kasutades suruõhuvahu laskmiseks kombineeritud joatoru, lõhub see vahu mullilise struktuuri, mis ei ole soovitatav. Oluliselt halveneb ka joa ulatus. Suruõhuvahu rakendamine peab olema suhteliselt õrn, mida on kõige paremini võimalik saavutada just siledatüvelise joatoruga. Samuti on võimalik suruõhuvahtu lasta keerleva otsaga joatoruga ehk „lumemehega“, millega on võimalik kustutada ligipääsmatuid kohti, katusealuseid, keldreid jms.[18]

Joonis 7: TFT siledatüveline suruõhuvahu joatoru[19]

Suruõhuvaht tekib pumba süsteemis ja voolikuliinis. Seega, et moodustada vahtu, ei ole põhimõtteliselt suruõhuvahu liinile joatoru üleüldse vajagi. Tegelikult on joatoru ainuke vajadus joa sulgemine ja avamine. Paljude arvates on siiski just joatoru see, mis teeb lõpliku

[18] Fornell, D.P. 1991. Fire Stream Management Handbook. New Jersey: PennWell, 318.
[19] Handheld Firefighting Nozzles. http://www.tft.com/newsite/images/products/VIT_2/2.jpg, 26.09.2006

vahu nagu seda teeb joatoru madalenergiliste süsteemide puhul. Suruõhuvahu puhul see tegelikult nii ei ole. Lõplik toode valmib just enne joatoru – pumba süsteemis ja voolikuliinis. Teoreetiliselt on seda võibolla raske vastu võtta, sest just harjumuspärase madalenergilise vahusüsteemi puhul, on joatorul väga suur roll vahu moodustamisel.[20]

[20] Colletti, D. 1998. Class A Foam – Best Practice For Structure Firefighters. Pennsylvania: Lyons Publishing, 97-98.

2.8. Suruõhuvahu mõju sündmuskoha uurimisele

Paljudes riikides, aga eelkõige Ameerikas, tekkis mitmetel tulekahju uurijatel seoses suruõhuvahu kasutamisega tulekustutamisel rida küsimusi. Uurijate põhilisteks küsimusteks oli:

- Kas ja kuidas mõjub suruõhuvahu kasutamine sündmuskoha uurimisele?
- Kas suruõhuvahu kasutamine mõjutab koerte tööd?
- Kas suruõhuvaht tekitab varjatuid ohte nagu libedad pinnad?
- Kui kaua läheb aega, enne kui vaht hajub ja saab tulekahju uurimisega alata?

Samuti tekkisid mõned küsimused ka koerte juhtidel:

- Kas suruõhuvaht segab koerajuhil tegemast sündmuskoha ohutuse vaatlust?
- Kas vaht pärsib koera töövõimekust?
- Kas vaht segab oluliselt koera näidatud süütamiskoha määramisel?
- Kas vaht reostab sündmuskoha või lausa peseb ära võimalikud süütevedeliku jäljed ja teeb mõttetuks koerte kasutuse ja labori analüüsid?

Selleks, et nendes küsimustes selgusele jõuda, teostati aastatel 1992. ja 1993. Bostoni Päästeteenistuse poolt mitu kontrollitud eksperimenti. Eksperimendid viidi läbi ATF Tuleuuringute Laboratooriumis.

Eksperimentide elluviimiseks ehitati kaks identset tuba koos kogu mööbli ja muu vajalikuga. Esimene tuba süüdati tavalise süütevedelikuga, lasti põleda kuni kõikide pindade üheaegse süttimiseni ning minut hiljem kustutati suruõhuvahuga. Kustutustööd viis läbi väga vilunud tuletõrjuja, kes kustutas tulekahju väga vähese vahuhulgaga.

Teise toa süütamiseks kasutati bensiini, kuid ülejäänud protsess oli sama. Samuti kasutati kustutamiseks suruõhuvahtu, kuid selle vahega, et kustutada paluti seekord meelega kauem, et tekiks pindadele piisav vahukiht.

Mõlema testi puhul kasutati ühte ja sama koera süüteaine leidmiseks ning tulekahjuuurijad tegid oma tähelepanekuid. Samuti tegi labor analüüsid, leidmaks sündmuskohalt võetud proovidelt süüteainet.

Nende testide tulemusena võib kindlalt õelda, et suruõhuvahu kasutamine tulekahjude kustutamisel ei sega kuidagi tulekahju uurivaid koeri ega ka nende juhte. Ning juhul, kui uurimisse kaasatakse labor, ei riku suruõhuvaht ka sündmuskohalt võetud proove. Tulekahju uurijate sõnul ei sega suruõhuvaht ka kõige tavalisemat tulekahju uurimist, olenemata sellest, et teise testi puhul jäi vaht pikemat aega maha ning hajus alles tunni möödudes.[21]

[21] Geraci,B.S., Hine,G., Shaw,W. 2006.
http://cms.firehouse.com/content/article/article.jsp?sectionId=14&id=49485, 05.01.2007

2.9. Suruõhuvahu plussid ja miinused

Mida siis ikkagi arvata suruõhuvahust? Kas see süsteem õigustab ennast või mitte? Millised eelised on suruõhuvahusüsteemi kasutamisel a-klassi tulekahjudel? Et nendes küsimustes veel kord selgust saada, võtan kokku suruõhuvahu plussid ja miinused.

2.9.1. Plussid

- Põlemine kustutatakse vähema aja ja veega, olemasolevat vee –ja inimressurssi saab kasutada palju efektiivsemalt.
- Suruõhuvaht kleepub väga hästi ohustatud pindadele, seega kulub oluliselt vähem vett ohustatud pindade kaitsmiseks.
- Suruõhu lisamine vee ja vahuaine segule annab joale lisaenergia, mille tõttu suruõhuvahu joad lendavad kaugemale kui vee joad.
- Suruõhuvaht on tihe, see kleepub paremini põlevate või veel mitte põlevate materjalide külge ning valgub oluliselt kauem. Selle tõttu imbub niiskus paremini materjalidesse ja jahtub kiiremini.
- Voolikuliinid, mis on täidetud suruõhuvahuga, on peaaegu poolenisti õhku täis, mis teeb nad poolevõrra kergemaks ning neid on kerge tassida ja mugav manööverdada.
- Suruõhuvahusüsteem toodab vahtu „kuivast" „märjani". See annab võimaluse kasutada just seda tüüpi vahtu, mis meil parasjagu vaja on, et suurendada vee -ja inimressursi effektiivsust.
- Suruõhuvahusüsteemi puhul on vahumullide tootmine väga tõhus, seega kasutatakse vähem vahuaine kontsentraati võrreldes madalenergiliste süsteemidega.[22]
- Suruõhuvahtu on võimalik pumbata palju pikematele distantsidele ja palju kõrgemale kui vett.
- Sündmuskoha saneerimine on palju kergem võrreldes veega, kuna oluliselt vähem kasutatakse tule kustutamiseks suruõhuvahujugades vett. Seega on veekahjustused oluliselt väiksemad.[23]

---

[22] Colletti, D.J. Using Class A Foam For Structure Firefighting. http://www.firehouse.com/magazine/archives/1998/September/foam.html, 10.11.2006
[23] Advantages of Compressed Air Foam Systems. http://www.snuffer.com/Snuf-Advantages.htm, 16.03.2007

- Suruõhuvahusüsteem on sobilik kõikidele vahuainete klassidele ning sobib kasutamiseks nii metsa, elurajoonides kui ka tööstuses.
- Suruõhuvahusüsteem ei vaja meeletuid pumbasurveid kõrghoonete tulekahjudel.[24]
- Juba kustutatud tulekahjude uuesti süttimise võimalus jääb oluliselt väiksemaks, seoses sellega vähenevad ka kulutused hilisemale järelkustutusele.
- Paakautode ekspluatatsioonikulud vähenevad, kuna sündmuskohale on vaja vähem vett transportida.
- Seoses vähesema vee kasutamisega, vähenevad ka ohud seoses sündmuskoha jäätumisega miinuskraadide puhul.
- Suruõhuvaht summutab ja lokaliseerib tulekahjud ka situatsioonides, kus vesi on selleks võimetu. Näiteks nagu kummid ja poroloon. Samuti turvas ja saepuru.
- Kuna suruõhuvahuga on võimalik tulekahju kustutada palju kiiremini, siis seda vähem on päästjad sündmuskohal ja seega vähem aega paljastatud erinevatele ohtudele. Kiiremini vabanevaid päästjaid saab rakendada järgmistel võimalikel sündmustel.
- Sõltuvalt küll suruõhuvahusüsteemi tootjast, aga põhimõtteliselt on võimalik ära kasutada sama süsteemi õhukompressorit, et töötada pneumaatiliste päästevahenditega.[25]

2.9.2. Miinused

Selge on see, et ükski süsteem ei saa olla lõpuni kindel ja universaalne. Tooksin välja mõned suruõhuvahu süsteemiga kaasnevad miinused.

- Kuna suruõhuvahu süsteemid on erinevate võimsustega, siis iga teenistus peab enda jaoks läbi mõtlema ning teadma milleks ja kus ta seda kasutada tahab. Väiksemad süsteemid, mis on mõeldud loodustulekahjudega võitlemiseks, ei ole tavaliselt võimelised kustutama efektiivselt suuri hoonete tulekahjusid.
- Pea kõige suuremaks miinuseks võib ehk pidada suruõhuvahusüsteemide kallidust. Mida suurem ja modernsem on süsteem, seda kallim ta on.

[24] Hercules CAFS. http://www.piercemfg.com/apparatus/Hercules_CAFS.cfm, 05.12.2006
[25] Colletti, D. 1998. Class A Foam – Best Practice For Structure Firefighters. Pennsylvania: Lyons Publishing, 13-14.

- Kuna suruõhuvahusüsteemi puhul on tegemist kõrgenergilise süsteemiga, siis joatoru kasutamisel tuleb olla tavalisest ettevaatlikum. Et joa tagasilõõk ei rebiks juga käest ega tekitaks päästjatele vigastusi, tuleb joatoru aeglaselt avada.
- Voolikuliini murdekohad vajavad suuremat tähelepanu.
- Tulekahju kustutamisel tuleb olla väga teadlik sellest, millist vahu tüüpi mingis olukorras kasutatakse. Liiga kuiva vahu kasutamisel otsesel tulerünnakul ei ole sellest kasu, kuna vee osakaal vahu koostises on väga väike ega jahuta põlevat pinda piisavalt.[26]

[26] Fornell, D.P. 1991. Fire Stream Management Handbook. New Jersey: PennWell, 319-320.

3. Saaremaa Päästeteenistuse kogemus

3.1. Esimesed katsetused suruõhuvahuga

Aastal 1997. hakati Saaremaa Päästeteenistuses uurima ning rakendama märgajaid ja sellega seotud tehnoloogijaid. Sellega seoses uuriti ka toona uudsena tunduvat suruõhuvahusüsteemi. Katsetused märgajatega ja nende suurepärane efekt sündmuskohal pani Saaremaa päästeteenistujaid tõsiselt mõtlema nende süsteemide arendusele. Selleaegse direktori initsiatiivi ja progressiivsuse tulemusena tehti esimesed katsetused suruõhuvahusüsteemiga aastal 1998.

Peale mõningat uurimistööd suruõhuvahusüsteemide tööpõhimõtete vallas, otsustati ehitada ise algeline suruõhuvahusüsteem. Selle süsteemi ehitamiseks kasutati tuletõrje masinat, märgaja dosaatorit, jagajat, 38mm voolikut, suruõhuballoone ning siledatüvelist joatoru. Et lisada autost tulevale vee ja vahuaine segule suruõhku, ehitati jagajale spetsiaalne otsik. Katsetuse alguses ei lisatud joale suruõhku, vaid vaadati tavalise vee ja vahuaine joa ulatust. Kui see oli selge, avati suruõhuballoonide kraanid ja lisati voolikus liikuvale vee ja vahtaine segule suruõhk. Juga muutus momentaalselt võimsamaks ja ulatus suurenes silmnähtavalt. Keegi ei osanud oodata sellist suruõhust tulenevat efekti. Paraku ei katsetatud seda süsteemi reaalse põlengu kustutamisel, vaid alustati suruõhuvahusüsteemide uurimist süvitsi.

3.2. Kuressaare esimene suruõhuvahusüsteem

Peale pooleteist aastast uurimistööd suruõhuvahu valdkonnas tehti otsus soetada endale suruõhuvahusüsteem. Otsus langes W.S.Darley Snuffer`ile (vt joonis 8), mis oli sel momendil kõige taskukohasem variant. Ameerikast tulevale süsteemile lisaks telliti Hannay Hose Reel voolikutrummel, Canadast Reeltex jäik voolik ning Indianapolisest jotorud. Tellitud suruõhuvahusüsteemi tehnilised näitajad olid järgmised:

- kõrgus 79cm; laius 76cm; pikkus 102cm;

- kaal 173kg;
- 25 hobujõuline bensiinimootor;
- veepump 340 l/min;
- vahusegisti annab vahtainet 0,2-2%;
- õhukompressor 7 atm. 35 kuupjalga minutis.(1 kuupjalg 0,027 m^3);
- vee sisseminek pumpa 2 tolli.(51mm);
- väljaminek kaks 1,5 tollist. (38mm).

Aastal 2000. pandi uus suruõhuvahusüsteem kokku ning paigutati põhiautole Scania 80.

Joonis 8: W.S.Darley Snuffer paigutatuna Scania 80-le[27]

See oli süsteem mida oli kaua oodatud ja selle efektiivsuses ei pidanud pettuma. Kasutades Snufferi suruõhuvahusüsteemi, kustutati tulekahjud oodatust kiiremini. Suruõhuvaht kattis põleva materjali kleepudes selle pinnale, isoleerides, jahutades ning kustutades tulekahju. Sellest sai kõigi lemmik tulekustutusvahend. Sellele süsteemile jõukohaseid tulekahjusid ei tahetud enam kustutada tavalise veega, vaid kasutati suruõhuvahtu ja märga vett.

Väga üheselt peeti suruõhuvahu eelisteks võrreldes veega kustutamisel selle suurepärast tulekustutusvõimet, sellest tulenevat olulisemalt väiksemat veekulu, ressursi kokkuhoidu ning lühemat sündmuskohal viibimise aega. Samuti vähenesid väljasõidud järelkustutusele.

[27] Saaremaa Päästeosakond, erakogu.

Ainukeseks puuduseks Snufferi suruõhuvahusüsteemi puhul oli selle väike võimsus. Suure koormusega põlengutel jäi süsteemi tootlikusest puudu ja tuli rakendada suuremaid märja vee jugasid. Samal ajal aga sai suruõhuvahusüsteemiga näiteks kaitsta lähedalasuvaid hooneid.

3.3. Kuressaare teine suruõhuvahusüsteem

Olles nüüd juba veendunud suruõhuvahusüsteemi efektiivsuses ja eelistes vee ees, otsustati muretseda suurem ja võimsam süsteem. Teenistuse direktor hakkas tegema vastavat uurimistööd ja selgitama süsteemi vajalikkust. Kuna investeering oli üsna suur, siis kerge see ei olnud, kuid lõpuks saavutati tahetu.

2002. aastal sai Saaremaa Päästeteenistus lõpuks kätte oma kauaoodatud „Kärmas Katariina“ TLF 3700 CAFS-i, millel oli võimas suruõhuvahtsüsteem ning mille abil sai oluliselt efektiivsemalt sekkuda suurte põlemiskoormustega tulekahjude kiireks lokaliseerimiseks.

Auto oli varustatud suure suruõhuvahtsüsteemiga CAFS-3000, mis toidab ära 63 mm vooliku. Süsteemil on õhukompressor tootlikusega 2,8 m^3/min 8 bari korral ja vahusüsteem on ehitatud nii, et see on võimeline doseerima vahtainet 0,1 kuni 6 protsendini.

Katsetused uue süsteemiga võtsid kauem aega ja olid põhjalikumad, kuna tegemist oli oluliselt keerulisema süsteemiga. Selle opereerimine nõudis rohkem koolitust ja harjutamist. Nagu iga uue asja puhul, oli ka siin veel teadmatust ja arusaamatusi, kuid süsteemi tulemuslikkus ja selle eelised tavalise veega kustutamise ees korvasid igasuguse vaeva.

3.4. Erinevad kasutuselolevad süsteemid

Kasutusel on neli põhilist suruõhuvahtsüsteemi tüüpi.

1. Tuletõrjeauto mootor käitab tsentrifugaalse veepumba ja õhukompressori läbi hüdraulilise süsteemi

Selle süsteemi puhul käitab tuletõrjeauto mootor tsentrifugaalse veepumba ja õhukompressori läbi hüdraulilise süsteemi. Hüdraulilisse süsteemi pumbatav hüdrauliline õli on kindlaksmääratud koguses ja hüdraulilise õli rõhk muutub koormuse muutudes. Kui hüdraulilist pumpa käitab tuletõrjeauto mootor muutuvatel pööretel, siis pump muudab tootlikkust, et hoida õli voolu ühtlasena. Tuletõrjeauto mootori pöörded võivad kõikuda, kuid suruõhuvahtsüsteemi tsentrifugaalne veepump ja õhukompressor töötavad ühtlaselt.

2. Tuletõrjeauto mootor käitab mehhaaniliselt veepumba ja õhukompressori

Kui suruõhuvahtsüsteemi seadmed on mehaaniliselt käitatavad tuletõrjeauto mootori poolt, siis on suhteliselt lihtne konstrueerida ja ehitada suruõhuvahtsüsteemi nii, et veepump ja õhukompressor töötaksid iseseisvalt. Selline suruõhuvahtsüsteem on ka odavam järgmiselt käsitletavast süsteemist.

3. Autonoomne mootor käitab mehhaaniliselt veepumba ja õhukompressori

Sellesse süsteemi kuuluvad mootor, tsentrifugaalne veepump , õhukompressor ja vahuaine doseerimissüsteem.

Selline süsteem paigaldati 2000. aastal Kuressaare põhiautole Scania 80, mis praegusel momendil töötab Orissaare tugikomandokomandos. Tulekahjule kohale jõudes võib auto mootori seisatada (vt joonis 9). Kasutatakse vaid tuletõrjeauto veereservuaari.

Joonis 9: Kuressaare esimene suruõhuvahusüsteem[28]

[28] Saaremaa Päästeosakond, erakogu.

Kasutusel on ka sellised süsteemid, kus paralleelset saab kasutada nii kõrgenergilist suruõhuvahtsüsteemi kui ka madalenergilist süsteemi. Madalenergiliste süsteemide nimetus tuleneb sellest, et joatoru läbimisel veevahtaine segu imeb õhku joatoru sisse ning vahu moodustamisel kaotab kiirust ja energiat. Madalenergilist osa süsteemist rakendatakse põlevvedelike kustutamisel. Süsteem võimaldab muuta vahukordsust.

4. Suruõhk käitab süsteemi

Populaarsust on kogunud suruõhuvahusüsteemid, mis on ehitatud nii, et suruõhuballoonides olev suruõhk survestab veepaagis vee ja lisab suruõhuvahu moodustamiseks väljundisse õhku. Puudub veepumba ning õhukompressori vajadus.

Selliseid suruõhuballoonidel põhinevaid süsteeme (vt joonis 11) kasutatakse mobiilsetel mootorratastel ja ATV-del. Pildil on näha ka Ameerikas kasutusel olevat seljakotiks kohandatud pisikest suruõhuvahusüsteemi (vt joonis 10). Sellist seljakotti kasutatakse metsapõlengute kustutamiseks.

Joonis 10: Selja suruõhuvahusüsteem[29]

Joonis 11: Suruõhuvahusüsteem mootorrattal[30]

[29] Peterson, D. Erakogu.
[30] Seebacher, H. 2006. Compressed Air Foam System. Basics, technology, applications. Belgrade: Rosenbauer.

Samas kasutatakse ka niisuguseid suruõhuvahusüsteeme kus puudub õhukompressor. Kompressorit asendab suur suruõhuballoon (vt joonis 12). Valdavalt kasutatakse neid süsteeme seetõttu, et õhukompressor on kallis ja nii on võimalik süsteemi soetamisel oluliselt kokku hoida.

Joonis 12: Suruõhuballoon autosse paigutatuna[31]

[31] Seebacher, H. op.cit

KOKKUVÕTE

1940. aastatel põlevvedelike tulekahjudega võitlemiseks konstrueeritud suruõhuvahusüsteem on läbi teinud suure arengu ja on tänapäeval peamiselt kasutusel just a-klassi tulekahjudega võitlemisel. Suruõhuvahusüsteem on saanud populaarseks üle kogu maailma. Ameerikas ja Saksamaal on valdav osa uusi tuletõrjemasinaid varustatud just suruõhuvahusüsteemidega. Kui veel kümme aastat tagasi oli suruõhuvahusüsteem peamiselt Ameerika pärusmaa, siis tänaseks on suruõhuvahusüsteemid valluatanud suurema osa Lääne- Euroopast. Ainuüksi Rosenbaueri tehas toodab umbes 500 süsteemi aastas. Aina rohkem tuletõrjepealikke, instruktoreid, päästjaid ja tuletõrjetehnika tootjaid on aru saamas suruõhuvahusüsteemide eelistest. Suruõhuvahusüsteemide alal tehakse jätkuvalt intensiivset uurimistööd ning täiustatakse olemasolevaid süsteeme. Eesti päästesüsteemis on tänase seisuga vaid kaks suruõhuvahusüsteemi.

Käesoleva lõputöö üheks eesmärgiks oli tõestada, toetudes Saaremaa Päästeteenistuse 8 aastasele kogemusele ning Ameerika tuletõrjeametite ja inseneride teoreetilistele seisukohtadele, refereeringutele ning praktilistele kogemustele, et suruõhuvahusüsteem on parem tulekustutusvahend a-klassi tulekahjude kustutamisel kui vesi.

Suruõhuvahusüsteem kannab endas nii a-klassi märgajate kui ka suruõhust tulenevaid eeliseid. Peamisteks suruõhuvahusüsteemide eelisteks a-klassi tulekahjude kustutamisel võib pidada ressursi kokkuhoidu, säästlikkust, ohutuse suurenemist ning efektiivsust. Suruõhuvaht on oluliselt efektiivsem nii hoonete tulekahjude kui ka teiste a-klassi tulekahjude kustutamisel kui on seda vesi või siis märg vesi. Kasutades õige kordsusega suruõhuvahtu õigel tulekahjul, saame parima kustutusvahendi meile kättesaadavast veest. Suruõhuvahusüsteem on kasulik igas suuruses komandole, aga eelkõige on ta ehk siiski kasulik maapiirkonna komandodele, mis töötavad üha väikesema isikkooseisuga, asetsevad veevaesetes piirkondades või kasutavad veeveoks suuri paakautosid. Oluliselt väheneb kogu tulekustutustööde aeg, sealhulgas ka järelkustutuse aeg.

Olles analüüsinud suruõhuvahusüsteemi kasutamisega kaasnevaid plusse ja miinuseid, leidis autor, et vaatamata suhteliselt kõrgele süsteemi omahinnale ja täiendava väljaõppe vajadusele, kaaluvad olemasolevad tõestatud eelised ja kasumlikkus selle süsteemi puudused üle.

Seega leidis kinnitust autori poolt püstitatud hüpotees, et a-klassi tulekahjudel on suruõhuvahusüsteem efektiivseim tulekustutussüsteem.

Lõputöö eesmärgiks oli ka suruõhuvahusüsteemi vastu huvi äratamine Eesti päästesüsteemis ja diskussiooni algatamine ning seoses sellega ka uudse kustutussüsteemi laialdasema kasutuselevõtu propageerimine. Autor peab vajalikuks Eesti päästesüsteemis suruõhuvahusüsteemide laialdasema uurimistöö algatamist ning selle rakendamist tulekustutustööde efektiivsemaks muutmisel.

SUMMARY

The present paper deals with the vantages of the Compressed Air Foam System (CAFS) putting out Class A Fires. The paper is written in Estonian, consists of 42 pages and 13 English sources are used.

The thesis consists of annotation, introduction, 3 chapters and conclusion. Chapter 1 gives an overview of the development of the CAFS and discribes Class A Foams in other words wetting agents. Chapter 2 is concerned with technology, construction, effectivity and vantages of the CAFS putting out fires and also with the impact on the scene. The purpose of chapter 3 is to present the experience of Saaremaa fire and rescue department using the system and different kind of CAFS in the world.

The aim of the paper is to prove that the CAFS is better than water putting out Class A fires, based on the 8 years experience of Saaremaa fire and rescue department and American Fire Departments, on the theoretical viewpoints and practical experience of engineers. The second aim is to arouse interest and discussion in Estonian rescue system towards the CAFS and the more extensive use of this novel extinguishing system.

Relying on the current thesis analysis and outcomes the author intends to evolve a practical CAFS user manual.

The author poses the following hypothesis – CAFS is the most effective fire extinguishing system putting out Class A fires.

The actuality of the paper lies in the effectiveness of the CAFS, which subject is brought up more and more in the last years and the first systems have arrived into Estonian rescue system. The author is not aware of any other study carried out on the CAFS in Estonia to this extent.

KASUTATUD ALLIKAD

1. Advantages of Compressed Air Foam Systems. http://www.snuffer.com/Snuf-Advantages.htm, 16.03.2007.
2. Brooks, N. CAFS-The Mystery Revealed. http://www.cafsinfo.com/compressed_air_foam_systems.htm, 20.02.2007.
3. Colletti, D. 1998. Class A Foam – Best Practice For Structure Firefighters. Pennsylvania: Lyons Publishing.
4. Colletti, D.J. Using Class A Foam For Structure Firefighting. http://www.firehouse.com/magazine/archives/1998/September/foam.html, 10.11.2006.
5. Desimone, W. Fire Apparatus Advertiser. http://www.faa.911net.net/mini.htm, 08.05.2007.
6. Fornell, D.P. 1991. Fire Stream Management Handbook. New Jersey: PennWell.
7. Geraci,B.S., Hine,G., Shaw,W. 2006. http://cms.firehouse.com/content/article/article.jsp?sectionId=14&id=49485, 05.01.2007.
8. Grimwood, P. 2007. Compressed Air Foam Systems. http://www.firetactics.com/CAFS.htm, 02.02.2007.
9. Handheld Firefighting Nozzles. http://www.tft.com/newsite/images/products/VIT_2/2.jpg, 26.09.2006.
10. Hercules CAFS. http://www.piercemfg.com/apparatus/Hercules_CAFS.cfm, 05.12.2006.
11. Seebacher, H. 2006. Compressed Air Foam System. Basics, technology, applications. Belgrade: Rosenbauer.
12. Wieder, M., Smith, C., Brackage, C. 1992. Essentials of Fire Fighting. Oklahoma.
13. Wieder, M., Smith, C., Brakhage, C. 1996. Principles of Foam Fire Fighting. Oklahoma.