

Vesisumujärjestelmät sammuustekniikassa

Maarit Tuomisaari
VTT Rakennustekniikka



ISBN 951-38-4993-7

ISSN 1235-0605

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 1996

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

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

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

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

VTT Rakennustekniikka, Rakennusfysiikka, talo- ja palotekniikka, Kivimiehentie 4, PL 1803, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4815

VTT Byggnadsteknik, Byggnadsfysik, hus- och brandteknik, Stenkarlsvägen 4, PB 1803, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4815

VTT Building Technology, Building Physics, Building Services and Fire Technology,
Kivimiehentie 4, P.O. Box 1803, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, telefax + 358 9 456 4815

Tekninen toimitus Leena Ukskoski

VTT OFFSETPAINO, ESPOO 1996

Tuomisaari, Maarit. Vesisumujärjestelmät sammutustekniikassa. Espoo 1996, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita - Meddelanden - Research Notes 1798. 31 s.

UDK 614.842:656.612:006

Avainsanat fires, fire extinguishers, extinguishing, water, mist, fire prevention, fire protection, fire safety, safety, sprinkler systems, sprinklers, standards, ships, sprayers, nozzles

TIIVISTELMÄ

Tiukentuneet laivojen paloturvallisuusmääräykset ja halonien lähes täydellinen käyttökielto ovat nopeasti lisänneet uusien ja vaihtoehtoisten sammutustekniikoiden tutkimusta ja tuotekehitystä. Vesi hienojakoisena sumuna on jo vuosikymmeniä tiedetty tehokkaaksi sammutteeksi, mutta vasta nykytekniikalla vesisumuja osataan tuottaa siten, että kiinteistä vesisumujärjestelmistä on tullut kilpailukykyinen vaihtoehto perinteisille sprinkleri- ja kaasujärjestelmille.

Vesisumu ei ole yksikäsitteinen sammute, vaan sen sammutustehokkuus riippuu itse sumun ominaisuuksien (pisarakoon, pisaratiheyden, liikemäärän) lisäksi huomattavasti enemmän ympäristöolosuhteista (palokuormasta, palotilasta) kuin muiden sammutteiden sammutustehokkuus. Vesisumujärjestelmien erityispiirteistä johtuen niiden asennukselle ei voida asettaa yleispäteviä vaatimuksia. Kaikki vesisumu-järjestelmän kriittisimmät parametrit määräytyvät täysimittaisissa palokokeissa.

Vesisumujärjestelmiin liittyvä standardisointityö on käynnissä. Laivoja varten on jo olemassa hyväksytyt palokoemenetelmät sammutusjärjestelmän tehokkuuden arvioimiseksi monissa erilaisissa tiloissa.

Vesisumu on ympäristöystävällinen sammute. Oikein käytettynä sillä voidaan korvata sekä perinteisiä sprinkleri- että kaasujärjestelmiä. Parhaimmillaan vesisumujärjestelmä voi olla parempi kuin mikään muu tällä hetkellä tunnettu järjestelmä, mutta sen suunnittelu ja asennus edellyttävät erittäin hyvää sammutusmekanismien ymmärrystä.

ALKUSANAT

Maaailmanlaajuinen kiinnostus vesisumuihin sammutusteknisenä sovellutuksena on näkynyt myös VTT Rakennustekniikan palotekniikan alueen suuressa koehallissa, jossa muutaman viime vuoden aikana on tehty lähes tuhat täysimittaista palokoetta vesisumu-järjestelmien sammutustehokkuuden testaamiseksi. Testit ovat joko olleet osana asiakkaiden tuotekehitystyötä, tai asiakas on niiden avulla hakenut tuotehyväksyntöjä kansainvälisiltä luokituslaitoksilta. Käytännöllisesti katsoen kaikki ulkopuoliset toimeksiannot ovat olleet luottamuksellisia, mutta niiden myötä on VTT:n vesisumuja koskeva käytännön asiantuntemus maailman huippuluokkaa. VTT on myös aktiivisesti osallistunut laivojen standardipalokoemenetelmien kehitykseen.

Tässä katsauksessa annetaan yleiskuva vesisumujärjestelmien nykytilanteesta. Katsaus perustuu kirjoittajan Sprinkleritekniikan yhdistyksen koulutuspäivillä 26.4.1996 pitämään esitelmään, joka on nyt asianmukaisesti päivitetty.

Maarit Tuomisaari

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	3
ALKUSANAT	4
1 JOHDANTO	7
2 VEDEN SAMMUTUSMEKANISMIT	9
3 SAMMUTUSTEHOKKUUTEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ	10
3.1 Sumun ominaisuudet.....	10
3.2 Palon tyyppi ja palotila.....	10
3.3 Lisäaineet.....	12
3.4 Yhteenveto.....	12
4 JÄRJESTELMÄTYYPIT	14
5 SOVELLUTUSKOHTEET	16
6 STANDARDIT	18
6.1 NFPA	18
6.2 IMO.....	19
6.2.1 Komponenttitestit	20
6.2.2 Palokoemenetelmät	20
6.3 UL, FM, ISO	25
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	28
KIRJALLISUUSVIITTEET	30

1 JOHDANTO

Vesi on erinomainen sammute: se on halpaa ja myrkytöntä, sitä on yleensä helposti saatavilla eikä siihen liity mitään ympäristöhaittoja ja - ennen kaikkea - vesi sitoo erittäin tehokkaasti lämpöä. Vesi on kautta aikojen ollut ylivoimaisesti käytetyin sammute, mutta vasta nykytekniikalla sen sammutustehokkuutta on ollut mahdollista parantaa vielä merkittävästi.

Vesisummut ovat monessa tapauksessa tehokkaampia kuin perinteiset vesisammutusmenetelmät /1 - 4/. Pienen pisarakoon edullinen vaikutus sammutukseen on ymmärretty jo pitkään /5/, mutta vesisumujen tehokas tuottaminen käytännössä ja vieläpä kilpailukykyisesti on ollut vaikeaa. Vasta aivan viime vuosina on markkinoille ilmaantunut useitakin vesisumuteknologiaan perustuvia kaupallisia sammutus-järjestelmiä. Suuri kiinnostus vesisumuihin juuri nyt johtuu pääasiallisesti kahdesta syystä:

- Kansainvälinen merenkulkualan järjestö IMO (International Maritime Organization) edellyttää, että kaikkiin rakenteilla oleviin ja tuleviin uusiin matkustajalainvoihin tulee asentaa sprinklerijärjestelmät tai vastaavat. Vanhoissa laivoissa sammutus-järjestelmien tulee olla viimeistään vuonna 2005 tai 15 vuotta kölin laskemisen jälkeen. Koska vesisumujärjestelmät voivat käyttää perinteisiä järjestelmiä huomattavasti vähemmän vettä, ne ovat mm. putkistoltaan kevyempiä ja siten erityisen soveliaita juuri laivoihin.
- Halonit on YK:n ympäristöohjelmaan liittyvän ns. Montrealin pöytäkirjan (1987) nojalla jo osittain kielletty ja tullaan lähes kokonaan kieltämään vuoden 1996 loppuun mennessä, koska ne tuhoavat ilmakehän otsonikerrosta. Kiinteiden haloni-sammutuslaitosten käyttö on kielletty vuodesta 2000 lähtien muualla, paitsi joissain tarkoin määritetyissä erityiskohteissa. Haloneille on siten löydettävä vaihtoehtoja erityisesti sähkölaitteita, elektroniikkaa ja palavia nesteitä sisältäviin tiloihin. Ympäristöystävällinen vesisumu on yksi vaihtoehto.

Vesisumujen monipuolisuus nähdään juuri edellä mainituissa syissä: niillä voidaan korvata sekä kohdesuojausjärjestelmiä (sprinklerit) että tilasuojausjärjestelmiä (kaasut). Vesisumun ongelmana on se, että sen ominaisuudet ovat täysin järjestelmätyypistä ja valmistajasta riippuvaiset. Siksi *vesisumun sammutustehokkuutta on arvioitava järjestelmän osana eikä ainoastaan sammutteena*. Vesisumulle ei todennäköisesti koskaan voida asettaa pitoisuusvaatimuksia vastaavasti kuin perinteisille sprinkleri- ja kaasujärjestelmille, joille on annettu pienimmät sallitut vesivuontiheydet pinta-ala-yksikköä kohden ($l/min/m^2$) tai kaasupitoisuudet tilavuusyksikköä kohden ($l/min/m^3$). Vesisumujärjestelmän suunnitteleminen ja asennus edellyttävät huomattavasti parempaa sammutusmekanismien ymmärrystä kuin minkään muun sammutusjärjestelmän toteutus, mutta tuloksena saattaa olla selvästi perinteisiä järjestelmiä tehokkaampi sammutuslaitteisto.

Vesisumuihin liittyvää tutkimusta, tuotekehitystä ja testausta tehdään tällä hetkellä laajasti eri puolilla maailmaa. Ylivoimaisesti suurin osa työstä tehdään yksityisten

toimeksiantojen puitteissa, jolloin tutkimukset ja niiden tulokset ovat luonteeltaan luottamuksellisia. Vesisumujen soveltuvuudesta eri kohteisiin on monenlaisia perusteettomia ennakkoluuloja ja toisaalta taas ylimitoitettuja odotuksia, eikä mistään tahdo saada puolueetonta tietoa sumujen käyttökelpoisuudesta ja rajoituksista.

Tämän katsauksen tavoitteena on antaa yleiskuva vesisumuista ja niiden soveltuvuudesta sammutustekniikassa. Katsauksessa käsitellään yleisesti vesisumun sammutusmekanismeja sekä sumujen sammutustehokkuuteen vaikuttavia itse sumun ominaisuuksia ja ympäristöolosuhteita. Tällä hetkellä markkinoilla olevien järjestelmä-tyyppien toimintaperiaatteet esitellään lyhyesti ja niiden soveltuvuutta eri kohteisiin arvioidaan. Vesisumuihin liittyvä standardisointityö on vasta melko alkuvaiheissaan, ja standardisoinnin nykytilannetta kartoitetaan siinä määrin kuin se kirjoitushetkellä on ollut mahdollista.

2 VEDEN SAMMUTUSMEKANISMIT

Vedellä on kolme pääasiallista sammutusmekanismia:

- Veden tärkein ominaisuus sammutteena perustuu sen jäähdytystehoon eli kykyyn sitoa höyrystyessään suuria määriä, yli 2 MJ/kg, lämpöä.
- Höyrystyminen laimentaa palotilan happipitoisuutta, sillä veden tilavuus kasvaa yli 1700-kertaiseksi, kun se höyrystyy. Höyryn ulosvirtaus myös estää ilmavirtauksen sisään. Happipitoisuuden pieneneminen rajoittaa palamisnopeutta ja voi tukahduttaa palon kokonaan.
- Kolmas sammutusmekanismi ei perustu höyrystymiseen, vaan pienet pisarat jo sellaisenaan vaimentavat säteilylämmönsiirtoa sirottaen ja absorboiden lämpösäteilyä liekin ja palamiskykyisten aineiden välillä. Silloin vielä palamattomien pintojen syttyminen voi estyä ja jo palavien pintojen palamisnopeus pienetä.

Kaikki kolme sammutusmekanismia tulevat optimoiduiksi pienellä pisarakoolla, jolloin veden vapaa pinta-ala on suuri. Tavanomaisella sprinklerillä (pisarakoko suuruus-luokkaa 1 mm) yhdestä litrasta vettä saadaan n. 6 m² höyrystyvä pinta-ala, vesisumussa (pisarakoko suuruusluokkaa 100 µm) vastaava pinta-ala voi olla 60 m². Sumun jäähdytysteho on siis moninkertainen tavanomaisiin sprinklereihin verrattuna. Vesisumut voivat myös rajata suuret palot paljon tehokkaammin säteilylämmön tehokkaan vaimenemisen takia.

Kaasut sammuttavat palon tukahduttamalla tai palamisen ketjureaktioita katkaisemalla. Kaasuihin verrattuna vesisumun jäähdytysteho on ylivertainen.

3 SAMMUTUSTEHOKKUUTEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

3.1 SUMUN OMINAISUUDET

Vesisumun ominaisuuksista sammutustehokkuuteen vaikuttaa erityisesti sumun pisarakokajakautuma. Muita merkittäviä tekijöitä ovat vesivuon tiheys ja sumun liikemäärä eli käytännössä pisaroiden tunkeutumiskyky. Vesisumun ominaisuudet määräävät paljolti sen, soveltuuko sumu perinteisiä sprinklereitä korvaavaksi kohdesuojaukseksi vai kaasujärjestelmiä korvaavaksi tilasuojaukseksi.

Pisarakoko

Sumujen pisarakokajakautuma vaihtelee niin ajallisesti kuin paikallisestikin. Vesisumuna pidetään suihkua, jossa 99 % nestetilavuudesta muodostuu pisaroista, joiden halkaisija on alle 1 mm, $D_{v0.99} = 1$ mm. Käytännössä sumujen pisarakoot ovat yleensä paljon pienempiä, ja sumut jaetaan pisarakoon mukaan kolmeen luokkaan:

- $D_{v0.1} = 100 \mu\text{m}$, $D_{v0.9} = 200 \mu\text{m}$ (luokka 1),
- $D_{v0.1} = 200 \mu\text{m}$, $D_{v0.9} = 400 \mu\text{m}$ (luokka 2) ja
- $D_{v0.9} > 400 \mu\text{m}$ (luokka 3).

Mitä pienempiä pisarat ovat, sen tehokkaampi on jäähdytyskyky.

Pisaratiheys

Pelkät pienet pisarat eivät takaa suurta sammutustehokkuutta. Pisaroita on myös oltava riittävän paljon. Tilanteesta riippuen vesimäärä ilmaistään tilavuusvirtana joko yksikkö-tilavuutta (vrt. kaasut) tai yksikköpinta-alaa (vrt. sprinklerit) kohden. Käytännössä sumun pisaratiheydet voivat vaihdella palotilan eri kohdissa dekadeja, joten keski-määräiset pitoisuudet ovat vain karkeita arvioita.

Tunkeutumiskyky

Jotta pienet pisarat voisivat tunkeutua liekkiin ja saavuttaa palavan pinnan, niiltä edellytetään riittävän suurta liikemäärää. Veden käyttö on optimaalista nimenomaan, jos vesi saadaan liekkiin nestemäisenä.

3.2 PALON TYYPPI JA PALOTILA

Palon tyyppi määräytyy palavasta aineesta, sen sijoittelusta ja palon vaiheesta.

Palava aine

Palava aine voi olla esimerkiksi nesteallas, nestespray tai kiinteä aine. Tavanomaiset sprinklerit sammuttavat huonosti nestepaloja, kun taas vesisumut voivat olla erittäin

tehokkaita. Riippuen nesteen leimahduslämpötilasta vesisumun pääasiallinen sammutus-mekanismi on erilainen. Jos leimahduslämpötila on korkea (öljyt > 60 °C), palo voi sammua jäädyttämällä. Jos leimahduslämpötila on matala (heptaani < 0 °C), sammuttamiseen osallistuvat allaspalon tapauksessa säteilylämmönsiirron vaimentaminen nestepinnan ja liekin välillä sekä hapen syrjäyttäminen lähellä pintaa. Spraypalot voivat puolestaan itse imeä mukaansa ympäröivää vesisumua, joka höyrystyy suihkun sisällä jäädyttäen ja inertoiden. Vesisumut jäädyttävät myös ympäröivät pinnat tehokkaasti, perinteisiä sprinklereitä ”hellävaraisemmin”.

Suljetuissa tiloissa myös kaasut sammuttavat nestepaloja tehokkaasti, mutta jäädytyksen puuttuessa ylikuumentuminen voi aiheuttaa uudelleensyttymisvaaran, kun palotila avataan ja sisälle virtaa hapetta.

Perinteinen sprinkleri voi olla vesisumuja tehokkaampi kiinteän aineen palon sammutuksessa, koska vesimäärät ovat suuria ja pinnat kastellaan tehokkaasti. Monissa tapauksissa vesisumu on kuitenkin vähintään yhtä tehokas liekkien sammuttamisessa huomattavasti pienemmällä vesimäärällä; kytevä palon sammutus saattaa kuitenkin olla ongelmallista.

Palon vaihe

Palon vaihe vaikuttaa voimakkaasti pisaroiden tunkeutumiskykyyn ja höyrystymisnopeuteen. Mitä suurempi palo on, sitä nopeammin vesi höyrystyy, mutta toisaalta sitä voimakkaampia ovat palotilan kaasuvirtaukset, jolloin sumun on vaikeampi tunkeutua liekkeihin. Kytevässä palossa lämmöntuotto ja siten myös höyrystyminen on vähäistä, ja sammutus edellyttää suurta paikallista vesivuontiheyttä palokohdan läheisyydessä.

Suuri palo on kuitenkin aina helpompi sammuttaa kuin pieni palo. Valmistajat esittelevätkin mielellään juuri suuria paloja: vain muutama litra vettä ja palo sammuu sekunneissa. Käytännössä palo halutaan kuitenkin sammuttaa tai saada hallintaan jo *ennen* kuin siitä on kehittynyt suuri palo. Nämä palot vaativatkin jo paljon enemmän aikaa ja vettä, ja niiden sammutuksessa tulevat eri järjestelmien erot parhaiten esille.

Palotila

Palotilan koko vaikuttaa säteilyn voimakkuuteen, liekin nopeuteen ja sammutteen leviämiseen. Esteet ovat erityisen ennalta-arvaamattomia, sillä sen lisäksi, että ne vaikeuttavat sumun leviämistä ja pienentävät pisaroiden liikemäärää, ne myös pienentävät pisaratiheyttä veden tarttuessa kaikkialle esteiden pinnoille.

Palotilan ilmanvaihto-olosuhteet vaikuttavat tilan kaasuvirtauksiin samoin kuin itse vesisumun ja höyryn virtauksiin. Täysin suljettu tai täysin avoin tila muodostavat luonnollisesti aivan eri puitteet sammutukselle. Suljetussa tilassa palo on aina helpompi sammuttaa, sillä silloin kaikkia veden kolmea sammutusmekanismia voidaan käyttää tehokkaasti hyväksi, ja toisaalta itse palaminenkin pienentää tilan happipitoisuutta. Sammutukseen tarvittavat vesimäärät voivat olla suljetussa tilassa

kymmenen kertaa pienempiä, kuin vastaavan palon sammuttaminen vaatii avoimessa tilassa.

3.3 LISÄAINEET

Veden sammutustehokkuutta voidaan edelleen parantaa käyttämällä erilaisia lisäaineita. Lisäaineita sovellettaessa tulee kuitenkin kiinnittää huomiota aineen ympäristö-vaikutuksiin. Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto, EPA (Environmental Protection Agency), on alkanut ylläpitää hyväksyttävien sammutusaineiden listaa (ns. SNAP-lista, Significant New Alternatives Policy). Puhdas vesisumu sisältyy listaan, mutta kukin lisäaine tullaan tutkimaan erikseen. Vuoden 1995 listassa ei vielä ollut hyväksyttäviä lisäaineita.

Lupaavilta lisäaineilta näyttävät erilaiset alkalimetallisuolat, jotka ovat laajasti käytössä mm. käsiammuttimissa. Tällaisia suoloja ovat esimerkiksi natrium- tai kalium-bikarbonaatit, joita käytetään B-palojen (neste- ja kaasupalot) sammutukseen, ja monoammoniumfosfaatti A- (kiinteät aineet) ja B-paloihin. Myös tavallisella ruokasuolalla on havaittu olevan sammutusta edistävä vaikutus. Laimean ruokasuolaliuoksen (2,5 %) on todettu sammuttavan dieselöljypaloja pienemmällä vesimäärällä ja nopeammin kuin makea vesi.

Yleisesti ottaen veden tunkeutumista huokosiin aineisiin voidaan helpottaa lisäämällä siihen pintajännitystä alentavia aineita, kuten erilaisia pesuaineita. Uudelleensyttymistä voidaan estää käyttämällä tunnettuja liekinestoaineita, jotka jäävät sammutetuille pinnoille. Tukahtumista voivat edistää erilaiset kemikaalit, jotka ovat yleisesti käytössä sammutejauheissa, mutta niitä voidaan myös liuottaa veteen.

Nestepalojen sammutuksessa vaahtonesteet saattavat olla eduksi. Ns. kalvovahto jättää eristävän kalvon nestepinnan ja ilman välille ja ns. kevytvaahtoa voidaan käyttää täyttämään koko palotila tai vähintäänkin peittämään kaikki palamiskykyiset pinnat.

Kaiken kaikkiaan lisäaineiden vaikutusta vesisumujen sammutustehokkuuteen on tutkittu erittäin vähän. Lisäaine, joka soveltuu suurille pisaroille, voi aiheuttaa yllättäviä vaikeuksia sumuihin sovellettaessa esimerkiksi muuttuneen pisarakoon takia.

3.4 YHTEENVETO

Vesisumujärjestelmien toimintaan vaikuttavia parametreja on viitteessä 6 koottu taulukon 1 muotoon.

Taulukko 1. Vesisumujärjestelmän toimintaan vaikuttavia parametreja /6/.

Parametri	Fysikaaliset perusteet, suunnittelumuuttujat
1. Palotilanne	
Paloturvallisuustavoite	1. Palon sammutus tietyssä ajassa 2. Palon hallinta: lieskahduksen estäminen, kasvun ja leviämisen rajoittaminen, lämpötilojen hallinta
Palokuorma	1. Nestealtaat, sprayt, valumat 2. Kiinteät aineet 3. Kaasut 4. Palokuorman sijoittelu, esteet
Sammutusmekanismit	1. Liekin ja palokuorman jäähdytys, inertointi, säteilylämmön rajoittaminen, kastelu 2. Haitalliset vaikutukset kuten turbulenssi, pistoliekit
Palotila	1. Ilmanvaihto 2. Dimensiot
2. Vesisumujärjestelmän ominaisuudet	
Sumun ominaisuudet	1. Pisarakokojakautuma 2. Vuontiheysjakautuma 3. Liikemäärä, nopeusjakautuma 4. Sprayn muoto
Sumun tuottaminen	1. Sumun ominaisuuksien stabiilius 2. Tehokkuus 3. Luotettavuus
Soveltamisyksityiskohdat	1. Tilasuojaus 2. Alue- tai kohdesuojaus 3. Esteet, suutinetäisyydet 4. Jatkuva tai pulseerattu tuotto
Laukaisuperiaatteet	1. Automaattilaukaisu (yksittäin) 2. Erillinen ilmaisujärjestelmä 3. Käsilaukaisu

4 JÄRJESTELMÄTYYPIT

Nykyisin käytössä olevat vesisumusuuttimet jaetaan kolmeen päätyyppiin,

- törmäyssuuttimiin,
- korkeapainesuuttimiin sekä
- paineilmasuuttimiin.

Törmäyssuuttimet muistuttavat perinteisiä sprinklerisuuttimia. Niissä kuristuksen edessä on este, johon törmätessään suurella nopeudella virtaava vesisuihku hajoaa pieniksi pisaroiksi. Kuristuksen halkaisija on kuitenkin perinteisiä sprinklereitä pienempi ja paine jonkin verran suurempi vaikkakin edelleen alhainen (< 12 bar). Esteen takia pisaroiden liikemäärät ovat melko pienet, ja hyvin hienojakoisen sumun tuottaminen tällä menetelmällä on vaikeaa. Toinen tapa muodostaa pieniä pisaroita matalalla paineella on antaa useamman vesisuihkun törmätä toisiinsa. Pisarakokojakautuma kuuluu yleensä luokkaan 3 (ks. kohta 3.1). Nämä suuttimet soveltuvat pääasiassa A-palojen sammutukseen ja joissakin tapauksissa myös B-palojen hallintaan tai sammutukseen.

Korkeapainesuuttimissa käytetään korkeaa vesipainetta, joka yhdessä tai useammassa kuristuksessa hajottaa suihkun hienoiksi pisaroiksi. Yhdessä suuttimessa voi olla jopa parikymmentä erillistä kuristusta, joista syntyvät suihkut yhdistyvät yhdeksi sumuksi. Suurella nopeudella purkautuva sumu vetää mukaansa myös ympäröivää ilmaa, joka lisää sumun liikemäärää ja saattaa näin parantaa sammutustehokkuutta. Toisaalta ylimääräinen ilma voi myös edistää palamista. Korkeapainejärjestelmät voivat toimia ”keskipainealueella” (≤ 35 bar) tai korkeapainealueella, jossa paine voi olla jopa yli 200 bar. Korkeapainesuuttimilla on mahdollista tehdä hyvin pieniä pisaroita, joiden tunkeutumiskyky on parempi kuin matalapaineisten suuttimien. Yleensä pätee sääntö: mitä korkeampi paine, sitä parempi tunkeutumiskyky. Korkeapainesuutinten pisarakokojakautuma kuuluu luokkaan 1 tai 2 paineesta riippuen. Sumu sammuttaa tehokkaasti B-paloja ja myös A-paloja, jos sumulla on hyvä tunkeutumiskyky.

Paineilmasuuttimissa paineistettu ilma, typpi tai muu kaasu sekoitetaan paineistettuun veteen, jolloin vesi hajoaa sumuksi. Paineet ovat kuitenkin melko alhaisia. Menetelmällä päästään melko pieniin pisaroihin, joilla on suuri tunkeutumiskyky. Pisarakoot vastaavat luokkaa 1 tai 2, joten sammutuskyky voi olla sama kuin korkeapainesuuttimilla. Paineilmasuuttimet edellyttävät putkitusta kahdelle aineelle ja suuren paineilmaravaston. Suunnittelussa tarvitaan sekä hydraulisia että pneumaattisia laskelmia.

Karkeasti yleistäen korkeapaine- ja paineilmajärjestelmät tuottavat pienimpiä pisaroita, joilla on hyvä tunkeutumiskyky. Ne ovat tehokkaita B-palojen ja piilopalojen sammuttajia, mutta niillä voi olla vaikeuksia sammuttaa syväpaloja. Korkeapainejärjestelmät saavat palon yleensä hyvin hallintaan, koska ne ovat lähes ylivertaisia säteilylämmönsiirron (ja siten palon leviämisen ja rakennevaurioiden) vaimentamisessa. Matalapainejärjestelmät tuottavat suurempia pisaroita ja siten

saattavat paremmin sammuttaa A-paloja. Pisaroiden tunkeutumiskyky on kuitenkin heikompi, joten esimerkiksi piilopalot ovat vaikeita sammutettavia. Kaikilla vesisumujärjestelmillä on hyvät ja huonot puolensa, ja kun yksi sumujärjestelmä on päätetty hankkia, siihen ei voi liittää muita.

Taulukossa 2 on esitetty joitakin vesisumujärjestelmien valmistajia. Taulukko ei ole edes tällä hetkellä kattava, ja koko ajan valmistajia tulee lisää. Jaottelu eri järjestelmätyyppien mukaan on vain ohjeellinen, sillä useilla valmistajilla on erityyppisiä järjestelmiä. Suurin osa järjestelmistä on vasta tutkimus- ja kehitysasteella. Vain muutamalla valmistajalla on olemassa valmis ratkaisu tiettyihin tyyppitiloihin, kuten laivojen matkustajatiloihin.

Taulukko 2. Vesisumujärjestelmien valmistajia.

Tyyppi	Valmistaja / Tuotenimi	Maa
Törmäyssuuttimet (< 10 bar)	Grinnell / AquaMist	USA
	GW Sprinkler / LoFlow	Tanska
Korkeapainesuuttimet (> 20 bar)	Marioff / Hi-fog	Suomi
	Semco / Sem-Safe	Tanska/USA
	Phirex / Mistex	UK
	Reliable / Mistafire	USA
	Total Walther / MicroDrop	Saksa
Paineilmasuuttimet	Ginge Kerr / Fire Scope 2000	UK/Tanska/Norja
	Securiplex (Ginge Kerr)	Kanada
	Kidde Graviner / ?	UK/USA

5 SOVELLUTUSKOHTEET

Vesisumujärjestelmiä asennetaan jatkuvasti yhä enemmän kohteisiin, jotka on perinteisesti suojattu tavanomaisin sprinklerein, ja jossain määrin jo kohteisiin, jotka on perinteisesti suojattu kaasujärjestelmin. Suurimpana rajoituksena järjestelmien merkittävälle yleistymiselle on yleispätevien vaatimusten puute. Käytännössä kutakin sovelluskohdetta varten on tehtävä täysimittaisia palokokeita, jotka yleensä ovat kalliita ja niin ollen muodostavat omat rajoituksensa. Asennuksia on eniten kohteissa, joita varten on olemassa standardikoemenetelmät sammutusjärjestelmän testaamiseksi. Näitä koemenetelmiä käsitellään luvussa 6.

Laivat

Vesisumujärjestelmien merkittävä kaupallinen kehittäminen lähti liikkeelle IMO:n tiukennettua laivojen paloturvallisuusmääräyksiä. Uudet määräykset edellyttävät kaikkien matkustajalaivojen matkustajatilojen sprinklausta tietyn ajan kuluessa. Saman-aikaisesti IMO:n määräysten kanssa halonit kiellettiin, ja mm. laivojen konehuoneiden palosuojaukseen oli löydettävä vaihtoehtoja. Näistä syistä johtuen vesisumuihin liittyvää tutkimusta, tuotekehitystä ja testausta on tehty ylivoimaisesti eniten laivasovellutuksia ajatellen. IMOlla on myös hyväksytyt menetelmät sammutusjärjestelmien testaamiseksi laivan eri tiloihin.

Useita vesisumujärjestelmiä on jo asennettu matkustajatiloihin, ts. hytteihin, käytäviin, julkisiin tiloihin, myymälöihin ja varastoihin. Myös joihinkin konehuoneisiin on tapauskohtaisesti hyväksytty sekä tila- että kohdesuojajärjestelmiä.

Uusimpana vesisumun laivasovellutuksena on autokannen suojaus. Paloturvallisuustasoa perinteisellä, nykymääräysten mukaisella sprinklerijärjestelmällä on autokansilla jossakin määrin kyseenalainen. Täysimittaisissa palokokeissa vesisumujärjestelmä on voitu osoittaa huomattavasti tehokkaammaksi autokannen sammutusjärjestelmäksi. Autokannen vesisumuasennuksia on pääasiassa sovellutuksen uutuuden ja toisaalta määräyksiin liittyvien epäselvyyksien takia tehty vasta muutama.

Kaasu- ja höyryturbiinit

Järjestelmällistä tutkimusta on tehty myös vesisumujen soveltavuudesta kaasu- ja höyryturbiinien sammutusjärjestelmäksi. Sammutustehokkuuden lisäksi tulee kiinnittää erityistä huomiota jäähdytykseen, joka tässä sovellutuksessa ei saa olla liian tehokas laitevaurioiden välttämiseksi. Vesisumujärjestelmien arviointia varten on olemassa lähes valmis palokoemenetelmä, jonka perusteella Yhdysvalloissa on jo annettu ensimmäinen muodollinen hyväksyntä. Käytännön asennuksia on jo useita.

Puhelinkeskukset, ATK- ym. elektroniikkatilat

Elektroniikkaa sisältävät tilat ovat hankalia sammutettavia, sillä palo tulisi sammuttaa jo varhaisessa vaiheessa eivätkä vesivahingot saa muodostua ongelmaksi. Tilat ovat yleensä myös voimakkaasti tuuletettuja. Tutkimusta tehdään useissa laboratorioissa useiden valmistajien toimesta, ja tämän hetken tietämyksen mukaan vesisumut näyttävät lupaavilta myös elektronisten laitteiden palosuo-

jauksessa. Myös vesisumujen savuja “pesevää” vaikutusta voidaan mahdollisesti hyödyntää. Elektroniikkatilasovellutuksissa vesisumut ovat vasta tutkimus- ja tuotekehitysasteella, ja puolueettomat testimenetelmät ovat vielä alkutekijöissään. Monista vielä selvittämättömistä seikoista huolimatta vesisumuasennuksia on jo tehty useisiin ATK-tiloihin.

Muut tilat ja rakennukset

Vesisumuasennuksia on lukuisissa erilaisissa kohteissa edellä käsiteltyjen tilojen lisäksi. Esimerkkeinä voidaan mainita tehtaiden tuotantolinjoja, varastotiloja, teollisuuskeittiöitä, palavia nesteitä sisältäviä tiloja ym. Asuinrakennusten ja julkisten rakennusten suojausta ovat rajoittaneet (mutta eivät estäneet) perinteisiä sprinklereitä koskevat määräykset, joita ei voi soveltaa vesisumuille. Periaatteessa laivojen matkustajatilojen testimenetelmiä voi soveltaa myös asuinrakennuksiin, mutta Yhdysvalloissa on valmisteilla myös asuinrakennusten sammutusjärjestelmien tehokkuutta testaava täydentävä koemenetelmä.

Koska vesisumu ei ole yksikäsitteinen sammute (ks. luku 3), tulisi sen soveltuvuudesta kulloiseenkin kohteeseen olla puolueetonta näyttöä. Tällä hetkellä ei riittävää näyttöä käytännössä useinkaan vaadita, joten asennukset etenkin kohteissa, joita varten ei ole olemassa standardipalokokeita, voivat olla joissakin tapauksissa jopa arveluttavia.

6 STANDARDIT

Erilaisia standardeja on kehitteillä ja osittain valmiinakin jo useita. Niiden avulla voidaan vesisumujärjestelmien tehokkuutta arvioida puolueettomasti ja riippumattomasti, jolloin viranomaisten ja/tai luokituslaitosten hyväksyntäprosessi helpottuu oleellisesti.

6.1 NFPA

Yhdysvalloissa muodostettu NFPA 750 -vesisumukomitea (National Fire Protection Association, Water Mist Fire Suppression Systems Committee) on kuluvana vuonna (1996) saanut valmiiksi ja hyväksytyksi vesisumujärjestelmän asennusta koskevan standardin /7/. Standardin lähtökohtana eivät ole vesisumujärjestelmän toiminnan peruseriaatteen (koska niitä ei ole), vaan asennusta koskevat vaatimukset perustuvat täysimittaisiin palokokeisiin. NFPA 750 -standardi ei kuitenkaan sisällä palokokeita, vaan ne ovat täysin sovellutuksesta riippuvaiset ja vastuu annetaan valmistajille ja hyväksytyille "sertifiointiviranomaisille". Yleispätevän standardin laatimisen vaikeutta kuvastaa toteamus jo ensisivulla: "Vesisumujärjestelmät ovat ainutkertaisia paloturvallisuusjärjestelmiä, joiden suunnittelu ja asennus edellyttävät erityiskoulutusta, ymmärrystä ja kokemusta."

Standardi sisältää minimivaatimukset vesisumujärjestelmän suunnittelulle, asennukselle, ylläpidolle ja testaukselle. Standardi käsittää mm. vaatimukset järjestelmän kaikille komponenteille ja materiaaleille. Vaatimukset ovat muuten vastaavat kuin perinteisillekin sprinklerijärjestelmille, mutta esimerkiksi korkeampi paine ja pienemmät suutinkoot asettavat lisävaatimuksia.

Järjestelmälle kokonaisuutena asetetaan tiettyjä toimintavaatimuksia; samoin järjestelmän asennukselle annetaan yleisluontoisia ohjeita. Standardi sisältää ohjeet sekä hydraulisille että pneumaattisille virtauslaskuille sekä vaatimukset neste- ja kaasusäiliöille. Lopuksi käsitellään vielä vaatimukset järjestelmän dokumentoinnille, hyväksynnälle ja ylläpidolle.

Järjestelmän ominaisuuksien kannalta tärkeimmät ovat suuttimet, joiden tulee olla jonkun luokituslaitoksen hyväksymiä, ja niistä tulee olla käytössä ainakin seuraavat tiedot:

1. Pisarakokajakautuma metrin päässä suuttimesta
2. Pisarakoon vaihtelu suurimman ja pienimmän käyttöpaineen välillä
3. Sumun leviämiskulma
4. Sumun poikkipinta-ala metrin päässä suuttimesta
5. Kantama
6. Liikemäärä (työntövoima)
7. Laukeamisominaisuudet.

Järjestelmän suunnittelusta todetaan, että tällä hetkellä ei ole olemassa mitään yleispätevää menetelmää, johon nojautuen suunnittelu voitaisiin tehdä. Asennukset tulee tehdä hyväksyntöjen pohjalta tapauskohtaisesti. Standardissa luetellaankin runsaasti erilaisia itse vesisumua, palokuormaa ja palotilaa koskevia perusasioita, joita tulee suunnittelussa ottaa huomioon (ks. luku 3). Suunnittelun tulee sisältää ainakin seuraavat vaiheet:

1. Paloriskin määrittäminen ja tavoiteltu paloturvallisuustaso
2. Palotilan aiheuttamat rajoitukset
3. Sumun kriittisten ominaisuuksien määrittäminen
4. Sopivien suutinten valinta.

Todennäköisimmät palotyypit voidaan arvioida, ja palokokeiden tulisi vastata ainakin tyypillisimpiä paloja. Jos palokuormana on kiinteä aine, vesisumujärjestelmän suunnittelussa tulee kuorman sijaintiin ja aseteltuun kiinnittää huomiota. Jos kiinteän aineen sammutuksessa vaatimuksena on täydellinen sammutus, on sumun tehokkuudesta oltava näyttöä – myös kytevän palon sammutuksessa.

Jos palokuormana on palavaa nestettä, tulee tuntee nesteen leimahduslämpötila ja tarkastaa sen vastaavuus palokokeissa käytetyn nesteen kanssa. Jos riskinä on kaksidimensioinen palo, huomionarvoisia seikkoja ovat esipaloaika ja vuotokohdan tai altaan pinta-ala. Kolmedimensioisessa palossa on otettava huomioon esipaloaika, valuvan ja spraypalon tapauksessa polttoaineen virtausnopeus, paine, leviämiskulma ja suuntaus. Myöskään uudelleensyttymisen mahdollisuutta ei saa unohtaa.

Koska standardi ei sisällä palokokeita, vesisumujärjestelmiä voidaan hyväksyä vain, mikäli kulloisenkin sovellutustarkoitukseen liittyvää kokeellista näyttöä on tarpeeksi. Kokeiden perusteella määrätään veden virtausnopeus, toimintapaine, vettä koskevat rajoitukset, suutinominaisuudet laukaisumekanismineen, suutinten asennusvaatimukset sekä muut pumppuja, liitoksia, säiliöitä jne. koskevat järjestelmä-vaatimukset. Toisin sanoen *palokokeet käytännössä määräävät kaikki järjestelmän kriittiset parametrit*. “Riittävä kokeellinen näyttö” on tietysti epämääräinen käsite, ja seuraavassa tarkastellaankin valmiita ja lähes valmiita standardipalokokeita, jotka helpottavat vesi-sumujärjestelmän soveltuvuuden arviointia tietyntyyppisiin kohteisiin.

6.2 IMO

Laivoihin liittyvää standardisointityötä on tehty ylivoimaisesti eniten, ja IMO:n omat vaatimukset vesisumujärjestelmille ovat jo lopullisesti hyväksytyt. Lisäksi ainakin ISO ja UL (Underwriters Laboratories, Inc. USA) ovat ottamassa IMO:n koemenetelmät ja vaatimukset lähes sellaisenaan omiksi standardeikseen, joten niistä on tulossa erittäin laajasti hyväksytyt. Siksi IMO:n koemenetelmiä /8 - 10/ käsitellään seuraavassa yksityiskohtaisemmin.

Perinteisten sprinklerijärjestelmien ja vaihtoehtoisten järjestelmien asennukselle on annettu ohjeet meriturvallisuutta käsittelevässä kansainvälisessä SOLAS-sopimuksessa /11/ (säännöt II-2/7 ja II-2/12). Konehuoneen sammutusjärjestelmiä käsitellään säännöissä II-2/5 (kaasujärjestelmät), II-2/8 (raskasvaahtojärjestelmät), II-2/9 (kevyt-vaahtojärjestelmät) ja II-2/10 (hajasuihkujärjestelmät). Koska ohjeita ja vaatimuksia ei voida soveltaa vesisumujärjestelmille, IMO on määritellyt sekä komponenttitestit että palokoemenetelmät vesisumujen sammutustehokkuuden testaamiseksi laivojen eri-tyyppisissä tiloissa.

6.2.1 Komponenttitestit

Komponenttitestit on tarkoitettu suuttimien testaamiseksi erityisesti epävakaita meriolosuhteita silmällä pitäen. Suuttimilta vaaditaan tietty toiminnan stabiilius vaikeissakin ympäristöolosuhteissa. Komponenttitestejä on parikymmentä, ja koko testisarjan läpikäyminen hyväksyntään asti saattaa viedä lähes vuoden. Testeissä tarkastellaan mm. suuttimen ja laukaisumekanismien mekaanista kestävyyttä, kuumuuden ja lämpöshokin vaikutuksia, korroosiota erilaisissa ympäristöissä, iskunkestävyyttä ja tukkeutumisalttiutta.

Komponenttitestit perustuvat suurelta osin olemassa oleviin sprinkleristandardeihin UL 199 /12/ ja ISO 6182-1 /13/.

6.2.2 Palokoemenetelmät

Palokoesarjaa kehitettäessä lähtökohtana oli simuloida mahdollisimman todenmukaisia paloja mutta myös pahimpia kuviteltavissa olevia palotilanteita. Palokoemenetelmät on jaettu kahdeksi kokonaisuudeksi, joista toinen kattaa laivan ne miehitetyt alueet, jotka perinteisesti suojattaisiin sprinklerijärjestelmin (Res.A.800(19) /8/). Näitä alueita ovat laivan hyttialueet, julkiset tilat sekä myymälä- ja varastotilat. Miehitetyissä tiloissa vesisumujärjestelmällä tulee olla *vastaava* sammutustehokkuus kuin SOLAS-sopimuksen mukaisella, perinteisellä sprinklerijärjestelmällä. Vastaavuuden määrittämiseksi VTT ja Ruotsin SP tekivät vuonna 1995 laajan vertailukoesarjan /14/, jolla lähes kaikkien kokeiden läpäisyehdot määritettiin.

Miehitettyjen tilojen koemenetelmissä kutakin tilatyyppeä vastaa tietty perusasetelma, joka edustaa mahdollisimman hyvin todellista tilannetta. Palokuorma kussakin kokeessa on tarkoin määritelty. Kokeen suoritus on kaikissa tapauksissa samankaltainen: palon sytytyksen jälkeen se saa kehittyä vapaasti, kunnes ensimmäinen sprinkleri laukeaa. Tämän laukeamisen jälkeen koetta jatketaan kymmenen minuuttia, minkä jälkeen mahdolliset jäljellä olevat liekit sammutetaan. Kokeiden läpäisy ei edellytä täydellistä sammutusta vaan sitä, että kyseisenä aikana palo saadaan selvästi rajatuksi ja hallintaan. Testin läpäisee, mikäli tietyt lämpötilaehdot tulevat täytetyiksi ja mikäli palovahingot eivät ylitä säädettyjä rajoja.

Toinen menetelmäkokonaisuus (MSC/Circ.668 /9, 10/) sisältää koemenetelmät A-luokan konehuoneille ja pumpputiloille, jotka on yleensä suojattu kaasujärjestelmin.

Konehuoneissa tilasuojaukseen tarkoitetun vesisumujärjestelmän sammutustehokkuuden tulee vastata kaasujärjestelmän tehokkuutta. Käytännössä kokeet läpäissyt järjestelmä on kuitenkin *parempi* kuin kaasujärjestelmä, sillä kokeet tehdään joko täysin tai osittain avoimessa tilassa. Myöskään mikään muu SOLAS-sopimuksen vaatimukset täyttävä sammutusjärjestelmä ei kokeita läpäisisi.

Vesisumuja testaavat koemenetelmät on toistaiseksi tarkoitettu vain koko tilaa suojaavalle järjestelmälle, ts. testeissä kohdesuojausta ei sallita. Konehuonekokeissa kaikki sprinklerit on asetettava koetilan kattoon vähintään 5 m:n korkeuteen tasajaolla. Konehuoneen kohdesuojausta käsitellään IMOssa myöhemmin. Koesarjaan sisältyy erilaisia spray- ja allaspaloja, ja kokeiden läpäisy edellyttää sammutusta 15 min kuluessa, eikä uudelleensyttymistä saa tapahtua.

Hytti- ja käytäväalueet

Hytti- ja käytäväkokeen perusasetelma on esitetty kuvassa 1. Koetta varten on rakennettava käytävä ja siihen yhteydessä oleva hytti, jossa on kaksi kerrosvuodetta. Lämpötiloja mitataan kolmessa kohdassa: kaasun lämpötila lähellä hytin kattoa (T1) ja kattopinnan lämpötilat hytissä ja käytävässä (T2 ja T3). Koemenetelmiin sisältyvät seuraavat seitsemän koetta, joissa sytytyskohta tai -tapa vaihtelee:

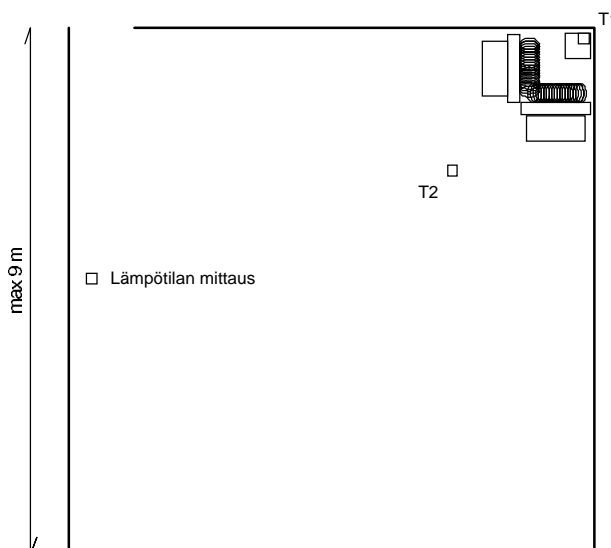


Kuva 1. Hytti ja käytävä. Kuvaan on merkitty hytin kerrossänkyjen paikat, käytävässä sytytettävän patjapinon vaihtoehtoiset sijoituskohdat sekä lämpötilan mittauskohdat.

1. Hytti: palo alkaa alavuoteesta
2. Hytti: palo alkaa ylävuooteesta

3. Hytti: alavuoteesta alkava tuhopoltto
4. Käytävä: hyttipalo, hytin sprinklerit epäkunnossa
5. Käytävä: sytytyskohta sprinklerin alapuolella
6. Käytävä: sytytyskohta kahden sprinklerin välissä
7. Käytävä: koe 5) tai 6) toistettuna ylimääräisen ilmavirtauksen vallitessa.

Koska laivoissa on myös ylellisiä luksushyttejä, joissa käytetyt materiaalit poikkeavat paljon tavanomaisista hyteistä, on niitä varten kehitetty oma testimenetelmänsä. Perusasetelma on esitetty kuvassa 2. Hytin koko voi olla 25 - 80 m². Sytytettävä palokuorma koostuu puutapulista ja kahdesta patjasta, jotka lähellä helposti palavia seiniä saavat palon kehittymään erittäin nopeasti. Kattomateriaalin lämpötila mitataan nurkassa sytytyskohdan yläpuolella (T1) ja kaasun lämpötila lähellä kattoa nurkkasprinklerin läheisyydessä (T2). Kokeita tehdään yksi kutakin haluttua hyttikokoa kohden.

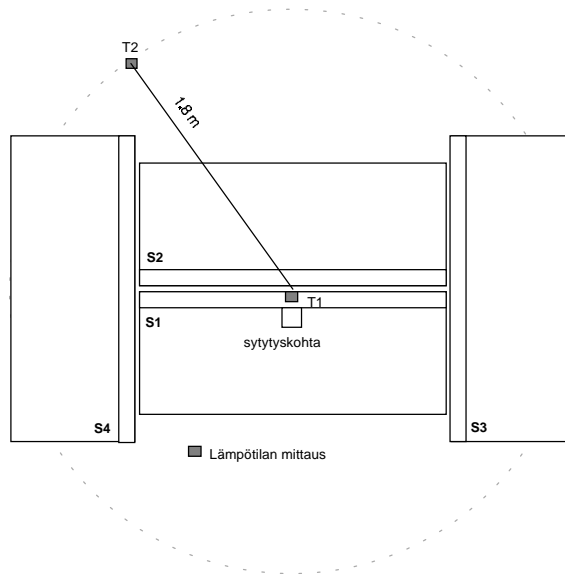


Kuva 2. Luksushytti. Hytin nurkassa on helposti palavia huonekaluja simuloiva palokuorma. Kuvaan on merkitty myös lämpötilan mittauskohdat.

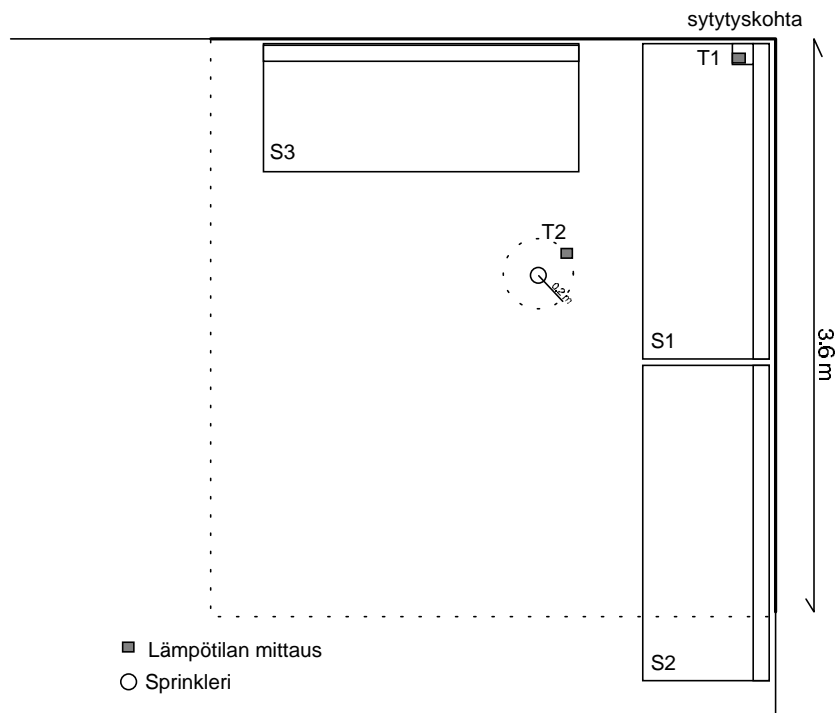
Julkiset tilat

Julkisten tilojen perusasetelmia on kaksi. Toisella asetelmalla kuvataan tilannetta, jossa palo syttyy täysin avoimessa tilassa, ja toisella tilannetta, jossa palo syttyy nurkassa. Avoimen tilan kokeessa palokuormana on neljä kuvan 3 mukaisesti asetettua sohvia. Nurkkakokeessa kolme sohvia on asetettu seinän viereen kuvan 4 osoittamalla tavalla.

Molemmissa tapauksissa kattopinnan lämpötila mitataan sytytyskohdan yläpuolella. Kaasun lämpötila mitataan lähellä kattoa 1,8 m sytytyskohdasta avoimen tilan kokeessa ja 0,2 m nurkkasprinkleristä nurkkakokeessa.



Kuva 3. Julkinen tila (avoin). Palokuormana on neljä sohvaa, joista yksi sytytetään keskeltä. Kuvaan on merkitty myös lämpötilan mittauskohdat.

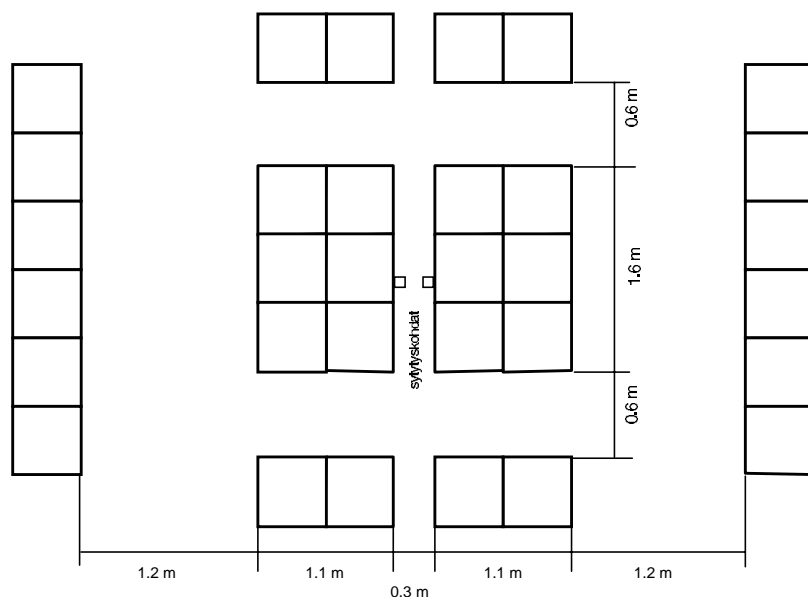


Kuva 4. Julkinen tila (nurkka). Palokuormana on (seinien lisäksi) kolme sohvaa, joista lähinnä nurkkaa oleva sytytetään. Kuvaan on merkitty myös lämpötilan mittauskohdat.

Julkisen tilan kokeita on yhteensä 11. Avoimessa tilassa koe tehdään kolme kertaa siten, että sytytyskohta on suoraan sprinklerin alapuolella, kahden sprinklerin ja neljän sprinklerin välissä. Kattokorkeus on 2,5 m ja 5 m. Nurkassa peruskokeita, jotka toistetaan kahdella kattokorkeudella, on kaksi. Toinen on ns. normaalitoimintakoe, toisessa kokeessa lähinnä nurkkaa olevan sprinklerin oletetaan olevan epäkunnossa. Näiden yhteensä neljän kokeen lisäksi tehdään vielä yksi koe, jossa palokohdassa vallitsee ylimääräinen ilmavirtaus.

Myymälä- ja varastotilat

Myymälä- ja varastokokeissa palokuormana on pahvilaatikoita kuvan 5 mukaisessa asetelmassa. Laatikoita on kussakin kerroksessa kolme. Keskimmäiset laatikot on täytetty muovimukeilla, kauempana sijaitsevat laatikot ovat tyhjiä. Kattokorkeus on 2,5 m. Kaksi sytytyskohtaa on asetelman keskellä, ja kokeita tehdään kolme siten, että sytytyskohdat ovat suoraan sprinklerin alla, kahden tai neljän sprinklerin välissä.



Kuva 5. Myymälä tai varasto.

Konehuoneet ja suuret pumpputilat

Konehuoneet jaetaan kolmeen luokkaan, ja kutakin luokkaa vastaa erikokoinen testitila. Luokat ja tilat on esitetty taulukossa 3. Itse kokeet ovat samat kussakin tilassa. Kokeita varten on rakennettava suurta dieselmoottoria kuvaava rakennelma, joka on esitetty kuvissa 6 a , b ja c.

Koesarjan 13 koetta muodostuvat erilaisista avoimista ja piilotetuista spray- ja allaspaloista ja niiden yhdistelmistä. Polttoaineena on heptaani, dieselöljy ja voiteluöljy. Suurin palo koostuu 8 m²:n allaspalosta koneen alla, 3 m²:n altaasta koneen päällä sekä spraypalosta. Pienin palo on 0,5 m² allaspalo. Mukana on myös

uudelleensyttymiskokeita sekä valuva öljypalo. Esipaloajat kokeissa vaihtelevat 5 sekunnista 2 minuuttiin, ja kaikki palot tulee sammuttaa tietyssä ajassa. Uudelleensyttymistä ei saa tapahtua.

Taulukko 3. Konehuoneluokat ja vastaava testitila.

Luokka	Testitila			
	Tyypillinen nettotilavuus (m ³)	pinta-ala (m ²)	korkeus (m)	ilmanvaihtoaukko (m ²)
1	500	100	5	4
2	3000	> 100	5 - 7.5	4
3	> 3000	> 300	≥ 5	avoin tila

Muut tilat

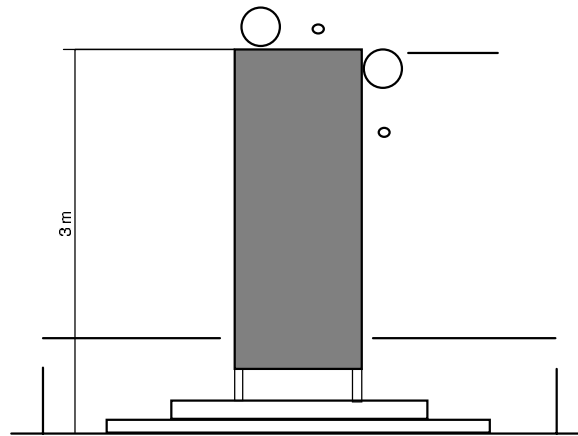
IMOn puitteissa toimii kirjeenvaihtotyöryhmä, jonka tehtävänä on valmistella koe-menettelmät autokannen sammutusjärjestelmän testaamiseksi. Tällä hetkellä autokannella sallitut perinteiset sprinklerijärjestelmät ovat riittämättömät odotettavissa olevien nestepalojen sammutukseen. Täysimittaiset palokokeet ovat osoittaneet, että vesisumujärjestelmä voi tässä sovellutuksessa olla ylivoimaisesti perinteistä järjestelmää tehokkaampi. Tavoitteena on, että standardikoemenetelmä esitettäisiin vuoden 1997 aikana.

6.3 UL, FM, ISO

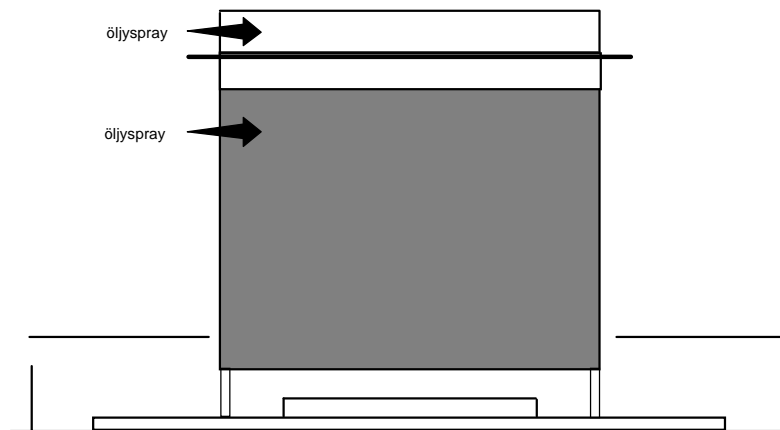
Yhdysvaltain tutkimus- ja testauslaboratorioista UL (Underwriters Laboratories Inc.) on lähettänyt lausunnolle standardiehdotuksen, joka on tarkoitettu pääasiassa laivoja varten, mutta se on sovellettavissa myös asuinrakennuksiin. Standardi UL 2167 /15/ sisältää pääasiassa IMOn komponenttitestit ja palokoemenetelmät sekä kaksi menetelmää asuntotilojen vesisumujärjestelmien testaamiseksi. Toinen näistä lisämenetelmistä on lähes sama kuin IMOn luksushyttitesti ja samalla asuntotilojen sprinkleritesti UL 1626 /16/, toinen menetelmä sisältää kolme testiä, joissa palokuormana on puuritiilitä eri kohdissa suhteessa suuttimiin.

FM (Factory Mutual Research Corporation) on puolestaan kehittänyt oman palokoemenetelmänsä kaasuturbiinitilojen vesisumujärjestelmien testaamiseksi /17/. Testit läpäisseelle järjestelmälle voidaan myöntää hyväksyntä korkeintaan 260 m³ turbiinitiloja varten. Samaa järjestelmää voidaan käyttää myös monissa muissa samankokoisissa konehuoneissa.

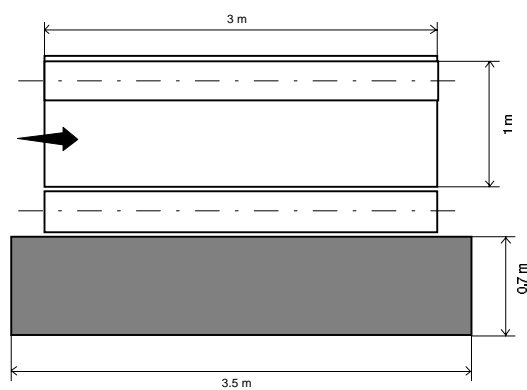
a) Pääty



b) Sivu



c) Yläkuva



Kuva 6. Dieselmoottori mock-up: peltirakennelma, jossa on avoimia ja piilotettuja öljysuuttimia ja altaita.

Testeissä kaasuturbiinikoteloä simuloidaan rakennelmalla, joka muodostuu vaakatasossa olevasta teräslevystä ja esteistä. Testipaloja on yhteensä kuusi, ja ne sisältävät avoimia ja piilossa olevia öljyspray- ja allaspaloja eri ilmanvaihtolosuhteissa. Lisäksi testataan sumun jäähdytyskykyä. Jos hyväksyntää haetaan kaasuturbiineille, joissa käytetään eristysvillaa, vaaditaan vielä kaksi testiä, joissa öljyyn kastettu villa tulee sammuttaa.

Kokeiden yleiset läpäisyehdot ovat seuraavat:

1. Vesisumujärjestelmän tulee sammuttaa kaikki yli 1 MW:n palot, olivatpa ne sitten avoimia tai piilopaloja.
2. Järjestelmä ei saa aiheuttaa vahinkoja turbiinin kriittisille komponenteille, ts. kuumuudesta tai myöskään liian nopeasta jäähtymisestä ei saa aiheutua tuhoja.
3. Järjestelmän paineen tulee olla hyvin määritelty.
4. Kaikki testipalot tulee sammuttaa samalla sammutusjärjestelmäkonfiguraatiolla.

ISOssa (ISO/TC21/SC5/WG1) on lausuntokierroksella vesisumujärjestelmiä koskeva standardiehdotus /18/, joka sekin on pääasiassa IMO-standardin kopio ja tarkoitettu vain laivoja varten. Palokoemenetelmät muille alueille ovat standardin mukaan valmisteilla.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Vesisumu on osoittautunut erinomaiseksi sammutteeksi. Vesisumua ei kuitenkaan voida yleistää yhdeksi sammutteeksi, vaan sitä on tarkasteltava koko sammutusjärjestelmän osana. Siksi sen soveltuvuutta on arvioitava tapauskohtaisesti. Enemmän kuin minkään muun sammutusjärjestelmän yhteydessä, vesisumujärjestelmän suunnittelussa on ymmärrettävä palon sammutukseen liittyviä mekanismeja. Käytännössä suunnittelu perustuu tällä hetkellä yksittäisiin, täysimittaisiin palokokeisiin, mikä rajoittaa laajapohjaisten hyväksyntöjen myöntämistä.

Suurimpina esteinä vesisumujärjestelmien merkittävälle yleistymiselle ovatkin juuri kalliit palokokeet, jotka on räätälöitävä kuhunkin sovellutuskohteeseen erikseen. Vasta laivoja varten on olemassa standardipalokoemenetelmät järjestelmän tehokkuuden arvioimiseksi laivan eri tiloissa, muissa sovellutuksissa kukin tilanne on tutkittava erikseen. Koemenetelmien standardisoinnin myötä sammutusjärjestelmien riippumaton ja puolueeton arviointi helpottuu, mutta vesisumuille ei todennäköisesti koskaan saada vastaavia yleispäteviä asennusohjeita kuin perinteisille sprinklerijärjestelmille tai kaasujärjestelmille. Kutakuinkin kattavan palokoemenetelmästandardistonkin kehittäminen vie vielä vuosia.

Kuitenkin, vesisumut ovat osoittautuneet monissa sovellutuksissa niin tehokkaiksi, että vesisumujärjestelmän hankkimista todella kannattaa harkita. Hankintaan ja valintaan on kuitenkin paneuduttava niin syvällisesti, etteivät valmistajien korulauseet pääse johtamaan pahasti harhaan. Esimerkkejä kyseenalaisista asennuksista löytyy jo kaikkialta, myös Suomesta.

Seuraavat käytännön seikat on hyvä pitää mielessä vesisumujärjestelmän soveltuvuutta ja tehokkuutta arvioitaessa.

1. Kaikki järjestelmän kriittiset komponentteihin (erityisesti suuttimiin) ja asennukseen liittyvät parametrit määräytyvät palokokeiden perusteella. Siksi tehtyjen palokokeiden ja sovellutuskohteen todennäköisimpien palojen vastaavuus on arvioitava tarkkaan.
2. Testeissä käytetyn järjestelmän ja kohteeseen tarjotun järjestelmän identtisyys on myös tarkistettava: esimerkiksi suutinpään muodon tai massan muutos vaikuttaa esimerkiksi sprinklerin laukeamisaikaan, millä puolestaan voi olla ratkaiseva merkitys testitulokseen ja siten myös toimintaan tositilanteessa.
3. Suuri palo on helppo sammutettava melkein pä sumulle kuin sumulle - etenkin, jos suuttimet ovat palon välittömässä läheisyydessä. Suuren palon nopea sammutus on tietysti etu, mutta yleensä palo halutaan saada rajatuksi jo ennen, kuin siitä on tullut suuri palo. Kannattaa siis suhtautua varauksella tyypilliseen mainoslauseeseen: "Näinkin iso palo saatiin sammumaan muutamassa sekunnissa vain parilla litralla vettä."

4. Toisaalta, ei pidä hylätä järjestelmää, jos kokeessa “ei edes kynttilä sammunut”. Hyvin pieni palo on vaikea - joskaan ei mahdoton - sammutettava, jos suutin ei ole suoraan palokohdan yläpuolella. Pienen palon voi yleensä sammuttaa vaikka käsisammuttimella. Vaatimukset tulee suhteuttaa tavoiteltuun palosuojaustasoon.
5. Laivoihin tarkoitettujen sammutusjärjestelmien arviointi on, tai sen ainakin pitäisi olla, helppoa: IMO-testit joko läpäistään tai ei läpäistä, selittelyillä ei saisi olla sijaa. Esimerkiksi koko matkustajalaivan sprinklaus edellyttää pääsääntöisesti *kaikkien* miehitettyjen tilojen testien läpäisyä. Ideaalinen miehitettyjen tilojen sammutusjärjestelmä (etenkin tarkastuksen kannalta) on sama kaikkialla, tilasta riippumatta. Vesisumujärjestelmillä tämä tuskin on mahdollista, mutta jos testipalot eri tiloissa on sammutettu aivan erilaisilla järjestelmillä tai jos testitilassa on käytetty epä-tasaista vesivuontiheyttä, voi olla syytä epäillä järjestelmän räätälöintiä vain testipaloja varten. Todelliset tilat poikkeavat aina testitiloista, eikä palon syttymiskohtaa etukäteen tiedetä.
6. Vesisumujärjestelmien käyttämiä vesimääriä kannattaa verrata perinteisen sprinkleri-järjestelmän vesimääriin, ts. tulee selvittää, lunastaako järjestelmä vesisumuihin yleisesti liitetyn lupauksen pienemmistä vesivahingoista.

KIRJALLISUUSVIITTEET

1. Proceedings of the International Conference on Water Mist Fire Suppression Systems, Borås, Sweden, November 4 - 5, 1993. SP REPORT 1994:03. Swedish National Testing and Research Institute, Borås, 1994. 175 s.
2. Proceedings of the Halon Alternatives Technical Working Conference 1993, Albuquerque, New Mexico, May 11 - 13, 1993. 677 s.
3. Proceedings of the Halon Options Technical Working Conference 1994, Albuquerque, New Mexico, May 3 - 5, 1994. 588 s.
4. Mawhinney, J. R. Water Mist Suppression Systems May Solve an Array of Fire Protection Problems. NFPA Journal, May/June 1994, s. 46 - 57.
5. Rasbash, D. J. The Extinction of Fire with Plain Water: A Review Fire Safety Science - Proceedings of the First International Symposium. Hemisphere Publishing Corporation, 1986. S. 1145 - 1163.
6. Mawhinney, J.R. The role of fire dynamics in design of water mist fire suppression systems. INTERFLAM 96, Proceedings of the Seventh International Fire Science and Engineering Conference, Cambridge, England, Intercience Communications Ltd., London, March 1996. S. 415 - 424.
7. NFPA 750 Standard for Water Mist Fire Suppression Systems. National Fire Protection Association, Quincy, MA. USA, 1996.
8. Res.A.800(19) Revised guidelines for approval of sprinkler systems equivalent to that referred to in SOLAS Regulation II/2-12 ANNEX 5. APPENDIX B. Fire test procedures for equivalent sprinkler systems in accommodation, public space and service areas on passenger ships. International Maritime Organization, London, 1995. 55 s.
9. MSC/Circ.668 Alternative arrangements for halon fire-extinguishing systems in machinery spaces and pump-rooms ANNEX. APPENDIX B. Interim test method for fire testing equivalent water-based fire-extinguishing systems for machinery spaces of category A and cargo pump-rooms. International Maritime Organization, London, 1994. 40 s.
10. MSC/Circ.728 Revised test method for equivalent water-based fire-extinguishing systems for machinery spaces of category A and cargo pump-rooms contained in MSC/Circ.668, International Maritime Organization, London, 1996. 2 s.
11. SOLAS, International Convention for Safety of Life at Sea. International Maritime Organization, London, Consolidated Edition 1992. 543 s.
12. UL 199 Standard for Automatic Sprinklers for Fire Protection Service. Underwriters Laboratories Inc., Northbrook; IL, USA, 1995.

- 13.ISO 6182-1 Standard for Automatic Sprinkler Systems - Part 1: Requirements and Methods of Test for Sprinklers. International Organization for Standardization, 1994.
- 14.Arvidson, M., Isaksson, S. & Tuomisaari, M. Performance acceptance criteria for water mist systems - Guidelines. SP-REPORT 1995:20, Swedish National Testing and Research Institute, Borås, 1995. 16 s.
- 15.UL 2167 Proposed First Edition of the Standard for Water Mist Nozzles for Fire Protection Service. Underwriters Laboratories Inc., Northbrook; IL, USA, 1996.
- 16.UL 1626 Standard for Residential Sprinklers for Fire Protection Service. Underwriters Laboratories Inc., Northbrook; IL, USA, 1994.
- 17.Draft Performance Requirements for Fine Water Spray Systems for the Protection of Gas Turbines in Enclosures. Factory Mutual Research Corporation, RI, USA, 1996.
- 18.ISO 6182-xx Draft edition Requirements and Methods of Test for Water Mist Nozzles. International Organization for Standardization. August 1995 revision.