

Povijesni razvoj vatrogasnih pjena

Historical Development of Firefighting Foams

Franjo Miroslavljević, mag.ing.sec.

SAŽETAK

Vatrogasne pjene su prvenstveno razvijene za gašenje požara na tekućim gorivima. Općenito, voda se povijesno koristila kao sredstvo za gašenje požara, ali zbog svoje gustoće nije bila učinkovita u gašenju požara tekućih goriva.

Ratzer (1956.) je dokumentiranjem povijesnog razvoja vatrogasne pjene pokazao kako je upotreba vatrogasne pjene izrasla iz eksperimentalne vježbe početkom 20. stoljeća te je do sredine 20. stoljeća bila od velike važnosti za rafinerije, skladišta nafte, zrakoplovstvo (civilno i vojno), moreplovstvo i sve ostale grane industrije gdje je postojala opasnost od požara zapaljivih tekućina. U upotrebi su bili fiksni sustavi za proizvodnju zračne pjene, mobilna oprema i prijenosni vatrogasni aparati, a kućanstva su također koristila vatrogasnu pjenu za gašenje požara.

Međutim, važno je istaknuti kako je vatrogasna pjena u Ratzerovo doba (1956.) još uvijek nedovoljno istraženo sredstvo za gašenje požara. Korisnici su bili oduševljeni malom količinom vatrogasne pjene koja je bila potrebna za gašenje požara, učinkovitim širenjem po zapaljivoj tekućini i apsorpcijom topline (efekt hlađenja).

Abstract

Firefighting foams are primarily created for extinguishing liquid fuel fires. Water has historically been used as a fire extinguishing agent, but its density is not quite effective in extinguishing liquid fuel fires.

By documenting the historical development of firefighting foam, Ratzer (1956) showed that the use of firefighting foam originated from experimental exercise at the beginning of the 20th century. By the middle of the 20th century, it became essential to refineries, oil storage facilities, aviation (civilian and military), shipping, and all other industry branches with a risk of flammable liquids fire. Fixed systems for the production of aerial foam, mobile equipment, and portable

fire extinguishers were in use, and households also used fire-fighting foam to extinguish fires.

However, it is important to emphasize that firefighting foam as a means of extinguishing fires was insufficiently researched in Ratzer's time (1956). Users were excited that only a small amount of firefighting foam was needed to extinguish the fire and greatly appreciated its effective spread over the flammable liquid, and the absorption of heat (cooling effect).

POVIJESNI RAZVOJ VATROGASNIH PJENILA – 1. DIO

Johnsonov britanski patent 560

Prema dostupnoj literaturi, razvoj vatrogasnih pjenila je počeo krajem 19. stoljeća. Nakon uvođenja i sve češćeg korištenja tekućih ugljikovodika, pojavila se potreba za upotrebom učinkovitog sredstva za gašenje požara. Dotad, voda se koristila kao osnovno sredstvo za gašenje požara. S obzirom da je voda gušća od tekućeg ugljikovodika i tone, to svojstvo je čini neučinkovitim sredstvom za gašenje požara na gorućoj ugljikovodičnoj površini. Ranu povijest razvoja pjene je dokumentirao Ratzer, 1956. godine (Miroslavljević, 2023).

Ratzer, (1956) dokumentiranje rane povijesti razvoja pjene započinje s Johnsonom. Johnson u svom pismu opisuje britanski patent 560 (1877.) te predlaže korištenje pjene kao sredstvo za gašenje požara. Za proizvodnju pjene predlaže korištenje proizvoda aluminijskih, silikatnih, vapnenačkih ili nekih drugih, analognih sastava. Dodaje kako proizvod ne smije biti viskozan te mora biti negorivog sastava i male gustoće, kako bi mogao plutati na površini masnih tijela i tekućina (npr. na nafti ili na ulju). Dakle, opisuje tvar koja bi na površini zapaljive tekućine uspješno zaustavila gorenje i spriječila ponovno zapaljenje. Johnsonova ideja je trebala biti materijalizirana kao naprava od četiri međusobno spojene posude različitih sadržaja. U prvoj posudi bi bila kiselina, dok bi u drugoj posudi bio višak koncentrirane otopine natrijeva bikarbonata. Otopina aluminijeva, natrijeva i amonijeva sulfata bi bila u trećoj posudi. U četvrtoj posudi bila bi otopina alkalnih silikata i sulfida, a toj bi otopini bila dodana organska tvar kao što je sapun, sluz ili bjelanchevine.

Kad bi kiselina reagirala s natrijevim bikarbonatom, jedan od rezultata bi bio povišeni tlak. Tlak bi gurao ugljikov dioksid i višak bikarbonata u treću posudu, a ta smjesa bi

zatim tekla u četvrtu posudu. Ideja je bila ispuštati nastalu pjenastu smjesu kroz crijevo i mlaznicu.

Aleksandr G. Loran

Johnsonova naprava nije razvijena te su zasluge za prve pokuse s vatrogasnom pjenom dane Aleksandru G. Loranu, učitelju kemije u gradu Bakuu.

Rođen u Kishinyovu (danas u Moldaviji), Aleksandr Loran je studirao u St. Petersburgu i Parizu te je postao školski učitelj u gradu Bakuu, središtu ruske naftne industrije u prvoj polovici 20. stoljeća. Budući da je svjedočio mnogim naftnim požarima koje je bilo teško ugasiti, Loran je tražio načine kako doći do tvari koja bi se mogla učinkovito boriti protiv takvih žestokih požara. Nakon nekoliko eksperimenata pronašao je rješenje, izumivši pjenu koju je nazvao „Lorantina”.

Izum je kasnije patentirao, ne samo u Rusiji nego i u inozemstvu. Loran je s vremenom osnovao tvrtku u Sankt Petersburgu i počeo prodavati aparate za gašenje požara pod brendom „Eurica“ (Zubacheva, 2018).

Ratzer, (1956.) opisuje kako je Aleksandr G. Loran 1904. prezentirao gašenje nafte u spremniku korištenjem pjene za gašenje požara. Koristio je dvije otopine za generiranje pjene: natrijev bikarbonat zajedno sa saponinom¹, gdje je saponin bio stabilizator pjene te otopinu aluminijeva sulfata. Korištenjem dvostrukih pumpi, otopine su odvojeno ubačene u komoru u spremniku. Nakon kemijske reakcije u izoliranoj komori, generirana pjena je potekla po tekućoj površini spremnika. Opcionalno, Loran je predložio miješanje upotrijebljenih kemikalija za dobivanje praha te dodavanje takvog praha u vodu kako bi generirao pjenu.

Ratzer ne nastavlja dalje o ishodu pokusa, međutim, na internetskoj stranici <https://vk.com/> detaljnije je opisan Loranov pokus: autor teksta na navedenoj stranici piše kako je Loran u namjeri pokazivanja protupožarnih svojstava svoje tekućine, ulio ulje i benzin u veliku jamu, zapalio tu smjesu, a zatim izlio nekoliko bačvi s unaprijed pripremljenom otopinom. Nakon nekoliko sekundi, površina goriva bila je prekrivena kompaktnim slojem pjene i plamen se ugasio. Tekućina se nije mogla zapaliti ni nakon nekoliko baklji bačenih u jamu (vk.com, 2016).

¹ Saponini su obično otrovni sekundarni metaboliti gorkog okusa biljnog podrijetla, kao organske kemikalije, koje imaju kvalitetu stvaranja pjene kada se miješaju u vodi i imaju veliku molekularnu težinu. Prisutni su u širokom rasponu biljnih vrsta u kori, lišću, stabljici, korijenju i cvjetovima.

Gates, U.S. Patent 749,374

Ratzer, (1956.) zaključuje kako je zapravo Gates 1903. godine patentirao metodu gašenja požara pomoću mehaničke pjene. Predložio je napravu koja je imala posudu u kojoj je bila otopina amonijaka, sapuna i boraksa, ili amonijeva sulfata.

Navedena posuda je bila spojena s cilindrom u kojem je bio amonijak, dušik, ili ugljikov dioksid pod tlakom. Plin je istiskao otopinu iz posude u šalicu, a dodatni plin je prodirao u šalicu i stvarao mjehurastu pjenu.

Soli u otopini sapuna su pridonijele stvaranju proizvoda koji je bio otporniji na vatru. U nastavku teksta, (Ratzer, 1956) nastavlja s opisivanjem povijesnog razvoja vatrogasne pjene te nabroja inovatore koji su svojim angažmanom ubrzali razvoj vatrogasne pjene i vatrogasnih pjenila.

Razvoj kemijske pjene

Čini se kako nije bilo praktične upotrebe opreme za stvaranje vatrogasne pjene do 1912., a onda se oprema za stvaranje vatrogasne pjene, kakvu je koristio Loran, uvodi u Englesku kako bi je koristili vatrogasci.

Naprava je imala dva spremnika: u jednom je bila 13 %-tna otopina aluminijske sulfata, u drugom je bila 8 %-tna otopina natrijeve bikarbonata s 3 % saponina, sladića², odnosno, puranskog crvenog ulja³ (stabilizator pjene). Vatrogasci su koristili i male ručne aparate. Započela je ugradnja fiksnih sustava, sličnih navedenom, kao zaštita spremnika za skladištenje nafte. Do ranih 1920-ih, sustavi s dvije otopine su korišteni u raznim dijelovima svijeta, uključujući Sjedinjene Američke Države, Njemačku i Englesku.

Loranova sugestija o upotrebi praha za stvaranje pjene je materijalizirana kao generator pjene koji je razvio Urquhart, 1925. Suhi miješani koncentrat za pjenu u prahu bio je u lijevku koji je vodio u grlo injektora, kroz koji je prolazila voda pod tlakom.

Razne tipove generatora vatrogasne pjene su razvili Burmeister, Graaff, Timpson i drugi. Sustavi koji su koristili kemijsku pjenu u prahu (mješavina ili odvojeni natri-

² Sladić je višegodišnja zeljasta biljka iz porodice mahunarki.

³ Turkey-red oil se dugo koristilo kao pomoćno sredstvo za bojanje, a proizvodi se reakcijom ricinusovog ulja sa sumpornom kiselinom.

jev bikarbonat i aluminijev sulfat) polagano su zamijenili sustave s dvije otopine.

Premda su generatori pjene uspješno proizvodili velike količine pjene, pjena nije tekla zbog zgrušavanja pjenastog praha. Preuranjena kemijska reakcija natrijeva bikarbonata i aluminijeva sulfata u prisutnosti vlage izazivala je zgrušavanje praha. Kako bi se otklonila poteškoća, predložene su razne metode za poboljšanje skladištenja i protoka praha. Schmidt je uveo praksu dehidracije natrijeva bikarbonata, aluminijeva sulfata i saponina na 60°C. Nakon dehidracije, tvari su pomiješane upotrebom plovuđa⁴ ili kamena za usitnjavanje. Postupak je postao opća praksa, a aluminijev sulfat počeo se koristiti kao kiselinska komponenta u prahu za generiranje pjene, nakon što je bio osušen do ekvivalenta heptahidrata.

Sredstva za pjenjenje i stabilizatori pjene

Predložen je veliki izbor sredstava za pjenjenje koji bi se koristili kao kemijski stabilizatori pjene, počevši od saponina, a uključeni su i biljni ekstrakti, hidrolizirani proteini i sintetski spojevi. Odobreni su brojni patenti za različite tvari, npr. Money i Philips za sladić, Van Leuven i Van Leuven za saponin i ekstrakt quebracho drva, Urquhart za proteine soje, Walker za otpadnu tekućinu od sulfite celuloze, Kent, Chapman i Daimler za sulfonirane spojeve i Berghausen za ekstrakt lucerne⁵.

Do II. svjetskog rata većina kemijskih pjena koriste biljne ekstrakte kao stabilizatore pjene, prvenstveno saponin ili sladić. Međutim, saponin je zamijenjen drugim ekstraktima zbog troškova, a drugi proizvodi su uključivali nusproizvode papirne industrije (proteinski hidrolizati).

Niskotemperaturna kemijska pjena

Prethodno opisane pjene bile su pogodne samo za rad na normalnim temperaturama. Na temperaturama ispod 4,4°C kemijska reakcija natrijeva bikarbonata i aluminijeva sulfata je prespora te nije učinkovita. Stoga je Mork predložio korištenje amonijeva bikarbonata i natrijeva acetata, a Thomas i Hochwalt su koristili kalijev karbonat i halogenirane sulfonske kiseline. Također, bile su pripre-

⁴ Plovuđac je šupljikasti kamen nastao naglim otvrdnjivanjem pjene na površini lave pune plinova.

⁵ Lucerna (lat. *Medicago sativa* L.) je višegodišnja zeljasta medonosna biljka iz porodice mahunarki.

mljene posebne formulacije za korištenje kalijeva bikarbonata i aluminijeva klorida, ali nisu bile u čestoj upotrebi.

Kemijska pjena otporna na alkohol

Premda je kemijska pjena imala izvrsnu stabilnost u dodiru s benzinom i drugim ugljikovodicima, bivala je rapidno razgrađena u dodiru s alkoholom i drugim polarnim otapalima. Dodavanjem sapuna zasićenih masnih kiselina kemijskoj pjenu rezultiralo je stvaranjem netopljivog aluminijevog sapuna u zidu mjehurića, a to je pjenu učinilo stabilnom i otpornom na alkohol.

Blakeborough i Garratt (1956.) su otkrili prikladne sapune za ovu namjenu, ali ti sapuni nisu se mogli zadržati u kemijskoj otopini za stvaranje pjene. Ratzer (1956.) je dokazao kako se to svojstvo može dobiti dodavanjem natrijeva ricinoleata zasićenim sapunima. Isti rezultat je dobio i Perri. Koristio je alkanolaminski sapun koji je koloidno raspršio lecitinom.

Razvoj mehaničke pjene

Gates i Loran (1927.) su u svojim eksperimentima opisali metodu generiranja mehaničke pjene, međutim, komercijalna upotreba ovog tipa pjene počela je tek nakon što je kemijska pjena bila u općoj upotrebi u velikim razmjerima.

Kako bi se proizvela mehanička pjena, prihvatljiva za gašenje požara, bili su potrebni koncentracije, kako za opremu, tako i za oblikovanje pjene. Schnabel je osmislio nekoliko dijelova aparata koji uključuju miješanje pod tlakom zraka ili nekog drugog plina. Također, osmislio je otopinu za stvaranje pjene te je ponovno utvrđen jedan od Loranovih prijedloga u kojem je sredstvo za stvaranje pjene bilo prezasićeno plinom pod tlakom. Pri otpuštanju tlaka, miješani plin i tekućina su izlazili iz spremnika kao pjena. Schnabel je koristio saponin kao sredstvo za stvaranje pjene, a aparati koji su koristili njegova načela prodavana su u Njemačkoj i Engleskoj. Međutim, glavna upotreba Schnabelovog aparata bila je proizvodnja pjene kako bi se uklanjala prašina u rudnicima ugljena.

Otprilike u isto vrijeme, Wagener je proizveo prvi aparat za zračnu pjenu u kojem je korišten injektor i princip otvorene vodene zračne pumpe. Wagenerov aparat je bio preteča većine aparata koji stvaraju zračnu pjenu. Međutim, Wagener je bio zaklinut nedostatkom odgovarajućih sredstava za stvaranje pjene. Ta sredstva su trebala generirati dovoljan volumen pjene sa stabilnošću usporedivom

sa stabilnošću kemijske pjene. Wagener nije uspio ostvariti napredak nekoliko godina u razvoju svog izuma.

Za razliku od Wagenera, Schroeder, Van Deurs i Ellehammer su 1929. u Danskoj razvili pumpu za pjenu. Pumpa je radila na principu usisa zraka, vode i sredstva za pjenu, a zatim su se sastojci gurali iz rotacijske pumpe u komoru za miješanje. U komori za miješanje proizvodila se masa finih mjehurića, a ispuštala se kroz crijevo i mlaznicu.

Obje pumpe (Schroeder-Van Duers i Ellehammer) proizvodile su pjenu pomoću otopine saponina. Pjene su bile dovoljno stabilne i koristile su se za gašenje požara. Ekstrakt sladića i otopina kalijeva sapuna mogli su proizvesti odgovarajuće pjene, a pumpu Ellehammer, koja je koristila saponin (kasnije je koristila kalijevo kokosovo ulje), usvojila je Vlada Ujedinjenog Kraljevstva te su navedenu pumpu koristili Kraljevske zračne snage.

Friedrich je također radio na proizvodnji pjene ubrizgavanjem zraka te je do 1933. razvio nekoliko dijelova opreme za korištenje s visokotlačnim crijevima za vodu. Poput Wagenera, Friedrich se suočio s nedostatkom prikladnog sredstva za stvaranje pjene. Saponin i sladić su proizvodili odlične pjene kad bi se koristili za generiranje kemijske pjene ili kad su bili korišteni u pumpi za generiranje pjene gdje je bila dostupna velika količina energije, a konačni rezultat je bila kvalitetna pjena. Međutim, količina energije koja se mogla koristiti od velike brzine vodenih mlazova u kombinaciji s cijevima za ubrizgavanje zraka bila je nedovoljna za formiranje stabilne pjene.

Sredstvo za vlaženje i koncentрати za stvaranje pjene

S obzirom na to kako je nova metoda proizvodnje pjene imala brojne prednosti u odnosu na proizvodnju kemijske pjene za gašenje požara, a sve zbog jednostavnije opreme i kontinuiteta rada, bilo je nužno osmisлити drugačiji tip pjena. Djelomični uspjeh ostvaren je upotrebom natrijeva lauril-sulfata.

Daimler, Gross i drugi obavili su izniman posao kad su razvili smjese koje su se sastojale od koncentrirane vodene otopine sintetskog organskog sredstva za vlaženje, proizvoda koji nastaju razgradnjom bjelančevina i glikola ili glikol etera. Sredstvo za vlaženje je djelovalo kao pjenilo, proteini su djelovali kao stabilizator, a glikol kao sredstvo za uplinjavanje i onemogućavanje točke smrzavanja.

Utvrđeno je kako sastojci alkalnih metalnih soli alkali-ziranog naftalena sulfonske kiseline, a posebno natrij-butil naftalen-sulfonata imaju izvrsna kvašenja. Najprikladniji proteini bili su nitratni produkti kisele hidrolize proteina i ljepila. Koncentrirane vodene otopine od tih proizvoda u sprezi s modifikacijama na kojima su radili Wagener i Friedrich proizvodile su se i koristile u sve većoj mjeri u Njemačkoj i Engleskoj, sredinom 30-ih godina 20. stoljeća.

U ovom periodu, i drugi su radili na razvoju različitih koncentrata za pjenjenje. Treichel je predložio mješavinu ekstrakta sladića i limete⁶ koja bi se koristila u pumpama za stvaranje pjene. Hood je predložio korištenje sulfite celulozne tekućine i glicerola. Timpson je koristio razne alkale, fosfatirane masne sapune i amino sapune. Do sredine 1930-ih, zračna pjena se afirmirala kao priznati medij za gašenje požara u Njemačkoj i Engleskoj te se proizvodila značajna količina opreme i koncentrata za stvaranje pjene. Otopine koje su imale od 2,5% do 4% koncentrata tipa sredstva za vlaženje-protein, u svježoj vodi bi redovito producirale pjene koje su imale omjere ekspanzije 12:1 do 18:1 te su bile zadovoljavajuće za gašenje zapaljivih tekućina i drugih požara. No, ova pjena nije bila stabilna poput kemijske pjene te se brže raspadala pod toplinom, a nije bila otporna na alkohol i niti adekvatna za gašenje požara kad bi se koristila sa slanom vodom.

Koncentrati za stvaranje pjena na bazi proteina

Zračna pjena je imala nedostatak u stabilnosti i bilo ga je nužno otkloniti te su stoga brojni pojedinci radili na poboljšanju proizvoda. Weissenborn je 1937. radio za Sthamer u Hamburgu. Radeći za Sthamer, proizveo je koncentrat koji je nazvao „Schaumgeist“, što bi značilo „duh pjena“. Weissenbornova pjena je trajala satima, i nakon što bi voda iscurila ili isparila. U početku, materijal su činile dvije otopine: koncentrirani hidrolizat proteina i otopina željezova sulfata. Otopine su se miješale prije korištenja. Protein je djelovao kao sredstvo za pjenjenje, a željezna sol je djelovala kao stabilizator pjene. „Schaumgeist“ se kasnije proizvodio kao miješani koncentrat. 5%-tna otopina u slatkoj ili slanoj vodi proizvodila je pjenu s ekspanzijom 8:1 (približno), a kao takva, bila je stabilna na požare ugljikovodika poput kemijske pjene te je u određenoj mjeri bila otporna na alkohole.

⁶ Limeta pripada citrusima ili agrumima, rodu biljaka unutar porodice , a potječe iz jugoistočne Azije.

Nekoliko godina prije „Schaumgeista“, Jennings je koristio mješavine koje su se sastojale od ljepila i željezova sulfata. Navedena mješavina je stvarala trajnu pjenu koja je morala djelovati poput pokrivača u spremnicima benzina i na taj način je trebala spriječiti isparavanje benzina. Bez obzira na sličnosti, upotrebom „Schaumgeista“ po prvi put je korištena mješavina proteinskog hidrolizata i soli željeza za stvaranje vatrogasne pjene.

Pojedinosti o proteinskom hidrolizatu nisu otkrivene, međutim, Weissenborn je tvrdio kako je korištenje disociiranog proteina u kombinaciji sa solju polivalentnih metala njegov izum te da zahvaljujući oksidaciji (kisik u mjehuriću pjene), soli željeza nisu bile topljive i stvarale bi sloj u stijenkama mjehurića.

Friedrich i Ratzer su netom nakon Weissenborna stvorili koncentrat na bazi proteina. Korištenjem vapnene hidrolize keratina i dodavanjem aluminijske soli, Friedrich je dobio proteinsku otopinu. Korištenjem zemnoalkalijskih hidroksida, Ratzer je otkrio kontroliranu hidrolizu keratina, bjelančevina i globulina. U Njemačkoj i Engleskoj su se do 1939. proizvodili koncentрати koji su producirani njihovom metodom. Tijekom ratnih godina (1939.-1945.), u Njemačkoj je bio nedostatak prikladnih proteina te se u velikoj mjeri koristio sulfonat kao sredstvo za vlaženje. Mala proizvodnja materijala na bazi proteina u smjesi sa sulfitnom celuloznom tekućinom nije postigla zadovoljavajuće rezultate. U usporedbi sa „Schaumgeistom“, ovaj materijal je bio inferioran.

Engleska vlada je usvojila proteinski koncentrat za stvaranje vatrogasne pjene koji je bio napravljen od nusproizvoda životinjskog podrijetla (papci, rogovi), a željezov sulfat je imao ulogu stabilizatora. Napravljeno je nekoliko izmjena i poboljšanja početne formule. Ograničena dostupnost materijala je potaknula dvojac (Davies i Clark) na stvaranje koncentrata koji je trebao rabiti izvorne sirovine. Koristili su metodu hidrolize krvi natrijevim hidroksidom. Ulaskom Sjedinjenih Američkih Država u II. svjetski rat, vojska je usvojila mehaničku pjenu za gašenje požara nafte i benzina. Ubrzao se razvoj proteinskih koncentrata i koncentrata sa sredstvom za vlaženje. Proteinski koncentrat od soje na kojem je radio Urquhart je dodatno razvio Perri.

Bagley i Levin su stvorili koncentrat sličan onome koji su opisali Daimler i suradnici. Koristili su sredstvo za vlaženje i protein koji je hidroliziran natrijevim nitritom. Kasnije su stvoreni: proteinski koncentrat od brašna kiki-

rikija ili sjemenki pamuka (Levin), proteinski koncentrat od ribljih ljuski (Mattin i Timpson), a još jedan proteinski koncentrat od životinjske krvi su stvorili Kiel i Ingraham (patent Davies i Clark). Dodatno je predložena upotreba karaya gume kako bi se stvorila toplinski stabilna vatrogasna pjena (Busse) te je otkriven postupak za tretiranje proteina kukuruza (Swift).

Mehanička pjena otporna na alkohol

Patent koji je razvio Bohme 1935., prvi je razvoj zračne pjene otporne na alkohol. Bohme je prisvajao korištenje lauril piridinijeva sulfata i drugih makromolekularnih spojeva kvaternog amonija ili fosfonija. Prvi uspješni proizvod (Daimler i Paquin) proizvodio se od koncentrata koji se sastojao od proteinskog hidrolizata i sapuna cinkove masne kiseline u otopini amonijaka. Međutim, proizvod je imao nisku ekspanziju pjene, bio je korozivan te je propadao tijekom skladištenja.

Smjesa alginata sa sredstvom za vlaženje pokazala se kao adekvatan proizvod (Kimber i Clifford), a Tuve i Peterson su predložili upotrebu krutih proteina jaja u kombinaciji s hidroliziranim proteinom. Godine 1952. projekt u razvoju (Perri i Sloviter) je opisivao višenamjenski koncentrat za stvaranje vatrogasne pjene, pripremljen od hidroliziranog sojinog proteina i aluminijskih sapuna. Ratzer i Levin su također radili na ovom problemu.

Ratzer dodaje kako je Vlada SAD-a tijekom II. svjetskog rata usvojila standard za upotrebu vatrogasne pjene koja je imala bazu hidroliziranog proteina, a za stabilizator pjene korištene su soli željeza te je objavila smjernicu „U.S. Joint Army-Navy Specification JAN-C-266“. Specifikacija je detaljno opisivala zahtjeve za materijal koji bi se koristio u 6%-tnoj koncentraciji u vodi, a odnosi se na stvaranje stabilne vatrogasne pjene.

Nastavlja o proizvodima koji su dostupni 1956. te navodi kako su materijali jače koncentracije, koriste se 3%-tne otopine te imaju onemogućavanje točke smrzavanja, pa će zbog toga ostati u tekućem agregatnom stanju i na temperaturama ispod 0°C.

Godine 1956. većina koncentrata za stvaranje vatrogasne pjene je proteinskog tipa, međutim, postojali su zahtjevi za sintetičkim sredstvom za vlaženje te za materijalom velike ekspanzije. Sredstva za vlaženje su stvarala vatrogasne pjene veće ekspanzije od proteinskih koncentrata koji su bili upotrebljavani u aparatima s ubrizgavanjem zraka. Pre-

ma Ratzeru, pjene koje su nastajale upotrebom sredstva za vlaženje nisu bile stabilne poput onih koje su nastajale upotrebom proteinskog koncentrata, međutim, bile su bolje zbog brzog djelovanja (veća fluidnost) kod gašenja požara zapaljivih tekućina na površini vode ili kod prolijevanja zapaljivih tekućina. Također, preporuka je bila koristiti navedenu pjenu tamo gdje je opskrba vodom ograničena.

Ratzer navodi kako su prahovi za generiranje pjene i punjenja za aparate za gašenje požara u skladu sa zahtjevima vladinih smjernica te navodi naslov smjernice u popisu literature: „U.S. Joint Army-Navy Specification JAN-C-267“ od 4. prosinca 1945. Dodaje kako ekspanzija pjene koja je proizvedena raznim vrstama opreme u vrijeme pisanja njegovog članka, varira u omjerima 8:1 do 16:1, ovisno o otopini ili količini vode koja se koristi za generiranje pjene.

LITERATURA

1. Incident Response Unit, Department of Environment and Heritage Protection (2014-2016) Environmental Management of Firefighting Foam Policy, Queensland Government https://environment.des.qld.gov.au/data/assets/pdf_file/0022/89140/firefighting-foam-policy-notes.pdf (15. ožujka 2023.)
2. Miroslavljević, F., 2023: Vatrogasna pjenila: razvoj kroz povijest, utjecaj na okoliš i zdravlje ljudi, Diplomski rad, Veleučilište studija sigurnosti. 19 p.
3. National foam (2023) A Firefighter's Guide to Foam, Enviro Wiki <http://environmentalrestoration.wiki/images/9/9e/NationalFoam.pdf> (17. ožujka 2023.)
4. NFPA 11 (2021.) - NFPA 11: Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam, Quincy, Massachusetts, National fire protection association
5. Ratzer, Aarthur F., 1956: History and development of foam as a fire extinguishing medium. *Industrial and engineering chemistry*, 48, 11, p 2013-2016
6. Scheffey, Joseph, L., 2016: Foam agents and AFFF system design considerations In: Hurley, M. J., *SFPE Handbook of fire protection engineering* Springer, New York, p. 1646-1706.
7. Scheffey, Joseph L., 2008: Foam extinguishing agents and systems. In: Cote, A. E., *Fire protection handbook*. National fire protection association, Quincy, Massachusetts, p. 1746-1770.
8. vk.com (2016.) vk.com https://vk.com/wall-69279166_1660?lang=en (23. veljače 2023.)
9. Russia beyond (2018.) Zubacheva, Ksenia 6 important inventions that you won't believe were first made in Russia <https://www.rbth.com/science-and-tech/328990-russian-inventions> (23. veljače 2023.)