

**EXAMINATION OF FLOURINATED  
AND FLUORIN FREE FOAMS****FLUOROZOTT ÉS FLUORMENTES  
OLTÓHABOK VIZSGÁLATA**KREPUSKA András István<sup>1</sup>**Abstract**

Today's fire extinguishing foams have a significant history among the fire extinguishing technical products. The foams effectively help the firefighting tasks get out in a water-based solution, expanding the extinguishing efficiency of the water. After decades spent on developing foam agents, it is declared that an extremely efficient but also very harmful to the environment foam has become widespread. The experts must realize that after Halon 1301 extinguish agent a New, among the extinguish gases a greater aspect of viewing point and system change is needed to provide a healthier and less polluted environment as a legacy for our children. It is important to examine, focusing on the efficiency of extinguishing, the existing alternatives that can be used to change the existing system cost-effectively.

**Keywords**

Fluorinated foam, fluorine-free foam, fire protection, examination of fire extinguish foams, environmental protection

**Absztrakt**

Az tűzoltóhabok mára jelentős múlttal rendelkező tűzoltótechnikai termékek. Vizes oldatukban kijuttatva hatékonyan segítik a tűzoltási feladatokat, növelve a víz oltási hatékonyságát. A habok fejlesztésével töltött évtizedek után kijelenthető, hogy egy rendkívül hatékony, de a környezetre rendkívül ártalmas oltóanyag terjedt el széles körben. A szakmának fel kell ismernie, hogy a Halon 1301 oltóanyag után egy újabb, az oltógázoknál még nagyobb mértékű szemlélet és rendszerváltásra van szükség ahhoz, hogy gyermekeinkre egy kevésbé szennyezett világot tudjunk örökül hagyni. Fontos megvizsgálni, hogy az oltási hatékonyságot szemelót tartva milyen alternatívák léteznek, amiket költséghatékonyan lehet alkalmazni a meglévő rendszerek kiváltására.

**Kulcsszavak**

Fluorozott oltóhab, fluormentes oltóhab, tűzvédelem, oltóhabok vizsgálata, környezetvédelem

<sup>1</sup> andras.krepuska@zknet.hu | ORCID: 0000-0002-1857-6740 | Leader designer, ZKNet Kft. | Vezető tervező, ZKNet Kft.

## BEVEZETÉS

A tűzoltóhabok használatának mára jelentős történelmi háttere van. Az első klasszikus értelemben vett tűzoltó habot Aleksandr Loran orosz tanár és kutató fejlesztette ki. Kémai reakción alapuló oltóhabja petróleum tüzek oltására lett fejlesztve. Szódabikarbónával kevert víz és alumínium-szulfát keverékéből fejlődő habanyag alkalmas volt a kialakult tüzek takarására és elfojtására. [1] Az 1940-es években fejlesztette ki Percy Lavon Julian az Aerofoam nevű fehérje alapú oltóhabot szója fehérjéből. [2] Az első könnyűhab használatra alkalmas oltóhab az 1950-es évek elejéről az angol Herbert Eisner nevéhez kapcsolódik, aki a szénbányák oltásához fejlesztette ki a technikát. [3] Az AFFF oltóhabok fejlesztése az 1960-as évek közepén kezdődött az USA haditengerészetének kutató laboratóriuma és a 3M összefogásában. A USS Forrestal repülőgéphordozó 1967-es balesete során 134 tengerész vesztette életét, további 161 sérült meg és 21 darab repülő veszített el. A baleset után a USA haditengerészete kötelezővé tette az AFFF oltóhabok használatát és kifejlesztette a mai is használatos oltási technikáikat. [4] Az 1973-ban mutatta be a National Foam Inc. az első AR-AFFF oltóhabot, ami már alkalmas volt oldószerek oltására is. Az első rendszer szintű oltásra alkalmas fluormentes szintetikus oltóhabot 2002-ben hozták forgalomba [5]

### Oltóhabok működési mechanizmusa

A tűzoltóhabok a szénhidrogén származékoknál kisebb sűrűségű anyagok, ahol a habképző koncentrátum és a víz stabil és egyenletesen eloszló közeget alkot. Az oltóhabok alkalmasak a vízszintes és függőleges felületek oltására is. A tűzoltóhabok alkalmasak olyan szilárd anyagok oltására, ahol a víz, mint oltóanyag alkalmazása is megengedett, valamint igazi teljesítményük a folyadék halmazállapotú éghető anyagok oltásánál mutatkozik meg. [6] A tűzoltóhab képes a folyadék felszínén elterülve úszni és eközben létrehozni egy stabil zárt takaró felületet. A zárt takaró felület meggátolja az éghető folyadékgőzök szabadba jutását, valamint elzárja a folyadékot a levegőtől. Finoman szétosztott habok előállításával jobban záródó réteg alakítható ki. Az oltóhabok jellemzői a habkiadósság, a habélettartam, valamint a folyadékok habtörésével szembeni ellenálló képesség is. [7]

## OLTÓHABOK CSOPORTOSÍTÁSA

### Oltóhabok csoportosítása habkiadósság szerint

A tűzoltóhabokat habkiadósság szerint nehézhabnak, középhabnak és könnyűhabnak csoportosítjuk. A habkiadósság (jelölése  $H_k$ ) az oltóhab mennyiségére jellemző viszonyszám, ami megadja, hogy az oltóanyag koncentrátum és víz elegyéből mennyi oltóhab keletkezik. A nehézhab habkiadóssága  $H_k < 20$ , a középhab habkiadóssága  $20 < H_k < 200$ , valamint a könnyűhab habkiadóssága  $H_k > 200$ . [6]

A nehézhabok alkalmazása telepített vagy mobil tűzoltási alkalmazások között is megtalálható. A nehézhab előállítása történhet habsugárcsővel, habsprinklerrel, habágyúval vagy habfolyatóval. A nehézhab kis mértékű habkiadóssága miatt a víz súlyának és nyomásának köszönhetően távoli beavatkozásra is alkalmas. Alkalmazható függőleges és vízszintes oltásra is. A nehézhabok alkalmazásának egyre növekvő területe a hulladéktároló és hulladék feldolgozó üzemek. A kezelt hulladékok éghető frakcióinak aránya magas,

közel 50%-os. Nemzetközi statisztikában kimutatható, hogy a baleseti események közel 80%-ban keletkezik tűz. Ezek a tüzek jellemzően a vegyes hulladékfeldolgozást végző üzemekben figyelhető meg. A nehézhab habágyúval történő kijuttatását hőkamerával történő oltásvezérlésével nyugateurópai üzemekben már alap védelemként telepítik.



1.sz kép: Habágyú alkalmazása hulladéktelepen [8]

Középhabok előállításához szükséges olyan habgenerátor vagy habsugárcső alkalmazása, ahol a habképződéshez szükséges levegő aspirálása biztosított. A természetes vagy mesterséges úton hozzáadott levegő hiányában a középhab habintenzitása nem tud kialakulni. A kialakult középhab nem alkalmas távoli beavatkozásra, alkalmazásához közel kell lennie a védelemnek a tűzfészekhez. Mobil és telepített tűzoltásra is alkalmazzák, mert a kialakult oltóhab bár nem alkalmas olyan gyors terülésre, mint a nehézhaboknál megfigyelhető viszont a nagyobb intenzitású oltóhab a védett térben lévő, a felszíntől magasabban fekvő technológiai berendezéseket (pl. szivattyúk) is hamar elfedi. A könnyűhaboknál magasabb víztartalma miatt alkalmas kültéren történő alkalmazásra. Telepített rendszerként a megfelelő magasságú kialakított kármentő medencével a sima oltóvíznél nagyobb hatásfokkal tudja oltani például az olajos transzformátorok tüzeit, természetesen a szükséges villamos szakaszolások alkalmazását követően. [9]



2.sz kép: Középhab habfolyató alkalmazása technológiai védelemre [10]

A könnyűhabok beltérben történő térfogati oltásra alkalmasak. A könnyűhab előállítására habgenerátorral történik, ami vagy aspiráló módon vagy mechanikusan kapja a levegő utánpótlást. A könnyűhab generátorok kiválasztásánál és alkalmazásánál is fontos szempont a generátorok friss levegő utánpótlásának biztosítása, mert a füsttel és égéstermékkel telített levegő nagy mértékben rontja, illetve egy bizonyos térfogatszázalék fölött teljes mértékben megakadályozza a habképződést. Az érvényben lévő MSZ EN 13565 szabvány alapján a térfeltöltéssel működő habbaloltó rendszereknek a védett teret legtovább 6 perc, legkevesebb 2 perc alatt el kell árasztani oltóhabbal. [11] A feltöltési időt azért szükséges ilyen alacsony időtartamban meghatározni, hogy a szükséges frisslevegő utánpótlás biztosítva legyen, valamint a kialakuló tűz nagy mértékben tudja a könnyűhabot törni ezért nem szabad megengedni a kiterjedt tűz kialakulásának lehetőségét. A nehéz és középhasokkal ellentétben a könnyűhabok használata szigorúan gyártói előírásokhoz és rendszer tanúsításokhoz kötődik. Nem minden hab alkalmas könnyűhab alkalmazásra, de általánosságban elmondható, hogy a könnyűhab koncentrátumok alkalmasak nehéz és középhas alkalmazásokhoz is. A rendszer szintű tanúsítás biztosítja azt, hogy egy könnyűhab az együtt minősített habgenerátorral biztosan tudja  $H_k > 200$  habkiadóságot biztosítani. [6] A könnyűhabos oltórendszerek telepített kivitelben és jellemzően éghető folyadék többszintes tárolását biztosító raktárakban, üzemekben vagy repülőgép hangárokból találhatók meg. Nemzetközi szinten és azon belül is a hadászati célú repülőgép hangárokból jellemzően megtalálható könnyűhabbal oltó rendszer. Míg egy tisztán tárolási rendeltetés esetén a zárt csomagolású éghető folyadékok közelében jellemzően nincs gyújtóforrásként szolgáló villamos hálózat telepítve, addig egy modern nagyméretű szállító repülőgép villamos hálózata akár 150km hosszúságú is lehet összesen. A rögzített repülőgép tüzesetek döntő többségében a villamos hálózat meghibásodása okozta a tüzet. A repülőgépek üzemanyaga a kerozin, aminek a lobbanáspontja  $\geq 40^\circ\text{C}$  és egy ilyen méretű repülőgép esetében megközelítőleg 100.000 liter található. [12]



3.sz kép: Repülőgép hangár elárasztása könnyűhabbal [13]

## Oltóhabok csoportosítása alapanyag szerint

Az oltóhabok fejlődése során elsődlegesen rendszeresített protein habok elvéve még megtalálhatóak stabil vagy mobil tűzoltó rendszereknél, de előfordulásuk már rendkívül ritka. Fluorprotein oltóhabok a gyártóknál még megtalálhatóak a kínálatban, viszont a hosszúláncú polimertartalom miatt vagy már korlátozott, vagy a rövidláncú polimer tartalma miatt hamarosan korlátozás alá eső termékeknek a forgalmazása a közeljövőben meg fog szűnni. A Fluorprotein alapú oltóhabok esetében a rövid élettartam miatt sem lehet hosszútávú üzemben tartással számolni. [7]

A legelterjedtebb oltóhab típus az AFFF – Aqueous film forming foam azaz a vizes filmképző habok. Elterjedését jól szemlélteti, hogy az Egyesült Államokban telepített habbaloltó rendszerek 75% a hadsereg által fenntartott AFFF alapú habbaloltó rendszer. Alacsony viszkozitású anyagként az éghető folyadék felszínén gyorsan szétterülve tudja az oltási hatást kifejteni. Az oltóhab és az éghető folyadék között kialakul egy vizes fimréteg, amely izolálja az oxigént az éghető anyagtól, valamint a folyadék gőzeinek távozását is akadályozza. A hosszúláncú (C8 és C10) fluorkarbon felületaktív anyagokat tartalmazó AFFF oltóhabok már korlátozás alá esnek, a rövidláncú (C4 és C6) fluorkarbon felületaktív anyagokat tartalmazó oltóhabok a jelenlegi szabályozás szerint még üzemben tarthatóak. Az AFFF oltóhabok tartóssága alacsony. Izzó fémfelület okozta visszagyulladásra érzékeny, valamint az oldószerek okozta habtöréssel szemben nem ellenálló. [14]

A szintetikus kettős filmképző habok jelölése AR-AFFF (Alcohol resistant aqueous film forming foam). Működési elvük, hogy a vizes filmréteg mellett egy oldhatatlan polimer réteget is képződik a folyadékok felszínén. A polimer réteg védi meg a filmréteget az oldószerek és alkoholok habtörő hatásától. Az AR-AFFF habokra is igaz, hogy a C8 fluorkarbon tartalmú habkoncentrátumok már korlátozás alá esnek. [15]

Legújabban alkalmazásba vett oltóhab típusok az SFFF (Synthetic flourin free foam) és AR SFFF (Alcohol resistant Synthetic flourin free foam) mint szintetikus fluormentes és alkoholálló fluormentes habok. A korábbi oltóhabok nevéhez hasonlító rövid megnevezés félreértésre adhat okot. A fluormentes oltóhabok nem tartalmaznak per- és polifluor alkilátokat (PFAS). Ezeknek hiányában az oltási mechanizmusukban nem képződik filmréteg sem polimer réteg az éghető folyadék felszínén. A fluormentes oltóhabok kibocsátásakor kialakuló buborékok képeznek fizikai határt a folyadékfelszín és a levegő között. [14]

## OLTÓHABOK KÖRNYEZETRE GYAKOROLT HATÁSA

Egy tökéletlen égés során felszabaduló gázok, füst és korom nagymértékben mérgező és önmagában is komoly környezeti kockázatot jelent. A felszabaduló mérges gázok a levegő minőségét rontják, a hamu és korom széntartalma és lehetséges fémtartalma miatt a földre visszakerülve a talajt szennyezi közvetlenül. [16] Az elektromos járművek elterjedésével az energiatárolásra használt lítium-ion akkumulátorok égése során felszabaduló károsanyagok önmagukban magas kockázatot jelentenek. Oltásukhoz jelentősebb több oltóanyagra van szükség, valamint a lítium akkumulátor égése önfenntartó a felszabaduló oxigén miatt. [17] [18]

Az oltás során felhasznált oltóvíz oltást követően veszélyes anyagnak minősül a megkötött hamu, korom, illetve vízben oldódó gázok miatt. A vízhez adott oltóhab szintén

hatást gyakorol a környezetre. Joggal merül fel a kérdés, hogy a felhasználni kívánt fluormentes oltóhabok oltási teljesítménye képvisel-e olyan szintet, hogy megfelelő alternatívát jelentsen a fluorozott társaiknál. Ennek megválaszolásához meg kell vizsgálni a fluorozott oltóhabok környezeti kockázati tényezőit.

A hosszúláncú AFFF és AR-AFFF oltóhabok esetében az oltási mechanizmust biztosító PFAS vegyi anyagokat örök vegyi anyagokként is nevezik. Jelentős egészségügyi kockázatot jelentenek, mert a szervezetben felhalmozódva tüdőkárosodást, szív és érrendszeri megbetegedéseket, termékenységi problémákat, illetve rákot okozhatnak. Az oltóhabokból a víz útján tudnak bekerülni a körforgásba, ahol a ivóvíz bázist szennyezve visszakerül az emberekbe, növényekbe és állatokba. A lakossági szennyvíztisztító berendezések jelenleg nem tudják hatékonyan tisztítani a vizet a PFAS vegyületektől, és nem csak víz útján tud bekerülni a szervezetbe. [19] A tűzoltóhabok kapcsán a PFOS (perfluoroktán-szulfonsav) és PFOA (perfluoroktánsav) lett veszélyként azonosítva. A PFOS-t mint hamarabb azonosított veszélyforrást a 2006/122 (EK) irányelv korlátozza először, miszerint megtiltja a PFOS és prekursorainak gyártását és használatát, valamint 50ppm-ben (mg/kg) határozza meg a termékekben megtalálható határértékét. [20] A 757/2010 (EK) rendelet az 50ppm értéket 10 ppm-re csökkenti. [21] Az (EU) 2019/1021 rendeltettel a korábbi két rendeletet kiváltódik. A PFOA-t és prekursorait az (EU) 2017/1000 rendelet alapján azonosítják veszélyes anyagként. [22] A 2020/784/EU rendelet alapján az EU joghatósági területein tilos a PFOA és prekursorainak gyártása és forgalomba hozatala. A termékek maximális PFOA, illetve prekursorainak tartalma maximálisan 25ppb ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) lehet. A tűzoltásra használatos oltóhabok kaptak engedményt a rendelet betartásával kapcsolatosan, miszerint a megadott határértéket átlépő tűzoltóhabokat 2023.január 1-ig lehetett használni és akkor is csak bevetésen. Gyakorlatozásra és tesztelésre csak abban az esetben, ha a szennyezett vizet teljes mértékben össze tudják gyűjteni. 2023 január 1. és 2025 július 4. között csak azokban az esetekben maradhat üzemben a habbaloltó rendszer, ha a keletkező oltóhab a helyszínen teljes mértékben visszatartható és összegyűjthető. 2025 július 4-e után a fenti határértékeket átlépő oltóhabok nem tarthatóak üzemben. [23]

Mind a fluorozott mind a fluormentes oltóhabokra igaz, hogy bizonyos mértékig tartalmazhat fagyálló adalékot, ami belélegezve tüdőkárosodást okozhat.

Több gyártó kínálatában is megtalálható C6 rövidláncú fluorkarbon hatóanyagú oltóhab. Ezeknek az oltóhaboknak gyártásával és használatával csak időt lehet nyerni, megoldást nem. A PFHxA (perfluor-hexánsav) a C6 fluorkarbon megfelelője a PFOA-nak és a PFHxS (perfluor-hexánszulfonsav) a C6 fluorkarbon megfelelője a PFOS-nak. A PFHxS és prekursorainak és a PFHxA és prekursorainak EU-s korlátozása folyamatban van. A tervezet szerint a tűzoltótechnikai termékek használata a rendelet elfogadása után 18 hónapig lesz lehetséges. [24]

## FLUORMENTES HABOK ALKALMAZÁSÁNAK FELTÉTELEI

A fluormentes oltóhabok használata szigorúbb feltételekhez kötött, mint a fluorozott társaié. Ezeket nem az érvényben lévő MSZ EN 13565 szabvány határozza meg, bár céloz rá, hogy speciális feltételei lehetnek az alkalmazásnak. [11] A fluormentes oltóhabok működési mechanizmusa, hogy a kialakult buborékok alkotnak fizikai határt a levegő és az éghető folyadék felszíne között. Nincsen filmréteg, sem polimer hártya. Ebből kifolyólag a fluormentes oltóhabok esetében fontos, hogy a képződött oltóhab állaga és

állékonyasága biztosítani tudja az oltáshoz szükséges minőséget. A fluormentes oltóhabokról kijelenthető, hogy alkalmazásuk során nem lehet 1:1 mennyiségben alkalmazni a fluorozott habokhoz képest. Szintén megállapítható, hogy alkalmazásuk során nem lehet automatikusan a korábban alkalmazott tartályokat, bekeverő egységeket, illetve habfolyató berendezéseket alkalmazni. Ahogy a fluorozott oltóhabok esetében a könnyűhabos védelemnél, úgy a fluorozott oltóhabok esetében minden alkalmazásnál igaz, hogy a szükséges határfok csak abban az esetben biztosítható, ha a védeni kívánt anyagra vonatkozólag a felhasználni kívánt berendezés elemek gyártó által vagy tanúsító intézet által sikeresen tesztelve lettek. [15]

Az elvégzett tesztek azt az eredményt mutatják, hogy a fluormentes oltóhabok alkalmazása során magasabb habkiadóságot kell biztosítani minden alkalmazásban, mint a fluormentes haboknál. Ehhez több, illetve jobb levegőellátottságra van a fluormentes oltóhabnak szüksége. Szintén megállapításra került, hogy a szénhidrogén tüzek oltásakor nagyobb intenzitásra volt szükség a fluormentes haboknál. A nagyobb oltóhab intenzitás nagyobb vízmennyiséget és több habkoncentrátumot kíván. Összehasonlítás képen egy táblázat, amiben az MSZ EN 13565 által megkövetelt habintenzitás jelenik meg valamint az FM Global által tanúsított rendszerkövetelmény jelenik meg telepített sprinkler szórófejjel alkalmazva. [11] [15] [25]

	Éghető folyadék  Felületi tűz (< 25 mm folyadék mélység);	AFFF oltóhab  minimális intenzitás	SFFF oltóhab  minimális intenzitás	AFFF oltóhab  maximális használati magasság	SFFF oltóhab  maximális használati magasság
MSZ EN 13565-2:2018+AC:2019 szabvány szerint	szénhidrogén  (vízzel nem oldható)	K=80 álló sprinkler fej  6.9l/min/m <sup>2</sup>	K=80 álló sprinkler fej  6.9 l/min/m <sup>2</sup>	> 5 m	> 5 m
FM 5130 alapján kiadott teszteredmény szerint	szénhidrogén  (vízzel nem oldható)	K=80 álló sprinkler fej  8.1 l/min/m <sup>2</sup>	K=80 álló sprinkler fej  12.2 l/min/m <sup>2</sup>	12.2 m	7.6 m

1.sz táblázat – oltóhab intenzitások összehasonlítása – a szerző szerkesztette [11] és [26] alapján

A táblázatból kiolvasható, hogy az FM 5130 szerinti teszteredmények nagyobb intenzitást követelnek meg ugyanarra a védelemre és jobban meghatározza a maximális védelmi magasságot is. Az MSZ EN 13565 nem tesz különbséget fluorozott és fluormentes habok között.

A fluormentes oltóhabok alkalmazásának másik nehézsége az oltóhabok nagy viszkozitásából adódik. Pseudoplasztikus anyagokként a nyírósebesség növekedésével arányosan csökken a viszkozitás. Az SFFF habokhoz minősített bekeverő egységeknél meg van adva egy maximális viszkozitás érték, aminél a bekeverő még hatásosan működik. Az SFFF habok nagy viszkozitásából adódik, hogy a habtartályok és a habbekeverő egységek

közötti távolságok limitáltak. Például Viking gyártmányú oltórendszerek esetében egy bladder tartállyal megvalósított védelemnél a tartály víz betáplálásának és a tartálytól számított habkoncentrárum vezetéknek az összege nem lehet nagyobb, mint 18m. Ebbe a távolságba értelem szerűen beleszámítódik a csővezetékek idomainak méterre vetített egyenértéke és a felhasználandó szerelvények egyenértéke is.

## ZÁRSZÓ

A fluormentes oltóhabok oltási teljesítménye folyamatosan fejlődik, míg a fluorozott oltóhabok teljesítménye stagnált vagy csökkent. Poláros oldószerek védelme esetén a fluormentes oltóhab oltási teljesítménye megközelíti, bizonyos esetekben meg is előzi az AR-AFFF habokét. A ma használatos fluormentes habok teljesítménye nem annyival alacsonyabb, hogy értelme legyen az esetlegesen felszabaduló égésből adódó károsanyag kibocsájtást és a fluorozott oltóhab okozta károsanyag kibocsájtást összehasonlítani. Az SFFF habok MSZ EN szerint nincsenek elkülönítve a korábbi AFFF és AR-AFFF haboktól, ami kutatói teszteredmények és tanúsító intézet szerinti teszteredmények szerint sem megfelelő. Természetesen nem várható el, hogy 60 év fejlesztői munkáját 20 év fejlesztői munkája felülmúlja, de nagyobb energiát kell fordítani a fluormentes oltóhabok fejlesztésére és tesztelésének körülményeire. Szükséges a nemzetközi tanúsítások harmonizálása és egy egységes tesztkörnyezet alkalmazása. Szabvány szinten is egyértelművé kell tenni a fluorozott és fluormentes oltóhabok közötti alkalmazási különbségeket.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Evgeniy Degaev, Alena Suvorova and Alexandra Suhova, Influence of total head of foam on optimum intensity and minimum particular expense solution size of foamer, 2018 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 365 032019, doi: 10.1088/1757-899X/365/3/032019
- [2] Percy Julian Synthesis of Cortisone, <https://lemelson.mit.edu/resources/percy-julian>, letöltve: 2024.01.05
- [3] Herbert Eisner élete, <https://www.telegraph.co.uk/news/obituaries/science-obituaries/8668910/Herbert-Eisner.html>, letöltve: 2024.01.05
- [4] Bödör Balázs, Nagy Rudolf, A Forrestal repülőgép-hordozón bekövetkezett tüzeset vizsgálata, Repüléstudományi közlemények (1997-TÖL) 1417-0604 1789-770X 28 (1) pp. 189-207 2016
- [5] John Payne, Nigel Joslin, Anne Regina, Lucy Richardson, Kate Schofield, Katie Shelbourne, National Foam Inc., Final Report Fluorine-Free Aqueous Film Forming Foam, SERDP Project WP-2738, letöltve: 2024.01.05, <https://serdp-estcp.mil/projects/details/f8025dc3-0a80-421a-b6e2-43f0d7e99262/wp-2738-project-overview>
- [6] Nagy Rudolf, A felületi feszültség jelenségének változó környezet- és tűzvédelmi dimenziói, Biztonságtudományi szemle 2676-9042 5 (4) pp. 95-119 paper: 8 2023
- [7] Nagy Zsolt, Kuti Rajmund, A tűzoltóhabok környezetre gyakorolt hatásai, Hadmérnök X. Évfolyam 3.szám 2015.szeptember



- [8] Kép, habágyú alkalmazása hulladéktelepen, <http://incendiumfire.com/kraftvarmeverk/Brandskydd-av-utomhusdepå.jpg>
- [9] Sándor Barnabás, Nagy Rudolf, Transzformátortűzek kialakulásának és tulajdonságainak vizsgálata, Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat 2498-6194 3 (4) pp. 73-91 paper: 4 2018
- [10] Kép, Középhab habfolyató alkalmazása technológiai védelemre, <http://incendiumfire.com/invallning/Invallningsskydd-med-mellanskum.png>
- [11] MSZ EN 13565-2:2018+AC:2019, Beépített tűzoltó berendezések. Habbal oltó berendezések. 2. rész: Tervezés, kivitelezés és karbantartás
- [12] Nagy Rudolf, Román Roland, Polgári repülőgépek egyes tűzbiztonsági kérdései, Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat 2498-6194 4 (4) pp. 18-49 Paper: 2 2019
- [13] Kép, Repülőgéphangár elárasztása könnyűhabbal, <http://incendiumfire.com/flyghangar/>
- [14] Sheng, Y., Xue, M., Ma, L. et al. Environmentally Friendly Firefighting Foams Used to Fight Flammable Liquid Fire. *Fire Technol* 57, 2079–2096 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01115-z>
- [15] Kaller, M., Van Bortel, G., Engels, T. et al. An Evaluation of the Firefighting Performance of Alcohol-Resistant Aqueous Film Forming Foams (AFFF-AR) and Alcohol-Resistant Fluorine-Free Foams (FFF-AR) in the Past Two Decades. *Fire Technol* 59, 429–452 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10694-022-01345-9>
- [16] Dr. Restás Ágoston, Égés- és tűzoltáselmélet, Egyetemi jegyzet, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet Budapest, 2014
- [17] Krepuska András István, Fejlesztések jelentősége az aktív tűzvédelemben, Szilvay Kornél Tűzvédelmi Konferencia, Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságttechnikai Mérnöki Kar (2023) 112 p. pp. 62-72. , 11 p.
- [18] Szabó Viktória, Molnár Kristóf, Nagy Rudolf, Elektromos járművek tűzbiztonságának vizsgálata, Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat 2498-6194 3 (2) pp. 77-112 2018
- [19] Amila O. De Silva, James M. Armitage, Thomas A. Bruton, Clifton Dassuncao, Wendy Heiger-Bernays, Xindi C. Hu, Anna Kärman, Barry Kelly, Carla Ng, Anna Robuck, Mei Sun, Thomas F. Webster, Elsie M. Sunderland, PFAS Exposure Pathways for Humans and Wildlife: A Synthesis of Current Knowledge and Key Gaps in Understanding, <https://doi.org/10.1002/etc.4935>
- [20] Az Európai Parlament és a Tanács 2006/122/EK irányelve (2006. december 12.) az egyes veszélyes anyagok és készítmények forgalomba hozatalának és felhasználásának korlátozásaira vonatkozó tagállami törvényi, rendeleti és közigazgatási rendelkezések közelítéséről szóló 76/769/EGK tanácsi irányelv 30. módosításáról (perfluoroktán-szulfonátok)
- [21] A Bizottság 757/2010/EU Rendelete (2010. augusztus 24.) a környezetben tartósan megmaradó szerves szennyező anyagokról szóló 850/2004/EK európai parlamenti és tanácsi rendeletnek az I. és III. melléklete tekintetében történő módosításáról
- [22] Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2019/1021 rendelete (2019. június 20.) a környezetben tartósan megmaradó szerves szennyező anyagokról

- [23] A Bizottság (EU) 2020/784 Felhatalmazáson Alapuló Rendelete (2020. április 8.) az (EU) 2019/1021 európai parlamenti és tanácsi rendelet I. mellékletének a perfluor-oktánsav (PFOA), a PFOA sói és a PFOA-rokon vegyületek felvétele tekintetében történő módosításáról
- [24] WTO Document Number 23-4157, June 19, 2023, Draft Commission Regulation amending Annex XVII to Regulation (EC) 1907/2006 as regards undecafluorohexanoic acid (PFHxA), its salts and PFHxA-related substances
- [25] FM5130, Examination Standard for Foam Extinguishing Systems Class Number 5130, May 2021
- [26] Certificate of Compliance, Low Expansion Foam Extinguishing Systems Utilizing Viking ARK Foam, Concentrate Approval Identification: PR450614