

PhD értekezés

Bodnár László

- 2021 -

**NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA**

Bodnár László

**Az erdőtüzek oltásának hatékonyságát növelő módszerek
kutatása és fejlesztése**

Doktori (PhD) Értekezés

Témavezető:

Dr. habil. Restás Ágoston PhD, PhD.

.....

BUDAPEST, 2021

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	5
RELEVÁNS SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE.....	5
A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA	8
KUTATÁS HIPOTÉZISEK MEGFOGALMAZÁSA	12
KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK.....	12
KUTATÁSI MÓDSZEREK.....	13
I. AZ ERDŐTŰZEK ÁTTEKINTŐ VIZSGÁLATA	16
I.1 Az égés.....	17
I.2 Az erdőtűzek fogalmi lehatárolása.....	22
I.2.1 Abiotikus tényezők	23
I.2.2 Biotikus tényezők.....	26
I.2.3 Gazdálkodási viszonyok.....	27
I.3 Az erdőtűzek statisztikája globális, európai és hazai szinten	28
I.3.1 Tűzstatisztikák globális vizsgálata	29
I.3.2 Az erdőtűzek száma Európában	32
I.3.3 Hazai erdőtűz statisztika elemzése.....	35
I.3.3.1 Magyarországi tüzesetek időbeli jellemzői.....	37
I.3.3.2 Magyarországi tüzesetek térbeli jellemzői.....	38
I.3.3.3 Magyarországi tüzesetek kialakulásának oka.....	40
I.4 A magyarországi tüzesetek általános vizsgálata.....	42
I.4.1 Tűzoltás költségei és az erre vonatkozó gazdasági elemzés.....	45
I.4.2 Légi járművek alkalmazása a hatékonyság tekintetében.....	47
I.4.3 Logisztika.....	49
I.4.4 Tűzmegeelőzés.....	52
I.5 Részkövetkeztetés	56
II. AZ ERDŐHŐZ KÖZELI LAKOTT TERÜLETEK TŰZESETI KOCKÁZATA MAGYARORSZÁGON	59
II.1 Az erdőhöz közeli lakott területek fogalmi lehatárolása és azonosítása.....	60
II.1.1 Az EKLA területek jellege.....	62
II.1.2 Nemzetközi EKLA térképezés	66
II.1.3 Hazai EKLA térképezés	68
II.1.4 A Wildland-Urban Intermix	73
II.1.5 Az EKLA azonosításával kapcsolatos részkövetkeztetésem.....	78
II.2 Az EKLA tüzek kockázata Magyarországon	78
II.2.1 A hazai biomassza tűzveszélyességének vizsgálata és elemzése	80
II.2.2 A tüzesetszámok vizsgálata és elemzése	83
II.2.3 Lakóépületek elhelyezkedésének vizsgálata és elemzése	84
II.2.4 Magyarország megyei szintű EKLA kockázata	86
II.3 Az EKLA tüzek megelőzése	88
II.3.1 EKLA tüzek kialakulása és terjedése	89
II.3.2 Javaslatok lakossági tűzmegeelőzési módszerekre	93
II.3.3 A lakóépületek belső védelmi zónájának vizsgálata	95
II.3.4 Eredményeim összehasonlítása a településrendezési tervekkel	103
II.4 Részkövetkeztetés	107
III. A TŰZOLTÁS LOGISZTIKAI NEHÉZSÉGEINEK VIZSGÁLATA	109
III.1 A tűzoltás logisztikai kihívásai	110
III.2 A légi tűzoltás hatékonysága az oltóanyagellátás függvényében.....	115
III.3 Tűzoltás költségeinek vizsgálata.....	117
III.3.1 A hagyományos tűzoltás üzemanyag költségei	117
III.3.2 A légi tűzoltás költsége	118
III.3.3 Leégett terület kárértéke.....	118
III.3.4 Gazdaságossági elemzés.....	119
III.4 A tűzoltó eszközök és járművek hatékonyságának vizsgálata	120
III.4.1 Beszerzési költség vizsgálata	122
III.4.2 Üzemeltetési költség vizsgálata.....	123
III.4.3 Szállítható vízmennyiség vizsgálata.....	126
III.4.4 Amortizációs költségek vizsgálata	127

III.4.5	A káreset megközelítésének elemzése.....	128
III.5	A hazai erdőtűzek oltásának vizsgálata.....	134
III.6	Mesterséges víznyerőhelyek létesítésének logisztikai vizsgálata.....	138
III.7	Részövetkeztetés	151
IV.	A SPECIÁLIS TŰZOLTÓ VÁZSZERKEZET ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA	155
IV.1	A többletterhelés viselésének szükségessége	157
IV.1.1	A tűzoltók fizikai terhére vonatkozó mérés	158
IV.1.2	A tűzoltók igénybevételének fiziológiai hatásai.....	159
IV.1.3	A vizsgálat adatai és körülményei.....	161
IV.1.4	A kísérlet időbeli tényezőinek vizsgálata.....	165
IV.1.5	A kísérlet munkavégzési tényezőinek vizsgálata	168
IV.1.6	A vizsgálat kérdőívének elemzése	171
IV.1.7	A kísérletek eredményeiből levont következtetések	174
IV.2	A külső vázszerkezetek bemutatása	175
IV.2.1	Az STV hatékonyságának vizsgálata	177
IV.3	A Speciális Tűzoltó Vázszerkezet katasztrófavédelmi alkalmazása	184
IV.4	Az STV taktikai alkalmazása	185
IV.5	Részövetkeztetés	187
	ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK	190
	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	195
	AJÁNLÁSOK	196
	KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA	197
	HIVATKOZOTT IRODALOM JEGYZÉKE	198
	TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM	212
	FÜGGELÉK/MELLÉKLETEK	215
	Ábrajegyzék	219
	Az értekezés kohéziós táblázata	222
	Fogalmak jegyzéke	226
	Rövidítések jegyzéke	228

BEVEZETÉS

Az ember a történelem során folyamatosan kapcsolatban állt a tűzzel. Az eltelt idő alatt pedig kiismerte annak hasznos és hátrányos tényezőit is. Ez a kettősség a mai napig igaz, hiszen a tűz használata lehetővé teszi a téli hónapok átvészelését, illetve a háztartások mindennapi életét. Bizonyos esetekben viszont a veszélyt is jelenthet, mind az emberi életre és az anyagi javakra, mind pedig a körülöttünk lévő környezetre. Ezek védelme a katasztrófavédelem, valamint a hivatásos és önkéntes tűzoltóságok fő feladatai közé tartozik. A katasztrófavédelem nemzeti ügy, a védekezés egységes irányítása állami feladat, amely megjelenik a *2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról* (továbbiakban katasztrófavédelmi törvény) alkotott jogszabályban. „*A Kormány megszervezi a katasztrófák elleni védekezés irányítását és a végrehajtás összehangolását, a tervezés kormány szintű feladatainak végrehajtását, a katasztrófák következményeinek felszámolására való felkészülést, a megelőzést, a végrehajtást és a helyreállítás feladatainak tárcák közötti koordinációját*” [1]. A katasztrófák elleni védekezés részeként jelentős figyelmet kap az erdőtüzek megelőzése és oltása. Az Országgyűlés az Alkotmányból és a nemzetközi szerződésekből eredő feladatok teljesítése érdekében, az élet- és vagyonbiztonságot veszélyeztető tüzek megelőzése, a tüzeseteknél, a műszaki mentéseknél való segítségnyújtás, és a tűz elleni védekezésben résztvevők jogainak, kötelezettségeinek, valamint a védekezés szervezeti, irányítási rendjének, személyi, tárgyi és anyagi feltételeinek szabályozására megalkotta az *1996. évi XXXI. törvényt a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról*. (továbbiakban tűzvédelmi törvény) [2]

RELEVÁNS SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE

A tüzek megelőzésére és a tűzoltás hatékony végrehajtására a törvényhozók jogszabályokat alkottak. Ezek közül a két magasabb szintű a már említett katasztrófavédelmi törvény [1] és a tűzvédelmi törvény [2]. A katasztrófavédelmi törvény egy átfogó jellegű és komplex jogszabály, amely magában foglalja a katasztrófák elleni védekezés irányítását, valamint az iparbiztonsági, a polgári védelmi és a tűzoltósági szakterület általános rendjét is. A korábbi jogszabályokhoz képest nagyobb jelentőséget biztosít a megelőzési tevékenységeknek. A tűzvédelmi törvény viszont egy olyan jogszabály, amely speciálisan a tűzoltósági szakterület

működését szabályozza. A jogszabály részletesen meghatározza a tűzoltás, a műszaki mentés és a tűzvédelmi hatósági feladatok irányításának és végrehajtásának rendjét. A törvényben megjelenik az erdő-, és parlag tüzek elleni védelem szükségessége, azonban az erre vonatkozó tűzoltási feladatok már egy végrehajtási rendeletben kerülnek bemutatásra.

A végrehajtási rendeletek közül a témához kapcsolódik a *39/2011. (XI. 15.) BM rendelet a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének általános szabályairól* (továbbiakban 39/2011-es BM rendelet) [3]. A rendelet ugyan nem részletezi az erdőtüzek oltását, azonban a tűzoltás szabályai, valamint a tűzoltás vezetése és módja irányadó erdőtüzek oltása során is. A témát szintén érinti a *6/2016 (VI. 24.) BM OKF utasítás a Tűzoltás-taktikai Szabályzat és a Műszaki Mentési Szabályzat kiadásáról*. A jogszabály 1. mellékletének XII. fejezete mélyrehatóan részletezi az erdők és tőzegterületek tüzeinek oltási taktikáját. Bemutatásra kerül az erdőtüzekkel kapcsolatban a vonulás, a felderítés, a beavatkozás, a biztonsági előírások és az utómunkálatok szabályai is [4].

Az erdőtűzoltás területén rendkívül széleskörű és mélyreható kutatások készültek, amit az értekezés terjedelmi korlátai miatt természetes, hogy nem lehet részletesen kifejteni és elemezni. A témakör ismeretének igazolásához az általam legfontosabbnak ítélt kutatásokra szeretnék rámutatni. Az erdőtüzek vonatkozásában a hazai és a külföldi szerzők vizsgálták már a tűzveszélyes biomassa jellemzőit [5] [6], az időjárási kockázatokat [7] [8], a tűzterjedés tényezőit [9] [10] és a röptüzek kockázatát [11] [12]. Emellett fellelhetők olyan kutatások is, amelyek vizsgálták a tűzoltás eszközeit [13] és azok fejlesztési lehetőségeit [14], elemezték az oltástechnológiát [10], a technikai eszközök gazdaságossági hatékonyságát [15] [16], valamint a logisztikai nehézségeket [17] [18]. Megítélésem szerint ezek a kutatások mértékadó, fontos eredményeket tartalmaznak, mondanivalójuk összefügg és a megfogalmazott következtetések korrelálnak egymással.

A kutatásaim során arra a következtetésre jutottam, hogy egy ilyen széleskörű témát részleteiben nem tudok feldolgozni, ezért a választott témakört szűkíteni szükséges. Ennek eredményeként azokkal a területekkel foglalkozom részletesebben, amelyeket a szakirodalom áttekintése után kevésbé vizsgáltak tekintek. Értekezésemben így elemezni kívánom az *erdőhöz közeli lakott területek megelőző tűzvédelmét, a tűzoltás logisztikai nehézségeit* és az azokra vonatkozó hatékonysági tényezőket. Vizsgálom

továbbá a tűzoltáshoz kapcsolódó egyes költségeket, valamint a tűzoltás során alkalmazott eszközök fejlesztési lehetőségét is.

Kutatásom kezdetén az erdő-, és vegetációtüzek statisztikai adataival foglalkoztam. Vizsgáltam a hazai [19], az európai [20] és a rendelkezésemre álló globális adatokat is [21]. Ennek következtében számomra bebizonyosodott, hogy az erdőtüzek az egyik leggyakrabban előforduló természeti katasztrófák. A statisztikai adatok rávilágítottak arra is, hogy ezek a tüzesetek leginkább az emberi közreműködésre vezethetők vissza [22][10], ezért fontosnak tartottam azt, hogy megvizsgáljam az ember és a tűz kapcsolatát. A fentiek előrevetítik, hogy tűz a legtöbb esetben ott alakul ki, ahol az ember jelen van, ami azt is jelenti, hogy az erdőtüzek veszélyeztethetik az emberi életet, az anyagi javakat és a környezetet, különösen ott, ahol a lakosság az erdőterület közelében él. Ennek eredményeként célszerűnek tartom **az erdőterület közelében élő lakosság megelőző tűzvédelmi lehetőségeinek, a tűzterjedést csökkentő módszereknek, valamint a védelmi zónák hatékonyságának a vizsgálatát és fejlesztését.**

A kutatásom során ezen kívül megvizsgáltam a tűzoltás logisztikai nehézségeit is. A hatékony beavatkozás nélkülözhetetlen eleme, hogy a tűzoltás a tűz keletkezés idejétől számítva a lehető leggyorsabban megkezdődjön. Ez azonban a rossz minőségű erdei utak miatt nem minden esetben tud megvalósulni, ami meghosszabbítja a vonulási időt, késlelteti a beavatkozás vagy az oltóvíz utánpótlás (ingázás)¹ megkezdését. Ennek eredményeként **a logisztikai nehézségek csökkentése elválaszthatatlanul hozzátartozik** az erdőtűzoltás hatékonyságának növeléséhez. Így, az értekezésem témakörének körülhatárolása során, a logisztikai nehézségeket, az erdőtűzoltás részének tekintem, egy olyan problémának, amely mindenképpen javítást igényel.

A probléma megoldására rendelkezésre állhatnak olyan – eddig a mentő tűzvédelem területén nem használt – eszközök, amelyek segíthetik a tűzoltás logisztikai nehézségeinek a kiküszöbölését. Ebből adódóan a témakör részének tekintem azoknak az **innovatív eszközöknek az alkalmazását**, amelyek úgy nyújthatnak segítséget a tűzoltás során felmerülő logisztikai nehézségek csökkentéséhez, hogy ezáltal hozzájárulnak a hatékonyabb tűzoltáshoz is.

¹ Nagy kiterjedésű erdőtüzek során a folyamatos vízellátás biztosítása érdekében vízszállító gépjárművek ingáznak a kárhelyszín és a legközelebbi vízforrás között.

A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

Amióta ember él a földön a tudomány folyamatosan foglalkozik a minket érintő veszélyekkel és azok kockázataival. A történelem különböző időszakaiban más és más kockázati tényezők kerültek előtérbe. A Világgazdasági Fórum² (World Economic Forum, WEF) Globális Kockázatok című 2020-as jelentése szerint a jelenkor öt legnagyobb valószínűséggel bekövetkező kockázati tényezőjéből négy az éghajlatváltozással kapcsolatos [23]. Ide sorolható az éghajlatváltozás elleni harc kudarca, a biológiai sokféleségek csökkenése, a szélsőséges időjárás gyakorivá válása és a természeti katasztrófák kockázata [24] [25] [26]. Az új évtized eddigi legjelentősebb kockázatát a Covid-19 vírust jelenti, amely az egész világon nagyszámú megbetegedést és halálesetet eredményezett [27]. Azt már számos szerző megfogalmazta, hogy a jelenkor egyik legnagyobb kihívását az éghajlatváltozás jelenti. A szakirodalmak döntő többsége ma már a jelenséget tényként fogadja el, a vita legfeljebb az előttünk álló évtizedek forgatókönyvére vonatkozik, amelynek alapján többféle változat úgynevezett klímaszcenárió³ is létezik.

Az évtizedekre előre tekintő prognózisok bizonyos dolgokban egyetértenek, úgy, mint a szárazság és a felmelegedés, azonban a mértékekben és az évszakos, valamint a területi különbségekben nem, itt a különböző forgatókönyvekben már számos eltérést fedezhetünk fel [28] [29] [30]. A globális éghajlatváltozással foglalkozó forgatókönyvek a XXI. század végére 1,1–6,4 °C közötti hőmérséklet-emelkedéssel számolnak. Emellett számítani kell még arra is, hogy a hóhullámok, valamint a heves esőzések gyakorisága tovább nőhet. Az eddigi kutatások és tapasztalatok alapján egyes trendek már megfogalmazhatók az éghajlatváltozással kapcsolatban: egyre ritkábbak lesznek a hideg nappalok, egyre kevesebb lesz a fagyos reggelek száma, ezzel szemben a hóhullámok viszont megnövekednek, valamint a forró nappalok és éjszakák száma is emelkedni fog [29]. A témakörben számos mértékadó munka készült, amelyek közül kiemelném az Alföld I, az Alföld II, a VAHAVA⁴, valamint a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia⁵ (továbbiakban NÉS) kutatási programokat [31]. Az Alföld

² A Világgazdasági Fórum egy nemzetközi non-profit szervezet, amelynek célja a befolyásos vezetők vitáin keresztül a világ javítása.

³ Az éghajlat alakulása globális légköri vagy klímamodellekkel (GCM) tanulmányozható. A GCM nemzetközi szimulációs kísérletek eredményeit nevezzük klímaszcenáriónak (klímaforgatókönyv).

⁴ VAHAVA: Változás-Hatás-Válaszadás. Egy hazai projekt, amelyben meghatározták a magyarországi éghajlat változásának várható irányát.

⁵ A Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia Magyarország felkészülési terve a globális éghajlatváltozásra.

programokban a kutatók részletesen elemezték az Alföld éghajlat-változásának trendjeit, illetve azok hatását a terület ökológiájára [32]. A VAHAVA-program pedig egy olyan átfogó vizsgálat volt, amely komplex módon értelmezte a változásokat, azok hatását és a szükséges válaszokat. A kutatás folyamán vizsgálták az éghajlatváltozással kapcsolatos nemzetközi állásfoglalásokat, az elmúlt száz év hazai klímaváltozási jellemzőit, az alkalmazkodási lehetőségeket, valamint a kihívásokra adható lehetséges válaszokat. Szintén a VAHAVA-program összefoglalójában fogalmazták meg azt a javaslatot, amely szerint Magyarországnak szüksége van egy olyan cselekvési tervre, amely az elkövetkező évtizedekre meghatározza a követendő stratégiát [33]. A NÉS program keretén belül 2008-ban meghatározták azokat a feladatokat, amelyeket 2025-ig el kell végezni.

A globális klímaforgatókönyvek vizsgálata Európában is aktuális. Magyarországra elsősorban a Kárpát-medence regionális klímaszcenáriója az irányadó. Ezzel már hazai kutatás is foglalkozott. A témakörben mértékadó munkája van Retek Mihálynak, aki a globális éghajlatváltozás interaktív és komplex forgatókönyveit elemezte [34]. Bartholy [35] és Mika a regionális éghajlatváltozást és annak hatásait vizsgálta a Kárpát-medencében [36]. Bartholyék a kutatásuk során a 2071–2100-as időszakot vizsgálták. Az adott időszakra az általuk készített modellek segítségével a hőmérséklet-emelkedést pontosabban meg tudták jósolni, mint a csapadékmennyiség várható módosulását. A felmelegedés vonatkozásában a nyári hónapok vizsgálata az érdekesebb, mivel a melegedés ekkor a legnagyobb (3,7–5,1 °C), valamint itt tapasztalható a legjelentősebb szórás is. Egy tanulmány szerint a szórás értéke tavasszal lesz a legkisebb, a becslések szerint csupán 2,4–3,2 °C. A nyári évszakban a déli részeken, télen és tavasszal pedig kelet felé haladva fog nőni a felmelegedés mértéke [30]. Emellett a hőségnapok száma, amikor a hőmérséklet eléri vagy meghaladja a 30 °C-ot, ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) 109–156%-kal fog nőni, a forró napok száma - amikor a hőmérséklet eléri vagy meghaladja a 35 °C-ot- pedig ($T_{\max} \geq 35 \text{ °C}$) évi 4 nappól 20–33 napra fog emelkedni. Ezzel ellentétben viszont, csökken a téli ($T_{\max} < 0 \text{ °C}$) és a fagyos ($T_{\min} < 0 \text{ °C}$) napok száma, valamint jelentősen kevesebb (-87– -95%) lesz a zord napok száma ($T_{\min} < -10 \text{ °C}$) is éves szinten. A hőmérsékletváltozás mellett meg kell vizsgálni a csapadékváltozást is. A forgatókönyvek szerint a csapadék éves mennyiségének a változása nem lesz jelentős, ám annak eloszlása már változni fog. Nyáron és ősszel jelentősebb csapadék csökkenésre (10-33%), télen és tavasszal pedig

jelentősebb csapadék növekedésre számíthatunk. Emellett a jövőben az éves extrém csapadékú (≥ 20 mm) napok száma is a kétszeresére nőhet [35].

A fentiek alapján logikus, hogy a globális éghajlatváltozás egyik velejárója az, hogy az időjárás szélsőséges jelenségei megszorodnak. Ennek következtében az egyes területeken egyre nagyobb az özönvízszerű esőzések és a felhőszakadások kialakulásának esélye. Máshol azonban pont a tartósan csapadékmentes időszakok fognak kitolódni térben és időben [37]. Az éghajlatváltozás a tudomány, a társadalom és az élet számos területén kihívást jelent, hatása így befolyással van a katasztrófavédelemre is [38] [39] [40].

A szárazabb hónapok során a természetes biomassza nedvességtartalma csökken, ezáltal az éghetősége megnő, ez pedig nagyobb lehetőséget ad a tüzek kialakulására. Az erdő egy gyúlékony biomassza réteget képez, tehát az éghajlatváltozás okozta következmények egyike, hogy megnő az erdő- és vegetációtüzek kialakulási esélye. Abban az esetben, ha az időjárás kedvez a tűz terjedésének, nagy kiterjedésű erdőtüzekre is számíthatunk. Elég, ha a 2019-es amazónai tüzesetre [41] [42], vagy a 2019-2020-as ausztrál bozótüzekre gondolunk, ami nagy hangsúlyt kapott a médiában is [43].

Abban az esetben, ha a magyarországi klímaforgatókönyveket az erdőtüzek vonatkozásában elemezzük, akkor az ún. gyakorisági indexeket kombinálva megállapíthatjuk, hogy hazánkban már 0,5 fokos átlaghőmérséklet emelkedés is több mint 50 % - kal növelheti a vegetációtüzek kialakulásának gyakoriságát [36]. Más számítások szerint egy 4 °C-os átlaghőmérséklet emelkedés következtében az erdőtüzek kialakulásának gyakorisága akár 200 – 300% -al is nőhet [44].

Az erdő, mint természeti terület önmagában is számos társadalmi értéket hordoz. Emiatt az erdőt, mint értéket védeni kell, a katasztrófavédelem szempontjából elsősorban a tűz általi pusztulástól. Itt nyer értelmet az erdőtüzek megelőzésének fontossága, illetve a pusztulás mértékének a csökkentése [45]. Az erdővagyon megsemmisülése során óriási költségekkel kell számolni. A költségek során nem csupán a fatömeg pénzben kifejezett értékének pusztulásával kell számolni, hanem egy teljes élő rendszer időleges vagy végleges pusztulásával, kiesésével is. Így, ez nem csak anyagi és gazdasági kérdés, hanem egy ösztársadalmi feladat és megoldásra váró természetvédelmi probléma.

Szintén a tudományos probléma részének tekintem, hogy az erdő és a társadalom viszonya az elmúlt évtizedekben érezhetően megváltozott. Az urbanizáció eredményeként megfigyelhető egyrészt a városok bővülése, másrészt pedig az agglomerációból történő rendszeres munkába járás, az ingázás jelensége is [46]. Ezek következményeként sokan költöznek a nagyvárosokba vagy azok közvetlen közelébe. Az ott lakó emberek gyakran választják a napi szintű munkába járást és lépnek így kapcsolatba a nagyvárosokkal [47]. A felgyorsult szuburbanizáció jelentős mértékben hozzájárult ahhoz, hogy egyes települések összenőttek a külvárosi környezettel, sokszor elmosva a korábbi klasszikus határokat [48]. A növekvő mobilitás átalakítja a város határait és így több városi terület kerül közelebb az erdőhöz [49], ami nagyobb lehetőséget ad az emberi közreműködésből fakadó tüzek kialakulására.

Az erdő- és vegetációtüzek elleni küzdelem fontossága a tudomány és technika mai lehetőségeit is a védekezés hatékonyságának növelésére készíti. Ez további igényt jelent olyan újszerű eljárások és módszerek elemzésére, mint a tűzoltás során felmerülő logisztikai nehézségek vizsgálata, az új technikai eszközök erdőtüzeknél való alkalmazása vagy pedig az erdőszegély⁶ mentén élő lakosság tűzmegelőzési módszereinek vizsgálata. **Ezek közé tartozik az értekezésem részét képező tűzmegelőzési politika vizsgálata az erdőhöz közeli lakott területeken, az erdőtűzoltás logisztikai képességének fejlesztése, valamint az újszerű eszközök alkalmazása a mentő tűzvédelem hatékonyságának növelése érdekében.** A katonai műszaki tudományok területén, a fent említett témakörök kutatási tevékenysége még nem került részletes elemzésre, így értekezésem tárgya olyan témát dolgoz fel, amely a jövőben a jelenleginél nagyobb hangsúlyt fog kapni és átfogó vizsgálata nélkülözhetetlen lesz.

⁶ Az erdőszegély átmeneti, ökoton jellegű határzóna az erdő és az erdőtlen (fátlan) terület között (Forrás: Bartha Dénes-Ilonczai Zoltán-Kovács Tibor: Az erdőszegély. *Erdészeti Lapok*, CXXXVII. 4. 109-111.o.).

KUTATÁS HIPOTÉZISEK MEGFOGALMAZÁSA

A tudományos problémák feltárása után a következő kutatási hipotéziseket fogalmazom meg:

1. Feltételezem, hogy Magyarországon kialakultak olyan erdőhöz közeli lakott területek, ahol jelentős a természetes környezetről a lakókörnyezetre történő tűzterjedés kockázata.
2. Vélelmezem, hogy biztonsági zónák kialakításával csökkenthető a tűzterjedési kockázat, amelyekkel az erdőhöz közeli lakott területek személyi és anyagi védelme a jelenleginél hatékonyabbá tehető.
3. Vélelmezem, hogy a tűzoltás logisztikai tényezői jelentős hatással vannak a tűzoltás hatékonyságára, amelyek javításával, valamint a logisztikai tartalékok felhasználásával, növelhető a tűzoltás hatékonysága.
4. Feltételezésem szerint alkalmazható olyan új tűzoltó technikai eszköz, amely a tűzoltók mozgási szabadságának megtartása mellett is növeli az oltási képességet, ezzel hatékonyabbá téve a tűzoltást.

KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

Az erdőtűzoltási témakör célirányos vizsgálatához, valamint az értekezésem tudományos eredményeinek elérése érdekében a következő kutatási célkitűzéseket fogalmazom meg. Céлом:

- Az erdőtüzek megelőzésének és oltásának jelenlegi problémáinak feltárásával azonosítani a hazai erdőhöz közeli lakott területeket, valamint **megalkotni** Magyarország első, az **erdőhöz közeli lakott területek tűzveszélyét mutató térképét**.
- **Javaslatot tenni olyan új irányelvek és jogszabályi előírások alkalmazására**, amelyek védelmi zónák létrehozásával biztonságosabbá teszik az erdőhöz közeli lakott területek megelőző tűzvédelmét.
- Az erdőtűzoltás logisztikai nehézségeiből olyan **következtetéseket levonni**, amelyek alkalmasak egyrészt a **vonulás időveszteségének kimutatására**, másrészt a **mesterséges víznyerőhelyek létesítésének optimalizálásával** növelni a tűzoltás vízellátásának a hatékonyságát.

- **Rámutatni a tűzoltók terhelhetőségének korlátaira és bizonyítani a szabad mozgással történő oltási képesség kitolásának szükségességét és lehetőségét** valamint javaslatot tenni **újszerű, innovatív technológiai eszköz** hatékony alkalmazására.

KUTATÁSI MÓDSZEREK

A kitűzött kutatási céljaim elérése érdekében a következő, jelentősebb kutatási módszereket alkalmaztam:

- Vizsgáltam és elemeztem a témakörrel kapcsolatos releváns hazai és nemzetközi szakirodalmak tudományos eredményeit, valamint elvégeztem más szerzők releváns kutatási eredményeinek szintézisét.
- Értékelő megbeszéléseket, vitákat, eszmecsereket folytattam a téma elismert hazai és nemzetközi szakembereivel. A megbeszélések során összegyűjtöttem észrevételeiket és kritikáikat.
- A kutatási eredményeim szemléltetése érdekében műszaki rajzokat készítettem, valamint alapvető matematikai számításokat végeztem.
- A tudományos problémák vizsgálata során saját készítésű elvi ábrákat alkalmaztam és azokon képelemzést végeztem.
- SWOT analízist készítettem a mesterséges víznyerőhelyek létesítési helyének vonatkozásában.
- Rendszerszemléletű megközelítés alapelveit alkalmazva saját mérést végeztem a tűzoltókat érő fizikai teher vonatkozásában, amely során okos eszközöket is igénybe vettem.
- Logikai következtetéseket és dedukciót alkalmaztam, valamint mátrixokat elemeztem és különböző modelleket alkottam.

A kutatási módszereimet segítette még a doktori képzésem ideje alatt összeállított tanulmányi tervem, amely az általam választott tantárgyak segítségével megalapozta a kutatói munkám tudományos kidolgozását. A képzés ideje alatt rendszereztem az eddigi tanulmányaim során elsajátított tudásomat és növeltem szakmai kompetenciáimat. Emellett szakmai kérdésekben kikértem különböző szakértők véleményét és gyakorlati tapasztalatát. A képzés ideje alatt megfogalmazott

eredményeimet neves hazai és nemzetközi konferenciákon mutattam be. Az ott szerzett tapasztalataimat szintén beépítettem az értekezésembe.

A doktori értekezésem szerkezete:

Az **I. fejezetben** a legfontosabb szakirodalmak alapján bemutatom az erdőtűzoltás égésselméleti hátterét, valamint az erdő- és vegetációtüzek kialakulásának biotikus, abiotikus és gazdálkodási tényezőit. Emellett releváns adatok alapján részletesen elemzem, a globális, az európai és a magyarországi erdőtűz statisztikát, valamint meghatározom a hazai tüzesetek kialakulásának időbeli és térbeli jellemzőit. Ezután összegzem és meghatározom a statisztikai adatokból levonható legfontosabb következtetéseket, valamint felhívom a figyelmet az erdőtüzek megelőzésének és oltásának fontosságára. Végül a szakirodalmi elemzésem eredményeként meghatározom a témával kapcsolatos hazai kutatások hiányosságait és a további kutatási lehetőségeket.

A **II. fejezetben** a természetes környezet és az épített környezet kölcsönhatását vizsgálom, amely során azonosítom az erdőhöz közeli lakott területeket, valamint meghatározom ezek megyei szintű tűzkockázatát. Ezen felül elvégzem az erdőhöz közeli lakott területek térképezését, amely során nemzetközi mintára létrehozok egy topológiai mátrixot, majd egy saját, új módszer alkalmazásával azonosítom a hazai erdő által több irányból körülvevett lakott területeket is. Végül pedig a megelőző tűzvédelem vizsgálatának eredményeként javaslatot teszek a fent említett területeken védelmi zónák létrehozására.

A **III. fejezetben** az erdőt, mint gépjárművel nehezen megközelíthető területet vizsgálom. Meghatározom a hazai erdőtüzek oltásának logisztikai nehézségeit, arra vonatkozóan gazdaságossági elemzést végzek a tűzoltási költségek tekintetében. Emellett megvizsgálom az alkalmazott tűzoltó gépjárművek és technikai eszközök hatékonyságát is. Végül pedig elemzem a mesterséges víznyerőhelyek létesítésének egyes lehetőségeit, az ingázó vízszállítás hatékonyságának tükrében.

A **IV. fejezetben** a tűzoltás során felmerülő logisztikai kihívások megoldására irányuló újszerű eszközöket vizsgálom. Eszközfejlesztési javaslatot fogalmazok meg egy tűzoltási célra is alkalmazható úgynevezett speciális tűzoltó vázszerkezet

formájában. Az eszközökön hatékonyság-vizsgálatot végzek az egyes gazdaságossági kritériumok figyelembevételével. Emellett, egy saját mérés segítségével meghatározom, hogy a tűzoltókat érő fizikai teher hogyan hat a beavatkozókra és a tűzoltás hatékonyságára. Bizonyítom a tűzoltási képességekre rámutatva, hogy szükség van újszerű tűzoltó technikai eszközökre a tűzoltás hatékonyságának növelése érdekében.

Kutatási eredményeimet lektorált hazai és nemzetközi kiadványokban folyamatosan publikáltam. Emellett az általam végzett kutatói munkát és azok eredményét különböző konferenciákon, workshopokon és fórumokon is bemutattam. A kutatói munkámmal kapcsolatos, mások által tett javaslatokat kiértékeltem és beemeltem az értekezésem egyes fejezeteibe.

I. AZ ERDŐTÜZEK ÁTTEKINTŐ VIZSGÁLATA

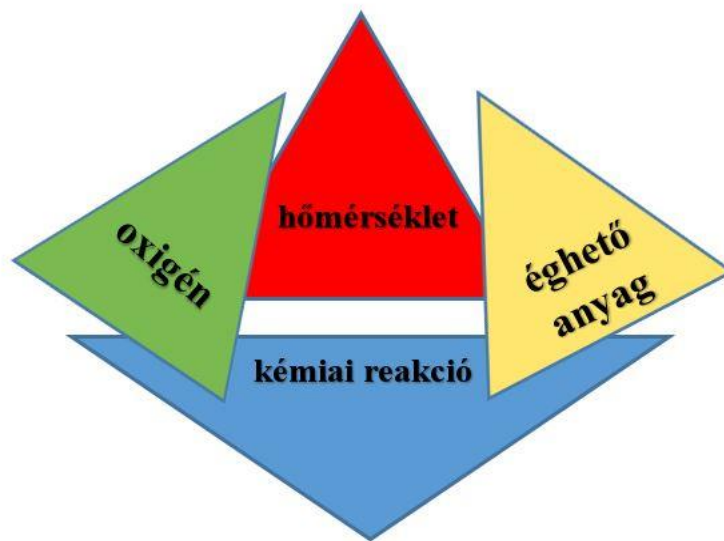
Az első fejezetben az erdőtüzek áttekintő vizsgálatát végzem el, amelynek keretén belül feltárom az erdőtüzek megelőzésének és oltásának jelenlegi problémáit, valamint **javaslatot teszek az egyes javítási lehetőségekre** a megelőző és a mentő tűzvédelem területén.

Ennek érdekében részletesen elemeztem a témakörrel kapcsolatos releváns szakirodalmakat. Emellett személyes konzultációkat és adatgyűjtést is végeztem, valamint elemeztem a legfontosabb statisztikai adatokat is. Vizsgáltam továbbá a témakörrel kapcsolatos nemzetközi helyzetet és megoldási lehetőségeket. A fejezetben meghatározom az erdőtűz kutatás hazai tudományos hiányosságait, amely az értekezésem többi fejezetének tudományos alapját fogja képezni.

A katasztrófavédelem nemzeti ügy. A védekezés egységes irányítása állami feladat [1]. Ennek keretén belül a tűzoltás és a műszaki mentés is állami feladat [2], amely feladatok irányítását a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság végzi (továbbiakban BM OKF). A szerv alapvető rendeltetése a magyar lakosság élet- és vagyonbiztonságának, a nemzetgazdaság és a kritikus infrastruktúra-elemek biztonságos működésének védelme. A BM OKF szervezetén belül a Műveleti Főigazgató-helyettesi Szervezet irányítása alatt működik az Országos Tűzoltósági Főfelügyelőség a Tűzvédelmi Főosztály, valamint a Tűzoltósági Főosztály segítségével. A Tűzoltósági Főosztály elsődleges feladata a tűzoltási és műszaki mentési feladatok szakmai felügyelete, ellenőrzése, irányítása, valamint szervezése [50]. A mentő tűzvédelem fókuszában az elsődleges beavatkozási tevékenység áll, amely a tűzoltási, valamint a műszaki mentési feladatok végrehajtására irányul. A mentő tűzvédelemi feladatok végrehajtását a tűzoltóságok végzik, úgy, mint hivatásos tűzoltóság (hivatásos tűzoltóparancsnokság, katasztrófavédelmi őrs), önkormányzati tűzoltóság, létesítményi tűzoltóság és önkéntes tűzoltó egyesület [51]. A tűzoltási tevékenység magába foglalja a zárt téri, valamint a szabad területi – mint például erdőtűz – tüzek oltását is.

I.1. Az égés

Értekezésem kezdetén bemutatom a témakörre vonatkozó égésméleti háttérrel, mivel ez az, ami megalapozza a kutatási tevékenységemet. Az égés egy kémiai folyamat, ahol az éghető anyag megfelelő hőmérsékleten egyesül a levegőben található oxigénnel. Ennek során hő és fény formájában energiát szolgáltat [52]. Az égéshez szükséges feltételeket korábban a legegyszerűbb módon a tűzháromszög ábrával szemléltették. Ma már az égés három feltételét ki szokták egészíteni egy negyedik feltétellel is [53].

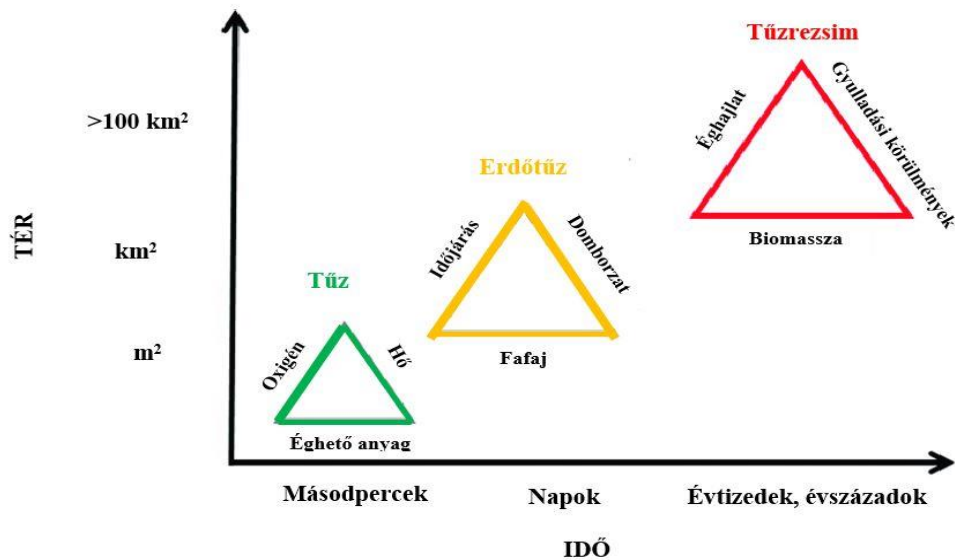


1. ábra: A tűztetraéder szemléltetése. Készítette a szerző

Ennek oka, hogy a tűz kémiai szempontból nem más, mint egy gyors láncreakció. Ha a láncreakció nem indul be, esetleg leáll, akkor a tűz elalszik, és nem fejlődik tovább. Ennek eredményeként már nem égési háromszögről, hanem égési tetraéderről beszélhetünk. A tűz tetraéderrel ma már gyakrabban találkozhatunk (1. ábra). Ha az égési feltételek egyike hiányzik vagy elhal, abban az esetben az égés megszűnik. Ez az egyszerű törvényszerűség a tűzoltási ismeretek alapja.

Megállapítom, hogy a tudomány az erdőtüzoltás területén rendszerint a tűz kialakulására és terjedésére összpontosít. Ennek fontos eleme az éghajlat, az időjárás, a biomassa és a domborzat. Nemzetközi szinten a tűz kialakulásának feltételeit és a tüzet befolyásoló tényezőket azonban térbeli és időbeli skálán is szokták szemléltetni, annak érdekében, hogy meg lehessen határozni egy terület tulajdonságait az erdőtüzek vonatkozásában [54]. A tér és idő vizsgálatával a kutatók feltárták, az erdőtüzek kialakulásának fizikai és természeti tényezőit [55] [56]. Meghatározták, hogy a tűz

kialakulásához fizikai értelemben szükség van éghető anyagra, oxigénre és gyulladási hőmérsékletre. Amennyiben ezek a feltételek adottak, az éghető anyag rövid időn belül meggyullad és tűz keletkezik. Egy erdőtűz kialakulásához azonban már nem csak az égés feltételei szükségesek, hiszen ebben az esetben a tűzháromszög is megváltozik. Már nem általánosan vett éghető anyagról, hanem fafajról beszélünk, emellett megjelenik az időjárás és a domborzat is a tűzháromszögben. A tűz kiterjedése ebben az esetben térben és időben is nő. A tűzháromszög vizsgálat harmadik lépcsője az, amikor már biomasszáról, éghajlatról és gyulladási körülményekről beszélünk, ami viszont már egy tűzrezsimit jelent. Ennek kiterjedése a legnagyobb térben és időben. Ezeket a megállapításokat tanulmányozva hoztam létre, nemzetközi mintára a 2. ábrát, amelyen a tűzháromszögeket ábrázolom a tér és idő függvényében.



2. ábra: Tűzháromszögek ábrázolása a tér és idő függvényében. Készítette szerző [54] alapján.

Annak ellenére, hogy bizonyos körülmények között szinte valamennyi anyag éghető [57], a hétköznapi értelemben vett éghető anyagokat is megkülönböztethetjük a hővel szembeni viselkedésük alapján, úgy, mint hőálló valamint nem hőálló anyagok. A hőállóak közé azok sorolhatók, amelyek kémiai összetétele nem változik meg hő hatására. Ide sorolható többek között a szén és a foszfor. A nem hőálló anyagok hő hatására megváltoztatják kémiai összetételüket. Ilyen például a fa és a papír. Az anyagok kémiai összetétele viszont hatással van az anyag égésére és gyulladására is. Mára már meghatározták, hogy azok az anyagok, amelyek nagyobb mennyiségben tartalmaznak oxigént, szenet vagy hidrogént, könnyebben gyulladnak meg, mint más anyagok [58].

Egy erdőtűz során a fa szolgáltatja az éghető anyagot ezért, bemutatom a fa égésének fokozatait, a 3. ábra segítségével. Az égési folyamat első lépése, hogy a fában kiszárad a visszamaradt nedvesség. Ehhez nagyjából 100 °C -os hőmérsékletre van szükség, ami után bekövetkezik a fa bomlása.



3. ábra: A fa égésének 5 lépése. Készítette: a szerző

260 °C -tól a fatűzben pirolízis során hőtöbblet keletkezik, egy exoterm reakció alatt. Ebben az esetben a gyorsan bomló fa közelében oxigénhiány van, ezért a keletkező fagázok sokszor az anyagtól távolabb lobbannak lángra, egy olyan helyen, ahol már elegendő a levegő oxigéntartalma a keveredéshez. Nagyjából 1000 °C lánghőmérséklet szükséges ahhoz, hogy a fagáz reakcióképes összetevői (szénre és hidrogén) tökéletesen felbomoljanak és oxidálódjanak, ezután a faszén elég. Hő hatására a fa szénhidrogén-vegyületeinek hidrogén tartalmú összetevői lehasadnak és gáz formájában elégnak. A gyorsan távozó fagáz miatt nem jut megfelelő mennyiségű oxigén a fadarab felületére. Ennek következtében az anyag faszénné alakul át. A gázok eltávózása után a faszén megközelítőleg 500-800 °C –os hőmérsékleten elizzik [59].

Az erdőtűzek látványa során természetesen nem ez jut az ember eszébe, de a témával foglalkozóknak meg kell érteni az égés elméleti hátterét is, hiszen az égés valamelyik feltételének megszüntetése alapozza meg a tűzoltást. Ennek megfelelően az oltás történhet oxigén elvonás, éghető anyag elvonás, illetve hőmérséklet-csökkentéssel is. Egy erdőtűz során a fa jelenti az éghető anyagot, amit alapvetően vízzel oltunk el, azonban egy nagy kiterjedésű tűz esetén a tűzterjedés megakadályozása érdekében vegetációtisztítást is végezhetünk. Amíg az első esetben a víz hőelvonó képessége, addig a második esetben az éghető anyag eltávolítása eredményezi a sikeres tűzoltást. A tűzoltás során a szükséges erőket, eszközöket, oltóanyagokat tervszerűen kell alkalmazni. A tűz terjedését meg kell akadályozni, az égést meg kell szüntetni, az égés feltételeit ki kell zárni [3].

A sikeres tűzoltáshoz leggyakrabban alkalmazott oltóanyag a víz, ezért értekezésemet a víz fizikai tulajdonságainak bemutatásával folytatom, amit a fajhő, a párolgáshő és a

gőz fajhőjének a meghatározásával kezdek. A fajhő megmutatja azt, hogy 1 kg anyag 1 °C- kal történő hevítéséhez mekkora energia szükséges, azaz mennyivel nő az anyag belső energiája. Másik megközelítésben pedig megmutatja, hogy 1 kg anyag 1 °C- kal történő hűtéséhez mennyi energiát von el az égéstérből. Tűzoltás során ez utóbbi az irányadó. Ha megvizsgáljuk az egyes anyagok fajhőjét, akkor azt tapasztalhatjuk, hogy a fémek fajhője kicsi, az egyéb szilárd anyagok fajhője közepes, a folyadékok fajhője pedig meglehetősen nagy. Az anyagok fajhője minden hőmérsékleten más, igaz az éghajlatváltozással kapcsolatos kutatások kimutatták, hogy a Föld átlaghőmérséklete a XX. században 14°C volt. Ez az éghajlatváltozás miatt megközelítőleg 0,9 °C-kal emelkedett [60], ezért ma a 15 °C-os átlaghőmérséklet egy kitüntetett érték, ezért a kutatásom során elfogadottnak tekintem. Vizsgálataim során, ezért a különböző anyagok tulajdonságait minden esetben 15 °C-os hőmérsékleten vizsgálom. A víz fajhője $4,18 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}$ ami azt jelenti, hogy felmelegítéséhez a legtöbb anyaghoz viszonyítva sok energiára van szükség. További irányadó adat még a víz párolgáshője $c = 2260 \frac{Kj}{kg}$ és a vízgőz fajhője $c = 2,008 \frac{Kj}{kg^{\circ}C}$ is⁷.

A fajhő a különböző anyagok energiátároló képességét mutatja meg, logikus tehát, hogy minél nagyobb egy anyag fajhője, annál több energia kell a felmelegítéséhez és ennek megfelelően több energiát is képes felvenni a környezetből melegítés során.

A tűzoltáskor nem csak az oltóanyag fajtája, hanem annak fizikai tulajdonsága is fontos. A vízzel történő tűzoltás fizikai vonatkozásában a következő számítást végzem:

Azt már meghatároztam, hogy az anyagok tulajdonságait a Földön 15 °C – on mérjük, ezért a vizsgálat során egy 15 °C-os vizet használok. Elemezni kívánom azt, hogy mennyi energia szükséges ahhoz, hogy a víz a tűzoltás során vízgőzzé (jelen esetben füstté⁸) alakuljon.

Első lépésben a 15 °C víz 100 °C-os vízzé változik a tűzoltáskor, amely során hőt von el az égéstérből. Ahhoz, hogy ez bekövetkezzen 85 °C-os hőmérséklet-emelkedésre van szükség, ami összesen 355,30 kJ/kg energiát igényel.

$$85^{\circ}C \times 4,18 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} = 355,30 \frac{kJ}{kg}$$

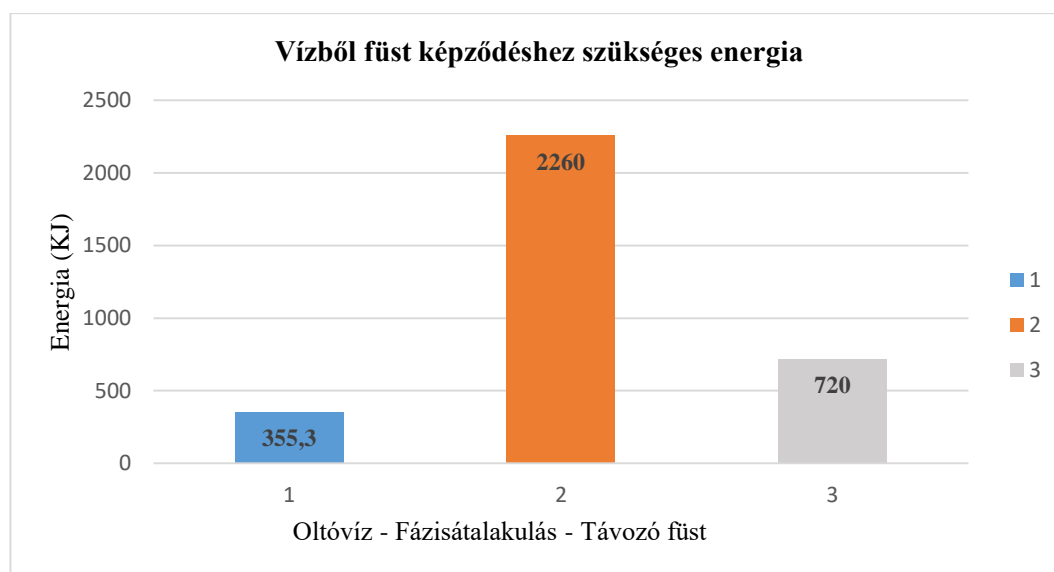
⁷ Négyjegyű függvénytáblázatok adatai alapján

⁸ A füst olyan diszperz rendszer, ahol gáznemű anyagban szilárd anyagrészek találhatók többé-kevésbé egyenletes eloszlásban [61].

Második lépésként az anyag fázisátalakuláson megy keresztül, amely során a 100 °C-os vízből 100 °C-os gőz lesz. Itt az anyag hőmérséklete nem változik, azonban a halmazállapotváltozáshoz is szükség van energiára, ami jelen esetben 2 260 kJ/kg.

Harmadik lépésként vizsgálom azt, hogy mennyi energia kell az égéstérből távozó füst hőmérsékletének eléréséhez. Szakértői konzultációk alapján⁹ a koronatűzből távozó füst hőmérséklete megközelítőleg 360 °C. Ebből könnyen kiszámítható a szükséges energia, ami

$$360^{\circ}\text{C} \times 2,00 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} = 720 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$



4. ábra: Vízből a füstképződéshez szükséges energia. Készítette a szerző.

Az 4. ábra megmutatja, hogy az oltás során mennyi energia szükséges a fizikai folyamat három lépése során. Látható, hogy a legnagyobb energia a fázisátalakuláshoz kell, hiszen ez teszi ki az összes energia több mint 2/3-át. Ezzel szemben viszont az oltóanyagként használt víz viszonylag kevés energiával éri el a 100 °C-ot. A vízgőz, ami erdőtűz esetén füst távozását jelenti a folyamat legelején nagyjából 360 °C-os hőmérsékletet jelent. Ez azonban az égéstérből való távozás után hamar hűlésnek indul és a légkörben való kicsapódáskor felhőszerűnek láthatjuk.

⁹ A konzultáció jegyzőkönyve a szerző magánarchívumában található



5. ábra: A tűzoltáshoz szükséges energia. Készítette a szerző.

A vizsgálatom során megállapítottam, hogy az oltás folyamatához összesen 3 335 kJ/kg energia szükséges. Ennek az energia mennyiségnek a megoszlása a folyamat három fázisában az 5. ábrán feltüntetett arányban valósul meg.

I.2. Az erdőtüzek fogalmi lehatárolása

A tűzoltás tehát egy fizikai elven működő tevékenység, amely nyílt és zárt térben egyaránt megvalósulhat. A magyar nyelv gazdagsága lehetőséget ad külön az erdő- és külön a vegetációtűz fogalom meghatározásra. Ennek közös gyűjtőfogalma nálunk nem alakult ki úgy, ahogyan az megtalálható az angol (wildfire), illetve a német (Waldbrand) nyelvben, ezért értekezésemben az egyszerűség kedvéért az erdőtűz fogalmat használom, ami alatt a hazai erdő- és vegetációtüzeket egyaránt értem.

Az erdőtüzek kialakulását, a tűz terjedését, valamint a leégett területek nagyságát számos tényező befolyásolja. Ezek a tényezők három nagy csoportba sorolhatók, úgy, mint *abiotikus*, *biotikus* és *gazdálkodási* tényezők [62].

I.2.1. Abiotikus tényezők

Az erdőtüzek abiotikus tényezőinek vizsgálatát a fogalom tisztázásával kezdem. Az abiotikus tényezők olyan biológiai értelemben vett környezet élettelen fizikai és kémiai elemek, amelyek szükségesek a mindennapi élethez. Az abiotikus tényezők a biotikus tényezőkkel együtt alkotják a természetes környezetet.

Az **abiotikus tényezők** közé tartozik az emberi közreműködés. Hazai statisztikák elemzése alapján [10] megállapítottam, hogy az emberi közreműködés eredményeként keletkező tüzesetek aránya 90% felett van, azonban nemzetközi szinten ez területenként változhat [63]. Ennek következtében felmerülhet akár az a kérdés, hogy az erdőtüzek valójában természeti vagy civilizációs katasztrófák.

Az emberi közreműködésen túl a tüzek természetes úton való keletkezését is érdemes vizsgálni. Ezt elsősorban az adott területre jellemző **éghajlati viszonyok** befolyásolják, amelyek közül a villámlásnak van a legnagyobb szerepe. Nemzetközi vizsgálatok arra a következtetésre jutottak, hogy a tüzek természetes módon történő keletkezése területtől függően átlagosan csupán 2% vagy még kevesebb, azonban területtől függően ez jelentősen magasabb is lehet [64]. A villámcsapás okozta tűzkeletkezés elsősorban a Mediterrán- régió országaiban gyakori, ahol nyáron az úgynevezett száraz viharok¹⁰ adják az erdőtüzek keletkezésének egy részét [65]. Vannak azonban olyan országok is, ahol nagy kiterjedésű lakatlan erdőterületek találhatóak. Itt az emberi jelenlét teljes hiánya miatt a tűz általában természetes úton keletkezik. Ide sorolható Norvégia, Kanada és Oroszország egyes területei, ahol a villámlás okozta tűzkeletkezési ok a 70%-ot is meghaladhatja [66]. Az adott területre jellemző éghajlati viszonyokon túl időjárási elemek is befolyásolják a tüzek keletkezését. Ezeket az elemeket egymástól következetesen el kell különíteni, hiszen amíg az éghajlat a közép és hosszútávú kockázatokat, addig az időjárási elemek egy konkrét erdőtűz terjedését befolyásolják. Ilyen elem például a csapadék, a levegő relatív páratartalma és a légmozgás.

A lehulló **csapadék** következtében megnő a biomassza nedvességtartalma, ami gátolja a tűz keletkezését. A kevés csapadék ezzel szemben rossz vízháztartású talajt eredményez. A kialakuló tüzek a földig ágas törzsszerkezet, a lankás terep és a felszíni nagy mennyiségű biomassza miatt nagy lángmagasságot eredményeznek. Ez

¹⁰ A száraz vihar egy olyan elektromos jelenség, amikor a magas hőmérséklet miatt a vihart egyáltalán nem vagy csak nagyon kis mennyiségű csapadék kíséri, ezért nincs, ami a villámcsapásból keletkező szikrát eloltaná.

megnöveli a koronátüzek kialakulásának kockázatát [10]. A lehullott csapadék mennyisége is jelentős hatással van a talajszint nedvességtartalmára. A kisebb, rövidebb esőzések során, amikor csupán néhány milliméter eső hullik, a biomassza alatti talajszint száraz marad. Szakértői konzultációk alapján¹¹ megállapítom, hogy kifejlett erdő esetén nagyjából 5 mm csapadék szükséges ahhoz, hogy a biomassza levelei között az eső elérje és eláztassa a talajszintet. Ez az 5 mm csapadékmennyiség akár ökölszabálynak¹² is tekinthető.

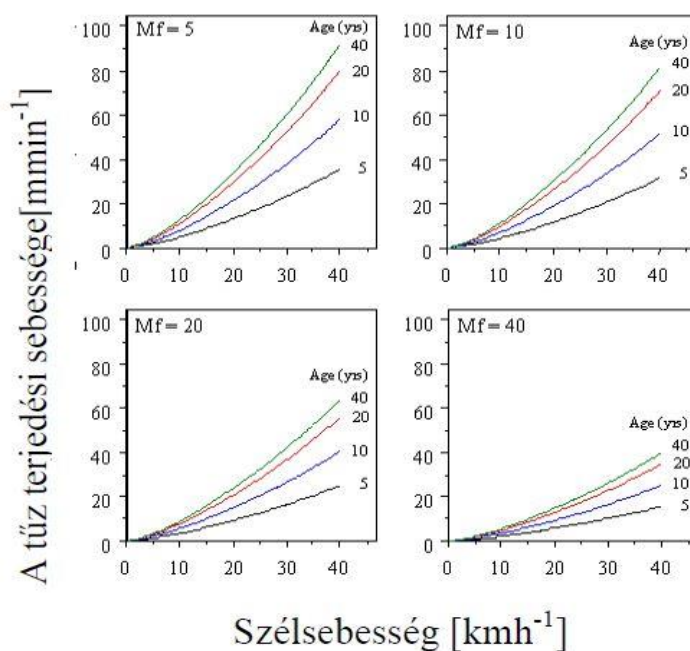
A folyamatos átlaghőmérséklet növekedés egyik következménye, az alacsonyabb **relatív páratartalom**. Ez kisebb biomassza-nedvességtartalmat is jelent, elsősorban az avar - és tűlevélrétegen, valamint az elszáradt vegetáción. Ennek következtében megnő a keletkező tüzek terjedési sebességének és intenzitásának a kockázata.

Utóbbi, elsősorban a tűzterjedésre van jelentős befolyással, ahogyan a késő esti, éjszakai, és a kora reggeli párákicsapódások is, amelyek nagymértékben csökkentik a tűz terjedési sebességét [10].

A **légmozgás** az erdőtüzoltás során kedvezőtlen időjárási körülménynek minősül. A szél következtében nagy terjedési sebességű intenzív tűz alakul ki, ami megnehezíti a hatékony tüzoltást. A szél közvetett módon is hatással van a tűz kialakulására és terjedésére. Tartósan széles területeken a biomassza könnyebben kiszárad, ezért az esetlegesen kialakuló tűz terjedési paraméterei magasabbak [67]. Erdőtüzek során szél hatására röptüzek keletkezhetnek, amelyek a tűz frontvonalától távolabb egy újabb tűzfészket hoznak létre. Ez megváltoztatja az addigi tüzoltási taktikát, hiszen ebben az esetben a tűz támadása és védelme együttesen kerül alkalmazásra. A fent említett három éghajlati elem tüzre gyakorolt hatásának összefüggését mutatja be a 6. ábra.

¹¹ A konzultáció során készített jegyzőkönyv a szerző magánarchívumában található.

¹² Gyakorlatban könnyen alkalmazható durva becslési módszer. Az angol rule of thumb és a német Faustregel szavak magyar megfelelője. Akkor alkalmazzák, ha egy mérés során sok paraméter, de kevés erőforrás áll rendelkezésre, ezért egy a valóshoz közelítő irányadó értéket ad.



6. ábra: A tűz terjedési sebessége és a levegő relatív páratartalma közötti összefüggés. Forrás: [67]

Ha alacsony a relatív páratartalom (Mf) akkor minden esetben nő a tűz terjedési sebessége a faállomány életkorától függően. A csapadék a biomassa, illetve a talajrétegen található elhalt vegetáció nedvességtartalmára van hatással, mivel az égés egyik alapvető feltételét megszünteti. A szélnek elsősorban a csapadék elpárologtatásában, a felszín szárításában és a növényzet kiszáradásában van jelentős szerepe. A szél emellett meghatározza a tűz terjedési irányát és sebességét is. Az éghajlati elemek tehát jelentős szerepet játszanak az erdőtüzek során. Ennek okán hozták létre nemzetközi szinten az ún. tűz - időjárási indexeket (Fire Weather Index, Waldbrandgefahrindex). Ezek az éghajlati elemekből számított jelzőszámok indexként határozzák meg az egyes területek tűzveszélyét [68]. Az index nemzetközi szinten hatékonyan működik, ezért már Magyarországon is megkezdődött a módszer kutatása [7].

Az erdőtüzek terjedése jelentős mértékben függ a **domborzati** viszonyoktól is. Ennek egyik oka, hogy a domborzat felső részéről a csapadék lefolyik az alsó részek irányába, így az ott megtalálható gyúlékony biomassa és talajréteg nedvességtartalma potenciálisan mindig magasabb. A domborzat alsó része szélvédettebb is, valamint a napsugárzás hatása sem érvényesül olyan hatékonyan, mint a dombtetőn, ezért a csapadék gyors felszáradására sincsen lehetőség. A déli lejtők vízháztartási viszonyai kedvezőtlenek, ezért a domborzatnak ezen a részén a biomassa nedvességtartalma alacsonyabb, ez pedig kedvező feltételt biztosít a tűz kialakulásának és terjedésének.

Egy másik jelentős tényező az, hogy a tűz a domborzaton hol keletkezik. A lejtő alján keletkezett tüzek fejlődése gyorsabb, mint a lejtő tetején. Ennek oka, hogy a lángok elhajlanak, ugyanúgy, ahogyan a sík területen a szél hatására is. Így, a tűz frontja előtt található biomassza irányában nő a konvekció és a radiáció előszárító hatása. Ezzel ellentétben a lejtő tetején keletkezett tüzek lefelé csak lassan haladnak, és a láng-elhajlás miatt a gerincen is lassabban csapnak át [69].

I.2.2. Biotikus tényezők

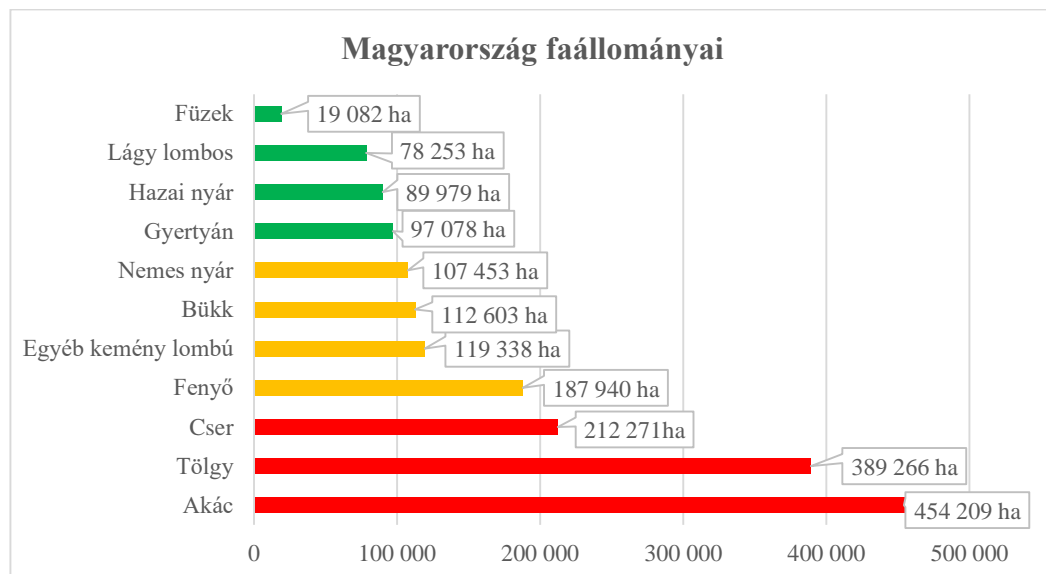
Az előző alfejezethez hasonlóan, a biotikus tényezők vizsgálatát is a fogalom tisztázásával kezdem. A biotikus tényezők a biológiai értelemben vett élő környezetet jelentik. Ide sorolható például az, adott **fafaj** és az, hogy ez milyen módon határozza meg egy erdőtűz kiterjedését, illetve annak terjedési paramétereit. Az egyik ilyen tényező a fafajban található gyanta és egyéb éghető alkotórészek mennyisége, mivel ezek kedvező feltételeket biztosítanak mind a meggyulladásához, mind a tűzterjedéshez. Erre a legjobb példát hazánk feketefenyő állománya szolgáltatja, amely sokkal tűzveszélyesebb, mint a lombos faállományaink [70].

Az adott fafaj **életkora** szintén jelentős tényező, mivel a fiatal erdőtelepítések a rajtuk maradó leszáradt levelek miatt sokkal veszélyeztetettebbek. A felszíni tűz az ágakon maradó száraz levelekre a kis távolság miatt sokkal könnyebben átterjed. A tűz hatása a még lágyszárú fáknál súlyosabb károkat képes okozni, mint egy korosabb erdőben [71]. Ennek oka, hogy a puha kéregben lévő nedvesség a hő hatására gőzzé válik, a térfogati tágulás miatt pedig a kambium réteg¹³ roncsolódik, a tápanyagszállító részek tönkremennek, így a fa elpusztul. Tűzkeletkezés tekintetében meghatározó tényező még a talajszinten lévő holt biomassza az ún. duff¹⁴ réteg minősége és mennyisége. Ez a réteg ugyanis meghatározza az adott terület felszíni tűzterjedését. A réteg a hóolvadás után már néhány óra napsütés következtében kiszárad, ez pedig megnöveli a kora tavaszi tüzek kialakulásának kockázatát. Mivel a fafajok alapvetően meghatározzák egy terület tűzveszélyességét, ezért vizsgálok Magyarországi erdőállományait, valamint az egyes fafajok összetételét és nagyságát (ha). Ezt egy saját készítésű ábra segítségével mutatom be (7. ábra), ahol piros színnel jelöltem a 200 e

¹³ A fatest vastagsági gyarapodását biztosító osztódó szövet. Amennyiben tűz esetén sérülés éri a kiválasztás és víz és tápanyag szállítási funkció is megsérülnek vagy akár meg is szűnhetnek.

¹⁴ Talajban megtalálható gyökerek és a részben humifikálódott szerves anyagok. Ez hatással van a tüzek kialakulására és időnként a tűz terjedési sebességére is.

ha-t meghaladó, sárgával a 100 e ha-t meghaladó, zölddel pedig a 100 ha-t el nem érő fafajokat.



7. ábra: Magyarország faállományai (ha). Készítette: szerző. Forrás: [72]

A 7. ábra alapján megállapítom, hogy Magyarországon az erdőterületek legnagyobb részét az akácok teszik ki. Emellett nagy kiterjedésű tölgy és cser állományokkal is rendelkezünk. A tűzveszély szempontjából figyelemre méltó a fenyővel borított területek nagysága is. Elegyetlen összefüggő fenyőállomány található Bács-Kiskun megyében Kecskemét és Kiskunhalas között, illetve Csongrád - Csanád megye délnyugati részén. Emellett kisebb nem összefüggő fenyves területek vannak a Pilis-hegységben, a Bakonyban, a Keszthelyi-hegységben, az Őrségben, a Somogyi homokvidéken és Hajdú-Bihar megyében Debrecentől keletre. Az ábrán feltüntetett faállományok erdőterületeket képezve összesen 1 867 478 ha-nyi területet borítanak be, ami országos szinten 21%-os erdősültséget jelent [72].

I.2.3. Gazdálkodási viszonyok

Az erdők tűz általi pusztulása jelentős tényező, a keletkezett kár nagyságát jelentősen befolyásolja az adott területre jellemző gazdálkodási viszony is. Ott, ahol a gyomnövényzet már elszaporodott, megnő az éghető anyag mennyisége. Ennek következtében a tűzterjedés lehetősége megnő a talajszintről a korona szintre. Emellett az erdők tarvágása utáni terület elgazosodása is fokozottabb tűzveszélyt jelent, a fiatalosok teljes záródásáig [73].

Az erőgazdálkodók a tüzet területkezelési célokra is használják, mint művelési módszer. Korábban ez Európában is bevált technika volt a Mediterrán-régió országitól kezdve Németországon át egészen Skandináviáig. A fejlődő országokban elsősorban a trópusonon még ma is komoly jelentőséggel bír a földváltó gazdálkodás¹⁵. Ebben az esetben a földművelés megkezdése előtt az elsődleges vagy másodlagos erdőtársulás biomasszáját kupacok formájában vagy a területen szétterítve elégetik. A 80-as években a földváltó gazdálkodás miatt a trópusi területeken több mint 41 millió ha nagyságú erdőterület égett le [74].

A földváltó gazdálkodás tehát jelentős mértékben növeli az erdőtüzek kockázatát. A földműveléssel érintett területek nagyszámú növekedése által a közeli erdőállományokban megváltoznak a mikroklimatikus viszonyok. Ennek eredményeként pl. az esőerdőkben olyan vegetáció is kialakulhat, amely a megszokotthoz képest hamarabb kiszárad. A nem művelt mezőgazdasági területeken a szukcesszió¹⁶ a gyepek és cserjék kialakulásával kezdődik, ami szintén elősegíti a felszíni tüzek kialakulását [10].

I.3. Az erdőtüzek statisztikája globális, európai és hazai szinten

Az erdőtűz kutatásom része, hogy a nemzetközi és a hazai erdőtűz statisztikai adatok elemzése alapján következtetéseket vonjak le. Ennek érdekében elemzem az erdőtüzekre vonatkozó statisztikai adatokat, amelynek keretén belül áttekintem a globális, az európai és a hazai trendeket. A statisztikai adatok segítségével meghatározom Magyarország erdőtűz kockázatát, amelyet összevetek más európai országokéval. Bemutatom a világnak azon területeit, ahol lehetséges az erdőtüzek kialakulása. Ezután részletesen elemzem statisztikai adatok segítségével az európai országok erdőtűz kockázatát. Végül megvizsgálom a magyarországi tüzek kialakulásának időbeli és térbeli tényezőit.

¹⁵ Olyan földművelési rendszer ahol a rövid művelési időszakot egy hosszabb ugaroltatási időszak követ.

¹⁶ Olyan folyamat, amelynek során a növénytársulások fokozatosan egy irányba fejlődnek.

I.3.1. Tűzstatisztikák globális vizsgálata

Nemzetközi szinten nagyon nehéz megbecsülni az erdőtüzek pontos számát. Ennek egyik oka az, hogy míg a fejlettebb országokban az adatgyűjtés részletes és pontos, addig máshol ez meglehetősen hiányos. Emellett vannak olyan természeti és társadalmi folyamatok is, amelyek hatással vannak az erdőtüzek számára. Egyik ilyen folyamat a népességgyarapodás. Az ember nagyobb életteret hozott létre magának, ez pedig számos helyen csak a vegetációpusztítás útján érhető el [75]. Ennek következtében nagyobb mezőgazdasági területre is szükség van, ez szintén hozzájárul a természetes biomassa pusztításához. Ezek a társadalmi folyamatok arra engednek következtetni, hogy globális szinten folyamatosan csökken a gyúlékony biomassa területe, ez pedig az erdőtüzek számának csökkenését jelenti [76]. Másrészt viszont, a globális éghajlatváltozás miatt folyamatos átlaghőmérséklet növekedés, valamint a szélsőséges időjárási viszonyok időbeli folyamatának és térbeli kiterjedésüknek a növekedése figyelhető meg [77] [78]. Az eddig hűvösebb és csapadékosabb helyeken a melegebb és szárazabb időjárás miatt megnő az erdőtüzek kialakulásának a kockázata [79]. Ezeken a területeken ez által nő a tüzesetek száma. A lakott területek növekedése és az éghajlatváltozás hatása tehát jelentős befolyással van az erdőtüzek számára. Összességében megállapítom, hogy az erdőtüzek száma globális szinten a korábbi évekhez képest nem változik jelentősen, viszont azokon a területeken, ahol ez korábban nem okozott kihívást, most aktuális probléma. Ide tartoznak többek között Európa egyes területei is.

Bár az erdőtüzek pontos számát globális szinten nehezen tudjuk megbecsülni, azt azonban meghatározhatjuk, hogy a világnak melyek azok a területei, ahol nagy az erdőtüzek kialakulásának kockázata. Ide soroljuk azokat a területeket, ahol már egy-egy szikra is erdőtűzzé fejlődhet. A Földön kialakult tüzeket ún. tűzrezsimekbe¹⁷ sorolhatjuk a vegetációk típusa, a tűz gyakorisága és annak hatása alapján [10]. Ennek része a vegetáció típusa, a tűz frekvenciája és a tűzszezon.

A Föld nagy tűzrejsimjeinek a következőkben szereplő leírása a nemzetközi szakirodalomban általánosan elfogadott, és a Max Planck Institut Feuerökologie munkacsoportja¹⁸ által is alkalmazott osztályozást követi [80].

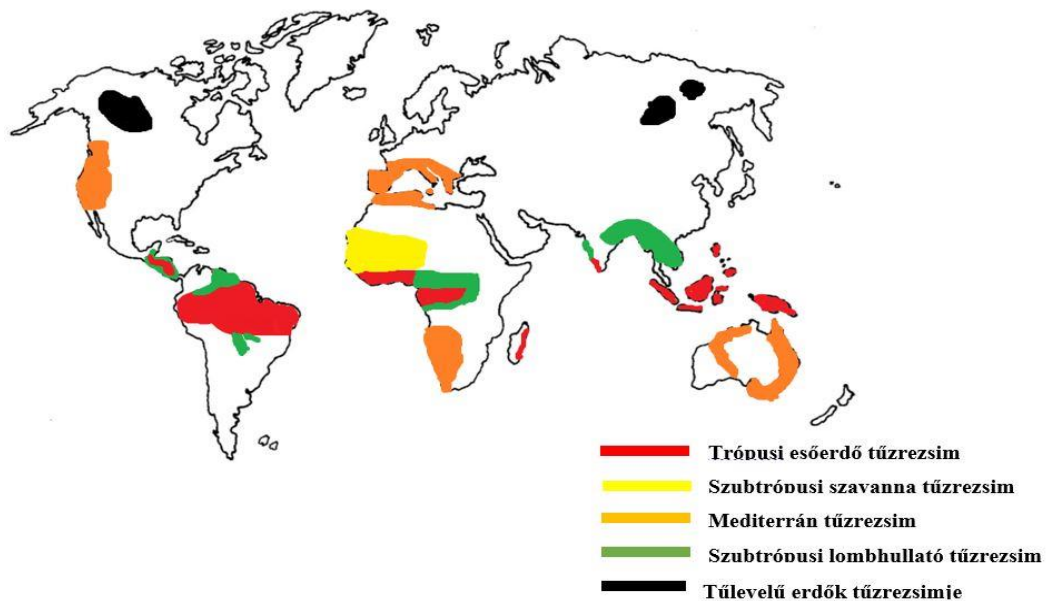
¹⁷ A Földön található kontrollált és kontrollálatlan erdőtüzek ún. tűzrezsimekbe sorolhatók a vegetációk típusa, a tűz gyakorisága és hatásai szerint.

¹⁸ A munkacsoport az erdőtüzekkel kapcsolatos kutatási és oktatási tevékenységet végez a Freiburgi Egyetem Erdészeti karán.

- A legnagyobb tűzrezsímet a trópusi és szubtrópusi szavannák adják. Itt a szavanna gyeptetősége egy összefüggő biomassza réteget képez, amely a száraz évszakokban gyorsan kiszárad. A szavannán keletkezett tüzek kialakulásának elsődleges oka emberi tényezőkre vezethető vissza, azok közül is elsősorban a vadgazdálkodásra és az állattartásra. Ilyen gyúlékony terület található pl. a *nyugat-afrikai nedves szavannákon és Dél-Amerika egyes területein (Bolívia, Brazília)* [80].
- Jelentősen tűzveszélyes terület az örökzöld trópusi esőerdő is. Ez elsősorban Közép-Afrika és Brazília egyes területeit jelenti. Itt is a tűz kialakulásának elsődleges oka az emberi közreműködés. Jellemzően az erdőtársulások egy részét egyszerűen kivágják és felégetik annak érdekében, hogy növeljék a mezőgazdasági területeket. Sok esetben ezek a tüzek elszabadulnak és kontrollálhatatlanná válnak, ezzel óriási területeket leégetve (pl. amazónai erdőtüz 2019). További probléma még, hogy a trópusi országok nagy része nincsen felkészülve sem szervezeti sem pedig technikai szinten az ilyen tüzek megfékezésére [81] [10].
- A tűzrezsímeknek közé tartoznak a trópusi és szubtrópusi lombhullató erdőtársulások is. Ezek a *térítők mentén* helyezkednek el és tulajdonképpen a trópusi erdőből a fás szavannába való átmeneti vegetációt jelentik. A lombhullató társulások a száraz évszak közeledtével lehullajtják lombjukat, amely a talajszinten gyúlékony biomassza réteget képez. Ezek napsütés hatására hamar kiszáradnak és lángra kapnak.
- A mediterrán klímaterületen úgy, mint a *Földközi tenger partvidékén, Észak Amerika nyugati partján (Kalifornia), Dél-Afrika nyugati partjainál és Ausztráliában* nagyszámú erdőtüzek keletkeznek. Ezt a tűzrezsímet Mediterrán tűzterületnek nevezik. Itt a tüzek száma éves szinten óriási, azonban a leégett területek nagysága jelentősen kisebb, mint a trópusokon. Ezek a területek sűrűn lakottak, ezért a keletkező kár nagysága rendszerint jelentős, emellett a tűz veszélyeztetheti az emberi életet és az anyagi javakat is. A tüzek keletkezése itt is elsősorban az emberi közreműködésre vezethető vissza.

- Végül említést érdemelnek a boreális tűlevelű erdők tűzrezsimjei is. Ilyen terület található Oroszországban, Alaszkában és Kanadában. A tüzek oka ezekben a régiókban nagyrészt természeti eredetű, elsősorban villámcsapás, azonban emellett az emberi közreműködés kockázata is jelentős [82].

A bemutatott tűzrezsimeket az 8. ábrán szemléltetem, amelyen a különböző területekhez rendelt tűzrezsimeket különböző színekkel jelöltem. Az ábrán látszik, hogy Magyarország az Európa déli részét lefedő mediterrán tűzrezsimhez van a legközelebb.



8. ábra: A világ nagy tűzrezsimjei és az erdőtüzek kockázata. Készítette: szerző

A világ tűzrezsimjei nagy tűzkockázatot jelentenek, ezért az erdőtüzek kezelésére nemzetközi programokat hoztak létre. Egyik ilyen program a Working on Fire (továbbiakban WOF), amely egy integrált nemzetközi programot irányít. Ez magában foglalja a tűz kezelési terveket (pl. ellenőrzött égetés), a tűz észlelését, oltását, megelőzését, valamint a tűzzel kapcsolatos elméleti ismeretek átadását is. A WOF több mint 5 000 speciálisan erdőtűzoltásra kiképzett fiatal férfit és nőt foglalkoztat [83]. Egy másik – hasonló tevékenységi körben működő – szervezet a Kongói Medencei Erdészeti Társulata (Congo Basin Forest Partnership, továbbiakban: CBFN), amelynek célja világszerte az erdőművelés átalakítása és a természeti kincsek védelme. A szervezet számos programmal rendelkezik, közülük a legjelentősebbek a Borneo Szív Kezdeményezés, amely a Borneo szigetén található hegyvidéki erdők

védelmére törekszik. Az Amazon Kezdeményezés pedig magában foglalja az Amazonas Régió Védett Területei Programjának (ARPA) és az Amazon Headwaters Programnak a megvalósítását [84].

A globális tűzveszély áttekintése után részletesebben is megvizsgálom az Európai erdőtüzek számát, valamint bemutatom a legnagyobb tűzkockázattal rendelkező területeket.

I.3.2. Az erdőtüzek száma Európában

Az európai erdőtűz statisztikai adatokkal több szervezet foglalkozik, azonban ezek közül is kiemelkedik a Comité Technique International de Prévention et d'Extinction de Feu¹⁹ (továbbiakban CTIF) Erdőtűzvédelmi Bizottság és az Európai Erdőtűz Információs rendszer (továbbiakban EFFIS)²⁰. A CTIF általános célja, hogy a különböző országok tűzvédelmi tapasztalatainak és eredményeinek megosztásához szakmai fórumot biztosítson. Fontosabb céljai a nemzetközi együttműködések támogatása, a megelőzés és a tűzoltás fejlesztése, az emberi élet védelme, az állatmentés, valamint a technikai segítségnyújtás tapasztalatainak a megosztása. A CTIF ezen kívül hozzájárul a tűzoltóságok és a mentőszolgálatok közötti kapcsolatépítéséhez, valamint nemzetközi adatokat és jelentéseket tesz közzé 80 különböző ország tűzvédelmi statisztikáiról. A szervezet aktív tagjainak száma több millió, ők a világ 39 országában többek között Európában, Ázsiában és Észak-Amerikában végzik tevékenységüket. Ennek köszönhetően a CTIF jelenleg a világ legnagyobb tűzoltó szervezete. A CTIF további célja, hogy a szervezet tagjai megismerjék más országok ismereteit és tapasztalatait, valamint szolgálják szakmai fejlődésüket. A szervezet számos bizottsággal rendelkezik, amelyek közül az egyik a CTIF Erdőtüzek Bizottsága [85].

Az EFFIS támogatja az erdőtűzvédelemmel foglalkozó szervezeteket, emellett adatokat szolgáltat az Európai Bizottságnak az európai erdőtüzekről. Kutatásom ezen szakaszában a szervezet legfrissebb kiadványa a 2018. évi erdőtüzeket vizsgálja, Európában, a Közel-Keleten és Észak-Afrikában. Az EFFIS adatai alapján Közép- és Észak-Európában 1 leégett erdőterület nagysága közel 60-szor nagyobb, mint az elmúlt évtized átlagos leégett területei. A tüzesetek emellett rendszeresen halálos

¹⁹ A szervezet 2005-ig viselte ezt a nevet, innen ered a CTIF rövidítés. 2005 óta a szervezet neve: International Association of Fire and Rescue Services.

²⁰ EFFIS: European Forest Fire Information System. Az Európai Bizottság alatt működő Európai Erdőtűz Információs rendszer.

áldozatokat is követelnek. 2018-ban Görögországban egy tűzvész során több mint 100 halálos áldozattal számoltak az elemzők [86]. Az egyes európai országok erdőtűz statisztikai adatait mutatja be az 1. táblázat. A táblázatban azok az Európán kívüli országok statisztikai adatai is megtalálhatók, amelyek a Mediterrán tűzrezsimhez tartoznak és adatszolgáltatást végznek az EFFIS felé. Az egyes országok tekintetében az EFFIS kizárólag a statisztikai adatok elemzésével foglalkozik, a tüzesetszámokat nem súlyozza az adott ország területével. Ennek az az oka, hogy az erdő fogalma minden országban eltérő, így egy súlyozott elemzés megtévesztő eredményhez vezethet.

1. táblázat: Európa és a mediterrán térségben keletkezett tüzek száma. Készítette a szerző [86] alapján.

Ország	Erdőtűzek száma		Ország	Erdőtűzek száma	
	2018	2008-2017		2018	2008-2017
Ausztria	159	207	Lettország	972	525
Bulgária	222	471	Marokkó	343	464
Ciprus	131	100	Hollandia	949	0
Csehország	2033	974	Észak-Macedónia	19	247
Németország	1708	700	Norvégia	887	123
Algéria	797	3313	Lengyelország	8867	7163
Spanyolország	7143	12573	Portugália	12436	18485
Finnország	2427	1141	Románia	158	267
Franciaország	3005	3791	Szlovénia	32	91
Görögország	793	1055	Szlovákia	262	240
Horvátország	54	229	Svédország	8181	4115
Magyarország	530	1068	Svájc	153	92
Olaszország	3220	5853	Törökország	2167	2385
Libanon	41	125	Ukrajna	1297	2186
Litvánia	211	180	Átlag:	2040	2350

Az emberi életéken túl a tűz nem kímélte a természetes élővilágot sem. Ez több mint 50 000 ha-t jelent, ami az összes tüzeset 36%-át adta 2018-ban. A Natura 2000²¹-es területeken is súlyos erdőkárok keletkeztek [86]. A Mediterrán- régió országait minden évben nagyszámú erdőtűz pusztítja. Az elmúlt években azonban olyan országokban is keletkeztek erdőtűzek, ahol erre korábban nem volt példa. Ide sorolhatjuk pl. Svédországot [87], Angliát [88], és Litvániát is [89].

Az 1. táblázat a 2018-as tüzesetszámokat mutatja be az egyes országokban. Emellett a vizsgált évet megelőző 10 év erdőtűz statisztikai átlagai is fel vannak tüntetve. Mivel az utóbbi nagyobb időszakot vizsgál, ezért kutatásom során ezt veszem alapul.

²¹ Natura 2000: Az Európai Unió által létrehozott összefüggő európai ökológiai hálózat, amely a közösségi jelentőségű természetes élőhelytípusok, vadon élő állat- és növényfajok védelmén keresztül biztosítja a biológiai sokféleség megővését és hozzájárul kedvező természetvédelmi helyzetük fenntartásához, illetve helyreállításához. (Forrás: <https://natura.2000.hu/hu/node/245>)

Vizsgálatomban az erdőtüzek statisztikai adatait négy kategóriába soroltam. Ezt azért hoztam létre, mert kutatásom során kategóriákba kívánom sorolni az erdőtüzek kockázatát. Ennek megfelelően 4 kategóriát határoztam meg, mivel ez véleményem szerint lefedi az európai erdőtüzek statisztikai eredményinek egészét. Az általam létrehozott négy kategória az extrém (piros), a nagymértékű (barna), a közepes mértékű (sárga) és az alacsony mértékű (zöld) erdőtüz kockázat.

„Extrém” kategóriába soroltam a dél-nyugat mediterrán régió országait, azaz Spanyolországot és Portugáliát. Ebben a két országban az erdőtüzek száma (több mint 10 000 tüzeset/év) többszöröse más európai országhoz képest, ezért nekik külön kategóriát hoztam létre. Itt az erdőtüzek természetes keletkezése is gyakoribb, amelyhez emberi közreműködés is társul. Ezekben az országokban az erdőtüzek teszik ki a katasztrófavédelmi műveletek legnagyobb részét.

„Nagymértékű” kategóriába azokat az országokat soroltam, ahol a tűzszezonok során szintén nagy kihívást jelentenek az erdőtüzek, bár számuk (több mint 5 000 tüzeset/év) éves szinten még nem extrém mennyiségű (10 000). Ide soroltam például Lengyelországot és Olaszországot.

„Közepes” kategóriába helyeztem azokat az országokat, ahol az erdőtüzek tízéves átlaga meghaladja az 1000 tüzesetet évente. A tüzesetek éves átlaga valamennyivel több, mint 2000 tüzeset/év, ez azonban tartalmazza az extrém kategóriába sorolt országok adatait is. Ez részben torzít az eredményen, ezért az 1000 tüzeset/év átlagot elfogadhatónak és irányadónak tekintem. Ide soroltam többek között Magyarországot is.

Azokat az országokat, ahol a tüzesetek száma nem éri el az 1000 erdőtüz/év értéket az „alacsony” kategóriába tettem.

Ezek a statisztikák csupán az EFFIS rendszerű osztályozás adatai, jelen esetben a vegetációtüzeket nem elemzik. Összességében megállapítom, hogy Európában a gyakoribb és súlyosabb tüzek miatt egyre nagyobb kihívást jelent az erdőtüzek elleni küzdelem, ezért a témakörrel foglalkozni kell.

I.3.3. Hazai erdőtűz statisztika elemzése

A globális, valamint az európai erdőtűzek elemzése után megvizsgáltam a hazai viszonyokat, elsősorban a megelőző tűzvédelem vonatkozásában. Az adatgyűjtés, az erdőtűz statisztika, a fokozottan tűzveszélyes időszakok meghatározása az Erdőtűz Információs Rendszer keretein belül történik [20].

A Magyarországon keletkezett erdőtűzelekről részletes adatbázis áll rendelkezésünkre. Ezek az adatok már több mint 30 éve rendelkezésre állnak a katasztrófavédelem, az erdészeti hatóság és az állami erdőterületeket kezelő erdészeti társaságok és nemzeti parkok nyilvántartásaiban. Ezek összevetése azonban nem lehetséges, hiszen a különböző szervezetek a feladatkörükhöz illeszkedő adattartamot készítettek. Az erdőtűznek minősülő tüzesetek adatai a 4/2008. (VIII. 1.) ÖM rendelet az erdők tűz elleni védelméről (továbbiakban 4/2008 ÖM rendelet) előírásai szerint vezetett Országos Erdőtűz Adattárban kerülnek eltárolásra. A norma szabályozza a tüzek megelőzését, a tűzveszélyes üzemi tevékenységet, a fokozott tűzveszély időszakot, a tűzoltást és az erdőtűzek elleni védelem információs rendszerét. A rendelet alapja az általános tűzvédelmi szabályok, valamint a tűz elleni védelemre vonatkozó rendelkezések ismertetése. Ezen felül megjelenik benne az erdőterületek tűzvédelmi besorolása, a NÉBIH és a BM OKF együttműködése, valamint az erdőtűz megelőzést szolgáló erdővédelmi tervek készítése és a fokozott tűzveszély időszakára vonatkozó szabályok ismertetése [90].

Az erdőtűzek statisztikája azért is érdekes, mert az erdő fogalma mindig változik, azaz, hogy milyen fás területet nevezhetünk már erdőnek. Hazánkban erdőnek minősül a külterületen található, jogszabályban meghatározott erdei fafajokból álló, összefüggő, legalább ötven százaléban lombkoronával borított és 0,5 ha-nál nagyobb minimum 20 m széles kiterjedésű földterület [90]. A jogszabály a múltban többször is változott (1997, 2009, 2017), így az erdőnek tekinthető fás területek aránya is többször módosult. A változások az erdőtörvény hatálya alá tartozó, de nem erdőként nyilvántartott területek mértékét befolyásolták. Ide tartoznak a fásítások, a fás szárú energetikai erdők, a szabad rendelkezésű erdők és a cserjés területek. Ezek a területek az erdőtűz megelőzés szempontjából erdőnek tekinthetők, mert rajtuk éghető biomassza található, még akkor is, ha hivatalosan nem az erdő területfelhasználási kategóriában vannak nyilvántartva. Ez alapján csak azokat a tüzeket nevezhetjük erdőtűznek, amelyek a növényzeten keletkeztek vagy arra áterjedtek. A belterületi

ingatlanokon keletkezett tüzek ugyan szabadterületi tűzként kerülnek bejegyzésre, azonban nem minősülnek erdőtűznek. A tüzek által pusztított kárterületeket három kategóriába sorolhatjuk [91;7-8.], úgy, mint *erdőterület*, *egyéb fás terület*, valamint *nem erdős terület*.

A hazai erdőtüzek statisztikai adatait a 2. táblázat tartalmazza. A statisztikai elemzés során nem csak a kialakult erdőtüzek számát vizsgáltam, hanem meghatároztam a tüzesetek kialakulásának térbeli és időbeli jellemzőit, valamint a tüzek kialakulásának okait is. Ennek köszönhetően meghatároztam a magyarországi tűzveszélyes időszakokat (tűzszezon) és lehatároltam a tűzveszélyes területeket is.

2. táblázat: A hazai erdőtüzek statisztikai adatai 2011-2019 között. Készítette: Debreceni Péter.

Év	Összes vegetációtűz	Erdőt/Fásított területet érintő tüzeset
2011	8 436	2 021
2012	15 794	2 657
2013	4 424	761
2014	5 535	1 042
2015	5 057	1 069
2016	2 531	452
2017	6 782	1 454
2018	2 981	530
2019	7 296	2 088

A 2. táblázat alapján megerősítem, hogy vannak olyan évek, amikor a tüzesetszám rendkívül magas (2012) és vannak olyanok is, amikor meglehetősen alacsony (2016). A statisztikai adatok vonatkozásában fontos, hogy az adott évben kialakult tüzesetek számát nagymértékben befolyásolja a kora tavaszi és a nyári hónapokban hullott csapadék mennyisége. A statisztika alapján megállapítom, hogy Magyarországon kiemelten fontos szerepet kell, hogy kapjon az erdőtüzek oltásának kérdése, hiszen ez adja a tűzoltóság éves vonulási számának felét.

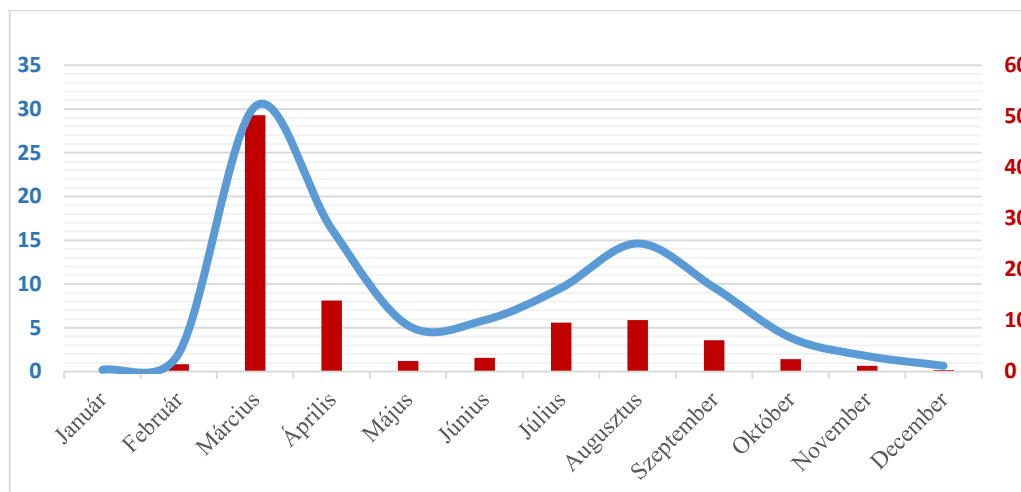
A tüzesetek számát összehasonlítottam a tűzoltóságok vonulási statisztikájával is. Ez alapján megállapítom, hogy a tűzoltóság regisztrált vonulási adatai között 40%-ban szerepel erdőtűzhez történő vonulás. Ennek mértéke azonban eltér az ország különböző területein. A legtöbb vonulás erdőtűzhez az Észak-magyarországi régióban (Eger, Ózd, Miskolc) és a Dél-alföldi régióban (Szeged, Kiskunhalas, Kiskőrös, Kecskemét) volt [20]. Erről részletesebb kimutatást és elemzést a 2. fejezetben végzek.

I.3.3.1. Magyarországi tüzesetek időbeli jellemzői

A magyarországi tüzek keletkezésének időpontjait megvizsgálva, azt találtam, hogy két jól elkülöníthető időszakot határozhatunk meg. Az egyik a **kora tavaszi időszak**, amely február végétől április végéig tart. A másik a **nyári időszak**, ami június elejétől szeptember végéig tart. A tavaszi tűzszezon vizsgálata során tűzoltói eszmecserék alapján²² azt a következtetést vonom le, hogy a tűzszezon nem naptári időszakhoz, sokkal inkább az időjáráshoz köthető. Éves szinten az erdőtüzek száma február végén kezd emelkedni. Ebben az időszakban leginkább nagyszámú, ám kis kiterjedésű, csupán néhány hektár nagyságú tűz keletkezik. A tűz keletkezésének feltételei kedvezőek mivel, hogy az előző évből a talajszinten megmaradt holt biomassza (duff réteg) az első tavaszi napsütések alkalmával néhány óra alatt kiszárad és már a legkisebb szikrára is lángra kap. Erre a kora tavaszi időszakra jellemző még a rét-és tarlóégetés is. E tevékenység során a gondatlanul meggyújtott és nem kellően felügyelt tüzek könnyen tovább terjednek az erdőterületekre. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a hazai tüzek több mint 30%- a márciusban keletkezik. Az egy tűzszezonban károsodott területet tekintve pedig a március folyamán leégett terület teszi ki az év során károsodott teljes terület mintegy 50% - át [92].

A nyári tűzszezon tüzeinek kedvező feltételeket teremt a meleg és száraz időjárás. A hőhullámok során számos erdőtűz keletkezik, azonban számuk nem éri el a tavaszi tüzesetek mennyiségét. A leégett területek aránya azonban sokkal nagyobb is lehet. Az elmúlt évtized nagy kiterjedésű tüzesetei is ebben a nyári tűzszezonban keletkeztek, elsősorban az alföldi feketefenyvesekben és az északi országrész fás, cserjés területein. Ezek közül az egyik legjelentősebb a 2012-es bugaci ősbörökás területén keletkezett tüzeset, amelynek során mintegy 1 200 hektár terület nagyságban az ősbörökás nagyjából 90% - a elpusztult [93]. Komoly kihívást jelentett még 2015-ben Kiskunhalas területén keletkezett erdőtűz is, amely mintegy 400 hektár nagyságon elsősorban lomberdő, száraz fű és avar területeket pusztított el. Az oltást helikopterek is segítették [94]. 2017-ben a Hortobágyi Nemzeti Park területén is keletkezett egy közel 1 000 hektár nagyságú tűz. Itt az oltást elsősorban logisztikai kihívások nehezítették, hiszen a tűz egy nehezen megközelíthető mocsaras, lápos területen keletkezett [95] [96].

²² A konzultáció jegyzőkönyve a szerző magánarchívumában található.



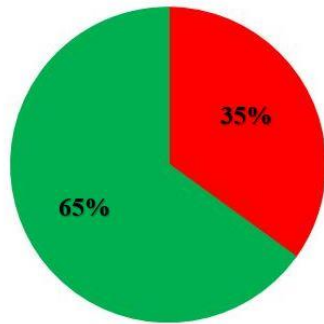
9. ábra: A magyarországi tűzszezonok. Készítette: Debreceni Péter

A 9. ábra jól szemlélteti a két hazai tűzszezonot. Összességében azt a következtetést vonom le, hogy a két tűzszezonban, tehát a február 15. és április 30., illetve a június 1. és szeptember 30. közötti időszakban keletkezik az erdőtüzek 80%-a. Tekintettel arra, hogy a vizsgált időszakban is jól elkülöníthető két kiugró időszakokról van szó, a megelőzési tevékenységet, tájékoztatást és a hatósági ellenőrzést is ezekre összpontosítva kell megszervezni, időzíteni [20].

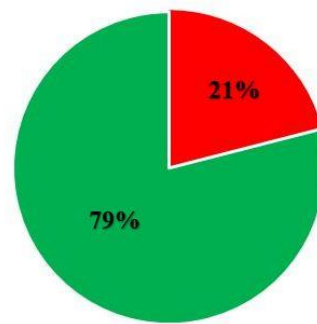
I.3.3.2. Magyarországi tüzesetek térbeli jellemzői

Az erdőtüzek időbeli kialakulása után megvizsgáltam a tüzek térbeli kialakulásának jellemzőit is. Az elmúlt évtizedben a tavaszi tüzek 35%-a az Észak-Magyarország régióban (Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves, Nógrád) és Pest megyében keletkezett. Ez majdnem az ország összes tüzesetének a 2/3-a. Ez az arány azért is magas, mert az említett területek (Észak-Magyarország régió, Pest megye) az ország teljes területének csupán megközelítőleg 21%-át teszik ki. Ezeket az adatokat mutatja be a 10. ábra. A 21%-os területhez képest a 35%-os tüzesetszám magas. Ezzel az adattal is a terület tűzvesélyességét erősítem meg. Külön kiemelem még Borsod-Abaúj-Zemplén megyét, ahol az erdőtüzek 15%-a és a leégett terület 31%-a történt.

Az Észak-magyarországi régió és Pest megye
tüzeset aránya a teljes országhoz képest



Az Észak-magyarországi régió és Pest megye
területének aránya a teljes országhoz képest



■ Észak-magyarországi régió és Pest megye tűz ■ Többi régió ■ Észak-magyarországi régió és Pest megye terület ■ Többi régió

10. ábra: Az Észak-magyarországi régió területének és tüzesetének aránya a teljes országhoz képest.
Készítette: a szerző

A nyári tüzek legnagyobb része a Dél-alföldi régióban keletkezik. Itt a felszíni tűz kialakulása mellett fennáll a koronatűz kockázata is. A vizsgált időszakban 31 db 50 ha-t meghaladó, nagyrészt fenyves területek környezetében keletkezett erdőtűzet jegyeztek be. Emellett a 10 ha-t meghaladó nyári tüzek 90% - a is ebben a régióban keletkezett. A tavaszi időszakban a Duna - Tisza közti hátság, a Gödöllői - dombság déli részén, a Közép – Duna - menti sík északi részén, a Középső - Cserhát vidékén és a Heves – Borsodi - hegyvidéken keletkezik az átlagosnál több erdőtűz. A nyári tűzszezonban a Duna - Tisza közti hátság fenyveseiben lehet még számítani nagy kiterjedésű erdőtűzekre [20].

Vegetációtűzek esetén nem lehet ennyire elkülöníteni az ország egyes területeit. Ennek oka, hogy a könnyű biomassza alig néhány nap alatt is éghető állapotba képes kerülni, így az év folyamán a csapadék és a relatív páratartalom alakulásától függően a nem fás területeken bárhol keletkezhet tűz. Azt azonban megállapítottam, hogy míg a Nyugat-Dunántúlon alig regisztrálnak erdőtűzet (5%), addig az Észak-Magyarország régióban meglehetősen sokat (26%). Az ország többi területén a tüzeset számok eloszlása egyenletes. A tüzek száma és a leégett terület nagysága az emberi okok mellett az adott erdészeti tájban található vegetáció összetételétől (biomassza) és az időjárási viszonyoktól is függ [20].

I.3.3.3. Magyarországi tüzesetek kialakulásának oka

Az erdőtüzek kialakulásának okait is megvizsgálom, hiszen ez alapozhatja meg az erdőtűz - megelőzési tevékenységeket, valamint a környezet és a lakosság védelmét. Ezt az előző alfejezetekhez hasonlóan az abiotikus és a biotikus tényezők elemzésével végzem. Először az **abiotikus** tényezők vizsgálatát kezdem. Hazánk szabadterületi tüzeseteinek legfőbb oka az *emberi közreműködés*. Ide tartoznak elsősorban az autóból, vonatból, kerékpárról kidobott, eldobott cigarettacsikkek, a hanyagul ott hagyott tábortüzek, a gondatlanul végzett kiskerti - és tarlóégetések, a rosszul szervezett grillezés és bográcsozás vagy az erdőterületen rosszul kivitelezett vágástéri hulladékégetések [97]. Magyarországon az éghajlati viszonyok valamint a biomassza összetétele miatt a természetes úton keletkező tüzesetek aránya alig 1%. Ezek elsősorban a nyári időszakban villámcsapás eredményeként alakulhatnak ki, elsősorban az alföldi területeken. Szakértői konzultációk alapján²³ erre is találtam példát a közelmúltból. 2011 - 2019 között összesen 24 db tüzeset következett be villámcsapás eredményeként, ezek közül három érintett erdőterületet. Mind a három erdőtűz Bács-Kiskun megyében keletkezett. A legnagyobb ezek közül Kaskantyút érintette, ahol a tűz nagy kiterjedésűvé vált és megközelítőleg 430 ha nagyságú terület érintett. Emellett erdőtűz keletkezett még Zsanán (4 ha) és Bugacon (0,02 ha) is villámcsapás eredményeként. A villámláson kívül más éghajlati elemek is hatással vannak az erdőtüzekre. A szándékosságból keletkezett tüzek elsősorban az erdőterületekkel szomszédos gyepek és cserjeterületek évenkénti felgyújtása a növényzet megújítása céljából. Ezek a tüzek az összes tüzesetszám nagyjából 5%-át teszik ki [96] [10].

A hazai tűzkeletkezés abiotikus tényezőinek elemzésénél meg kell vizsgálni Magyarország csapadék viszonyait is. Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) adatai szerint hazánk évi átlagos csapadékmennyisége 500 - 750 mm között van. Ez azonban az ország területén nem egyenletesen oszlik el, a tájegységeink között vannak jelentős eltérések. Az éves csapadékösszeg területi eloszlását befolyásolja egyrészt a domborzat, másrészt pedig a Földközi - tengertől és az Atlanti - óceántól való távolság. 100 m - es magasságnövekedés megközelítőleg 35 mm - nyi évi csapadékhözam növekedést eredményez, a tengerektől való távolság pedig a csapadékösszeg

²³ A konzultációról készült jegyzőkönyv a szerző magánarchívumában található.

csökkenésében mutatkozik meg. Magyarország legcsapadékosabb területe az ország délnyugati része (Zala, Somogy és Baranya megyék), valamint a magasabban fekvő területek (Mátra, Bükk). Itt néhány kis foltban a jellemző csapadékösszeg a 800 mm-t is meghaladja. A legkevesebb csapadékot sokéves átlagban az alacsony fekvésű Tisza-völgy kapja, értéke nem éri el az 500 mm-t. Az évi csapadékösszeg DNy-ról ÉK felé csökken.



11. ábra: Magyarország éves csapadékösszege. Forrás: [98]

A legtöbb csapadék május-július között hullik, a legkevesebb pedig január és március között. Ősszel az erősebb ciklonaktivitás miatt az ország jelentős részén kialakul egy másodlagos csapadékmaximum is - ez a Dunántúl déli felén különösen jellemző. Az éves csapadékösszeg az elmúlt évszázad változékonysága mellett is csökkenő tendenciát mutatott, a csökkenés 109 év alatt közel 10% [99].

Az éves csapadékösszeg vizsgálatából az a trend rajzolódik ki, hogy Magyarországon ott, ahol sok a csapadék mennyisége (DNy-i megyék), kevesebb erdőtűz keletkezik, illetve ott, ahol kevesebb csapadék hullik, (Dél-alföldi régió), több erdőtűz keletkezik. Hazánk szélviszonyai is hatással vannak az erdőtűzekre. Magyarország a mérsékelt éghajlati övben található, ezért az uralkodó szélirányt a nyugatias szelek jelentik. Az átlagos szélesség alapján az országunkat a mérsékleten szeles vidékek közé sorolják. A szélesség éves átlaga 2-4 m/s között változik, azonban a tapasztalatok alapján ettől jelentősen eltérő értékeket is megfigyeltek már. A legszelesebb

időszakunk a tavasz első fele, a legkisebb szélességek pedig a legtöbb esetben őszelejen tapasztalhatók. Magyarországon átlagban évente 122 szeles nap van (vagyis amikor a szél legerősebb lökésének sebessége eléri vagy meghaladja a 10 m/s-t), ezek közül 35 nap viharos (amikor a szélsebesség nagyobb 15 m/s-nál) [100].

Magyarország csapadékmennyiségének térbeli és időbeli vizsgálata alapján logikus, hogy a lehullott csapadék mennyisége változó. Vannak kifejezetten csapadékos és aszályos időszakok és területek. A száraz időszakok pedig lehetőséget adnak a biomassza meggyulladására. A légmozgás vizsgálata alapján logikus, hogy a hazánkban uralkodó szelek nagysága változó, azonban erősebb szélrohamokra éppen a tűzszekvencia időszakában kell számítani.

A hazai erdőtüzek abiotikus vizsgálata után, elemzést készíték a **biotikus** tényezőkről is. Magyarország erdőállományáról és annak tűzveszélyességéről részletesebb kutatási eredményemet az I.3.1 alfejezetben ismertettem, ezért értekezésem jelenlegi részében nem szándékozom ismét teljes egészében bemutatni azt, csupán a megállapításomat. Megállapítottam, hogy Magyarországon az erdőterületek legnagyobb részét az akácok teszik ki. Emellett nagy kiterjedésű tölgy és cser állományokkal is rendelkezünk. A tűzveszély szempontjából figyelemre méltó a fenyővel borított területek nagysága. Ezek elsősorban a Pilisi-medence fekete fenyves állományai, valamint a Dél-alföldi régió borókás területei. A tűzveszély azokon a területeken is fennáll, ahol a lombos állománnyal vegyesen van jelen a fenyőállomány is. A biotikus tényezők vizsgálata során fontos, hogy a gyúlékony biomassza önmagában nem tűzkeletkezési ok, bár a magyar szaknyelv számos esetben így használja, ezért a fogalom tisztázását indokoltnak tartom. A biomassza valójában egy tüzet befolyásoló tényező és nem a tüzek keletkezésének egyik oka.

I.4. A magyarországi tüzesetek általános vizsgálata

Ahhoz, hogy a hazai erdőtüzeket részletesebben is megvizsgáljam, meghatározom azt, hogy milyen tudományos eredmények születtek eddig a témakörben. Ezt értekezésemben egy szakirodalmi áttekintő megírásának segítségével valósítom meg. Az összefoglaló megírásában a témában írt releváns szakirodalmak megismerése mellett komolyabb hangsúlyt fektettem a különböző beosztású tűzoltókkal való személyes konzultációkra és adatgyűjtésre. A kutatás során idegen nyelvű, speciálisan légi tűzoltással kapcsolatos szakirodalmat is tanulmányoztam. Ezek rávilágítottak a

tüzesetek oltásának fontosságára mind a megelőző mind pedig a mentő tűzvédelem tekintetében. Ezáltal felmerül a kérdés, hogy mi vezet egy-egy erdőtűz kialakulásához, az erdőtűz oltásnak milyen módszerei, nehézségei vannak, illetve, hogy az oltást milyen hatékonysággal lehet megvalósítani vagy adott esetben megelőzni a különböző szakirodalmak szerint. A szakirodalmi áttekintő készítésénél végig gondoltam, hogy melyek azok a legfontosabb hazai és nemzetközi szakirodalmak, amelyek a témát érintik. A kutatás készítése során ezeket három kategóriába soroltam. *Első kategóriába* a témával kapcsolatos jogszabályokat helyeztem. A *második kategória* a hazai PhD értekezéseket és tudományos közleményeket mutatja be. Végül a *harmadik kategóriába* soroltam a külföldi szakirodalmak különböző megállapításait. Szakirodalmi áttekintőm lehetőséged ad erdőtűzoltással kapcsolatos szakirodalmak hiányosságainak feltárására és ennek köszönhetően az értekezésem súlypontjainak meghatározására.

Az *első kategóriába* sorolt **jogszabályok** jelölték ki a kutatásom fő irányát. Ezeket részletesebben az I.1 alfejezetben bemutatam, ezért értekezésem jelenlegi szakaszában csak utalok rájuk. A legfontosabb, a témakörömet érintő jogszabályok közé sorolom a katasztrófavédelmi törvényt [1], a tűzvédelmi törvényt [2], a 39-es BM rendeletet [3], valamint a 6/2016-os BM OKF utasítást [4]. Ezek a jogszabályok a katasztrófavédelem szemszögéből alapozzák meg a témakörömet. Az erdészeti szemszögéből a *2009. évi XXXVII. törvény az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról* (továbbiakban erdővédelmi törvény) [101], valamint a 4/2008. (VIII. 1.) ÖM rendelet az irányadó [90].

A *második kategória* fő csapásirányát, az erdőtüzekben rejlő veszélyeket, a hazai erdőtűzoltás helyzetét, valamint az oltás hatékonyságát növelő módszereket két **PhD értekezés** adja vissza a legrészletesebben. Az egyik Restás Ágoston *Az erdőtüzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése* című PhD értekezés [73], a másik pedig Nagy Dániel: *Az erdőtüzek megelőzési és oltástechnológiai lehetőségeinek vizsgálata* [10]. A két értekezés közti lényeges különbség, hogy míg Nagy inkább a tűzmegeelőzést, addig Restás inkább a tűzoltást vizsgálja.

Ezen kívül vizsgáltam konkrétan az erdőtüzeket elemző **tudományos közleményeket** is. Ezek egy része múltbeli erdőtüzek oltását, illetve az oltás hatékonyságát nehezítő körülményeket mutatják be, különös tekintettel a tűzoltás során felmerülő logisztikai nehézségekre. Ilyen például Tóth Imre *Tanulmány a Hortobágyi Nemzeti Park területén bekövetkezett tüzeset oltási tevékenységéről* című cikke [102], Farkas Sándor

és Laczkó Zsolt tanulmánya a *Bács-Kiskun megyében 2007. július hónapban bekövetkezett erdőtüzekről* [103], illetve Gerner József *Összefoglaló a 2007. július 25–30 közötti időszakban bekövetkezett Kéleshalom– Kunfehértó, és a Kiskunhalas– Imrehegy közötti Kakas-hegyi V-ös kiemelt erdőtüzekről* című szerzői kézírata [104]. Ezek a tanulmányok már megtörtént hazai erdőtüzek oltási körülményeit elemzik a beavatkozásban résztvevők tapasztalatai alapján. Ezek az írások elsősorban szakmai elemzést végeznek.

A hazai szakirodalmak között találni még konkrétan a tűzoltás hatékonyságát vizsgálni szándékozó cikkeket is. Ezeknek a közleményeknek az alapja az erdőtűzoltás gazdasági hatékonyságának elemzése. Ilyen cikkek például Restás Ágoston *A légi tűzoltás hatékonyságának közgazdasági megközelítése* [16] vagy Kós György, Komjáthy László *Erdőtüzek helikopteres oltása* [105]. Ezeknek a publikációknak a középpontjában a tűzoltás hatékonyságának gazdasági vonatkozásai kerülnek elemzésre. A nemzetközi szakirodalmak tekintetében leginkább a légi tűzoltás során használt korszerű eszközök hatékonyságáról olvasni. Ezzel kapcsolatban elsősorban német nyelvű szakirodalmakra támaszkodtam úgy, mint a Bayerische Staatsregierung által kiadott *Richtlinie für die Zusammenarbeit von Feuerwehr und Luftfahrzeugbetreibern in Bayern* [106] vagy a Würzburgi Tűzoltó Iskola által kiadott *Lehrunterlage für den Flughelfer – Lehrgang Technik* című könyvek [107].

A szakirodalmi áttekintéssel elvégzem a hazai és nemzetközi erdőtűzoltás tapasztalatainak a feltérképezését. A témával kapcsolatos legfontosabb vizsgálati irányoknak a következőket tekintem:

- Tűzoltás költségei és az erre vonatkozó gazdasági elemzés
- Légi tűzoltás és a tűzdetektálás hatékonysága
- Logisztikai nehézségek vizsgálata
- Erdőtűz megelőzési módszerek

A szakirodalmak segítségével meghatározom, az erdőtűzoltás körülményeit és a hatékonyságot akadályozó tényezőket, illetve az azokra irányuló megoldási javaslatokat. Az irodalmi áttekintőm ezt kívánja bemutatni tematikus elemzés formájában, amelynek végén felhívnom a figyelmet a különböző hiányosságokra.

I.4.1. Tűzoltás költségei és az erre vonatkozó gazdasági elemzés

A hatékony erdőtűzoltással kapcsolatos vizsgálatok esetében, figyelembe kell venni a tűzoltás költségeit is. Egy tűzoltás akkor hatékony, ha a lehető legrövidebb időn belül megvalósul a tűz körülhatárolása, lefeketítése, valamint a tűz eloltása. Ez a folyamat minél rövidebb idő alatt megy végbe, annál kevesebb erdőterület ég le, tehát nemzetgazdasági szinten kevesebb kiadással kell számolni. Nagy kiterjedésű erdőtűz esetén általánosan bevett nemzetközi gyakorlat, a légi tűzoltás alkalmazása. Az általam vizsgált szakirodalmak felhívják a figyelmet arra, hogy a légi tűzoltás költségeit minimálisra kell csökkenteni egy erdőtűz során. Restás a tűzoltás során a következő költségek figyelembe vételét tartja fontosnak: *az élőerő költsége, az eszközök működési költsége, az eszközök amortizációja, az oltóanyag költsége, egyéb költségek.*

Az értekezésen belül Restás a károk különféle veszteségével is számol, úgy, mint:

- Közvetlen megsemmisült érték: Ez főként a kiesett fa készlet pénzben kifejezhető értékével számol.
- A kiesett fa értéke: Ez az erdő fejlődésének ütemével és az eddig ki nem termelhető faállomány kárával számol.
- Közvetett kár: Az újratelepítési költségeit foglalja magába.
- Eszmei kár: Az elpusztult faállomány eszmei értékét igyekszik pénzben kifejezni [73].

A pontosabb eredmény meghatározása érdekében a tűzoltás költségeit egy hazai folyóiratban megjelent szintén a témával szorosan összefüggő cikk elemzésével vizsgálom. A cikket Kós és Komjáthy szerzőpáros készítette 2012-ben *Erdőtűzek helikopteres oltása* címen [105]. A két szerző a tűzoltás költségeit tekintve a következő költségek meghatározására jutott: *Védőital (ásványvíz), üzemanyag (saját gépbe), kenőanyag (saját gépbe), Vásárolt gépi szolgáltatás (helikopter és traktor), vállalkozói díj (tűzoltás közbeni fadöntés, tűzország), fizikai bér + járulékok, egyéb költségek.* A cikkben a fent említett költségek mellett jelentős hangsúlyt kapott a megsemmisült faállomány veszteségének, valamint rekonstrukciójának értéke is. A három szakirodalom alapján megállapítom, hogy egy-egy tüzeset során óriási költségekkel kell számolni. Egy tűzoltás során, számos költséggel találkozhatunk, ám a három szakirodalom ezek közül is kiemeli az üzemanyag, a gépi amortizáció, az élőerő, a leégett területek, valamint az egyéb fellépő költségek fontosságát. A költségek

együtteséből oroszlánrészt tesz ki a megsemmisült erdőterületek kárértéke. Részletes kárérték elemzést találtam még a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem egyik diplomaunkájában, amiben Pataki már konkrét költségekkel számol egy korábbi tüzeset alapján. A művében a hagyományos kárértékeken túl a gépi szolgáltatás, a védőital, a vállalkozói bérek, valamint az egyéb jellegű kifizetésekkel is számol [108]. Emellett részletesen vizsgálja a megsemmisült állomány tüzesetkori értékét is, az állomány hozadéki értékének kiszámításával, ami a következő.

$$\text{Hozadéki érték} = \frac{V_f}{p^{f-k}} + \frac{B_q x 1,0p^{f-q}}{1,0p^{f-k}} \quad (1)$$

ahol,

V_f = fahasználati költségekkel csökkentett árbevétel a véghasználati korban

B_q = összes költség

p = 3% kamat

f = vágáskor

k = állomány kora

q = előhasználat éve

Ezek alapján megállapítom, hogy az erdőtüzoltás abban az esetben eredményes és hatékony, ha a leégett területek aránya az adott körülmények között a lehető legkisebb, valamint a megmentett területek értéke a lehető legnagyobb. Ezzel gazdasági elemzések foglalkoznak részletesebben, amelyekről az értekezésem egy későbbi fejezetében írok majd. A három szakirodalom megemlíti továbbá a tüzmegelezés fontosságát, annak tudatában is, hogy ennek kivitelezése igen nehéz.

A szakirodalmak megismeréséből megállapítom, hogy az erdőtüzek során felmerülő költségeket már korábban is elemezték, **azonban konkrétan forint alapon a költségeket nem értékelték ki, ezért ezt a témakörön belül hiánynak tekintem.**

Egy tüzoltás gazdasági elemzésének lényegét legrészletesebben szintén Restás mutatta be PhD értekezésében [73]. Gazdasági elemzés segítségével megállapította, hogy a tüzoltás során felhasznált élőerő, eszköz és anyagok költségei - vagyis a ráfordítás – kisebbek legyenek, mint a nemzetgazdasági szinten vett megmentett érték. Ezzel ellentétes esetben, csak gazdaságossági értelemben az oltás ráfizetéses. Ennek értelmében a tüzoltásvezető kötelessége azokban az esetekben, ha a keletkezett tűznek nemzetgazdasági szempontból nincs jelentősége vagy a tűz eloltása a megmentett értékkel nem jár, dönteni a tűz oltásáról vagy a teljes elégés felügyeletéről úgy, hogy a tüzesettel összefüggésben járulékos kár ne keletkezzen. Ez utóbbi megjelenik a hazai szakmai szabályozók között is [3].

Restás *A légi tűzoltás hatékonyságának közgazdasági megközelítése* c. cikkében is foglalkozott gazdasági elemzéssel [16]. A mű ebben az esetben is bemutatja a gazdaságosság elsődleges kritériumának lényegét, ezen kívül ismerteti a légi tűzoltás gazdaságossági vizsgálatának alapeseteit is. Az alapesetek felállítása és vizsgálata során a szerző azonos kezdeti feltételeket állít, tehát a tűz szabad terjedésének ideje alatt a leégett terület minden esetben azonos, így az oltás megkezdésének idejéig keletkező területet elkerülhetetlennek veszi. Ennek kárértéke abszolút értelmű. A megmentett és a megsemmisült erdő területe, a beavatkozás hatékonyságától függ. Erdőtűzoltás esetén gazdaságosság megállapításánál a megmentett erdő értékét, valamint a keletkező károk arányát kell figyelembe venni [16].

A tűzoltás költségei és az erre vonatkozó gazdasági elemzés eredményeként megállapítom, hogy egy tűzoltás során számos költséggel kell számolni. A tűzoltás taktikáját a tűzoltásvezetőnek úgy kell meghatároznia, hogy a tűz a lakosságot, valamint a lakott területeket ne veszélyeztesse, hiszen egy erdőtűz esetén is – akárcsak a többi katasztrófánál, káresetnél – elsődleges az életmentés [109]. Ezután kerül elő a tűzoltás hatékonyságának a kérdésköre. A nagy kiterjedésű leégett erdőterületek csökkentése érdekében a tűzoltás megkívánja a légi tűzoltásra alkalmas járművek alkalmazását. A gazdasági hatékonyság vonatkozásában azonban **az még nem került részletes vizsgálatra**, hogy a különböző nagyságú **erdőtűzek során mikor milyen jármű alkalmazása a leghatékonyabb**. Az erre vonatkozó kutatási tevékenységet még hiányosnak tekintem a témakörön belül.

I.4.2. Légi járművek alkalmazása a hatékonyság tekintetében

Minden tűzoltás felderítéssel kezdődik, ezáltal a tűz detektálása nagymértékben befolyásolja a választott oltási módot. Egy tűzoltásvezetőnek, a kárhelyszínre érkezve rendkívül fontos döntéseket kell meghoznia. Erre viszont adott esetben csak nagyon rövid idő áll rendelkezésére. A tűzoltásvezetők döntéseit elősegítő praktikákról szintén Restás ír az egyik tudományos közleményében [110]. A már említett PhD értekezésének egyik legfontosabb vizsgálata, hogy egy tűzeset detektálásakor milyen információkat kapunk a tűz kiterjedéséről. Ez pedig jelentős mértékben meghatározhatja, egy tűzoltás során hozott döntését. A tapasztalatok alapján megállapítja, hogy a tűz frontvonalát oltó tűzoltók szinte semmit nem látnak a tűz kiterjedéséről és terjedésének irányáról, ellentétben egy drón kamerájával, amely a

fedélzeten lévő kamera segítségével valós képet ad a tűz körülményeiről. Ennek következtében a felülnézeti kép, amelyet egy drón is biztosíthat, sokkal hitelesebb képet nyújt a tűzoltásvezetőnek, mint a földi felderítés adatai. A felülnézeti kép segít a tűzoltásvezetőnek a helyes döntés meghozatalában. A döntés pedig jelentős hatással van a tűzoltás taktikájára, ezáltal pedig a hatékonyságra és a nemzetgazdasági költségekre. A korszerű tűzdetektálás, tehát úgynevezett pilóta nélküli repülőgépek használatával is megvalósítható, hiszen a felszerelt kamerák segítségével a tűzoltást vezető személy pontos információkat kap a tűz kiterjedéséről [73].

A légi tűzoltójárművek is nagy segítséget nyújthatnak egy tüzeset során. Restás légi tűzoltást javasol a hagyományos eszközökkel el nem oltható erdőtüzek esetén. Ennél az esetnél olyan területeket vizsgál, amelyeket a hagyományos földi eszközökkel egyáltalán nem vagy csak nehezen, nagy költségek árán lehet eloltani. Ebbe a kategóriába sorolja a különböző hegyvidéki területeket, vagy a nagyon laza, homokos talajú területeket, mint pl. hazánkban az alföld. A tűz itt szabadon terjedhet addig, amíg az természetes akadályba (folyó, sziklás rész, véget ér az erdő, stb.) nem ütközik, vagy az időjárás változása, úgy, mint az esőzés gátat nem szab a tűz terjedésének [73]. A légi tűzoltás alkalmazásának hatékonyságát, a már említett korábbi hazai nagy kiterjedésű erdőtüzekről írt esettanulmányok is igazolják [102] [103] [104]. Ezek az esettanulmányok nem csak a légi tűzoltás hatékonyságát említik, hanem felhívják a figyelmet a tűzoltás során felmerülő nehézségekre és logisztikai hiányosságokra. A tanulmány említi, hogy a tűz eloltása érdekében honvédségi Mi-2 es, illetve Mi-8 –as helikopterek érkeztek a kárhelyszínére. Ezek függesztett teherrel (Bambi Bucket), illetve külső, és belső tartályos módszer segítségével hajtottak végre tűzoltást. A függesztett teher valamint a külső, illetve belső tartályos módszerrel történő tűzoltás különböző külföldi szakirodalmakban is megjelenik, ám fajtájuk eltér az itthon használtaktól [16] [107]. A légi járművek alkalmazása mindkét erdőtűz esetén óriási segítséget jelentett, amellyel a tűz körülhatárolása és lefeketítése is könnyebben megvalósult. Mind a három tanulmány felhívja a figyelmet a légi tűzoltó járművek hatékonyságára, ezen kívül javaslatot tesz speciális tűzoltó járművek vásárlására a hatékonyabb tűzoltás érdekében. A szakirodalmi áttekintőm egyik következtetéseként megállapítom, hogy a légi tűzoltás elsősorban nagy kiterjedésű erdőtüzek esetén hatékony. Ez a hazai tudományos közleményekben is megjelenik, **azonban a konkrét légi és a földi tűzoltási költségek elemzését a hatékonyság tekintetében nem találom teljeskörűnek, ezért az erre irányuló kutatást fejleszteni kívánom.**

I.4.3. Logisztika

Az erdőtűzoltás témakörében fontos szerepet kap a tűzoltás logisztikai nehézségeinek, illetve az azokat kiküszöbölő módszereknek a vizsgálata és elemzése. A logisztika témakörében a tudományos közlemények a legtöbb esetben az oltóanyag ellátásra [18], a rossz minőségű, szűk utak hátráltató tényezőjére [111], valamint a hírösszeköttetés akadályozására [112] vagy adott esetben a kevés riasztott állományra [21] hívják fel a figyelmet.

Hazai esettanulmányok meghatározták, hogy a tűzesethez történő vonulás, a vonulási időt figyelembe véve zökkenőmentesen történik, addig, amíg a kárhelyszínt műúton meg lehetett közelíteni. Azonban a tűzeset közvetlen helyszínéhez az egyes szakaszok megközelítéséhez helyenként nagyon rossz minőségű földutak vezetnek. Ezek nehézségeket okoztak a beavatkozásra siető tűzoltó járműveknek. A rossz minőségű földúton a gépjárműfecskenő sokkal lassabban képes, haladni, mint a műúton. Az erdőterületen található rossz minőségű földutakról magam is meggyőződtem, ezekről képeket is készítettem (1. kép).



1. kép: Szűk, rossz minőségű földutak (Pilisszentiván 2017). Készítette: a szerző.

Erdőtűzek esetén a tűzoltó gépjárművek olykor nagy távolságokat járnak be szűk földutakon. Ez történt a 2015 - ös kaskantyúi tűzesetnél²⁴ is [18]. Ezeknek a tűzeseteknek a tanulsága az, hogy célszerű lenne több erdei utat kiszélesíteni és rendbe hozni annak érdekében, hogy egy erdőtűz oltás során ezek az útvonalak járhatóbbak legyenek, ezzel csökkentve a vonulási időt.

²⁴ A 2015-ös kaskantyúi erdőtűz következtében 430 ha nagyságú terület égett le.
TMMI azonosító: 38073

A kárterületet sok esetben nagy mennyiségű nád vagy fű borítja. Így a leégett terület nagy részén kizárólag helyismerettel rendelkezők útbaigazításának segítségével, és terepjáró gépjárművekkel való felvezetés mellett lehet csak a területet megközelíteni. A rossz terepviszonyok nem csak a vonulás során, hanem későbbiekben az állandó vízszállítás alkalmával is hátráltatják a beavatkozás hatékonyságát. Ám az épített környezet védelme miatt elkerülhetetlen a tűzoltó gépjárművek terepen való mozgatása. Egyes beavatkozók sem helyismerettel, sem a területről készült térképpel nem rendelkeztek, így nekik a helyi önkéntesek vagy az egyszerű helyi ismerettel rendelkező állampolgárok nyújtottak segítséget [102] [103].

A tűzoltó gépjárművek alkalmazásával tehát szükségszerű figyelembe venni a terepviszonyokat is. Ennek fontossága Kós és Komjáthy szerzőpáros közös cikkében is említésre kerül. Ők meghatározták, hogy a tüzet sík, dombos, vagy hegyes vidéken kell-e oltani. Mindkettő esetén a talaj és a terepviszonyok adottságai nagymértékben befolyásolják a beavatkozás jellegét. A tűzoltóságnál rendszeresített gépjárműfecskeendők és különleges szerek erdőtűzoltásra csak kevés alkalommal alkalmazhatók hatékonyan. Szerintük tudomásul kell venni azt, hogy azok a gépjárműfecskeendők, amelyek a technikai fejlesztés következtében beszerzésre kerültek, nem minden esetben alkalmasak erdőtüzek oltására [105].

A tűzoltó gépjárművek kapcsán szeretném kiemelni a KEHOP-1.6.0-15-2016-00020 projektet, amelynek célja az erdőtüzek oltására alkalmas gépjárművek és vízszállító gépjárművek beszerzése. Ezzel a több mint 6 Mrd Ft-os támogatással a BM OKF célja, hogy az erdőtüzek oltása még a nehezen megközelíthető területeken is hatékony műszaki felszereltséggel rendelkező gépjárművekkel legyen biztosítva. A projekt keretén belül 16 szimpla, 14 duplafülkés vízszállítót, illetve 3 erdőtüzes felépítménnyel szerelt konténerszállító járművet adtak át. Ezután 2020-ban 21 erdőtüzes gyorsbeavatkozó, 2 üzemanyagszállító-töltő gépjármű, valamint 3 duplafülkés, többcélú erdőtüzes és műszaki mentő felépítménnyel rendelkező gépkocsi talált gazdára [113]. A pályázat megvalósításával egyértelműen könnyebbé válik a tűzoltói beavatkozás, emellett a negatív környezeti hatások is alacsonyabb intenzitással jelentkeznek majd.

Hazai tüzesetek oltási tapasztalatából megállapítottam, hogy bizonyos esetben a tűzoltók vonulási ideje hosszú. Azokat a területeket, amelyeket a tűzoltók hosszabb vonulási idővel tudnak elérni a hazai szakirodalom „fehér foltok” - nak nevezi [114]. A vonulási idő logisztikai problémájával Pántya is foglalkozik egy művében. A cikk

többek között megállapítja, hogy a tűzoltás kései megkezdése teret ad a tűz további terjedésének, ez pedig megnehezíti a hatékony tűzoltást. A minél előbbi beavatkozás a sérültek, az életveszélyben lévők számára is nagyobb biztonságot nyújt, valamint a rövidebb vonulási idő miatt a kármennyiség sem tud akkora mértékben növekedni, például egy tűzeset során. A tűzhöz történő vonulás másik kihívása a kárhelyszín és a vízforrás közötti ingázás, ami egy szintén jelentős logisztikai kihívás [115].

Az erdőtűzoltás egyik legnagyobb és legnehezebb logisztikai háttérfeladata az oltóanyag szállítása. Ez sok esetben igen nagy távolságból történik, ez pedig megnöveli a tűzoltás költségeit és a tűzoltás hatékonyságát. Mivel az erdőtűzoltás alapvető oltóanyaga a víz, ezért fontos hogy egy tűzoltás során megfelelő mennyiségű vízkészlet álljon rendelkezésre. A vízszállító gépjárművek tengelyen szállított kapacitása kevés egy erdőtűz eloltásához, ilyenkor pedig távolsági vízszállítás utánpótlására van szükség. Ezt az erdőben, mint vízhiányos területen nehéz megvalósítani. Ebben az esetben az erdőhöz közeli területek tűzivíz tározói vagy az erdőben található nyílt vízforrások nyújthatnak segítséget. Mivel egy összefüggő vízkészlet a tűzoltásnak és az erdészetnek is érdeke, ezért például Németországban létrehoztak mesterséges víznyerőhelyeket. A velük szemben támasztott követelmények között szerepel az egyszerű és gyors megközelíthetőség, valamint a terület jól látható megjelölése [116]. A mesterséges víznyerőhelyek létesítése már hazánkban is megfogalmazódott, azonban az erre vonatkozó szabályzatok, kísérletek és mérések hiányosak.

Egy ilyen víznyerőhely felállításával egyrészt csökkenthető a vízhiányos területek száma, másrészt a vízszállító gépjárművek által megtett ingázási útvonal is lerövidül. Ha a víznyerőhelyet úgy alakítják ki, hogy a területet helikopterrel vagy adott esetben tűzoltásra alkalmas merevszárnyú repülőgéppel is meg lehet közelíteni, abban az esetben a légi tűzoltás logisztikai háttérfeladatai is könnyebbé válnak, erre pedig hazánkban is van igény, tudjuk meg Komjáthy és Kozák publikációjából [117].

Magyarországon a 41/2014-es támogatási rendelet keretein belül erdővédelmi létesítmények létrehozására nyílt lehetőség, úgy, mint víznyerőhelyek kialakítása [118]. Erdőtűzoltásnál megfelelő mennyiségű oltóvízre van szükség. Tekintettel arra, hogy az erdőben a tűzivíz vezetékes hálózat kiépítése ökológiai és ökonómiai szempontból is lehetetlen, ezért abban az esetben, ha nincsen megfelelő mennyiségű természetes nyílt vízforrás a nagykiterjedésű, összefüggő veszélyeztetett erdőterületen, szükség lehet mesterséges víznyerőhelyek kialakítására.

Az erdőtüzek logisztikai nehézségei alapján megállapítom, hogy a problémát már Magyarországon is kutatták, azonban ezek bizonyos hiányosságokat még tartalmaznak, ezért a téma további kutatásra szorul. A tűzoltás logisztikai nehézségei és az egyes megoldási lehetőségek már be lettek mutatva, azonban a hatékonyság vizsgálata még hiányos. **Hiányzik a hatékonyság számszerű vizsgálata és a témakörrel kapcsolatos elvi ábrák és műszaki rajzok.**

A tűzoltási logisztika elemzése hazánkban eddig elsősorban a vonulási logisztikára tért ki. A tűzeset helyszínén végbemenő logisztikai feladatok vizsgálata eddig háttérbe szorult, pedig egy tűzoltónak a beavatkozás során gyakran nagy távolságot kell megtennie, sok esetben jelentős többletsúllyal a technikai és az egyéni védőeszközök miatt. A témakörön belül Pántya a különböző tűzoltó technikai eszközök képességének mérésével [119], Urbán pedig a beavatkozó tűzoltókat érő veszélyeztető, károsító hatásokkal foglalkozott [120]. Ezek a kutatások azonban nem tértek ki arra, hogy **mekkora a tűzoltókat érintő többletsúly**, illetve, hogy ennek **milyen hatása van a tűzoltás hatékonyságára**, ezért az erre vonatkozó kutatási tevékenységet **hiányosnak értékelem** és célokom egy mérést végezni a hatékonyság csökkenés igazolására.

I.4.4. Tűzmegelőzés

Az erdőtűzoltás témaköre lehetőséget ad a tűzoltói beavatkozás mellett az erdőtüzek megelőzésének vizsgálatára is. Magyarországon ezt a legrészletesebben Nagy vizsgálta PhD értekezésében [10]. Az értekezésben bemutatta a Föld nagy tűzrejsimjeit, az erdő – és vegetációtüzeket Európában és Magyarországon, különös tekintettel egy új erdőtűz információs rendszer kialakítására. Emellett elemezte az erdőtüzek elleni védekezés jogforrási rendszerét, meghatározta a biomassza modellek statikus paramétereit és a tűzterjedési modelleket.

Az erdőtüzek megelőzése akkor valósulhat meg hatékonyan, ha meg tudjuk határozni a fokozottan tűzveszélyes időszakokat. Ezt részletesebben a Debreceni és Pántya szerzőpáros elemezte *A fokozottan tűzveszélyes időszakok meghatározásának lehetőségei* című cikkben. A kutatásuk során különös figyelmet fordítottak a fokozottan tűzveszélyes időszakok kihirdetésének szabályozására, a fokozottan tűzveszélyes időszak kihirdetésére, valamint a tűz időjárás index bevezetésének lehetőségeire [7]. Debreceninek a témakörben további publikációja is jelent meg hasonló vizsgálattal [121].

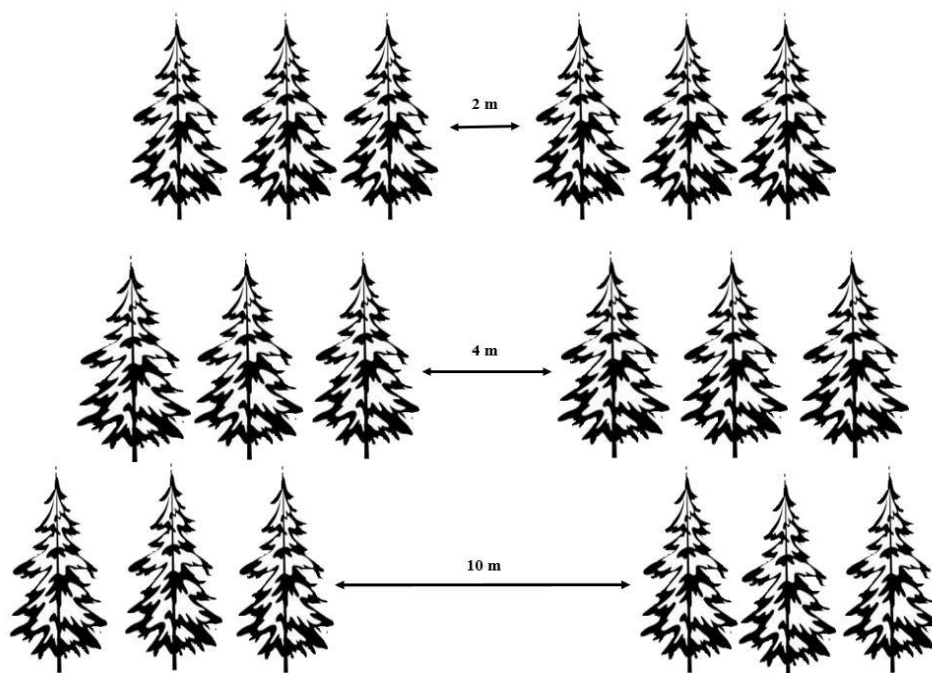
A magyarországi erdőtűz-megelőzés része még a FIRELIFE Erdőtűz-megelőzési projekt, amely Európai Unió projektet a NÉBIH Erdészeti Igazgatósága valósította meg. A program célja a megfelelő kommunikációs csatornák elérése és felhasználása, az erdőtűzek kialakulása szempontjából releváns célcsoportok megszólítása, figyelemfelkeltése. A program kiemelt célja az erdőtűzek megfékezésében aktívan közreműködő szakemberek (tűzoltók, természetvédők, erdészek) közép - és felsőfokú továbbképzése, a különféle szakmai csoportok közti együttműködés, kapcsolatépítés elindítása és informális szintű összekapcsolása. A program elsősorban a dohányosokat, az erdőgazdálkodókat, a túrázókat az autóval közlekedőket és a fiatal generációt szólította meg [122].

A nemzetközi szakirodalomban már találni olyan kutatási tevékenységet, amely az erdőtűz terjedésének megakadályozására összpontosít és bemutatja a különböző megoldási lehetőségeket a megelőző tűzvédelem területén. Az egyik ilyen a fajok aránya és az erdő átalakítás módszere. Holly művében megállapítja, hogy a módszer lényege, hogy a lombos fiatalos faállományok területének növelésével, valamint az idősebb fenyőállományok fiatalabb lombos és vegyes állományra történő cseréjével jelentős mértékben csökken az erdőtűz terjedési sebessége. Emellett például Németországban megfelelő fenyőfaállomány esetén alkalmazzák az ún. „elültetés” módszerét, amelyet a német szakirodalom Voranbau - nak nevez. A módszer lényege, hogy az idősebb és jól éghető fenyőállományok elé, jó árnyéktűrő képességű fiatalos fákat ültetnek (pl. bükk) annak érdekében, hogy egyfajta pajzsként védjék a jóval gyúlékonyabb fenyőállományt, ezzel segítve a sikeres erdőtűz-megelőzést [123]. Ennek eredményeként létrejön egy olyan erdőterület, amely vegyes faállományokból áll (Mischwald). A tűzterjedés pedig jelentősen lassabb az egymástól eltérő fajok között, mint az azonos fajok között [124]. Hazai viszonylatban a témában Nagy megjegyzi, hogy ez egy jó megoldás, azonban a termőhely ezt a fajta kialakítást nem teszi mindenhol lehetővé. A Pilis, Vértes és Balaton-felvidéki kopárokon fokozatos felújító vágásokkal nagy fajgazdagságú melegkedvelő tölgyes, molyhostölgyes állományokat lehet létrehozni. Az alföldi feketefenyvesek helyén, ahol a termőhely megengedi kisebb záródású borókás nyáras állományok létesíthetők [20;14].

Az erdőtűz terjedés megakadályozására alkalmazható még az ún. tűzpászta rendszer kialakítása. A tűzpászta, egy olyan gyúlékony anyagoktól és vegetációtól mentes nagyjából 20 – 30 m széles terület, amely szintén hozzájárulhat a hatékony tűz-megelőzéshez. Egy tűzpászta kialakítás során nem csak a gyenge és száraz

vegetációt távolítják el, hanem a területen lévő faállományt is visszavágják 4 m magasságig. Ennek eredménye, hogy a kevésbé gyúlékony anyagok és a lassú tűzterjedés megakadályozza, egy felszíni tűz lombkoronaszintig történő terjedését [125]. A tűzpászta rendszer kiépítése már Magyarországon is megkezdődött. A Dél-Alföldön, a Kiskunságon már sikeresen ki is alakították őket. A hazai tűzpászták méretei a következőképpen alakulnak:

- **„A” típusú keskeny tűzpászta:** legalább 2 m széles éghető aljnövényzettől, gallytól, cserjéktől, fáktól tisztán tartott, tárcsázott, talajmarózott vagy szántott talajfelszín (összesen 2 m széles).
- **„B” típusú járható tűzpászta:** közepén minimum 2 m széles éghető aljnövényzettől, gallytól, cserjéktől, fáktól tisztán tartott tárcsázott, talajmarózott, szántott vagy gréderezett, simított, biomasszamentes talajfelszín, amelyhez kétoldalt legalább 1-1 m széles száruzott, fa- és cserjementes sáv tartozik (minimum 4 m széles).
- **„C” típusú széles tűzpászta:** közepén legalább 4 m széles éghető aljnövényzettől, gallytól, cserjéktől, fáktól tisztán tartott, tárcsázott, talajmarózott, szántott vagy gréderezett, simított, biomasszamentes talajfelszín, amelyhez kétoldalt legalább 3-3 m széles száruzott, fa- és cserjementes gyeper sáv tartozik (minimum 10 m széles) [118].



12. ábra: Tűzpászták méretei Magyarországon. Készítette a szerző. Forrás: [126]

A vegyes faállományú erdők bizonyos fafajok esetén zöld tűzpásztaként is működnek. A zöld tűzpászta jellemzője, hogy nem egy biomasszamentes sáv akadályozza meg a tűz terjedését, hanem olyan állományszerkezetű vegetáció, amely alacsonyabb záródással, szórt lombeleggyel, sávos lombeleggyel, vagy esetleg hiányzó cserjeszinttel rendelkezik. Ez csökkenti a tűzintenzitást, a kialakulni képes lángmagasságot és lánghosszt valamint a tűz terjedését. A zöld tűzpászta legtöbb esetben egy útra vagy tűzpásztára illeszkedik [69]. A tűzpászták méretei alapján felmerült az a probléma, hogy az erdőgazdálkodók nem tudják, hogy erdőterületükön milyen típusú tűzpászta létesítése indokolt. A tűzpászta szélességét, befolyásolja a területen lévő biomassza típusa, a területen kialakulni képes lánghossz, valamint az időjárási körülmények is. A szakirodalmak tanulsága alapján meghatározom azt, hogy a jogszabály nem alkalmaz a tűzpászta rendszerre vonatkozó ajánlásokat, ez pedig kétséget keltt egyes erdőgazdálkodókban. Ezzel kapcsolatban olyan javaslatok születtek, hogy a tűzpásztákkal kapcsolatos jogszabályok tartalmazzanak egyfajta egyszerű iránymutatást, ajánlást a tűzpászta kialakításának nagyságáról.

A tűzpászták méretének kialakításakor meg kell vizsgálni a vegetáción kialakulni képes lánghosszt, hiszen ez jelentős hatással van a radiációs tűzterjedésre. Ezt Magyarországon Nagy vizsgálta részletesebben. Tűzterjedés modellek segítségével határozta meg a tűzpászták méretét. Vizsgálatának alapja egy 15 m-es átlagmagasságú, 6 m-en kezdődő koronájú feketefenyves állomány volt. A felszíni tűz lánghossza a 7,5 km/h átlagos középlángszél sebességnél a magasabb cserjés, valamint a fenyvesek kivételével kisebb, mint 2 m, azonban ezeknél az állományoknál sem éri el a 3 m-t. Egy szeles napra jellemző 20 km/h középlángszélnél a magasabb cserjés és fenyvesek kivételével elégnék bizonyul a 3 m-es tűzpászta, míg viharos napok 30-35 km/h széllelkéseinél is elég a 4 m-es tűzpászta. Magascserjés és fenyves fiatalos állományok esetén a fent említett tűzpászta szélességek kétszeresére lenne szükség [69; 36.o].

Az erdőtüzek megelőző tűzvédelme is számos kutatást tartalmaz, amelyek a tüzek megelőzésére, vagy adott esetben a tűzterjedés megakadályozására irányul. Azonban ezek a kutatások elsősorban a természetes biomasszát célozták meg védeni, **a lakott területek tűzvédelme eddig még az erdőtüzek kapcsán, Magyarországon nem került részletes elemzésre, ezért ezt hiányként értékelem.** Vizsgálni fogom azokat a lakott területeket, amelyek az erdőszegély mentén helyezkednek el, hiszen itt a tűz nem csak a természetet veszélyezteti, hanem az emberi életet és az anyagi javakat is.

I.5. Részkövetkeztetés

Az erdőtüzek áttekintő vizsgálatának eredményeként meghatározom azt a tényt, hogy Magyarországon is széleskörű kutatás folyt az erdőtüzek témakörében. Az elemzésemből megállapítom, hogy bár a kutatások iránya rendkívül szerteágazó, ennek ellenére **vannak még hiányosságok és fejlesztési lehetőségek.** Ennek következtében meghatározom az I. fejezet részkövetkeztetéseit, valamint a témakör azon hiányosságait, amelyek értekezésem további részét megalapozzák.

Az erdőtüzek áttekintő vizsgálata során elemeztem az erdőtüzek keletkezésének okait. Az abiotikus tényezők vizsgálata során megállapítottam, hogy a legtöbb területen az emberi közreműködés a leggyakoribb tűzkeletkezési ok. Fontos abiotikus tűzkeletkezési tényező még a csapadék mennyisége, a relatív páratartalom, a szél és a domborzat is, azonban ezek önmagukban nem jelentenek tűzkockázatot, csupán tüzet befolyásoló tényezőt. A tűzkeletkezés biotikus tényezőinek vizsgálata alapján meghatároztam, hogy Magyarországon az erdőterületek legnagyobb részét az akácok és a tölgyesek teszik ki, azonban a tűzveszély szempontjából figyelemre méltó a fenyővel borított területek nagysága is.

Az erdőtűz statisztika széleskörű elemzésének elvégzése után a több megállapítást is tettem. Egyes társadalmi folyamatokból arra következtetek, hogy globális szinten folyamatosan csökken a gyúlékony biomassza területe, ez pedig az erdőtüzek számának csökkenését jelenti. Másrészt viszont, a globális éghajlatváltozás miatt folyamatos az átlaghőmérséklet növekedés, de a szélsőséges időjárási viszonyok időbeli folyamatának és térbeli kiterjedésüknek a növekedése is megfigyelhető. Összességében megállapítom, hogy az erdőtüzek száma globális szinten a korábbi évekhez képest nem változik jelentősen, inkább csökkenő tendenciát mutat, viszont azokon a területeken, ahol ez korábban nem okozott kihívást, most aktuális probléma lehet (pl. Európa). Az európai erdőtűz statisztika alapján logikus, hogy Európában az erdőtüzek kockázata eltérő. A kockázat tekintetében négy kockázati kategóriát különböztettem meg, mivel ez véleményem szerint lefedi az európai erdőtüzek statisztikai eredményinek egészét, így pedig egyszerűbben meg lehet határozni, hogy az erdőtüzek mely országokban jelentenek számottevő kihívást. Az általam létrehozott négy kategória az *extrém*, a *nagymértékű*, a *közepes mértékű* és az *alacsony mértékű* erdőtűz kockázat. A hazai erdőtűz statisztikai adatok alapján látható, hogy Magyarországon is változó az erdőtüzek száma. A hazai statisztikai adatok

vonatkozásában a releváns szakirodalmak alapján lehatároltam a két hazai tűzszezont. Az egyik a kora tavaszi időszak, amely február végétől április végéig tart. A másik a nyári időszak, ami június elejétől szeptember végéig tart. A két tűzszezon különbsége, hogy míg a kora tavaszi időszakban kis kiterjedésű tüzekkel, addig a nyári tűzszezonban már a nagyobb kiterjedésű tüzesetek kockázatával is számolni kell. Az erdőtüzek időbeli kialakulása után megvizsgáltam a tüzek térbeli kialakulásának jellemzőit is. A statisztikai adatok elemzése alapján megállapítottam, hogy az elmúlt évtizedben a tavaszi tüzek 35%-a az Észak-Magyarország régióban (Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves, Nógrád) és Pest megyében keletkeztek. Ez majdnem hazánk összes tüzesetének a 2/3-a. A nyári tüzek kockázata Bács-Kiskun megyében különösen jelentős.

Ezután megvizsgáltam az erdőtűzkutatás releváns hazai és nemzetközi szakirodalmainak eddigi eredményeit. Ennek során feltártam azokat a kutatási hiányosságokat, amelyeket értekezésemben részletesen elemezni fogok. Megállapítottam, hogy a hazai és a nemzetközi szakirodalom nyelvezete egymástól eltér. Bizonyos kifejezéseket a hazai, míg másokat a nemzetközi szakszókincs határoz meg pontosabban. Emellett meghatároztam, hogy a nemzetközi szakirodalom számos olyan újszerű, idegen nyelvű fogalmat használ, amelyek a magyar nyelvben még nem kerültek adaptálásra (pl. Wildland - Urban Interface). Ennek következtében szükségesnek tartom az **új magyar nyelvű fogalmak megalkotását** a téma vonatkozásában. A téma körülhatárolása érdekében részletes szakirodalom elemzést végeztem. Ennek folyamán összegyűjtöttem a releváns hazai és nemzetközi szakirodalmak következtetéseit, amelyek az alábbi területeket vizsgálták. Tűzoltás költségei és az erre vonatkozó gazdasági elemzés, légi tűzoltás és a tűzdetektálás hatékonysága, logisztikai nehézségek vizsgálata, valamint erdőtűz megelőzési módszerek. A szakirodalmak megismeréséből megállapítom, hogy az erdőtüzek során felmerülő költségek már korábban is elemzésre kerültek, azonban konkrétan forint alapon nem lettek kiértékelve, ezért ezt hiánynak tekintem a témakörön belül. A gazdasági hatékonyság kapcsán még nem került vizsgálatra, hogy a különböző nagyságú erdőtüzek során **mikor milyen jármű vagy technikai eszköz alkalmazása a leghatékonyabb**. Az erre vonatkozó kutatási tevékenységet még hiányosnak tekintem a témakörön belül. A hazai tudományos közleményekben megjelenik ugyan a légi tűzoltás hatékonysága, azonban a **konkrét légi és a földi tűzoltási költségek elemzése a hatékonyság tekintetében nem teljeskörű, ezért ezt pótolni akarom**.

Az erdőtűz kutatás hazai vonatkozásában hiányzik a hatékonyság számszerű vizsgálata és **a témakörrel kapcsolatos** elvi ábrák és műszaki rajzok elemzése. Az erdőtűz megelőzés témakörében, Magyarországon még nem elemezték az **erdőhöz közeli lakott területek megelőző tűzvédelmi lehetőségeit**, amit pótolni kívánok. A tűzoltás logisztikai vizsgálata ugyan említi az ingázó vízszállítás nehézségét és hatékonysági tényezőjét, azonban a kutatások jelenleg nem terjednek ki olyan megoldási lehetőségekre, mint **a mesterséges víznyerőhelyek létesítésének** kérdése. Az erdőtűzek oltása során számos technikai eszközt alkalmazhatunk. Ezek hatékonyság-vizsgálatára már készültek kutatások, azonban az erdőtűzoltásba bevonható **újszerű eszközök alkalmazási lehetőségeinek** a vizsgálatában találtam még fejlesztési módszereket, amelyeket vizsgálni is fogok. A hazai szakirodalmak és kutatások elemzési eredményeként arra a következtetésre jutottam, hogy a hazai kutatások nem térnek ki részletesen arra, hogy mekkora a tűzoltókat érintő többletsúly, a technikai és az egyéni védőeszközök miatt illetve, hogy ennek milyen hatása van a tűzoltás hatékonyságára. Ebből kifolyólag az erre vonatkozó kutatási tevékenységet **hiányosnak értékelem** és mérést kívánok végezni a hatékonyság csökkenés igazolására. A tűzoltás hatékonyságát a tűzoltót érő fizikai terhek is befolyásolják, ezért ennek mértékét is vizsgálni szeretném a **mérésem során**.

II. AZ ERDŐHÖZ KÖZELI LAKOTT TERÜLETEK TÚZESETI KOCKÁZATA MAGYARORSZÁGON

Értekezésemben komplex módon megvizsgálom az erdőtűzoltás tényezőit. Ezt úgy valósítom meg, hogy a téma elemzését először az erdőszegély mentén (közel a lakott területhez) kezdem, majd folyamatosan haladok az erdőtömb belseje felé, ahol már más kihívásokkal kell szembe néznie a beavatkozóknak. Az erdőszegély mentén elsősorban a tűz megelőzés, az erdőtömbben pedig a beavatkozás kap nagyobb jelentőséget. Azokat az erdőtüzeket, amelyek az erdőszegély mentén keletkeznek közel a lakott területekhez a nemzetközi szakirodalom Wildland-Urban Interface (továbbiakban WUI) tüzesetnek nevezi. A fogalom hazai szinten eddig kevés helyen jelent meg. A Debreceni – Pántya szerzőpáros egyik cikkében megemlíti, hogy a népesség növekedésével és a területhasználat folyamatos bővülésével a vegetációtüzek a lakott területek és a természetes környezet határán az emberi vagyont is veszélyeztethetik, így a környezet mellett a társadalomra és a gazdaságra is hatással vannak [7]. Ezt megerősíti Bényei is a Nemzeti Közszolgálati Egyetem MSc szakos hallgatója diplomamunkájában [127]. A témában részletesebb, már elemzésre kiterjedő kutatást jómagam végeztem. Egyik vizsgálatom során kitértem a WUI területek hazai azonosítására [128], valamint az erdőről a lakott területre történő tűzterjedés megelőzésére [129]. A II. fejezetben ezeket a tüzeseteket elemzem Magyarországon.

A vizsgálatom során a következő kutatási **célokat** fogalmaztam meg:

Célok:

- Az erdőtüzek megelőzésének és oltásának jelenlegi problémáinak feltárásával azonosítani a hazai erdőhöz közeli lakott területeket, valamint **megalkotni** Magyarország első az **erdőhöz közeli lakott területek tűzveszélyét mutató térképét**.
- **Javaslatot tenni olyan új irányelvek és jogszabályi előírások alkalmazására**, amelyek védelmi zónák létrehozásával biztonságosabbá teszik az erdőhöz közeli lakott területek megelőző tűzvédelmét.

A kutatás során tanulmányoztam a releváns hazai és nemzetközi szakirodalmakat, de emellett személyes konzultációt folytattam és adatgyűjtést is végeztem a különböző szakértőkkel. A kutatásom meghatározó tényezője volt egy elismert nemzetközi konferencián²⁵ való részvétel, ahol részletesebben is megismertem a témával kapcsolatos tudományos problémákat és annak nemzetközi megoldási lehetőségeit. A WUI területek értékeléséhez kockázatelemzést készítettem mátrixok segítségével. A tudományos céljaim elérése érdekében matematikai számításokat végeztem, emellett saját műszaki rajzokat is készítettem, amelyeken képelemzést végeztem.

A téma körülhatárolásaként megvizsgáltam az urbanizáció folyamatát, mivel ez jelentős hatással van a WUI területek kialakulására. Az urbanizáció az utóbbi időszakban felgyorsult olyan folyamat, amelyben megfigyelhető egyrészt a városok bővülése, másrészt pedig az agglomerációból történő munkába járás jelensége is [46]. A kiegyensúlyozottság és infrastrukturális életvitel lehetőségét tekintve, sokan költöznek be a városba, ellenben bizonyos helyi viszonyok miatt, mint például a természetközelség, és a megszokások ereje sokan választják a napi szintű munkába járást és lépnek így kapcsolatba a nagyvárosokkal [47]. A felgyorsult szuburbanizáció, jelentős mértékben hozzájárult ahhoz, hogy egyes települések környezetként működő városi területekké alakuljanak át [48]. A növekvő mobilitás átalakítja a városok határait és így több városi terület kerül közelebb a természetes környezethez [49]. Ennek következtében alakultak ki a WUI területek.

II.1. Az erdőhöz közeli lakott területek fogalmi lehatárolása és azonosítása

A Wildland-Urban Interface, mint fogalom a magyar nyelvben idegenül hangzik, ezért kutatásomat a fogalom tisztázásával kezdem. A fogalom nemzetközi viszonylatban olyan területet jelent, ahol a lakott területek (urban) a természetes környezet (wildland) határán (interface) találhatóak. A fogalomnak konkrét változata nem jelenik meg a magyar nyelvben, ezért javaslatot teszek annak magyar nyelvű megalkotására úgy, mint **erdő(höz) közeli lakott terület** (továbbiakban EKLA). Bizonyos fogalmak „magyarosítása” azonban nem minden esetben marad meg nyelvünkben, sok esetben

²⁵ International Conference on Forest Fire Research, 2018. november 9-16. Coimbra, Portugália
Nemzetközi Konferencia az erdőtűzkutatásról, 2018. november 9-16. Coimbra, Portugália

inkább a fogalom angol nyelvű elterjedtebb változatát használják (pl. pilóta nélküli repülőgép- drón²⁶).

Az EKLA Radeloff meghatározása alapján egy olyan terület, ahol a természetes környezet és az épített környezet közvetlenül egymás határán, esetleg egymással vegyülve található [130]. A fogalom Magyarországon egyelőre kevésbé ismert, a mediterrán régióban azonban az emberi közreműködés által okozott tüzek legnagyobb kihívása, ezért ez áll a tűzmelegelőzési politika középpontjában is. Az EKLA tüzesetek számos országban óriási kihívást jelentenek. Ilyen például az Egyesült Államok, ahol mind a nyugati mind a keleti parton több millió embert és lakóépületet veszélyeztetnek ezek a tüzek [131]. Kanadában az ilyen területek nagysága több mint 30 millió ha [132]. Ausztrália szintén EKLA tűzveszélyes ország. Itt a tüzek megelőzésére olyan tanulmány készült, amely elsősorban az állampolgárok részéről történő tűzészlelést és tűzbiztonsági intézkedéseket vizsgálja [133]. Európában a Mediterrán-régió országai kiemelten tűzveszélyesek. Spanyolországban az erdőtüzek ellen veszélyhelyzeti terveket készítenek [134]. Portugáliában szintén a megelőzés kapja hangsúlyt, hiszen Európában az erdőtüzek kockázata szinte minden évben itt az egyik legmagasabb [135]. Ezen kívül meg kell említeni még Franciaországot is, ahol az EKLA területek azonosítására topológiai mátrixot hoztak létre [136]. Magyarországon az erdőtüzek szakirodalma kevésbé az EKLA tüzek megelőzésére, sokkal inkább az oltás hatékonyságára [137] vagy a nagy kiterjedésű tüzesetek megelőzési szándékára összpontosul [138] [19] [97].

Feltételezem, hogy Magyarországon kialakultak olyan erdőhöz közeli lakott területek, ahol jelentős a természetes környezetről a lakó környezetre történő tűzterjedés kockázata. Ennek következtében fontos, hogy a tűzbiztonság növelése érdekében a lakosság megismerje a kockázati tényezőket, valamint az erdőtűzmelegelőzés egyes lehetőségeit. Az EKLA tüzek kockázatának vizsgálata két irányból közelíthető meg. Egyrészt, az erdő egy gyúlékony biomassza réteg is egyben, ezért a kialakult erdőtüzek közvetlen veszélyt jelentenek az épített környezetre. Ennek az az oka, hogy a lakóépületek az erdőszegély mentén találhatóak, ez pedig éghető anyag formájában lehetőséget biztosít a tűz áttérjedésének. Ez lehetővé teszi, hogy a tűz az erdőről a

²⁶ A pilóta nélküli repülőgép szavatos szakmai kifejezés azon repülő eszközökre, amelyek fedélzeti rendszerrel vannak ellátva és bizonyos feladatokat hajtanak végre. A köznyelv azonban a játékreplő eszközökre is használt drón kifejezést használja gyakrabban.

lakott terület irányába terjedjen, ezáltal veszélyeztetve az emberi életet és az anyagi javakat [136] [139]. Élénk szélben a tűz gyorsan terjed, ez hozzájárul a röptüzek kialakulásához, ami jelentős mértékben veszélyezteti az ingatlanokat. Ennek kockázata függ az éghető anyag fajtájától, a tűzintenzitástól és a tűz terjedési sebességétől. Van olyan biomassza típus is, amely a tűz során gyorsan és teljesen elég (pl. száraz fű). Ezt a nemzetközi szakirodalom *fine fuel* - nek nevezi [140]. Amennyiben ez nagy mennyiségben van jelen, akkor nagyobb tűzintenzitással kell számolni, a nagyobb tűzintenzitás pedig gyorsabb tűzterjedést eredményez. Ez a folyamat jelentős hatással van az EKLA területek tűzkockázatára. Másrészt, az erdőszegélyen élő lakosság is veszélyforrás a természetes biomasszára. Tapasztalatok alapján ennek oka, hogy az erdőtüzek többsége Európában az emberi közreműködés következménye [22], tehát az emberi tevékenység is közvetlen kockázatot jelent az erdőre nézve. Az EKLA tüzek kockázatát ugyanis a gyúlékony lakóépület és nem a gyúlékony biomassza jelenti [141]. A fent említett okok miatt feladatomban tekintetem beazonosítani, azt, hogy Magyarországon hol található ilyen területek, illetve, hogy ezeken a területeken mekkora a lakosságot érintő tűzkockázat.

II.1.1. Az EKLA területek jellege

Annak érdekében, hogy az EKLA területeket kockázati osztályba soroljam megvizsgálom a veszélyeztetettségük mértékét. Első lépésként egy hazai mintaterületet vizsgáltam. Elemzésem személyes kötődés miatt Nagykovácsi községre esett, mivel a Budai-hegység és a Pilisi-medence rekreációs övezete közel található lakóhelyemhez. Jómagam is az erdő közvetlen közelében lakom, ezért vizsgálatom során saját biztonságom tisztázását és növelését is szem előtt tartottam. A mintaterületet Google Earth²⁷ segítségével képelemzés formájában vizsgáltam. A 13. ábrán található EKLA övezet tehát a Pest megyei Nagykovácsi község része, ám a terület Budapest közvetlen vonzáskörzetéhez tartozik. A képen egyértelműen látszik, hogy a település közvetlenül az erdőszegély mentén helyezkedik el, tehát fogalmilag besorolható az EKLA veszélyeztetett területek közé. A veszélyeztetettség két irányból közelíthető meg, amelyet a következő módon határozok meg.

²⁷ Virtuális földgömbként használható számítógépes program, ahol a Föld háromdimenziós modelljére mértékhelyes műholdképek, térinformatikai adatok és légi felvételek vannak feltüntetve.

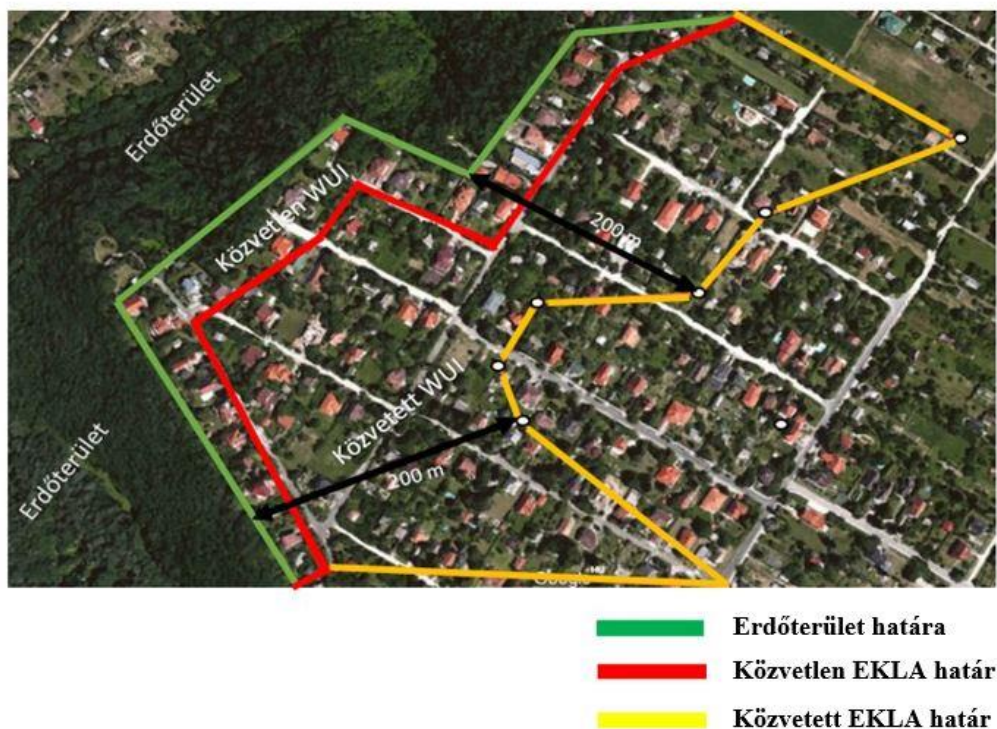


— **Közvetlen EKLA határ**
— **Közvetett EKLA határ**

13. ábra: Közvetett és közvetlen EKLA határ szemléltetése. Készítette: a szerző. Forrás: [128]

A képelemzés során grafikusán területi lehatárolást végeztem, ahol piros vonallal jelöltem a közvetlen, sárga vonal pedig a közvetett határt (13. ábra). Közvetlen EKLA-nak kell tekinteni azt, ahol a természetes és az épített környezet területei egymással szomszédosok és köztük a távolság minimális. Közvetett EKLA-nak pedig ahol a két terület között a távolság jelentősen nagyobb, vagy ha a két terület határa között mezőgazdasági terület, termőföld, esetleg más, nem gyúlékony földtakaró van [142]. Ez a körülmény nagymértékben befolyásolja a lakosság veszélyeztetettségét, hiszen logikus, hogy míg az előbbi eset magában foglalja a városi terület nagyobb potenciájú tűzveszélyét, addig az utóbbi esetben a távolság, illetve az esetleges mezőgazdasági terület, vagy az éghető anyag hiánya miatt a csupasz talaj egyfajta védelmet nyújt. Mivel a közvetett EKLA nem az erdőszegély mentén helyezkedik el, ezért ennek a területnek a nagyságát számszerűleg is szükséges igazolni. Nemzetközi szinten elfogadott az a Pereira által részletezett portugál módszer, amelynek lényege, hogy csak a városi és a természetes környezet közötti, 100 m-en belüli távolságokat kell figyelembe venni az azonosítás során [142]. A módszer megjelenik Portugáliában rendeleti szinten is [143]. Ebből azt a következtetést vonom le, hogy a közvetett EKLA terület nagysága az erdőszegélytől számítva legfeljebb 100 m. Kismértékben eltér ettől

az Egyesült Államokban Colorado állam példája [144] és a francia erdészeti törvény²⁸ előírása is, amely az EKLA terület nagyságát az erdőszegélytől 200 m-en belülre helyezi. A jogszabály vegetációtisztítási köteleességet írja elő 100 m sugarú körben minden lakóépület esetén, az erdőszegélytől számított 200 m-en belül. A nemzetközi kitekintés mellett megvizsgáltam a hazai helyzetet is, de a jogszabályok áttekintése alapján fenti példákhoz hasonló előírást nem találtam. Ideiglenes jelleggel ugyan, de értelmezésem alapján a fokozottan tűzveszélyes időszak kihirdetése lehetőséget ad az EKLA területek védelmére is. Ezt a megállapítást abból vezetem le, hogy az időszak kihirdetésével, tilos az erdőterületen, valamint a 200 m-en belüli külterületi ingatlanokon fekvő erdőkben és fásításokban tüzet gyújtani [101]. Ennek alapján jutottam el arra a következtetésre, hogy az EKLA terület nagyságának számszerű meghatározásakor Magyarország esetén az erdőszegélytől mért 200 m nagyságú területet egy elfogadható értéknek tekintem. Így a fokozottan tűzveszélyes időszak kihirdetése, illetve az általam javasolt 200 m nagyságú zónahatár harmonizál egymással.



14. ábra: Közvetett és közvetlen EKLA terület Solymáron. Készítette: a szerző. Forrás: [128]

²⁸ French Forest Orientation Law of July 9, 2002

A fent említett nemzetközi előírások és az elméleti módszerek alapján elkészítettem egy közvetlen és közvetett EKLA területet ábrázoló térképet (14. ábra), amelyen elemzést végzek. A vizsgált mintaterületként most Solymár községet választottam, szintén személyes okok miatt. Az ábrát jelen esetben is Google Earth segítségével készítettem el. A terület kiválasztását a személyes motiváción túl az is indokolta, hogy Magyarországnak ez a része tűzveszélyesnek tekinthető [145].

A 14. ábrán grafikusán jelölve láthatók a közvetlen és a közvetett EKLA területek, amelyek valójában közvetlen és közvetett tűzveszélyt is jelentenek. Az erdőszegélyt zöld vonallal jelöltem, így ettől a vonaltól mérhető az EKLA terület távolsága. Abban az esetben, ha az erdőterület nem egy vonalban, hanem csúcsokban végződik, úgy a határterületek nagyságát a csúcspontoktól kell mérni [142]. A közvetlen EKLA terület a zöld és a piros vonalak közötti terület, ahol az erdőtüzek kockázata jelentős. A piros és a zöld vonal közötti terület nagyságát nem számszerűsítem, ugyanis ez a mindenkori erdőszegély és az ahhoz legközelebb eső lakóépületek közötti terület, amelynek mérete településrendezési okok miatt soha nem állandó. Ezen a területen az erdőben keletkezett tüzek komoly veszélyt jelentenek a lakosságra, az emberi közreműködés okozta veszélyforrások pedig a természetes környezetre. A közvetett EKLA terület veszélyeztetettsége logikusan alacsonyabb, hiszen egyrészt egy esetleges tűz nem közvetlenül az erdőről terjed a lakóépületekre, másrészt az erdőszegély határvonalától lévő távolsága is nagyobb. A 14. ábrán a közvetett EKLA terület az erdőszegélytől 200 m-en belüli épületeket veszélyezteti (akárcsak az Egyesült Államokban és Franciaországban). A 200 m-es határt a képen fehér pontokkal jelöltem, a közvetett EKLA terület határvonalait pedig sárga vonalakkal. Az EKLA területek kialakulása azonban nem szűkíthető le csupán erdőre és lakott területre, hiszen bármely gyúlékony biomassa EKLA tűzkockázatot eredményez abban az esetben, ha közel van az épített környezethez.

A fejezetben eddig az EKLA területek azonosításának módját és térbeli kiterjedésének méreteit mutattam be. Mivel Magyarországon ennek a témakörnek a vizsgálata még hiányos, ezért először elvégeztem egy fogalmi meghatározást, illetve egy lehatárolást. Ezután megvizsgáltam a nemzetközi, majd a hazai helyzetet, amelynek alapján megállapítottam, hogy egyetlen irányadó hazai előírás létezik, amely bár időszakos, de értelmezhető a témára. Ez a fokozottan tűzveszélyes időszak kihirdetésére vonatkozó előírás. A fentiekből következően mintaterületeket választottam és térképes

elemzéssel és grafikus ábrázolással bemutattam, hogy az EKLA területek lehatárolása hogyan történjen. A fentiekre építve a továbbiakban megvizsgálom az EKLA feltérképezésének kiterjesztési lehetőségét, valamint a veszélyeztetettség meghatározásának céljából kockázatelemzést végzek.

II.1.2. Nemzetközi EKLA térképezés

A fentiekben már meghatároztam, hogy Magyarországon eddig még nem valósult meg az EKLA területek térképezése, ezért ehhez is a nemzetközi tapasztalatokat használom fel. Azokban az országokban, ahol az EKLA nagy kihívást jelent, különböző modellekkel vizsgálják a kockázatot. Radeloff kétdimenziós elemzést alkalmaz, amelynek alapja, egyrészt az erdőszűrség mértéke, másrészt pedig a lakott területek sűrűségének vizsgálata. Radeloff az EKLA-t ún. lakossűrűségi adatok segítségével készítette el, ahol az emberi közreműködést is vizsgálta. Ezeket az adatokat összevetette a biomasszára vonatkozó adatokkal, majd elkészített egy térképet [130]. Az Egyesült Államokban a mai napig ez a legelterjedtebb módszer. Portugáliában Caballero a vegetáció kockázatát három kategóriára osztotta, úgy, mint *erdő*, *vegetáció* és *mezőgazdasági* terület. Az itt található kockázati értékeket 1-4 között állapította meg. A kockázat mértékét a következő tényezők alapján határozta meg: *tűzterjedés vizsgálat, katasztrófavédelmi műveletek lehetőségei, a lakóépületek kitettsége a potenciális tűzveszélynek, a lakóépületek sebezhetőségének szintje* [134].

Kanadában az EKLA területek tűzvédelme az önkormányzatok hatáskörébe tartozik. Boullion az erdőtűzek kockázatát nem csak a lakott területek vonatkozásában vizsgálja, de elemzi az erdőhöz közeli iparterületek (Wildland-Industrial Interface) és az infrastruktúra (Wildland-Infrastructure Interface) kockázatát is [146].

A témakörben végzett vizsgálataim alapján az általam legjobbnak talált módszer a francia Lampin-Maillet által alkotott modell, amely három lépésben határozza meg a területet [147].

A modell *első lépésként* megvizsgálja a lakóépületek beépítési jellegét vektorgrafika felhasználásával. Ezután az ARCGIS 9.1 software-t²⁹ alkalmazza, amelynek segítségével a vektorokat raszterformátummá alakítják át. Ennek eredményeként a

²⁹ Az ArcGIS egy földrajzi információs rendszer térképekkel és földrajzi információkkal, amelyet az Environmental Systems Research Institute(ESRI) tart fenn.

lakóépületeket az egymáshoz való elhelyezkedésük tekintetében 4 kategóriába sorolták, így *elszigetelt, elszórtan lakott, sűrűn lakott* és *nagyon sűrűn lakott* csoportok keletkeznek [136] [148].

Második lépésként a modell a biomassa szerkezetét és annak legfontosabb jellemzőit elemzi. Itt szeretném kiemelni, hogy a vizsgálat alapja a vegetáció folytonossága, ezért a vegetáció tűzveszélyessége ebben az esetben nem kerül elemzésre. Ennek eredményeként három kategóriát határoz meg úgy, mint *nem erdőszült, kis mértékben erdőszült, nagymértékben erdőszült*. A meglévő mérőszámok közül a legmegfelelőbb index a térbeli minták aggregációjának mérése szolgáló úgynevezett aggregációs index. Az eredmények térképes megjelenítése a FRAGSTAT 3.3 szoftver segítségével valósítható meg [136] [149].

Az index képlete:

$$AI = \left[\frac{g_{ii}}{\max g_{ii}} \right] (100) \quad (2)$$

g_{ii} = Képelemek kapcsolati száma az egyes osztályoknál

$\max g_{ii}$ = az I osztályú pixelek közötti maximális kapcsolatok száma.

Az aggregációs index a vegetációs raszterből számítható ki, a nemzetközileg ismert „moving window”, azaz „mozgó ablak” módszerének segítségével, amelynek mérete 20 m x 20 m. Ennek az egyszerű statisztikai módszernek a lényege, hogy egy meghatározott méretű és alakú ablakot (négyzetet) mozgatunk az adatok felett, ahol jelen esetben a mozgó távolság megegyezik az ablak szélességével, így az ablak valamennyi adata statisztikailag összegezhető. Az ablakon belül elemezhetjük az összes pont számát, átlagát, a minimális/maximális értékeket, a szórást és a variációs együtthatót (= szórás/átlagot) is. A pontok a mozgó ablakok középpontjai és attribútumai, az ablakok statisztikai mutatói [150]. Jelen esetben az elemzett vegetáció típusok a 0 és 100 közötti értékek, amelyek három osztályába kerülnek. Az első osztályba tartozó értékek a nullával egyenértékűek, ami azt jelenti, hogy az erdőszültség a vizsgálat szempontjából elhanyagolható. A másik két osztályt úgy határozták meg, hogy a többi értéket két csoportban egyenlően osztották meg, úgy, mint *alacsony* és *magas* aggregációs érték. A kapott vegetációs szerkezet három osztályba tehát nulla, alacsony és nagy aggregáció, ami jelen esetben az erdőszültséget jelenti [136].

A *harmadik lépésként* a modell egyesíti a két korábbi rasztert egy földrajzi információs rendszerbe (GIS), amelyet WUI (EKLA) topológiai mátrixnak neveznek. Ez alapján képesek vagyunk meghatározni a természetes és az épített környezet egymáshoz kapcsolódó jellegét [136] [147]. A fenti módszerrel rögzített mátrixot az 1. sz. függelékben mutatom be, az eredeti, a szerző által készített nyelven.

A módszer alapja, hogy az EKLA területen lévő valamennyi házat/lakóépületet be lehessen sorolni valamelyik fent említett kategóriába. Ennek következtében az adott épület az alábbi urbanizációs területek egyikéhez sorolható (Y tengely):

1. Elszigetelt
2. Elszórtan lakott
3. Sűrűn lakott
4. Nagyon sűrűn lakott

A módszert tanulmányozva logikus, hogy minél lakottabb a terület, annál több embert érintenek az EKLA tüzek. Ezt támasztja alá az a statisztikai adat is, hogy emberi közreműködésből keletkezik a tüzesetek 99%- a [151]. Emellett a nagy számok törvénye alapján a nagy lélekszámú lakosság is jelentős veszélyt jelent a természetes környezetre. A mátrix X tengelyén látható az erdősültség jellege hármass felosztásban. Természetesen az erdősültség mértéke jelentős befolyással van az EKLA-n élő emberek erdőtűzkockázatára, hiszen a nagyobb erdősültség nagyobb tűzterhet, nagyobb tűzintenzitást, valamint nagyobb pusztulást eredményez, így összességében a kockázat is jelentősebb. Ez alapján az erdősültség lehet *egyáltalán nem/alig* erdősült, *kismértékben* erdősült vagy adott esetben *nagymértékben* erdősült [136].

A kétdimenziós mátrix eredménye, hogy hazai és nemzetközi szinten is besorolható bármely terület, amely erdőtűz általi veszélynek van kitéve. Az elemzést részletesnek tekintem, hiszen az említett területek 12 különböző (3x4) kategóriába sorolhatók be.

II.1.3. Hazai EKLA térképezés

Az előző fejezetben bemutattam, hogy nemzetközi szinten jelentős eredmények, módszerek és modellek léteznek az EKLA területek kockázatának azonosítására és elemzésére. A releváns szakirodalmakat áttekintve megállapítottam azt is, hogy Magyarországon ez még nem valósult meg, valamint, hogy az ezzel kapcsolatos tevékenység hiányos. Bemutattam, hogy nemzetközi szinten vannak olyan elfogadott

modellek, valamint kutatási eredmények amelyeket már bizonyos országokban (Franciaország, Portugália) több mint 10 éve alkalmaznak és hatékonyan is működnek. A fejezet további részében a hazai EKLA területek vonatkozásában az adaptáció lehetőségét vizsgálom és a modell továbbfejlesztését végzem el.

Ennek *első lépéseként* áttekintem a hazai lakosság szám arányát az egyes településtípusokon belül. Az országon belüli népességvándorlást az eladott ingatlanok alapján készített elemzéssel vizsgáltam. A statisztikai adatok alapján arra a következtetésre jutottam, hogy Budapest lakosság száma folyamatosan csökken, a környező településeké viszont folyamatosan nő. Az általam végzett elemzés eredményét más kutatók munkája is megerősíti, így Balogh, ill. Szűcsné munkái, akik arra is rávilágítottak, hogy ennek oka részben a külső munkahelyövé és külső lakóövé kialakulásában kereshető [153] [154]. Az elemzés eredményeként rámutatok arra, hogy a városok irányába költöző lakosság többlete már nem a belvárosban (city) jelenik meg, hanem a külső kerületek és környező települések felé mozdul, ezzel közelebb kerülve a természetes környezethez. A kutatásom alapján tehát megállapítom, hogy Magyarországon az erdősültség és belső népességvándorlás miatt kialakultak EKLA területek, azonban ezek azonosítása eddig még nem valósult meg. A különböző területek vizsgálatai alapján arra a következtetésre jutottam, hogy EKLA terület Magyarországon is számos helyen beazonosítható, így Budapest észak-budai területe, a Pilisi-medence, a Mátra, valamint a Soproni – hegység is, hiszen ezeknek a térségeknek a határán közvetlenül vagy közvetve telepszerű, illetve elszórt jellegű lakóövezetek találhatók.

Az EKLA területek azonosítására általam legjobb módszernek talált és részletesebben bemutatott Lampin-Maillet által kidolgozott EKLA topológiai mátrix részben adaptálható Magyarországra is. A modell továbbfejlesztését azért tartom szükségesnek, mert a kidolgozott francia modell csak alapjaiban alkalmas arra, hogy hazánkban adaptálásra kerüljön. A modell bár logikus, egymásra épülő és könnyen kezelhető, emellett a két ország erdősültségi (Franciaország 28% - Magyarország 21%) aránya is hasonló [155], de a két ország mérete jelentősen eltér egymástól, ez pedig hatással van a lakosság számra is. A modell a francia méretű dimenzióban működik jól. A kutatásaim során próbát tettem a közvetlen hazai adaptálásra, azonban számos esetben a fent említett nehézségekkel találkoztam (ország mérete és lakosság száma). Elsősorban ez a két jelentős adatkülönbség késztetett arra, hogy a

modellt ne adaptáljam, hanem azon továbbfejlesztést végezzek, aminek eredményeként egy saját magyar modellt hozok létre.

Saját tapasztalataimon túlmenően szakértői konzultációt is folytattam, amely alapján megállapítom³⁰, hogy Magyarország kisebb mérete nem indokolja a francia modellben alkalmazott négykategóriás települési jelleg megkülönböztetését. A francia modell logikája mentén egy új, a hazai viszonyokat figyelembe vevő modellt alkottam. Ezt a következőképpen valósítottam meg. A Lampin-Maillet mátrix vízszintes tengelyén a vegetáció tekintetében három fokozatot határoztak meg, úgy, mint *nem erdőszült*, *kismértékben erdőszült* és *nagymértékben erdőszült* terület. Ez a három kategória véleményem szerint lefedi a hazai biomassza jellemzőit, ezért ezt az eredeti formában adaptálom.

A mátrix függőleges tengelye bemutatja a lakott területek jellegét négy kategóriában, úgy, mint, *elszigetelt*, *elszórta lakott*, *sűrűn lakott* és *nagyon sűrűn lakott* terület. A magyarországi urbanizáció, valamint az ország mérete és lakosság száma jelenleg nem indokolja a francia felosztást, ennek oka az, hogy az EKLA területek aránya hazánkban más, mint Franciaországban, ezért ezt megváltoztatom. A kategórián belül az utolsó két egységet (*sűrűn lakott*+ *nagyon sűrűn lakott*) összevonom és csak három kategóriát hozok létre úgy, mint *elszigetelt – elszórta lakott* - valamint *sűrűn lakott* urbanizációs jelleg. Ennek eredményeként az eredeti 12-es (3x4) kategóriás felosztást felváltom egy 9 –es (3x3) felosztásra. Ezt az új formát mutatom be a 15. ábrán. Lényeges még megjegyezni, hogy a mátrix hazai viszonyokra történő fejlesztése során figyelembe vettem a nemzetközi trendeken túl a magyarországi települések katasztrófavédelmi osztályba sorolásának módszerét is [156].

³⁰ A konzultáció jegyzőkönyve a szerző magánarchívumában található.

		Erdősültség mértéke		
		→		
		Nem erdősült	Kismértékben erdősült	Nagymértékben erdősült
Lakott terület jellege	Sűrűn lakott	alacsony	közepes	nagy
	Elszórta lakott	alacsony	közepes	nagy
	Elszigetelt	alacsony	alacsony	közepes

15. ábra: A 3x3-as EKLA kockázati mátrix. Készítette: a szerző

A 3x3-as kockázati mátrix lehetővé teszi az EKLA területen a tűzkockázat elemzését. A kockázat mértékét két irányból közelítem meg, az egyik a természetes biomassza folytonossága (erdősültség) és éghetősége, a másik az épített környezetből adódó civilizációs veszélyek (emberi közreműködés). Logikus, hogy ez a két hatás egymással szorosan összefügg. Ennek szerepe a mátrixban is megjelenik, amelyben három kockázati szintet határoztam meg, úgy, mint:

1. kismértékű kockázat (alacsony) (zöld)
2. közepes mértékű kockázat (sárga)
3. nagymértékű kockázat (magas) (piros) [128]

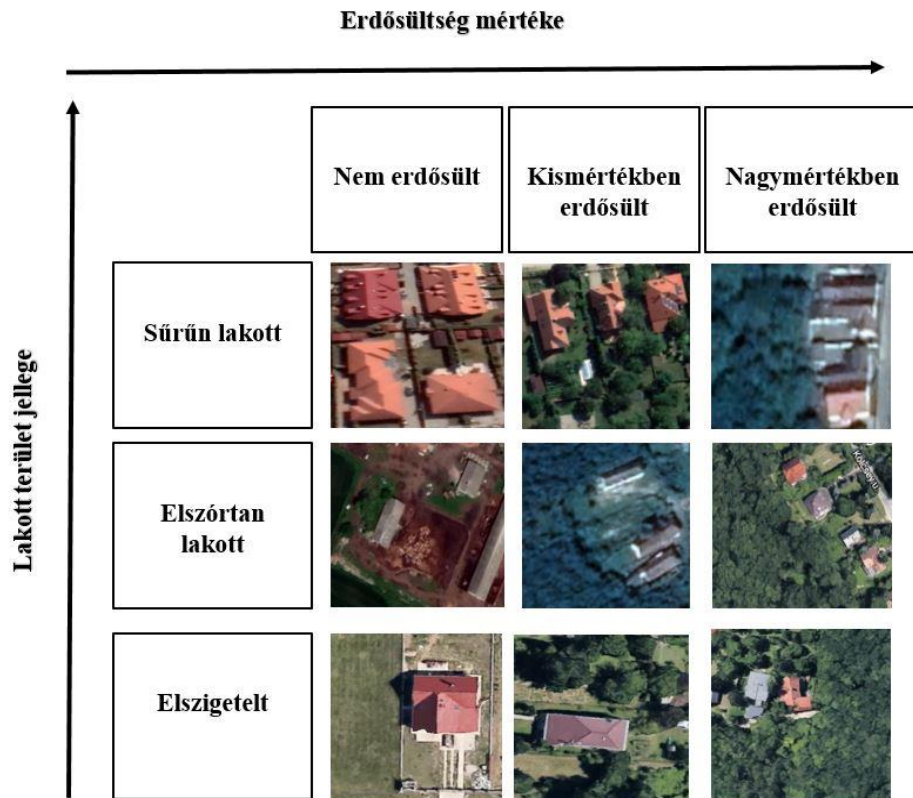
Ez a három kategória megfelel a 4/2008 ÖM rendelet 4. § szerinti erők tűzvédelmi besorolásának [90]. Mivel a rendelet e három kategórián alapul, ezért én is egy hármas felosztást választottam az EKLA területek vizsgálatakor.

A *kismértékű (alacsony)* kockázati osztályba a lakott terület jellegétől függetlenül a nem erdősült területeket, valamint a kismértékben erdősült, elszigetelt lakott területeket soroltam. Ezek a tényezők meglehetősen alacsony tűzkockázatot jelentenek. Ide sorolom többek között Magyarország dél-keleti részét. Az a megítélésem, hogy ezeken a területeken már a jogkövető magatartás szigorúbb ellenőrzésével is elkerülhetők vagy megelőzhetők az EKLA tüzek.

Közepes mértékű kockázati osztályba soroltam azt, ahol a sűrűn lakott vagy az elszórtan lakott terület kismértékben erdősült, illetve ahol az elszigetelt lakott terület nagymértékben erdősült. A második esetben a tűzkockázatot elsősorban a gyúlékony biomassza jelenti az anyagi javakra nézve. Ez elsősorban Magyarország tanyasi területeit fedi le, ezért ide sorolom a Kiskunságot, valamint az ország középső részét is [128]. Itt a hatékony tűz megelőzés érdekében javaslom az erdőtűzveszély felhívására szolgáló táblák kihelyezését, különösen fokozottan tűzveszélyes időszakban. Ez hatékonyan megvalósítható azokkal a hirdetőtáblákkal amelyre erdőtűz megelőzési programot dolgozott ki az Országos Tűz megelőzési Bizottság (OTB) és a NÉBIH [122].

Nagymértékű kockázati osztályba soroltam azt, ahol a sűrűn lakott terület nagymértékben erdősült, illetve ahol az elszórtan található lakóövezetek nagymértékben erdősült területen vannak. A sűrűn lakott EKLA területek vonatkozásában meg kell említenem, hogy itt elsősorban az emberi közreműködésből adódó tűzveszély jelenti a kockázatot, még abban az esetben is, ha a terület összességében kevésbé erdősült. Ide sorolom elsősorban az Észak-magyarországi régió nagyrészét. Ezekben a területeken a fokozott tűzkockázat miatt javaslom lakossági tájékoztató kiadványok készítését, illetve amennyiben lehetséges a helyi járőrszolgálatral való együttműködést.

A kockázati mátrix alapján megalkottam egy 3 x 3 felosztású hazai topológiai mátrixot, amelyben a különböző tűzkockázatokat Magyarországon készített felvételekkel illusztrálom a (16. ábra).



16. ábra: A hazai topológiai mátrix. Készítette: a szerző a Google Earth segítségével.

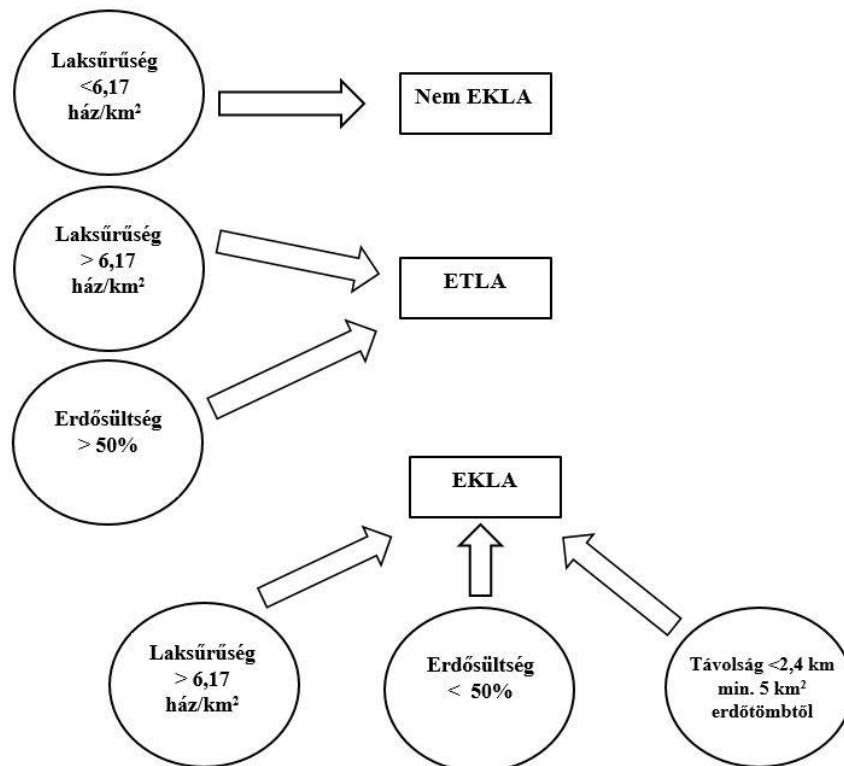
II.1.4. A Wildland-Urban Intermix

A nemzetközi szakirodalom már továbblépett az EKLA területek tanulmányozásán és ma már az ún. Wildland-Urban Intermix (továbbiakban WUI mix) területeket is vizsgálja. Ahogyan a Wildland-Urban Interface úgy a WUI mix esetében is hiányos a fogalom tisztázása. A két fogalom egymással összefügg, azonban szakmai értelemben mégis különbséget kell tenni közöttük. EKLA (WUI) esetén a lakóövezet és az erdőterület egymással határos, úgy, hogy a természetes és az épített környezet egy határfelületet képezve egymástól elkülönül. Ezzel ellentétben a WUI mix egy olyan terület, ahol az elszórtnan elhelyezkedő lakóépületek közvetlenül az erdőterületen belül vannak, vegyülve (mix) a természetes növényzettel.

Az EKLA-hoz hasonlóan a fogalomnak konkrét változata nem jelenik meg a magyar nyelvben, ezért javaslatot teszek ennek magyar nyelvű megalkotására úgy, mint **erdő által több irányból körülvevett lakott terület (ETLA)**.

A kétféle környezet (EKLA és ETLA) elkülönítésére számszerű módszertani megoldások is készültek, amelyek közül a legáltalánosabb Radeloff módszere [130]. A vizsgálatát el lehet végezni az említett „moving window” segítségével, ahol az ablak oldalhossza 1 000 m, tehát a négyzet területe 1 km². Radeloff elemzése szerint, az olyan területek tekinthetők ETLA-nak, ahol a laksűrűség nagyobb, mint 6,17³¹ ház/km² és az erdősültség mértéke meghaladja az 50%-ot a vizsgált ablakon belül. Ebből az következik, hogy az ablak több mint felét az erdőterület adja [128].

Minden olyan területet EKLA-ként azonosít, ahol a lakósűrűség mértéke szintén nagyobb, mint 6,17 ház/km², azonban az erdősültség nem éri el az 50%-ot. Így tehát logikus, hogy a vizsgált ablak kevesebb, mint felét tartalmazza csak az erdőterület [139]. A módszer másik kritériuma az, hogy a vizsgált terület ne legyen 2,4 km-nél (1,5 mérföld) távolabb egy minimum 5 km² nagyságú erdőtömbtől [157] [158]. Az EKLA területek azonosításának elvi összefüggéseit a 17. ábrán szemléltetem.



17. ábra: Az EKLA és ETLA terület közötti különbség. Készítette: a szerző [139] alapján.

³¹ A szerző a kutatása során angolszász mértékegységeket használ, ezért az eredmény nem egész számot tesz ki. 1 ház/40 hold = 6,17 ház/km².

Az EKLA és az ETLA közötti különbséget a 2. képen szemléltetem. A képen jól látszik, hogy az ETLA esetén jelentősen több az erdőterület aránya, mint a lakóépületeké. A mesterséges környezet itt már része a természetes környezetnek, hiszen a lakott terület minden irányból határos az erdővel. Az EKLA esetén látszik, hogy az erdő és a lakóövezet között egy határfelület található. Itt a lakóövezetnek csak egy részét határolja természetes vegetáció, ezért a két terület egymástól jól elkülöníthető. Ennek építésügyi vonatkozásait is érdemes megvizsgálni [159]. A tapasztalatok közös jellemzője, hogy az ilyen terület általában nehezen közelíthető meg, ez pedig kihívást jelent egy tűzoltói beavatkozás során [160] [161]. Az összetett beavatkozás pedig magával vonja a lakosság sebezhetőségének növekedését is [162].



2. kép: ETLA (balra) és EKLA (jobbra) területek Magyarországon. Készítette: a szerző a Google Earth segítségével.

Az ETLA területek Radeloff-módszer szerinti azonosítása egy meglehetősen komplex folyamat, amelyben több kritériumnak is meg kell felelni. Azonban a témában készült szakirodalmak korábbi elemzéséből és az eddigi vizsgálataimból azt a következtetést vonom le, hogy az ETLA területek egyszerűbben is azonosíthatók, ezért erre a célra egy saját módszert dolgoztam ki. A hagyományos EKLA és az ETLA területeken képelemzést végezve megállapítottam, hogy tulajdonképpen, ha összeér két EKLA terület, abban az esetben már ETLA-ról beszélhetünk. Amíg az EKLA, esetén a lakott területeket csak egy irányból határolja erdőszegély, addig az ETLA övezetet legalább két irányból. Amennyiben a települést határoló erdőszegélyektől mért 200 m távolságok érintik vagy átfedik egymást, abban az esetben már ETLA területről beszélhetünk.

Ennek az általam meghatározott új módszernek az értelmezésére megalkottam a 18. ábrát. A vizsgált terület (Pilisszentlászló³²) feltérképezését az eddigiekhez hasonlóan Google Earth segítségével végeztem el. Az ábrán zöld vonallal jelöltem a vizsgált települést határoló erdőszegélyeket, amelyektől lemértem a 200 m –es határvonalakat (sárga vonalak). A zöld és sárga vonalak közé eső területeket EKLA -ként azonosítom, hiszen az ide eső lakóépületeket csak egy irányból fenyegeti az erdőtűz. Az erdőszegélytől mért 200 m távolságok azonban helyenként metszik (piros csillag) vagy akár át is fedik egymást (sárga szaggatott vonalak), így az itt található lakóépületeket nem csak egy, hanem minimum két irányból veszélyezteti az erdőtűz, ezért az ide eső területet ETLA-ként azonosítom. Az erdőszegélytől húzott 200 m –en kívül található lakóépületek már kellően távol vannak az erdőszegélytől, ezért ezeket EKLA-n kívül eső területeknek tekintem, ahol nem számolok az erdőtűzek átterjedési kockázatával.



18. ábra: Az ETLA területek egyszerűbb azonosítási lehetősége. Készítette: a szerző

³² 47°43'06"N; 18°58'50"E

A 18. ábra segítségével tehát új módon azonosítottam az ETLA területeket. Az általam kidolgozott azonosítási folyamat egyszerűbb a nemzetközi Radeloff módszernél, azonban az azonosítás még ennél egyszerűbben is megvalósítható. A fentiekben meghatároztam, hogy ETLA-ként tekintek minden olyan területre, ahol az erdőszegélytől húzott 200 m –es határvonalak metszik vagy átfedik egymást. Ez azonban megegyezik azzal, hogy ha két erdőszegély közti távolság kisebb vagy egyenlő, mint 400 m és azon lakóépület található, abban az esetben is ETLA-ról beszélhetünk. Ezt a felvetést szemléltetem a 19. ábra segítségével.



19. ábra: ETLA terület Répáshután. Készítette a szerző.

A 19. ábrán vizsgált terület Répáshuta³³, amelyet több irányból is erdőszegély határol, amelyek között a távolság minden esetben kisebb vagy egyenlő, mint 400 m, így a települést ETLA-ként azonosítom. Ilyen és ehhez hasonló területek Magyarországon elsősorban a kiterjedt erdőterületek közelében lévő zsáktelepüléseken alakultak ki (pl. Pilisszentlászló, Pilisszentlélek, Dobogókő, Répáshuta).

³³ 48°03'03"N; 20°31'43"E

II.1.5. Az EKLA azonosításával kapcsolatos részkövetkeztetésem

Vizsgálataim alapján arra a következtetésre jutottam, hogy Magyarországon is található olyan területek, amelyek EKLA vagy akár ETLA területnek tekinthetők. Ezeken a helyeken a tűz kialakulásának kockázata mind a természetes környezet, mind pedig az épített környezet tekintetében jelentős. A kutatásaim alapján megállapítom, hogy hazánkban ezek a területek eddig még nem kerültek sem azonosításra, sem pedig elemzésre annak ellenére sem, hogy mind a hazai, mind a nemzetközi tapasztalatok alapján az EKLA területek bizonyosan Magyarországon is kockázatot jelentenek. Az elmúlt évtized éghajlata, a globális éghajlatváltozás, valamint a hazai tüzesetek adatai alapján arra következtetek, hogy a jövőben az EKLA területen keletkező tüzek elleni védekezés a jelenleginél nagyobb kihívás lesz. A kutatásom során megalkottam egy EKLA kockázati, valamint egy hazai topológiai mátrixot, amelynek segítségével meghatározhatom az EKLA területek kockázatát. A besorolás alapján lehetőség van, a valós kockázat gyors megismerésére és a tüzesetekre való hatékonyabb felkészülésre. A kockázatelemzés eredményeként Magyarország valamennyi EKLA területét veszélyességi osztályokba (*alacsony-közepes-nagy*) sorolom, ezzel pedig elősegítem a jövőbeni erdőtűz-megelőzési politika hatékonyságát.

Az ETLA területek azonosítására új és egyszerűbb megoldási lehetőséget kínáltam, mint a nemzetközi szinten alkalmazott Radeloff-módszer. Meghatároztam, hogy ETLA-ként tekintek minden olyan területre, ahol az erdőszegélytől húzott 200 m –es határvonalak metszik vagy átfedik egymást. Más megközelítésben, ha két erdőszegély közti távolság kisebb vagy egyenlő, mint 400 m és azon lakóépület található, abban az esetben is ETLA-ként azonosíthatjuk a területet.

II.2. Az EKLA tüzek kockázata Magyarországon

Az erdőhöz közeli lakott területek nemzetközi kitekintése után megvizsgálom a hazai viszonyokat is. A fejezet elején azzal a feltételezéssel éltem hogy Magyarországon is kialakultak olyan erdőhöz közeli lakott területek, ahol jelentős a természetes környezetről a lakó környezetre történő tűzterjedés kockázata. Ahhoz, hogy ezeket a hazai területeket azonosítsam, összetett elemzést készítek, megyei adatbázisok alapján. Megjegyzem, hogy amennyiben az elemzést nem megyei, hanem települési

szinteken végezzük, akkor még pontosabb eredményt kapunk, azonban a kutatás során én mégis megyei szintű vizsgálatot végeztem. Ennek egyik oka, hogy Magyarországon még nem valósult meg az EKLA területek beazonosítása, ezért a logika azt diktálja, hogy először egy átfogó (megyei) elemzést készítsék a problémáról és majd csak utána merüljek el a részletekben. Másodszor, a kutatásom ideje alatt nem rendelkeztem akkora erőforrással, ami biztosította volna azt, hogy az ország minden egyes kis területén részletes kockázatelemzést végezzek. Ennek ellenére a kutatásom eredményeként azonosíthatók és besorolhatók lesznek a hazai EKLA területek, valamint azok kockázata is megjelenik majd megyei szinten, térkép formájában. Ehhez olyan módszert választottam, amelyet egy 3 lépéses elemzés segítségével valósítok meg.

A vizsgálatomhoz egy mátrixelemzést választottam, amelyben a mátrix kockázati elemeihez (biomassza, tüzesetszám, urbanizáció) különböző értékeket rendeltem 1-3 érték között, az EKLA tűzkockázattól függően. Minden elem esetén 1-es értéket adtam azoknak a tényezőknek, amelyek kismértékű tűzkockázatot jelentenek. 2-es értéket adtam a közepes mértékű, valamint 3-as értéket a nagymértékű kockázati tényezőknek.

Első lépésként a hazai biomassza tűzveszélyességének vizsgálatát és elemzését végzem el. Az elemzés részeként három kockázati csoportot határozok meg. Ebben az 1-es érték a kismértékben tűzveszélyes biomasszát, a 2-es érték a közepes mértékben tűzveszélyes biomasszát, a 3-as érték pedig a nagymértékben tűzveszélyes biomasszát jelenti. *1-es kategóriába* sorolom hazánk lombhullató faállományait, *2-es kategóriába* azokat, ahol az akác és nyáras állományok vegyesen találhatóak a fenyőállománnyal. *3-as kategóriába* sorolom a magyarországi erdei-és feketefenyő állományokat, valamint a gyúlékony és száraz borókás vegetációt.

Második lépésként az elmúlt 9 év tüzeseti statisztikájának a vizsgálatát és elemzését végzem el. Az elemzés részeként itt is három kategóriát hozok létre. *1-es kategóriába* (kismértékű tűzveszély) sorolom azokat a megyéket, ahol a 2011-2019 közötti vizsgált időszak 9 éves tüzesetszám átlagánál kevesebb erdőtűz keletkezett. *2-es kategóriába* teszem azokat a megyéket, ahol a 9 éves átlagot megközelítő számú erdőtűz keletkezett (közepes mértékű tűzveszély). *3-as kategóriába* sorolom azokat a megyéket, ahol a tüzesetszámok átlaga meghaladja a 9 éves átlagot (nagymértékű tűzveszély). A 9 éves átlag a vizsgált időszakban éves szinten 67 tüzesetet jelent megyénként!

Harmadik lépésként az erdőhöz közeli lakott területek elhelyezkedésének vizsgálatát és elemzését végzem el. Az elemzés során három kategóriát hozok létre. 1-es kategóriába sorolom azokat a területeket, ahol az erdőszegély mentén egyáltalán nem, vagy csupán tanyasi jellegű lakott területek vannak. Itt az épületek közötti tűzterjedésre nincs lehetőség, ezért ez esetben kismértékű kockázatot határozok meg. 2-es kategóriába sorolom azokat az erdőterületeket, ahol az erdőszegély mentén a lakóépületek egymáshoz képest elszórtan helyezkednek el. Itt az épületek közötti tűzterjedés lehetősége már fent áll, azonban ennek kockázata nem jelentős (közepes kockázat). 3-as kategóriába sorolom azokat a területeket, ahol az erdőszegély mentén a lakosság telepszerűen él. Itt a lakóépületek közel vannak egymáshoz, ezért az épületek közötti tűzterjedéssel is számolni kell (Nagymértékű kockázat).

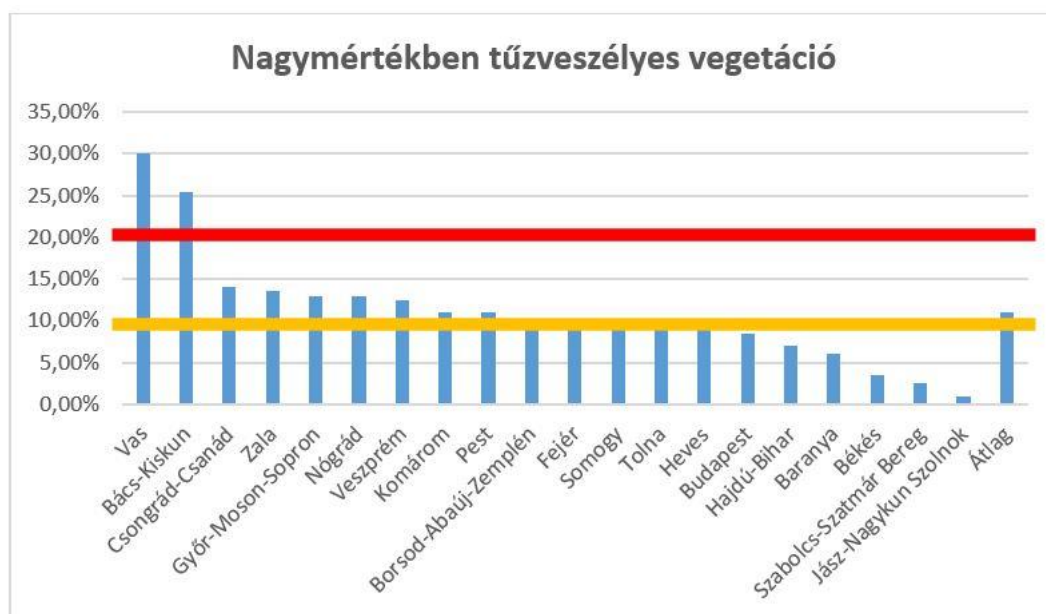
II.2.1. A hazai biomassza tűzveszélyességének vizsgálata és elemzése

A magyarországi biomassza tűzveszélyességének vizsgálati alapja egy megyei szintű kockázatelemzés. Megvizsgáltam, hogy a hazai megyékben az összes erdőterületet figyelembe véve hány százalék a nagymértékben tűzveszélyes, illetve a közepesen tűzveszélyes vegetáció. Ezt mutatom be a 20. és a 21. ábra segítségével. Az elemzésem elkészítéséhez a NÉBIH Erdészeti Igazgatóság *Erdőterületek tűzveszélyességi besorolása helységenként* megnevezésű 2018 adatállományát használtam.³⁴ Ezek az adatok elsősorban a tűzveszélyes biomassza kiterjedésére vonatkoztatnak információkat, ezért nem minden adat releváns EKLA szempontból. Az elemzésem során az erdőterületek nagyságát nem súlyozom a megyék nagyságával. A súlyozás ugyan módszertani szempontból jobb eredményhez vezet, de ez alapvetően megtévesztő is lehet, hiszen a tűzoltóságokat sem az erdőterületekhez viszonyítva hozták létre, tehát ez a tűzoltás és a logisztikai hatékonyság szempontjából elhanyagolható.

Először a nagymértékben tűzveszélyes vegetációt vizsgáltam. Az elemzésem alapja, az, hogy a 19 megyében és a fővárosban átlagosan az összes vegetáció 11% - a nagymértékben tűzveszélyes, így logikus, hogy a legtöbb megye adata, ezt az értéket közelíti meg. Az adatbázis alapján meghatároztam, hogy jelentős nagymértékben tűzveszélyes vegetációval (több mint 20% - piros határérték vonalat meghaladó

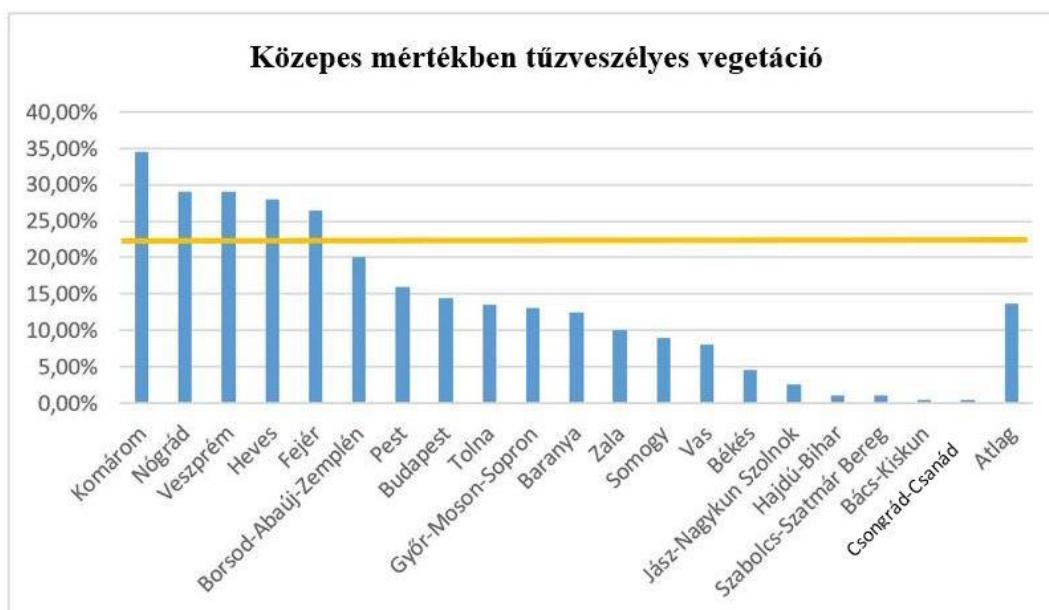
³⁴ Az adatállomány a szerző magánarchívumában megtalálható.

megyék), csupán Bács-Kiskun és Vas megye rendelkezik. Itt a fokozottan tűzveszélyes vegetáció mértéke jelentősen (több mint 10%-al) meghaladja a 11%-os (sárga vonal) megyei átlagot. Így ezt a két megyét magyarországi viszonylatban nagymértékben tűzveszélyesnek tekintem és hozzá a mátrixban a 3-as kockázati értéket rendeltem.



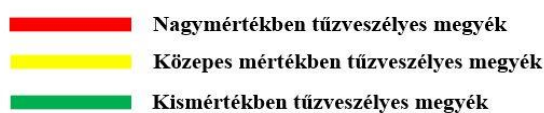
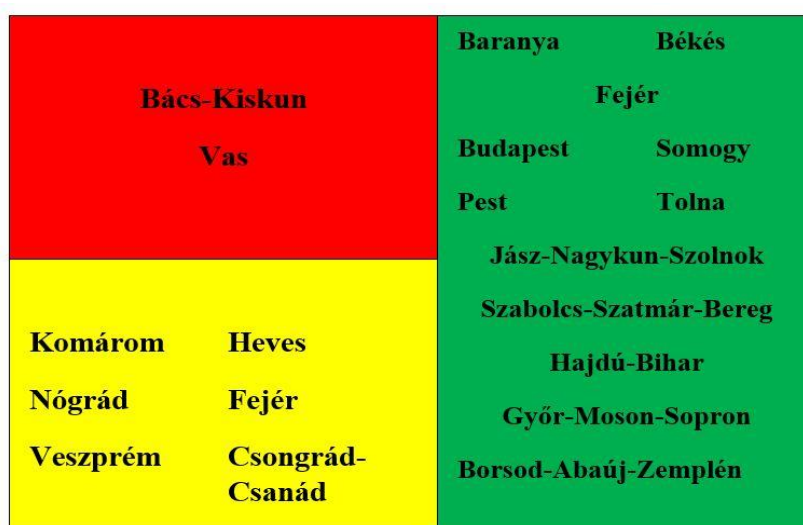
20. ábra: Nagymértékben tűzveszélyes vegetáció aránya megyénként. Készítette a szerző. Forrás: NÉBIH Erdészeti Igazgatóság.

Közepes mértékben tűzveszélyes vegetációk nagy számban elsősorban Fejér, Heves, Komárom, Nógrád és Veszprém megyékben vannak (21. ábra). Ezek értéke legalább 10%-kal meghaladja (sárga vonal feletti megyék > 23%) a többi megye átlagát (13%). Ide soroltam még Csongrád- Csanád megyét is, ahol ugyan a közepes mértékben tűzveszélyes vegetáció mértéke elenyésző, azonban figyelembe véve a nagymértékben tűzveszélyes vegetáció mértékét is, összességében realisabbnak tartottam a megyét ebbe a kategóriába sorolni. Ennek eredményeként ezekhez a megyékhez a mátrixban a 2-es értéket csatoltam.



21. ábra: Közepes mértékben tűzveszélyes vegetáció aránya megyénként. Készítette a szerző. Forrás: NÉBIH Erdészeti Igazgatóság.

A többi magyarországi megye nem rendelkezik nagyobb kiterjedésű tűzveszélyes vegetációval, ezért ezek a legalacsonyabb 1-es értéket kapták a mátrixban.



22. ábra: EKLA tüzek kockázati besorolása megyénként a biomassza tűzveszélyessége alapján. Készítette: a szerző

Az 1. lépés eredményeként, meghatározom, hogy az egyes megyék melyik kockázati kategóriába esnek a tűzveszélyes biomassza vizsgálatának alapján (22. ábra).

II.2.2. A tüzesetszámok vizsgálata és elemzése

A tűzveszélyes biomassza vizsgálata után a 2011-2019 évek közötti erdőtüzek statisztikai adatait elemeztem. A NÉBIH adatbázisa alapján összegyűjtöttem a vizsgált időszak erdőtüzeinek számát és átlagát megyékre lebontva. A vizsgálat azért esett erre az időszakra, mert egyrészt részletes statisztikai adatok csupán 2011 óta állnak rendelkezésünkre, másrészt pedig a kutatáshoz végzett adat-felvételezés időpontjában a 2020-as adatok még nem lettek teljes mértékben feldolgozva. A 2011-2019 közötti tüzesetek megyei statisztikai adatait mutatja be a 23. ábra.

Megye	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Átlag 2011-től
Bács-Kiskun	108	170	37	38	56	24	113	41	125	79
Baranya	78	168	27	17	27	11	44	23	90	54
Békés	64	61	11	23	11	8	16	8	45	27
Borsod-Abaúj-Zemplén	281	308	109	178	235	93	224	121	436	221
Budapest	20	55	28	29	0	0	0	0	1	15
Csongrád-Csanád	63	119	29	44	47	19	122	34	71	61
Fejér	102	73	20	34	21	9	65	19	65	45
Győr-Moson-Sopron	44	57	15	19	16	7	36	10	60	29
Hajdú-Bihar	66	130	57	72	71	16	29	17	128	65
Heves	227	177	61	85	51	28	63	29	125	94
Jász-Nagykun-Szolnok	111	85	34	49	49	21	63	26	121	62
Komárom-Esztergom	116	71	32	33	52	19	42	21	68	50
Nógrád	126	165	23	47	42	28	85	24	105	72
Pest	180	354	79	156	134	50	225	52	234	163
Somogy	134	190	36	33	33	15	76	22	89	70
Szabolcs-Szatmár-Bereg	104	189	61	125	145	59	97	54	170	112
Tolna	34	76	16	16	6	7	27	5	38	25
Vas	18	50	21	7	13	6	25	5	24	19
Veszprém	66	83	41	27	44	19	61	11	55	45
Zala	79	76	24	10	16	13	41	8	38	34
Összesen	2021	2657	761	1042	1069	452	1454	530	2088	1342

23. ábra: A hazai erdőtüzek száma megyénként 2011-2019 között. Forrás: NÉBIH Erdészeti Igazgatóság.

A 23. ábrán látható, hogy a vizsgált időszakban a tüzesetek kilencéves átlaga megyénként a következőképpen alakult: A 2011-2019 közötti tüzesetszám átlaga megyénként 67 tüzeset/év. *1-es értéket* kapott a mátrixban az a megye, ahol a tüzesetszám éves átlaga az összes megye átlagát tekintve jelentősen átlag alatti (<57), így ezek kismértékben tűzveszélyesek. Átlagos mennyiségű tüzesetszámnak tekintem a 67 ± 10 értéket (átlagos tüzesetszám: 57-77 tüzeset/év/megye). E tartományon belüli tüzesetszámmal rendelkező megyéket közepes kockázatúnak tekintem, tehát ezekhez a *2-es értéket* rendeltem. Ide tartozik: Nógrád, Somogy, Csongrád-Csanád, Hajdú-Bihar és Jász-Nagykun-Szolnok megye. A 78, vagy annál több tüzesetszámmal rendelkező megyék nagymértékben tűzveszélyesek, ezért ezekhez a *3-as értéket* rendeltem a mátrixban. Ide tartozik: Borsod-Abaúj-Zemplén, Pest, Szabolcs-Szatmár-

Bereg, Heves és Bács-Kiskun megyék. A tűzesetszámok elemzésének eredményeként meghatároztam, hogy Magyarország megyéiben milyen mértékű kockázatot jelent egy erdőtűz.

II.2.3. Lakóépületek elhelyezkedésének vizsgálata és elemzése

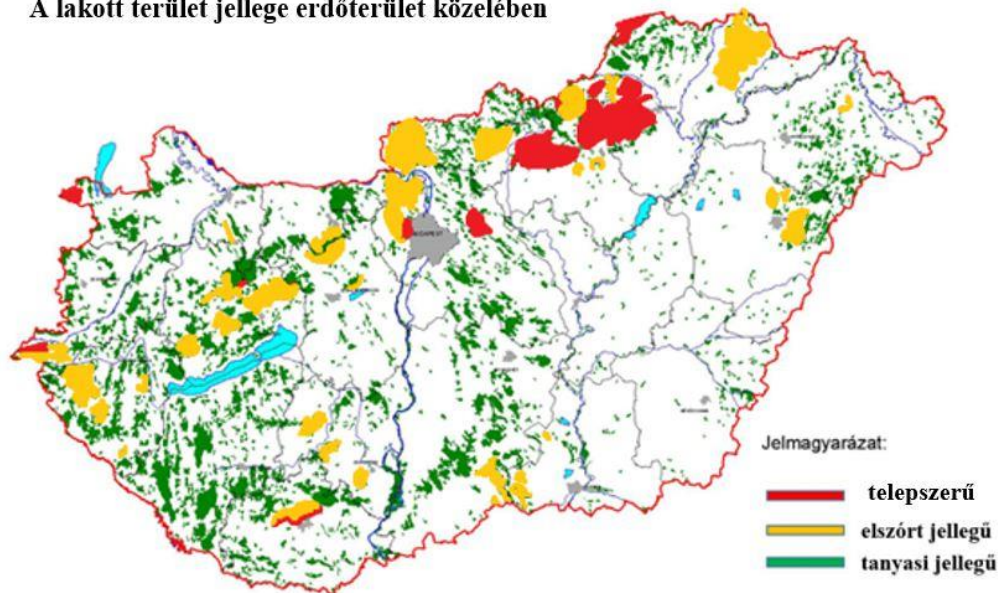
A háromlépéses elemzésem utolsó lépéseként a lakóépületek egymáshoz viszonyított elhelyezkedését vizsgáltam az erdőszegély mentén. Ehhez egy kétdimenziós térképi elemzés módszert alkalmaztam Google Earth használatával, aminek segítségével megvizsgáltam a lakóépületek közti távolságokat az EKLA-n. Az elemzésem alapja a lakóépületek közötti távolság, amellyel az épületek közötti tűzterjedés lehetőségét vizsgálom. A lakóépületek alaprajzát és a domborzati viszonyokat jelen esetben nem vizsgálom.

A 24. ábrán zöld színnel jelöltem azokat az erdőterületeket, amelynek közelében nincs lakott terület, vagy csupán tanyasi jellegű lakott területek vannak. Itt a lakóépületek többsége az erdőszegély mentén egymástól 30 m távolságon felül helyezkedik el. Konkrét példát a 2. számú függelékben helyeztem el. Itt az épületek közötti tűzterjedés lehetőségével nem kell számolni, ezért *kismértékű kockázatot* határozok meg és a mátrixban ezekhez 1-es értéket adok.

Sárga színnel jelöltem azokat az erdőterületeket, ahol az erdőszegély mentén a lakóépületek egymáshoz viszonyítva elszórtan helyezkednek el. Itt az épületek közötti tűzterjedés lehetőségére már valamilyen szinten számítani kell, azonban ennek kockázatát a tapasztalatok alapján még nem tartom jelentősnek. A tűzterjedés lehetőségét, itt elsősorban a lakóépületek körüli ingatlanokon lévő vegetáció jelenti. Ilyen esetben a tűz egy lakóépületről könnyen áttérhet a közeli éghető vegetációra, majd onnan a szomszédos lakóépületre. Ezeken a területeken a lakóépületek közötti távolság 10 – 30 m. Konkrét példát a 3. számú függelékben helyeztem el. Az ide sorolt területeket *közepes mértékű kockázatként* értékelem, a mátrixban pedig 2-es értéket kapnak. Ebbe a kockázati kategóriába tartoznak Nógrád, Pest, Zala, Csongrád-Csanád, Veszprém és Győr-Moson Sopron megyék.

A piros színnel azokat a területeket jelöltem, ahol telepszerű lakóövezet található az erdőszegély mentén. Itt a lakóépületek többsége 10 m-en belül helyezkedik el egymáshoz képest, aminek köszönhetően számítani kell az épületek közötti közvetlen tűzterjedésre is, ezért ezeken a területeken *nagymértékű kockázatot* határozok meg. Ilyen terület kialakult Borsod-Abaúj-Zemplén és Heves megye lakóövezeti, a főváros észak-budai területén valamint Sopron és környékén. Konkrét példát a 4. számú függelékben helyeztem el. A mátrixban ezek a területek a 3-as értéket kapták. A fent részletezett épületek közötti távolsági értékeket a nemzetközi szinten elfogadott WUI (EKLA) védelmi zóna határaihoz viszonyítva határoztam meg. Ennek részletes elemzésével a következő alfejezetekben foglalkozom, ezért erre itt még nem térek ki.

A lakott terület jellege erdőterület közelében



24. ábra: A lakott területek jellege erdőterület közelében. Készítette: a szerző

II.2.4. Magyarország megyei szintű EKLA kockázata

A kockázati besorolás érdekében háromlépéses elemzést végeztem amelynek szemléltetéséhez egy mátrixot alkottam (biomassza kockázat, tüzeseti statisztika urbanizációs jelleg). Az 1-es, 2-es és 3-as értékeket minden megye esetén összeadtam és meghatároztam az összesített hazai EKLA kockázatot. Az eredményeket a 3. táblázatban mutatom be.

3. táblázat: AZ EKLA kockázati mátrix értékei megyénként. Készítette: a szerző

Ssz.	Megyék	biomassza kockázata	urbanizációs viszony	tüzeseti statisztika
1	Bács-Kiskun	3	1	3
2	Baranya	1	1	1
3	Békés	1	1	1
4	Borsod-Abaúj-Zemplén	1	3	3
5	Budapest	1	3	1
6	Csongrád-Csanád	2	2	2
7	Fejér	2	1	1
8	Győr-Moson-Sopron	1	2	1
9	Hajdú-Bihar	1	1	2
10	Heves	2	3	3
11	Jász-Nagykun Szolnok	1	1	2
12	Komárom	2	1	1
13	Nógrád	2	2	2
14	Pest	1	2	3
15	Somogy	1	1	2
16	Szabolcs-Szatmár Bereg	1	1	3
17	Tolna	1	1	1
18	Vas	3	1	1
19	Veszprém	2	2	1
20	Zala	1	2	1

A mátrix egyes értékeit összeadtam, ennek következtében a megyék összesített EKLA kockázatát a 4. táblázatban mutatom be. Az értékeket, vagyis jelen esetben a tűzkockázatot a 25. ábrán tudtam matematikailag szemléltetni.

Nagymértékű EKLA kockázat	$x \geq 7$
Közepes mértékű EKLA kockázat	$5 \leq x \leq 6$
Kismértékű EKLA kockázat	$x \leq 4$

25. ábra: Az EKLA kockázat számtani értékei. Készítette: a szerző.

Azokban a megyékben, ahol az értékek összege meghaladta a 7-et ott az EKLA kockázatot nagymértékűnek tekintem. Ott, ahol a megyék kockázati értéke 5 és 6 között van, közepes mértékű kockázatot állapítok meg. A 4-es és az az alatti értékkel rendelkező megyékben az EKLA tüzek kockázatát alacsonyra értékelem. Az egyes megyék összértékeit a 4. táblázatban mutatom be.

4. táblázat: A megyék összesített kockázati értékei. Készítette: a szerző

Sorszám	Megye	Összesített érték
1	Borsod-Abaúj-Zemplén	7
2	Bács-Kiskun	7
3	Heves	7
4	Csongrád-Csanád	6
5	Nógrád	6
6	Pest	6
7	Budapest	5
8	Szabolcs-Szatmár Bereg	5
9	Vas	5
10	Veszprém	5
11	Fejér	4
12	Győr-Moson-Sopron	4
13	Hajdú-Bihar	4
14	Jász-Nagykun Szolnok	4
15	Komárom	4
16	Somogy	4
17	Zala	4
18	Baranya	3
19	Békés	3
20	Tolna	3

A hatékonyabb illusztráció érdekében megyei felosztású térképen is ábrázoltam a magyarországi valós EKLA kockázatot. Kutatásom alapján három megyében állapítottam meg nagymértékű EKLA kockázatot. Ezek Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves és Bács Kiskun megyék. Közepes mértékű EKLA tüzkockázatot Budapesten, valamint Pest, Nógrád, Veszprém, Vas, Csongrád-Csanád és Szabolcs-Szatmár Bereg megyékben állapítottam meg. A többi magyarországi megyét kismértékű EKLA tüzkockázatúnak tekintem. A háromlépéses elemzésem eredményeként azonosítottam az EKLA területeket és **megalkottam hazánk első megyei szintű EKLA tüzkockázati térképét** (26. ábra).



26. ábra: Magyarország EKLA tűzveszélyt mutató térképe. Készítette: a szerző

A térkép megalkotásával igazoltnak tekintem azt a feltételezésemet, miszerint Magyarországon is kialakultak olyan erdőhöz közeli lakott területek, ahol jelentős a természetes környezetről a lakó környezetre történő tűzterjedés kockázata. Az EKLA típusú tüzek, az emberi életet, az anyagi javakat és a természetes környezetet is veszélyeztető tüzek, három megyében jelentenek nagyobb kihívást, amelyek Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves és Bács-Kiskun megyék. Ennek eredményeként szükségesnek látom az érintett megyék hivatásos tűzoltóparancsnokságainál a hazai tűzszezonok előtt kötelező erdőtűzoltó gyakorlatok megtartását. Ezeken a gyakorlatokon a hatékonyság növelése érdekében a tűzszezonok ideje alatt, a hatékonyabb figyelemfelhívás érdekében javaslom az illetékes önkormányzati és önkéntes tűzoltóságok bevonását is. Az érintett Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóságok részére pedig javaslom lakossági tájékoztatókiadványok készítését.

II.3. Az EKLA tüzek megelőzése

Az EKLA területek azonosítása és kockázatelemzése után megvizsgálom az EKLA tüzek megelőzési lehetőségeit is. Ennek keretén belül az értekezésem elején megfogalmazott hipotézisemnek megfelelően **vélelmezem, hogy biztonsági zónák kialakításával csökkenthető a tűzterjedési kockázat, amelyekkel az erdőhöz közeli lakott területek személyi és anyagi védelme a jelenleginél hatékonyabbá**

tehető. Ahhoz, hogy az EKLA területen keletkezett tűzkárokat megelőzzük, vagy adott esetben csökkentjük, újszerű tűzmelegelőzési megoldásokra és hatékony irányelvek kidolgozására van szükség. A tüzek megelőzésére útmutatásokat a különböző jogszabályokban találunk. A jogszabályok mellett azonban, vannak olyan irányelvek, intézkedések, illetve megoldási lehetőségek is, amelyek betartása egyszerű és könnyen alkalmazható az állampolgárok részéről is. Ennek ismeretében az állampolgár már bizonyos egyszerű tevékenységek megvalósításával is nagymértékben hozzájárulhat az EKLA tüzek megelőzéséhez. Ezek a megoldási lehetőségek elsősorban olyan építésügyi és karbantartási megoldások, amelyek számottevő extra költséget nem tartalmaznak. Így, maga az állampolgár is képes hozzájárulni a megelőző tűzvédelem hatékonyságának növeléséhez, ezzel védve életét, anyagi javait és a környezetet. Az erdőtüzek elleni védekezési lehetőségek első lépcsőjének ezért az állampolgárokat tekintem. Ennek igazolására megvizsgálom, hogy egy átlagos állampolgár hogyan segítheti az EKLA tüzek megelőzését, úgy hogy a jogszabályban meghatározott előírásokon túlmutató egyszerű megoldásokat alkalmaz. Visszatulva a fejezet elején megfogalmazott célkitűzésemhez, **célom javaslatot tenni olyan új irányelvek és jogszabályi előírások alkalmazására, amelyek védelmi zónák létrehozásával biztonságosabbá teszik az erdőhöz közeli lakott területek megelőző tűzvédelmét.**

A fenti célkitűzés megvalósítása érdekében először bemutatom a nemzetközi szinten is ismert és elfogadott erdőtűzmelegelőzési módszereket. Ennek során részletesen megvizsgálom az ún. védelmi zónák létrehozásának lehetőségeit is annak érdekében, hogy hatékonyabbá váljon az erdőszegély mentén élők személyi és anyagi biztonsága.

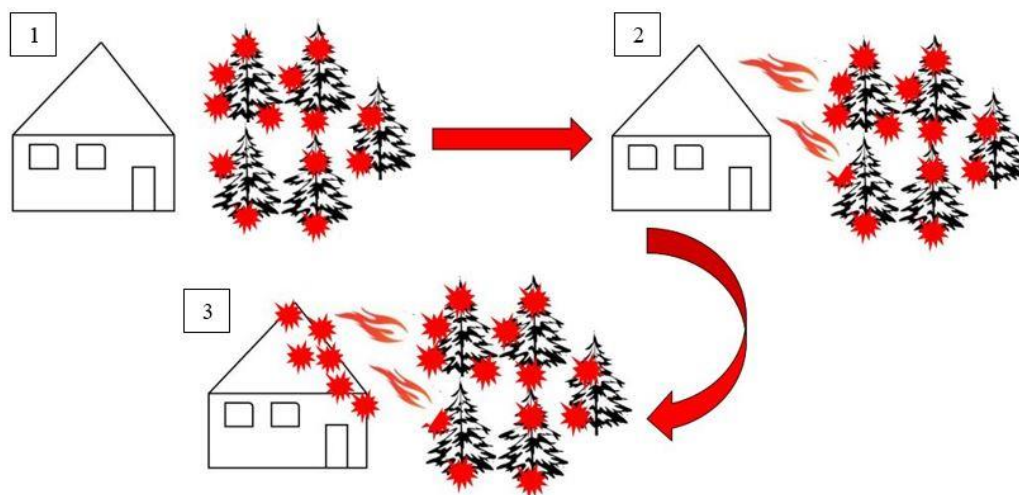
II.3.1. EKLA tüzek kialakulása és terjedése

Az erdőtüzek keletkezésének okát és befolyásoló tényezőit már az értekezésem korábbi fejezetében megvizsgáltam, amelyre számos példát találtam a nemzetközi [163] és a hazai szakirodalmak között [92] [164]. Az elemzés eredményére visszatekintve megállapítottam, hogy az erdőtüzek kialakulásának legfőbb oka emberi közreműködésre vezethető vissza, valamint hogy a tűzfejlődés dinamikájára jelentős befolyással van az időjárás, illetve a biomassza. A gyúlékony biomassza már önmagában is tűzkockázatot jelent a lakosságra nézve, ami különösen igaz akkor, ha az időjárás meleg, száraz, illetve esetenként erős szellőkések is tapasztalhatók. Ezeket

az időszakokat nevezzük tűszezonnak. A tűzeseti statisztikák elemzése alapján Magyarországon ide sorolják a kora tavaszi, illetve a nyári időszakot. Amennyiben a tűz már kialakult, abban az esetben a tűzterjedést meg kell akadályozni, különösen ott, ahol a lakosság az erdőszegélyen mentén él [22]. Itt az erdőtűz nem csak a természetet, hanem az emberi életet, valamint az anyagi javakat is veszélyezteti, aminek következtében szükség lehet akár a lakosság kitelepítésére is.

A tűszezonok ideje alatt egy nagy az erdőtűz kialakulásának esélye, emellett a tűz terjedése is gyors, különösen erős légköri mozgás esetén. Az erdőtűzek súlyosságát meg lehet határozni a lángmagasság, a lánghossz, illetve tűzintenzitás alapján is. A tűz lombkoronaszintre történő áttérjedése függ a koronaszint kezdeti magasságától, a tűzintenzitástól és a lángmagasságtól is [92]. Bár a koronatűzek megelőzésére már vannak erdészeti megoldások, azonban teljes mértékben ez még nem megoldott, hiszen kivitelezésük olykor drága vagy körülményes, így a koronatűzek kialakulását jelenleg nem tudjuk megelőzni [126]. A nagy intenzitású, gyorsan terjedő tűzek jelenségei közé sorolható a nagy lángmagasság, az intenzív füstképződés és a röptűz is (firebrand³⁵). Ez olykor nagy kihívást jelenthet, hiszen a légköri mozgás okozta röptűz képes megváltoztatni a tűzoltás taktikáját, de hatással lehet az erdőhöz közeli lakóépületek kockázatára is. A röptűzek lángra gyújthatják az éghető anyagokat, ami lakóövezetben akár az épület tetőzetét is jelentheti. Ettől kezdve dominó-hatás szerűen már az erdőszegély mentén lévő valamennyi lakóépületet veszélyezteti a tűz, aminek egyik következménye lehet az érintett lakosság kitelepítése. A lakosság kitelepítése, kimenekítése polgári védelmi feladat, aminek a végrehajtását hazánkban a hivatásos katasztrófavédelmi szervezet polgári védelmi és tűzoltósági szakterülete közösen együttműködve hajt végre [165]. A tűzterjedés az EKLA területen különösen nagy veszélyt jelent, ezért megvizsgálom azt, hogy milyen módon terjedhet a tűz az épített környezetre. Ennek vizsgálatához részletesen elemzem a röptűzek gyújtóhatásának feltételeit. A röptűzek, mint gyújtóforrások tüzet okozhatnak a lakóingatlanok épületszerkezetén vagy akár az azt körülvevő gyúlékony építményeken is [166]. Ahogyan az EKLA vonatkozásában is megkülönböztettem közvetlen és közvetett határfelületet, úgy a lakóépületre történő tűzterjedés során is megkülönböztetek közvetlen és közvetett tűzterjedést. Ezt a 27. és 28. ábrán mutatom be.

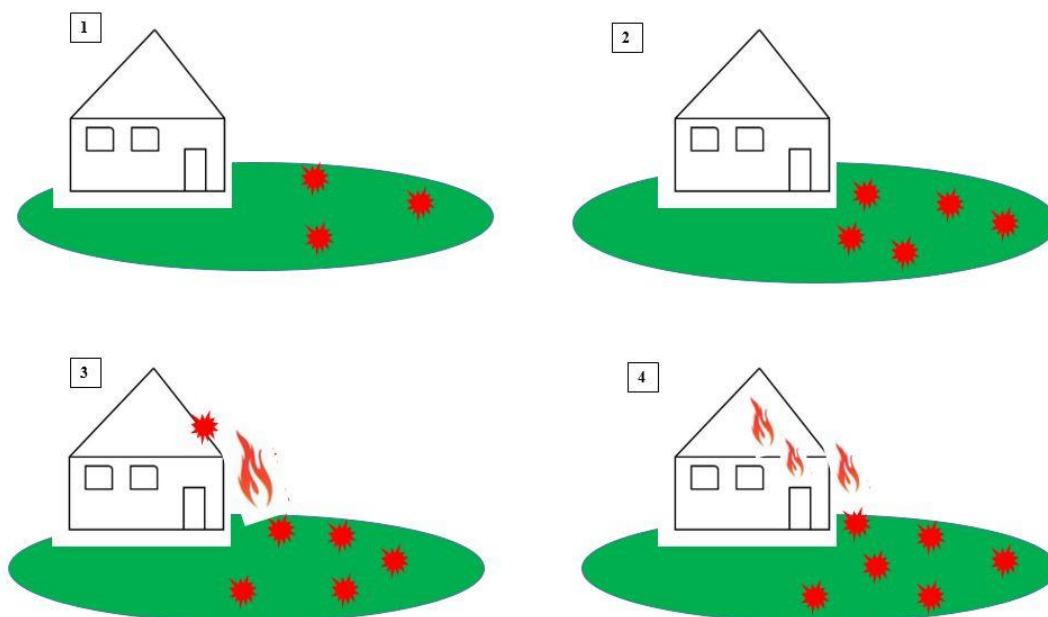
³⁵ A „firebrand” a tűz frontvonalában keletkező még izzó zsarátnok, amely a tűz frontvonalától távolabb a földre hullva újabb tűzek (spotfire) kialakulását eredményezheti.



27. ábra: Közvetlen tűzterjedés lakóépületre. A szerző szerkesztése a [167] alapján.

Lakóépületre történő közvetlen tűzterjedés során a tűz frontvonala tulajdonképpen eléri az épített környezetet és ott meggyújt minden éghető anyagot. A tűzoltók számtalan ilyen esettel találkoznak, amikor elhanyagolt területeken hétvégi házak kapnak lángra a tavaszi szárazfű-tüzes időszakban. Röptűz esetén az égő zsarátnokok az épületek tetejére hullanak, ezzel tüzet okozva. Ez a legtöbb esetben lombkoronáról távozó égő fadarabok és forró pernye formájában jelennek meg, nem pedig talajtűz következményeként. Az ilyen típusú tüzek ellen szinte lehetetlen védekezni a különböző lakossági módszerekkel, ezért a keletkezett tüzet rendszerint a tűzoltók oltják el. Amennyiben tűz eléri az első lakóépületet, abban az esetben az épületszerkezet rövid idő alatt lángra kap, ami veszélyt jelent a közelben lévő többi lakóépületekre is. Amikor az épület távolabb helyezkedik el a tűz frontvonalától, akkor elsősorban a röptűzek (spot fire³⁶) kisebb talajtűzeket létrehozva oldalról érik el a lakóépületet [129]. Ezt mutatja be a 27. ábra.

³⁶ A „spot fire” a röptűz azon fajtája, amikor az égő zsarátnokok (firebrands) a tűz frontvonalától távolabbi helyeken egy másik, új tűz kialakulását előidézték. Míg a firebrand a még hulló, égő zsarátnokot jelenti, addig a „spot fire” a már földre hullott kialakult új tűzfészket. A két fogalom között a magyar nyelv nem tesz különbséget, mindkettőt egyaránt röptűzként nevezi a szakirodalom.



28. ábra: Közvetett tűzterjedés lakóépületre. Készítette: a szerző [167] alapján.

A 28. ábra bal felső sarkában megjelennek az első röptüzek, amelyek a talajon lévő növényzet miatt könnyen meggyulladnak, majd megkezdődik a felszíni tűzterjedés. A röptüzek folyamatosan keletkeznek az intenzív feláramlás következtében, ezért az első röptüzek megjelenése után továbbiak megjelenésére is számítani kell (28. ábra jobb felső kép). Ezután a röptüzek rövid időn belül elérik a lakóépület valamely éghető részét (28. ábra bal alsó kép), majd következő lépés a tűz épületszerkezetre történő áttérése. Ez akár az egész épület leégéséhez, valamint egyéb más épületre történő terjedéshez is vezethet (28. ábra jobb alsó kép). Az épületek közötti tűzterjedés az EKLA tüzek esetében ott jelenti a legnagyobb kihívást, ahol a lakosság az erdőszegély mentén telepszerűen (nagy laksűrűség) él [129].

A röptűz-vizsgálatom során megkülönböztetem azt, hogy a kialakult röptűz milyen típusú. A lángoló típusú könnyebben gyújtja meg a tűzveszélyes vegetációt, amelyet egyrészt a tűzoltói tapasztalatok, másrészt pedig laboratóriumi vizsgálatok is igazoltak [168]. Egy amerikai kutatócsoport három különböző típusú gyúlékony biomasszát vizsgált, úgy, mint keményfa, fenyő-szalma és lekaszált fű. A kísérlet során alkalmaztak izzó és lángoló röptűzet is. A vizsgálat eredményeként megállapították, hogy egy lángoló röptűz nem képes egyik típusú éghető anyagot sem meggyújtani, ha annak nedvességtartalma 11% vagy annál nagyobb. Több röptűz (röptűzeső³⁷) is csak a lekaszált fű meggyújtására volt alkalmas. Ezzel ellentétben már egy izzó röptűz is

³⁷ Több röptűz egyidejű hullása a tűz frontvonalára előtt.

képes volt a 11% nedvesség tartalmú aprított fa kivételével a szalma és a kaszált fű meggyújtására. A kísérlet eredménye, hogy már egy-két keletkező lángoló röptűz is képes talajtűzet létrehozni, a kiszáradt talajközeli biomasszán. A koronatűz kialakulásához azonban már nagyobb tűzintenzitásra van szükség [168].

A fentiek alapján megállapítom, hogy az EKLA tüzek közvetlen és közvetett módon is képesek elérni a lakóépületeket. A közvetett tűzterjedés legnagyobb kihívásának a röptűzeket tekintetem, amelynek kapcsán különbséget tettem az izzó és lángoló röptűzek gyújtási kockázata között. Emellett tisztáztam a fogalom meghatározásából adódó hazai és nemzetközi különbségeket is.

II.3.2. Javaslatok lakossági tűzmegelőzési módszerekre

A tűzterjedés vizsgálata után az EKLA tüzek megelőzési, illetve védekezési lehetőségeit tárom fel. Mivel Magyarországon az EKLA fogalma kevésbé ismert, ezért logikus, hogy az ellenük való védekezési lehetőségek ismertek is hiányos. A nemzetközi szakirodalmat vizsgálva találtam olyan megoldási módszereket, amelyek alkalmazásával az egyes elsősorban fából készült épületek és építmények védelmét egyszerűen megvalósíthatjuk. Takahashi a kisebb építményeket speciális fóliatakaróval védi, amelynek minőségét valós körülmények között is vizsgálta. A vizsgálatának eredménye, hogy egy általa kifejlesztett fólia alkalmazható épületek részleges szerkezeti védelmére (pl. ablak) és tűzoltó technikai eszközök védelmére is [169].

Az erdőről a lakóövezet irányába terjedő tüzek vizsgálata alapján azt a következtetést vonom le, hogy figyelmet kell fordítani a különböző hatósági irányelvek betartására. Kutatásaim során találtam olyan irányelveket, amelyek betartásával nagymértékben csökkenthetjük egy-egy lakóépület meggyulladás kockázatát EKLA területen. Ezek a módszerek elsősorban a közvetlen tűzterjedés megelőzését szolgálják, legfőképpen az állampolgároknak és az erdőgazdálkodóknak szólnak. A módszerek betartása nem igényel sem jelentős időt, sem pedig jelentős többletköltséget, ezért betartásukat javaslom és bármely helyen alkalmazhatónak tekintem.

A következő, egyszerű lakossági módszerek megvalósítása segítheti az EKLA-n lévő ingatlanok megelőző tűzvédelmét [170]:

- Lakóépülethez vezető járda mentén vegetációtisztítás, ezáltal a járda tűzpáasztaként működik és megakadályozza a felszíni tűzterjedést.
- A lassabb tűzterjedés érdekében rendszeres fűnyírás az ingatlanon belül, lehetőleg úgy, hogy a fű mérete ne érje el a 10 cm-t.
- Az elszáradt levelek, faágakat eltávolítása, amellyel csökkenteni tudjuk a meggyulladás lehetőségét.
- Rendszeres kéménytisztítás, valamint fa ültetése, úgy, hogy a lombkorona távolsága minimum 3 m-re legyen a kéménytől.
- Az ingatlanhoz tartozó egyéb gyúlékony építmények (pl. fészer, garázs) távolsága a lakóépülettől legalább 10 m legyen.
- A lakóépülettől számított 10 m-en belül folyamatos vegetációtisztítás és karbantartás.
- Komposztálás vagy újrahasznosítás a szabadtéri égetés helyett.
- Lehetőség szerint egy 30 m hosszú locsolócső létesítése a kezdeti röptüzek oltása érdekében [129] [170].

A fent megnevezett módszerek megvalósítása érdekében javaslom lakossági tájékoztató kiadványok készítését. Ez a polgári védelmi szakterületen már hatékonyan működik, hiszen a hatóság a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem által veszélyeztetett település polgármesterének közreműködésével tájékoztató kiadványt készít [162]. Ennek mintájára az erdőtüzek által veszélyeztetett településeken javaslom a lakossági tájékoztató kiadványok elkészítését, amely tartalmazná a fent említett tűzterjedést csökkentő módszereket. Ennek eredményeként csökken az emberi életet és az anyagi javakat is érintő tűzkockázat. Az erdőtüzek hatékonyabb megelőzése, valamint a levegő minőségének javítás érdekében Magyarországon 2021. január 1-jétől törlik azt a rendelkezést, amely alapján az önkormányzatok rendeletben szabályozhatják az avarégetést. Ez a rendelkezés már önmagában véve is kevesebb lehetőséget ad majd a gazdálkodási viszonyokból keletkező erdőtüzek kialakulására [171].

Ezen kívül találtam más megoldási lehetőségeket is az erdőtüzek megelőzésére. Szintén amerikai kutatók modellezték azt, hogy a tanyasi jellegű lakott területeken a vegetáció és a lakott terület átalakításával, hogyan előzhető meg a lakóépületre történő

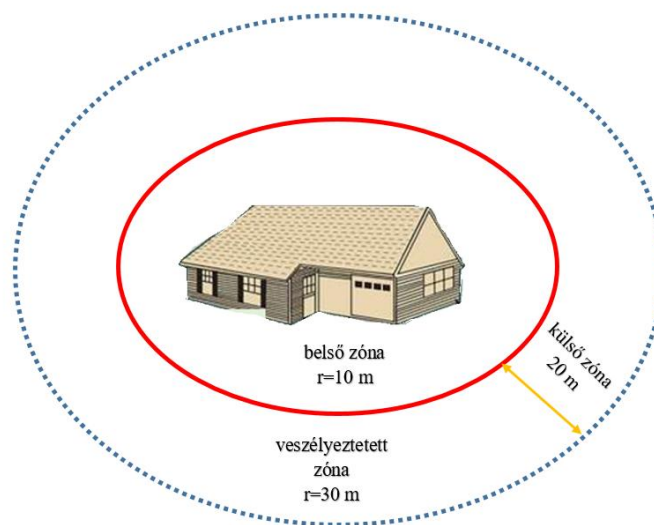
tűzterjedés [172]. Az első vizsgálat során kimutatták azt, hogy amennyiben egy vagy több fenyő 2 m-es távolságon belül van a lakóépülettől, akkor az épületre történő tűzterjedés elkerülhetetlen. A második vizsgálatban az épület körüli 10 m sugarú körben eltávolították a fenyőfákat, valamint a tűlevél alom réteget a talajról. Ebben az esetben, bár a tűz megközelítette a lakóépületet, azon kár már nem keletkezett. A harmadik, az ún. „okos tűzmegeelőzés vizsgálata” kimutatta, hogy a leghatékonyabb kármegelőzés az, ha az épület körüli 30 m sugarú körben megtörténik a vegetáció tisztítás, valamint a többi fa lombkoronasztintjét visszavágják 3 m-es magasságig, így megelőzve a koronatűz kialakulását. Emellett, a szerzők felhívják a figyelmet arra, hogy két fa közötti távolság minden esetben legalább 10 m legyen [172]. Más nemzetközi szakirodalom szintén két biztonsági zónát javasol az EKLA-n lévő lakóépületek köré. Az első zóna nagysága egy 10 m sugarú kör [173], a második zóna nagysága pedig egy 30 m sugarú kör területe [174]. A kutatások eredményeiből azt a következtetést vonom le, hogy egyrészt a biztonsági zónák létrehozásával érdemben csökkenthetjük a tűz terjedésének kockázatát, másrészt az épületek köré legalább két védelmi zónát kell létrehozni. Ez utóbbiak méretére a szakirodalmak egy 10, illetve egy 30 m sugarú kört javasolnak.

II.3.3. A lakóépületek belső védelmi zónájának vizsgálata

Az előző alfejezetben megállapítottam, hogy a lakossági intézkedéseknek számos formája van. Ezek elsősorban a 30 m sugarú kör területén belül alkalmazhatók hatékonyan. Ezt a területet, amely tulajdonképpen a lakóépületet, valamint annak közvetlen környezetét fedi le, a nemzetközi szakirodalom „Home Ignition Zone”-nak (továbbiakban HIZ) nevezi [175]. A HIZ nagysága azonban eltér a világ különböző területein, Kanadában pl. három fajta védelmi zóna alakítható ki. 1-es zóna az a terület, ahol a lakóépület az az erdőszegélytől 10 m belül már elkezdődik, így itt a jogalkotó vegetációtisztításra kötelezi az állampolgárt. A 2-es zónában a lakóépületek távolsága az erdőszegélytől 10 és 30 m között van, a 3-as zónában pedig 30 m felett. Ebben az esetben nincs vegetációtisztítási kötelezettség, a jogszabály csupán ajánlást fogalmaz meg a védelemre vonatkozóan [176]. Ezen kívül, más nemzetközi szabványok is foglalkoznak a védelmi zónák kialakításával. Intini vizsgált adatai szerint elfogadott, hogy a védelmi zóna nagysága az erdőszegély és a lakóépületek között a kismértékben

tűzveszélyes biomassza esetén 10 m, közepes mértékű esetén 15 m, nagymértékű tűzveszély esetén pedig 30 m [176].

A 30 m sugarú kör területe két részre osztható úgy, mint külső zóna (közvetett kockázat) és belső zóna (közvetlen kockázat). A belső zóna a lakóépület körüli 10 m sugarú kör területe, a külső zóna pedig a belső zóna határától számított további 20 m sugarú kört foglalja magába. Így, a védelmi zóna nagysága összesen egy 30 m sugarú kör (HIZ) területe. Az elemzés szempontjából a továbbiakban a lakóépületet körülvevő belső zónát vizsgálom, mivel ez a terület az, amely a tűzterjedés szempontjából a legfontosabb [129].



29. ábra: Lakóépület védelmi zónái EKLA területen. A szerző szerkesztése a Lincoln County Fire Safe Council³⁸ rajza alapján.

A belső és külső zóna szemléltetése után célom, hogy meghatározzam a belső zóna méretét (T_{bz}). Mivel a vizsgált terület kör alakú, ezért annak területét vettem alapul ami:

$$T = r^2 \pi \quad (3)$$

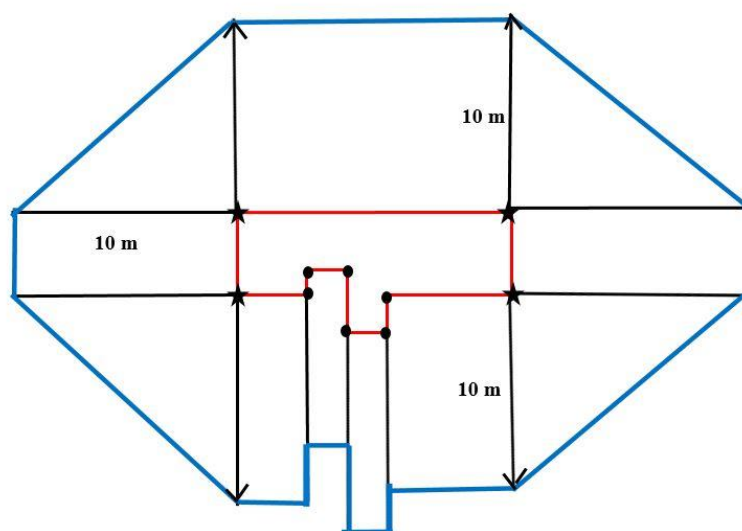
azaz, jelen esetben

$$T_{bz} = r^2 \pi = (10 \text{ m})^2 \times 3,14 = 314 \text{ m}^2$$

A belső zóna mérete tehát jelen esetben 314 m². Ahogyan a 29. ábrán is bemutatom a lakóépületet körülvevő belső zóna határa (10 m - piros kör) az épület mértani középpontjától lett mérve. Ennek előnye, hogy a zóna egy jól szemléltethető kör alakú

³⁸ Lincoln megyei Tűzbiztonsági Tanács. <http://www.lcfiresafe.org/homeowner-info.html> Letöltés ideje 2020.06.01.

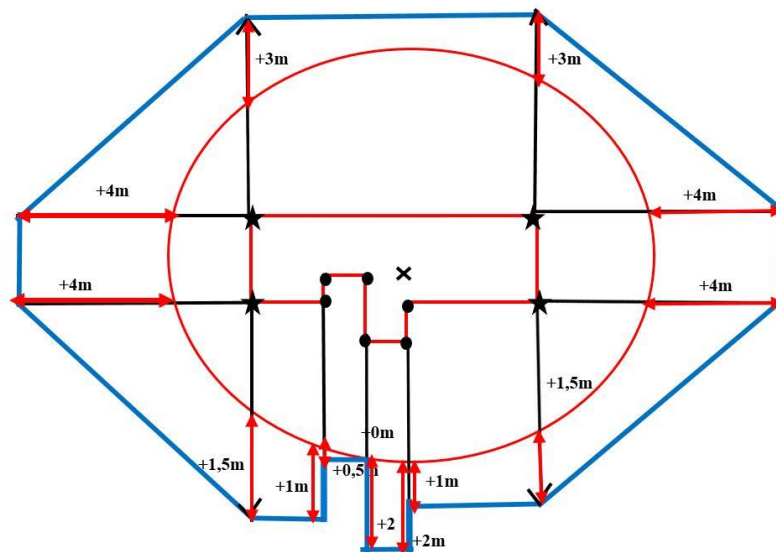
síkidom, így számolni is egyszerű vele. Ezt *mértani belső* zónának nevezem el. Hátránya viszont, hogy a zóna valós nagysága logikusan hibás, hiszen egy lakóépületnek jelentős hossza, szélessége és magassága is van a középponthoz képest. Ez azt jelenti, hogy a 10 m-es határ az épület és a zóna széle között számos helyen valójában nem éri el a 10 m-t, a kiugró épületrészek miatt. **Ennek következtében a belső zóna valós formája a 10 m biztonsági távolság megtartása mellett nem lehet kör alakú.** Mivel a kör alakú zónát nem tekintem relevánsnak, ezért a zóna formáját egy másik általam hatékonyabbnak tartott síkidomnak megfelelően alakítottam ki. Választásom a sokszögalakra esett, hiszen ez jobban visszaadja az épületrészek alakját. Megjegyzem azonban, hogy ez az alak sem a leghatékonyabb megoldás, mivel a zónahatárokat kialakító vonalak csak a csúcspontok alapján lettek meghatározva. Egy valós zóna alakja valójában egy amorf forma, amely leginkább egy sokszögalakhoz hasonlít. Ennek a formának a műszaki és jogszabályi kivitelezése bonyolult lenne, valamint területi nagysága is csak kismértékben térne el az általam választott sokszögalakétól, ezért vizsgálatom során a sokszögalakot elfogadhatónak és irányadónak tekintem. A 30. ábrán szemléltetett sokszögalakot *valós belső zónának* neveztem el [129]. Így a feltételezett belső zóna mérete sem lehet a kör alaknak megfelelően 314 m^2 , hanem jelentősen több, amit az alábbi módon vizsgáltam:



30. ábra: A belső zóna valós mérete. Készítette: a szerző.

A valós belső zóna meghatározásához a 29. ábra épületének alaprajzát használtam fel. Ebben az esetben a 10 m-es zónahatárt nem az épület középpontjától mértem, hanem a lakóépület kiugró, szélső részeitől. Ezek végződését csúcspontoknak neveztem el, amelyeket az ábrán fekete pontokkal, illetve csillagokkal jelöltem (10 db). A

csúcspontoktól lemért 10 m hosszú távolságokat összekötő vonal pedig kiad egy sokszögalakot. Míg a fekete ponttal megjelölt csúcspontokból egy, addig a csillaggal jelölt csúcspontokból két irányba húztam meg a távolságokat, így összesen 14 mért pont keletkezett. A megalkotott zóna területe már szemmel láthatóan is nagyobb, mint a lakóépület mértani középpontjától mért 10 m sugarú kör területe. Az épület beugró és kinyúló részei miatt a csúcspontoktól mért távolságok az eredeti kör alakú zónán kívül esnek. Így tehát, a valós belső zóna sokszögalakját hatékonyabbnak tekintem, mint a kör alakot, hiszen ebben az esetben az épület kialakítását is figyelembe vettem, akkor, amikor létrehoztam a zónahatárokat. Ennek hátránya viszont az, hogy nehéz vele számolni, illetve jogszabályi alkalmazás esetén a kör alakú zóna-meghatározás egyszerűbb, érthetőbb és a megvalósítása is logikusabb. A megoldást tehát, véleményem szerint a két zónatípus összefésülése jelenti, amit egy *optimális belső zóna* kialakításával valósítok meg. Ezt úgy hoztam létre, hogy a sokszögalakú síkidom területének nagyságához, közel azonos területű kör alakú síkidomot rajzoltam meg [129].



31. ábra: 10 m-es távolság közti különbség a mértani és a valós belső zóna között (saját szerkesztés).

A műszaki rajzon (31. ábra) piros körrel ábrázoltam a mértani, tehát a lakóépület középpontjától mért 10 m sugarú kört. Az előző ábrákhoz hasonlóan a lakóépület csúcspontjaitól mért 10 m-es határvonalakat összekötő görbét is megjelöltem kék színnel, amely egy valós, sokszögalakú síkidomot formál. A 31. ábrán szemléltetem még a két zóna határpontjai közötti távolságot is (piros nyilak) a 14 mért ponton. Látható, hogy az épület kialakítása miatt a csúcspontok közötti távolság változó, attól

függően, hogy az épület adott csúcspontja milyen távolságra helyezkedik el a lakóépület mértani középpontjától. Ahhoz, hogy egy új, optimális kör alakú zónát létrehozzak, meg kellett határoznom, azt, hogy a két zónahatár közötti különbség átlagosan hány méter ($S_{\text{átl}}$). Ezt az értéket úgy kaptam meg, hogy a két zóna határpontjai közötti távolságokat összeadtam, majd elosztottam a mért pontok (csúcspontok) számával, ami jelen esetben a következőképpen alakult:

$$S_{\text{átl}} = \frac{2 \times 3\text{m} + 4 \times 4\text{m} + 2 \times 1,5\text{m} + 2 \times 1\text{m} + 2 \times 2\text{m} + 0\text{m} + 0,5\text{m}}{14} = \frac{31,5\text{ m}}{14} = 2,25\text{ m}$$

A számításomból eredő különbség jelentős. A sokszögalakú valós belső zóna határai átlagosan 2,25 m-el távolabb esnek, mint a kör alakú mértani belső zóna határai. Ez a 10 m sugarú kör esetén több mint 20%-os eltérés. Ebből azt a következtetést vonom le, hogy a valós belső zóna értékei relevánsak, ám az értékek gyakorlati felhasználásához kör alakra van szükség [129]. Ehhez egy optimális belső zónát kívánok létrehozni, amelyet a következőképpen határozok meg:

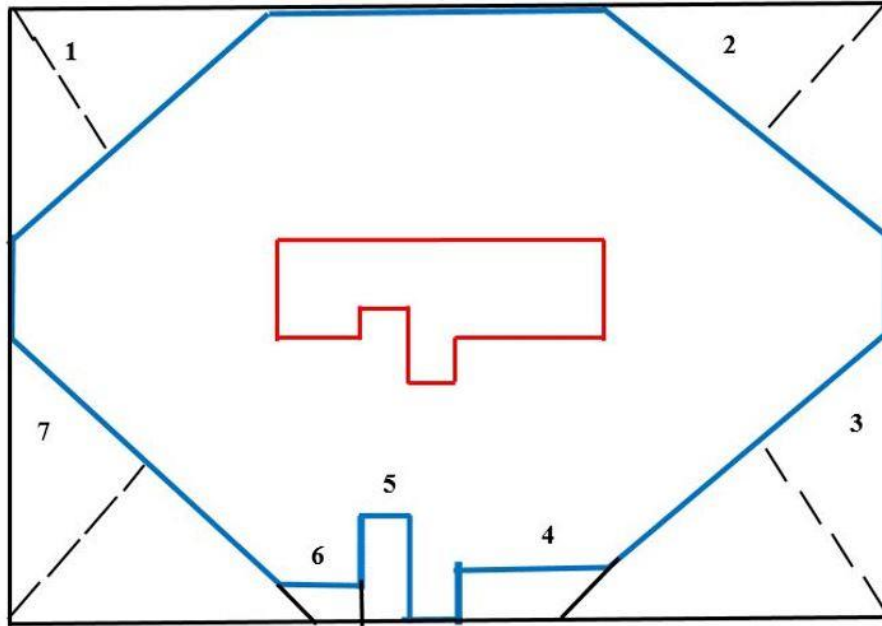
Az eddig vizsgált két zónát összehasonlítva, a 10 m-es zónahatár értékét megtoldottam a fent kiszámított 2,25 m-el, (2 m-el az egyszerűbb számolás miatt) ezzel létrehoztam egy 12 m sugarú kört. Ennek köszönhetően megkaptam az átlagos távolságot a lakóépület valamennyi csúcspontjától, egy kör alakú síkidom formájában. Ez tulajdonképpen a két zóna eredményének összevetése, amely egy kör alakú síkidomot eredményezett. Feltételezésem szerint ennek területe megközelíti majd a valós belső zóna területének nagyságát. Minél kisebb a két zóna területének különbsége, az optimális kör alakú belső zóna kialakításának lehetősége annál jobb [129].

A következőkben elvégeztem az említett két síkidom területének kiszámítását. *Első lépésként* a 12 m sugarú kör ($T_{\text{kör_optimális}}$) területét számoltam ki, ami:

$$T_{\text{kör_optimális}} = r^2 \pi = (12\text{ m})^2 \times 3,14 = 452,16\text{ m}^2$$

Az optimális kör alakú zóna területének nagysága tehát 452,16 m². Feltételezésem szerint ez az érték megközelíti majd a valós belső zóna területének nagyságát.

Második lépésként a sokszögalakú síkidom területének kiszámítását hajtottam végre. Egy ilyen síkidom kiszámítására külön képlet nincsen, ezért a területszámítást úgy valósítottam meg, hogy a sokszögalakú síkidom legszélső pontjait (határértékeit) négy irányban összekötöttem, ezzel létrehozva egy téglalapot (32. ábra) [129].



32. ábra: A valós belső zóna kiszámítása. Szerkesztette: a szerző

Azzal, hogy létrehoztam egy téglalapot a sokszögalak körül, úgy további síkidomok keletkeztek, úgy, mint 4 db háromszög, 2 db trapéz és 1 db téglalap. A valós belső zóna sokszögalakú területét úgy számoltam ki, hogy a nagy téglalap területéből kivontam az összes újonnan létrehozott síkidom területét. A mérést először a nagy téglalap területének kiszámításával kezdtem [129].

A téglalap területe: A téglalap vízszintes oldalának - a) oldal - mérete 28,5 m b) oldala pedig 24,5 m. A téglalap területe tehát:

$$T = axb = 28,5m \times 24,5m = 698,25 \text{ m}^2$$

Ezután elvégeztem a háromszögek ($T_{háromszög}$) területének számítását.

$$T_{háromszög} = \frac{a \cdot m \cdot a}{2}$$

A részletes számítást nem kívánom kifejteni, hiszen a képlet használatával valamennyi háromszög területe egyszerűen kiszámítható, az egyes eredményeket pedig az 5. táblázatban összegyűjtöttem [129].

5. táblázat: A létrehozott síkidomok területeinek méretei a 31. ábra alapján. Szerkesztette a szerző.
 Forrás: [129]

Síkidom száma a 29. ábrán	Síkidom területének nagysága
1	49 m ²
2	49 m ²
3	64 m ²
4	3,5 m ²
5	2 m ²
6	1,5 m ²
7	64 m ²

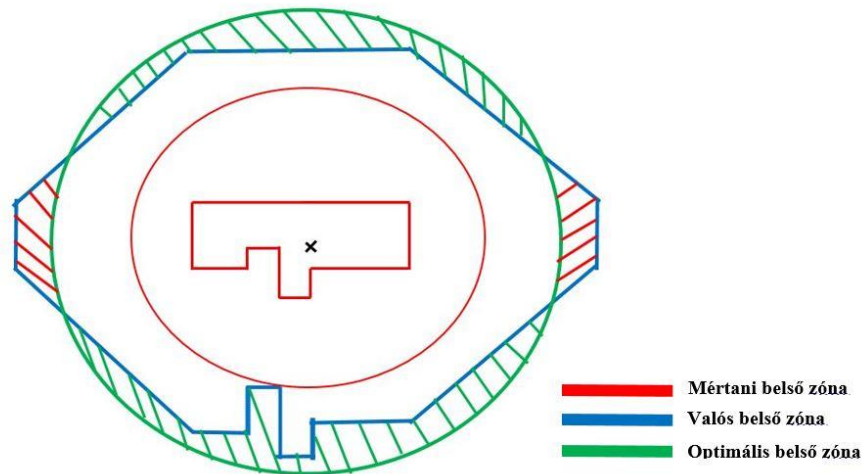
Összeadva az összes síkidom területét ($T_{\text{összes_síkidom}}$) a következő értéket kaptam:

$$T_{\text{összes_síkidom}} = 49\text{m}^2 + 49\text{m}^2 + 64\text{m}^2 + 3,5\text{m}^2 + 2\text{m}^2 + 1,5\text{m}^2 + 64\text{m}^2 = 233 \text{ m}^2$$

Ahhoz, hogy a sokszögalakú valós belső zóna területét ($T_{\text{valos_zona}}$) meg tudjam határozni, a most kapott értéket kivontam a téglalap területének nagyságából, ami:

$$T_{\text{valos_zona}} = 698,25 \text{ m}^2 - 233 \text{ m}^2 = 465,25 \text{ m}^2$$

Az általam meghatározott kör alakú optimális zónát akkor tekintem hatékonynak, ha területének nagysága a lehető legjobban megközelíti a most kapott értéket. A kör alakú optimális belső zóna mérete az általam kiszámoltak alapján 452,16 m², a most kapott valós terület pedig 465,25 m², ami 97%-os pontosságot jelent! Megjegyzem viszont, hogy a különböző lakóépületek kialakítása miatt a sokszögalak is minden esetben változik, ez pedig olyan kieső vagy ki nem számítható területeket eredményezhet, ami megváltoztathatja ezt a pontosságot. Ez azonban olyan minimális, hogy az eredmény ezzel együtt is elfogadható. Arra a megállapításra jutottam, hogy három egymástól eltérő belső zónát lehet kialakítani, amelyet grafikus megjelenítéssel a 33. ábrán mutatok be [129].



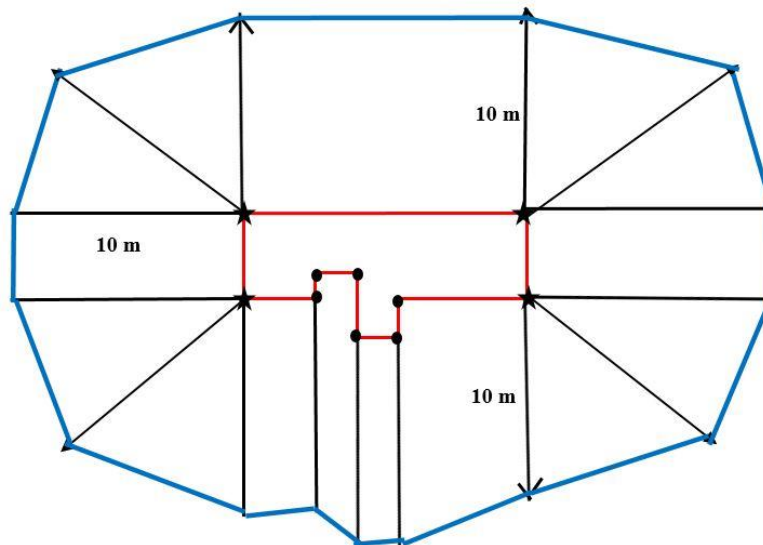
33. ábra: A mértani, a valós és az optimális belső zóna (saját szerkesztés).

A három belső zóna tehát a következő:

- *Mértani belső zóna*: Az épület mértani középpontjától mért 10 m sugarú kör területe (piros kör területe).
- *Valós belső zóna*: Az épület szélétől mért 10 m hosszúságú területeket összekötő zóna, amelynek formája sokszögalak. Mivel tűz esetén a lángok kezdetben az épület szélét érik el, ezért ennek a zónának a mérete és területe a leghitelesebb. Ehhez viszonyítom a többi zónát is (kék sokszögalakú síkidom területe).
- *Optimális belső zóna*: Az egyszerűbb számítás és jogszabályi alkalmazás érdekében hoztam létre. Ennek területe szinte teljesen megegyezik a sokszögalakú zóna területével (zöld kör területe) [129].

Az optimális belső zóna kapcsán azonban meg kell említenem, hogy a zóna szélső értéke, egyes helyeken meghaladja a valós belső zóna határvonalát, ebben az esetben a terület „túlbiztosított” (zöld vonalak). Más helyeken azonban éppen a valós belső zóna területén belül található, ezek a területek pedig így „alulbiztosítottak” (piros vonalak) lesznek.

Az optimális belső zóna tehát 97%-os pontosságot jelent a valós zónához képest, amit elfogadhatónak tekintek. Azonban ezt a hatékonyságot matematikailag tovább növelhetem, abban az esetben, ha a 10 m-es zónahosszúságot nem csak két irányban (vízszintesen és függőlegesen), hanem átlósan is kialakítom. Ezt mutatja be a 34. ábra.



34. ábra: A kiegészített belső zóna műszaki rajza. Készítette: a szerző

Ennek területét is kiszámoltam, hasonló módon (téglalap kialakítás módszere), mint a valós belső zónáét. Számolásom eredményeként meghatározom, hogy a jelenlegi zóna nagysága $446,5 \text{ m}^2$. A kör alakú optimális belső zóna mérete a fent kiszámoltak alapján $452,16 \text{ m}^2$, a most kapott átlókkal is számolt valós terület pedig $446,5 \text{ m}^2$. Ez a két érték egymáshoz viszonyítva jelen esetben 98,74%-os pontosságot mutat!

II.3.4. Eredményeim összehasonlítása a településrendezési tervekkel

A most kapott eredményeimet összevettem a településrendezési tervekkel. Erre a 253/1997. (XII. 20.) kormányrendelet az országos településrendezési és építési követelményekről (továbbiakban OTÉK) ad lehetőséget [177]. A jogszabály részletezi az egyes építési övezetekre vonatkozó szabályozásokat, köztük a beépítésre szánt, valamint a beépítésre nem szánt területeket is. Az erdőterületet az utóbbiak közé sorolják. A rendelet 28. § (4) bekezdése kimondja, hogy közjóléti rendeltetésű erdőterületen legfeljebb 5% - os beépítettséggel az erdő rendeltetésének megfelelő építmények helyezhetők el. Az erdő igénybevételének egyes lehetőségeit, az erdővédelmi törvény írja elő. A törvény 78 § (1) bekezdése kimondja, hogy *erdőt igénybe venni - a (3) és (4) bekezdésben foglaltak kivételével - csak kivételes esetben, a közérdekkel összhangban lehet* [101]. Az általam vizsgált EKLA épületek nem erdőterületen, hanem az erdőszegély mentén találhatóak, ezért esetükben nagyobb beépítettség is lehetőség van. A beépíthetőségen túl az OTÉK 36. § - a csak az épületek közötti legkisebb távolságokkal foglalkozik, tehát a tűzterjedés lehetőségét

csak épületről - épületre vizsgálja, az erdőről az épületre történő tűzterjedésre nem tér ki. Ezt hiányként értékelem, hiszen a tűz nem csak épületek között, hanem erdő és épület között is terjedhet, aminek megelőzése szintén fontos. A védelem megvalósítása érdekében az OTÉK védőterületeket hoz létre a 38. § (7) – nek megfelelően. „*A védőterületet (pl. véderdőt) a hatást előidéző, illetőleg a védelmet igénylő - ha jogszabály másként nem rendelkezik - a saját területén (építési telkén, építési területén) belül köteles kialakítani és fenntartani*” [177]. Ez szintén megerősíti az általam javasolt védelmi zónák kialakításának szükségét. A fentiekből azt a következtetést vonom le, hogy az erdőről a lakott területre történő tűzterjedés megelőzése érdekében eddig még nem hoztak szabályozásokat.

Az erre irányuló jogszabályok között kizárólag a fokozottan tűzveszélyes időszak kihirdetését találtam, amikor tilos az erdőterületen, valamint a 200 m-en belüli külterületi ingatlanokon fekvő erdőkben és fásításokban tüzet gyújtani [101]. Az itt feltüntetett 200 m-t tulajdonképpen egyfajta távolsági védelemnek is tekinthetjük, azonban komolyabb építésügyi következtetéseket nem tudunk belőle levonni.

Az EKLA-n történő tűzterjedés vizsgálatok bemutatom az épületre ható normatív tűzterhelés mértékét is. Erre a 239/2011. (XI. 18.) kormányrendelet az önkormányzati és létesítményi tűzoltóságokra, valamint a hivatásos tűzoltóság, önkormányzati tűzoltóság és önkéntes tűzoltó egyesület fenntartásához való hozzájárulásra vonatkozó szabályokról ad lehetőséget. A jogszabály 6. sz. melléklete megmutatja a lakó - és közösségi épületek, épületrészek normatív tűzterhelési értékeit, ami lakások esetén 400 MJ/m^2 [178].

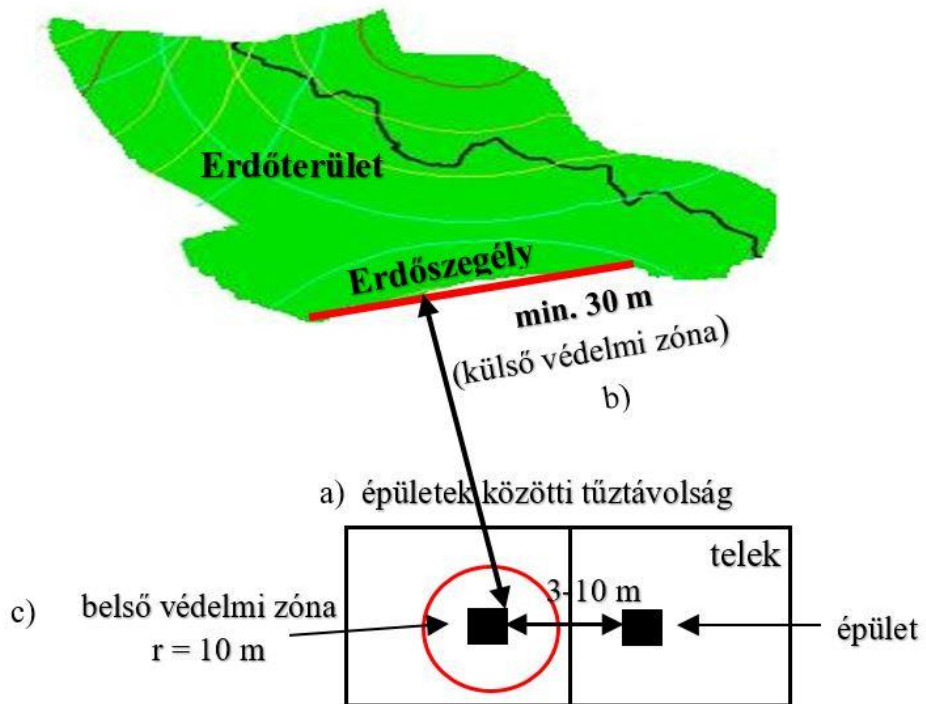
Az elemzéshez tartozó lényeges adatként tekintek még az épület kockázati osztályára, amit a Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek (továbbiakban TvMI) ad meg [179]. A TvMI tanulmányozása után az a következtetésem, hogy az EKLA-n kialakított épületek tulajdonképpen bármelyik kockázati osztályba besorolhatók (nagyon alacsony – alacsony – közepes és magas kockázati osztály), hiszen alaprendeltetésük is változó. A különböző kockázati osztályú épületek közötti tűztávolságot az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról (továbbiakban OTSZ) 3. sz. melléklete mutatja meg. A tűztávolság kockázati osztálytól függően épületek között 3 m - től 10 m - ig terjed [180].

Az általam vizsgált belső védelmi zóna nagysága és az épületek közötti maximális tüztávolság (10 m) szintén megegyezik, ami ismét megerősíti a zóna paramétereinek hitelességét. Az erdőszegély és az építmények közötti távolság viszont itt sem jelenik meg, ezért erre vonatkozóan azt javaslom, hogy a külső védelmi zóna határát (30 m), az erdőszegélyhez kell igazítani. Ezt a 30 m-es biomasszamentes határt megerősíti Nagy is, aki tanulmányában meghatározza a koronatűz lánghosszát az egyes biomassza modelleknél többek között a középlángszél sebességének függvényében. Az elemzés egyik eredményeként meghatározta az alkalmazható tűzpászta szélességeket. Koronatűz esetén átlagos szélesebségnél legalább 10 m-es, míg viharos napokon minimum 30 m-es tűzpászta szélességet javasol [69; 36].

Ennek eredményeként az EKLA-ra létesíteni kívánt épületek esetén az erdőtűz megelőzés érdekében a következő három műszaki paraméternek való megfelelést javaslom figyelembe venni:

- a) épületek közötti tüztávolság az OTSZ 3. mellékletének megfelelően (3-10 m között).
- b) lakóépület erdőszegélytől való minimális távolsága egyezzen meg az általam javasolt külső zóna határával (min 30 m).
- c) a lakóépület körüli belső zóna határán belül (10 m) vegetációtisztítás és egyéb lakosságvédelmi intézkedések előírása és betartatása.

Ezt az elgondolást mutatom be a 35. ábrán.



35. ábra: Településrendezési javaslat EKLA területre. Készítette: a szerző

A fenti vizsgálat eddig a magyar jogrendszerben még nem jelent meg, az erre vonatkozó javaslataimat és eredményeimet javaslom beépíteni a jelenleg hatályos OTSZ-be. A jogszabálmódosítás így lehetőséget biztosít az erdőről a lakott területre történő tüzek megelőzésére.

II.4. Részkövetkeztetés

A fentiek összegzéseként megállapítom, hogy az EKLA területek megelőző tűzvédelme komplex jellegű, amellyel eddig Magyarországon kevesen foglalkoztak, azonban a nemzetközi szakirodalomban már találni ezzel kapcsolatos kutatásokat, illetve irányelveket. A nemzetközi trendeket figyelembe véve azonosítottam a hazai EKLA és ETLA területeket. Utóbbit egy általam létrehozott új azonosítási módszer segítségével határoztam meg. Az azonosítást követően megyei szinten elemeztem a tűzveszélyes biomasszát, az erdőtűzstatisztikát, valamint a lakott területek jellegét, amelynek eredményeképpen **hazánk első megyei szintű EKLA tűzkockázati térképét**. A térkép alapján tűzveszélyes területnek tekintem Pest megye déli részét, Bács-Kiskun és Csongrád-Csanád megyék tanyás térségeit, Heves, Borsod-Abaúj-Zemplén és Somogy megyék zártkerti övezeteit, valamint Budapest vonzáskörzetének EKLA területeit.

A térkép elkészítését követően a nemzetközi kutatások eredményei, valamint a saját számításaim alapján arra a következtetésre jutottam, hogy az EKLA –n található lakóingatlanok közelében lévő területek *belső –, és külső zónákra oszthatók*. A külső zóna a lakóépület körüli 30 m sugarú kör, a belső zóna pedig a lakóépület körüli 10 m sugarú kör területe. Ezek a határértékek csak akkor relevánsak, ha a kör középpontja a lakóépület mértani közepe. Minden más esetben a zónák valós alakja az általam létrehozott sokszögalak, amelyet az épületek kiugró részei formálnak. A kutatásom eredményeként megállapítom, hogy egy EKLA-n lévő lakóépület valós belső zónája csak sokszögalakú lehet, köszönhetően az épület kiugró részeinek (valós belső zóna). A sokszögalakú síkidom alkalmazása azonban bonyolult, ezért javaslatot tettem egy, a valós zóna területének nagyságához hasonló méretű kör alakú belső zóna létrehozására (optimális belső zóna). Számításaim által arra a következtetésre jutottam, hogy, a belső védelmi zóna esetén, amennyiben az eredeti 10 m sugarú kör nagyságát megemelem közel 20%-kal (jelen esetben 2 m-el), akkor a valós sokszögalakú zónához közel azonos nagyságú (97%) belső zónát kapok. A fentiek alapján miszerint a valós zóna kiváltható egy optimális zónával számításokkal igazoltam és olyan megközelítő értéket kaptam, amellyel a különbségek a biztonság szempontjából elfogadhatóvá válnak (kb. 3%). Ennek köszönhetően belső zónán belüli területnek tekintem a lakóépület szélétől 10 m távolságon belüli övezetet.

Kiszámított eredményeimet összevettem a jelenleg hatályos településrendezési tervekkel. Az elemzésből azt a következtetést vontam le, hogy az erdőről a lakott területre történő tűzterjedés megelőzése eddig még nem valósult meg. Ennek eredményeként az EKLA-ra létesíteni kívánt épületek esetén az erdőtűz lakóépületre történő terjedésének megelőzése érdekében javaslatot tettem arra, hogy a lakóépület erdőszegélytől való távolságát legalább 30 m nagyságban szükséges meghatározni, amely érték megegyezik az általam vizsgált külső védelmi zóna határával. A belső védelmi zónán belül javasolom vegetációtisztítás kötelezettségét előírni. Ezeket az eredményeket javasolom az OTSZ-be beilleszteni. Összességében védelmi zónák segítségével **javaslatot tettem hazánk településrendezési viszonyainak módosítására**, amelynek segítségével hatékonyabbá válhat az erdőről a lakott területre történő tűzterjedés megelőzése.

III. A TŰZOLTÁS LOGISZTIKAI NEHÉZSÉGEINEK VIZSGÁLATA

Magyarországon az emberi élet, az anyagi javak és a környezet védelme érdekében a katasztrófavédelem tűzoltósági szakterületén a hivatásos és az önkéntes tűzoltóságok az elsődleges beavatkozók. A beavatkozásuk hatékonysága kulcsfontosságú, ennek egyik eleme a logisztikához köthető. A logisztikai kihívások rendszerint az erdőbe vezető útvonalakon keletkeznek, távol a mesterséges környezettől. Ezeket a területeket a jelenleg rendszeresített, nem kifejezetten az erdőtűz oltására fejlesztett tűzoltó gépjárművekkel általában csak nehezen lehet megközelíteni. A fejezetben ezért, elvégzem a tűzoltás logisztikai nehézségeinek vizsgálatát az oltás hatékonyságának függvényében.

A logisztikán alapuló hatékonyság vizsgálatom során a következő konkrét célkitűzést fogalmaztam meg:

- Célom az erdőtűzoltás logisztikai nehézségeiből olyan **következtetéseket levonni**, amelyek alkalmasak egyrészt a **vonulás idővesztésének kimutatására**, másrészt a mesterséges víznyerőhelyek létesítésének optimalizálásával növelni a tűzoltás vízellátásának a hatékonyságát.

A kutatási célom megvalósításához tanulmányoztam a tűzoltás logisztikájával foglalkozó legfontosabb hazai és nemzetközi szakirodalmakat. Emellett személyes konzultációt folytattam különböző szakértőkkel, valamint részt vettem számos elismert tudományos konferencián és tanulmányúton is. A témakör kutatása során a feltárt logikai következtetéseimet és eredményeimet hisztogramok és diagramok segítségével ábrázoltam. A logisztikai problémák szemléltetése során elvi ábrákat és magyarázó rajzokat, valamint egy SWOT analízist is készítettem, amelyek elemzése hozzásegített a hatékonyság-vizsgálatom matematikai alapjainak megértéséhez.

III.1. A tűzoltás logisztikai kihívásai

A tűzoltás sokszor hosszú és komplex folyamat, főbb szakaszai a tűz körülhatárolása, lefeketítése és a tűz eloltása, amely a tűz jelzésétől kezdve egészen az állomáshelyre történő visszaérkezésig tart [3]. A folyamat közben számos logisztikai kihívással kell szembe néznie a tűzoltóknak. A logisztika komplex témakörét többen is vizsgálták, [181] [182] [183], azonban a tűzoltást érintő logisztikai nehézségeket először részletesebben Restás kutatta [17]. Ő egy ún. kárérték - idő függvényt vizsgálta a tűzoltói beavatkozások hatékonyságának növelését, de elemezte a tűzoltás lépései során eltelt időt, a logisztikai bázisok hálózatát és azok távolságát, valamint a Riasztási és Segítségnyújtási Tervet (RST)³⁹ is.

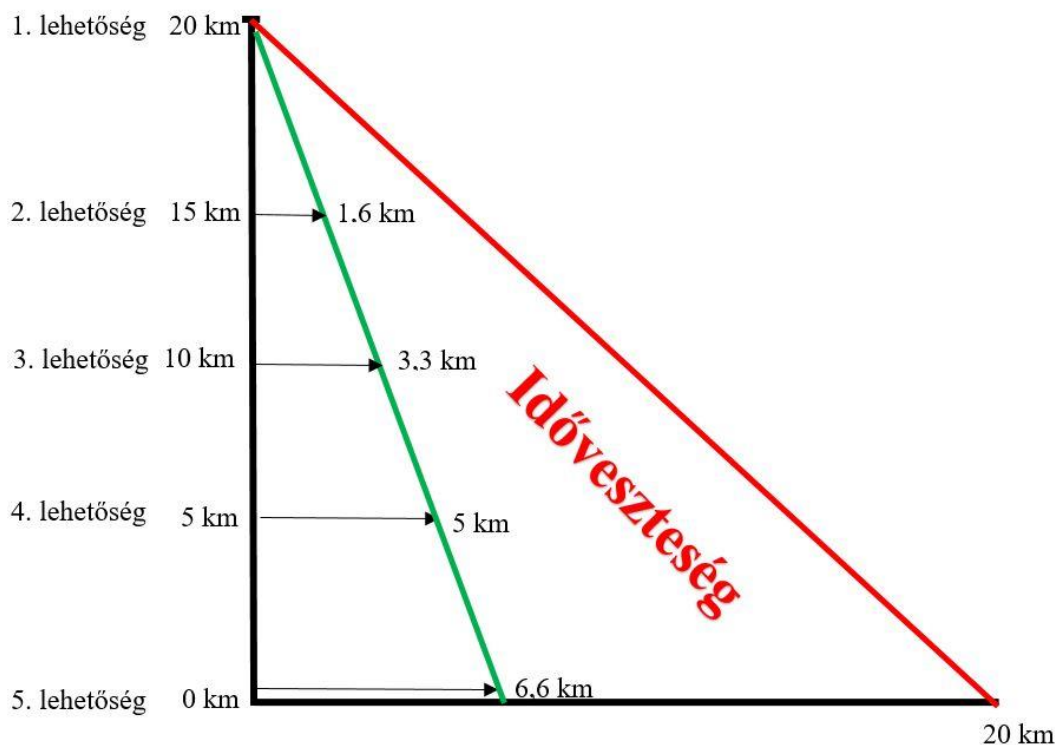
A tűzoltás minden lépése összetett feladat, azonban a káreset helyszínére történő vonulással célszerűen kiemelten foglalkozni a logisztika témakörén belül. A vonulási idő nagymértékben befolyásolja a tűzoltás hatékonyságát, ennek következtében fontos, hogy meglegyenek a gyors kiérkezéshez szükséges feltételek. Amennyiben ez nem valósul meg, abban az esetben már hátráltató körülményekről beszélhetünk. Ilyen lehet például a forgalom, egy szűk, rossz minőségű földút vagy a domborzat. A tűzjelzés és a riasztás időpontja alapvetően külső tényezőtől függ, ezért ehhez a szervezet ráhatása korlátozott mértékű, így ezek vizsgálatától eltekintek. Mivel a tüzesethez történő megérkezés időpontja kulcsfontosságú, ezért a hátráltató tényezők közül, először a rossz minőségű földutakat vizsgálom. Erdőtüzek esetén a beavatkozóknak rendszerint a települések közigazgatási területén kívülre kell vonulniuk, gyakran nehezen megközelíthető helyekre. A tűzoltókkal folytatott konzultációim alapján arra a következtetésre jutottam, hogy ezekre a helyszínekre sok esetben nagyon rossz minőségű, szűk földutak vezetnek, ez pedig azt eredményezi, hogy az erdőtüzek oltásának egyik legjelentősebb problémája a tüzeset helyszínének a megközelítése. Logikus, hogy a rossz minőségű földutakon a gépjárművek sokkal lassabban haladnak, mint a jobb minőségű műutakon. Emellett megjelenik még az elakadás, tehát a beavatkozásból való ideiglenes kiesés lehetősége is. A hatékonyság-vizsgálat tükrében megvizsgálom azt, hogy a földúton való haladás milyen mértékben akadályozza egy terület gyors elérhetőségét. Ezt egy feltételezett vonulás elvi ábrájának segítségével mutatom be [18].

³⁹ Ma Műveleti Terv (MT)

A tűzoltó gépjárművel történő vonulás vizsgálatához a feltételezéseimet gépjárművezetők tapasztalatai alapján állapítottam meg. Ezek szerint egy tűzoltófecskendő egy jó minőségű útburkolaton 60 km/h átlagsebességgel, egy rossz minőségű, szűk földúton pedig átlagban kb. 20 km/h sebességgel képes haladni. A sebességek meghatározásakor figyelembe vettem, hogy a vonulás során nem csupán az út minősége, hanem a forgalom, illetve a domborzat is befolyásolja a vonulási sebességet. Az általam feltételezett 60 km/h átlagsebességet alátámasztja a jelenleg érvényben lévő 48/2011. (XII. 15.) BM rendelet, aminek az 1 § (3) alapján meghatározták, hogy önkormányzati tűzoltóságok esetén legfeljebb 60 km/h átlagsebességgel kell számolni egy működési területre történő kijutás sebességét [184]. A földúton való 20 km/h átlagsebességet egyrészt gépjárművezetői tapasztalatok alapján választottam ki, másrészt pedig ez az érték a jó minőségű úton történő haladás harmada, vagyis a két érték között logikai arányosságot is kialakítottam. Ezek eredményeként a két sebesség értéket a vizsgálatom során elfogadhatónak és irányadónak tekintem. A sebesség vizsgálata után feltételeznem kell egy vonulási időintervallumot is. Az Európai Unióban a tűzoltók mérhető átlagos vonulási ideje 15 perc [185], azonban a magyar tűzoltóságok vonulási átlaga saját elemzésem alapján jelenleg még nem teljesíti ezt, ezért a vizsgálataim során egy 20 perces vonulási időintervallummal számolok. A témában készült szakirodalmak fehér foltoknak nevezik azokat a tűzvédelmileg ellátatlan területeket, amelyek nem érhetők el az adott hivatásos tűzoltóparancsnokságról, vagy önkormányzati tűzoltóságról a meghatározott 25 perces vonulási normaidő alatt [186] [114]. Ez a 25 perc egy felső határérték, ezért az általam választott 20 perces időintervallumot logikai alapon elfogadhatónak és irányadónak tekintem.

Vizsgálataimhoz egy elvi ábrát szerkesztettem (36. ábra) ami megmutatja, hogy a tűzoltó gépjármű a különböző típusú utakon mekkora távolságot tud megtenni. Az 1. lehetőségnél az általam meghatározott 20 perc alatt a vonulás teljes egészében műúton történik, így a maximálisan megtehető távolság 20 km, amit a legkedvezőbb feltételnek tekintek. Az 5. lehetőségnél a gépjármű a végig rossz minőségű földúton halad, ezért a 20 km távolságot nem tudja megtenni, csak ennek töredékét, ami 6,6 km, és a legkedvezőtlenebb feltételnek tekintem. Ez utóbbi eset csak logikai feltevés, hiszen valamennyi tűzoltóság úgy helyezkedik el, hogy műúton megközelíthető legyen. Az ábra azt a logikus következtetést is bizonyítja, hogy minél többet halad egy

tűzoltó gépjármű a földúton, annál kevesebb utat tesz meg 20 perc alatt. Az ábrán öt feltételezett útvonalat ábrázoltam. A legkedvezőbb és a legkedvezőtlenebb esetet már bemutattam (1. és 5. lehetőség), a többi lehetőségnél a megtett távolságok a következőképpen változnak. A 2. lehetőségnél a vonulás 15 km műúton majd 1,6 km földúton (ami műúton 5 km lenne) történik. Ez az arány a harmadik esetben már 10 km – 3,3 km, a negyedikben pedig 5 km – 5 km-t jelent. Az ábra megalapozza azt a logikai feltételemet, hogy a földúton történő vonulás jelentős idővesztést eredményez, ez pedig hatással van a tűzoltás hatékonyságára.



36. ábra: A különböző vonulási útvonal kombinációk elvi ábrája. Készítette a szerző

A 6. táblázaton szemléltetem a hat útvonal során megtett utak hosszát km-ben (20 perc alatt), ezen kívül feltüntettem azt, hogy mennyi a jármű átlagsebessége a különböző útvonalakon.

6. táblázat: A vonulási útvonal-lehetőségek összefüggései. Készítette a szerző.

A vonulási útvonal-lehetőségek összefüggései			
Lehetőség	Megtett út (km)	Átlagsebesség	Eltelt idő
1.	20	60 km/h	20 min
2.	16,6	50 km/h	20 min
3.	13,3	40 km/h	20 min
4.	10	30 km/h	20 min
5.	6,6	20 km/h	20 min

Erdőtüzek esetén a tűzoltó gépjárművek olykor nagy távolságokat tesznek meg szűk földutakon, ami jelentős időveszteséget jelent az oltás szempontjából. Ez történt például a kaskantyúi és a törteli⁴⁰ tüzeseteknél is. Megvizsgálom az időveszteség mértékét egy általam meghatározott késési idők alapján, amelynek elemzésére létrehoztam az 7. táblázatot. A táblázat megmutatja, hogyan változik az egyes időveszteségnél (Δt) a tűz frontvonala ($T_{\text{frontvonal}}$) 1 m/perc, 5 m/perc, illetve 9 m/perc tűzterjedések ($V_{\text{tűzterjedés}}$) esetén. A tűzfrontvonal nagyságát az alábbi képlet segítségével számolom ki.

$$T_{\text{frontvonal}} = 2x\Delta t x v_{\text{tűzterjedés}} \times \pi \quad (4)$$

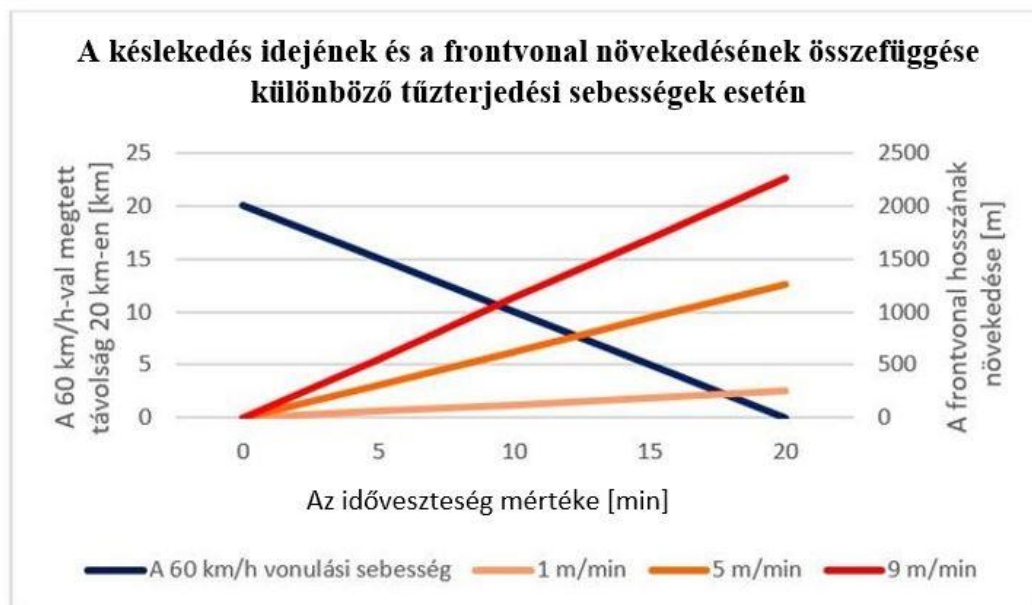
7. táblázat: A tűz frontvonalának változása a különböző tűzterjedések során (egész számra kerekítve).
Készítette: a szerző

A tűz frontvonalának változása a különböző tűzterjedések során					
Időveszteség (perc)	0	10	20	30	40
1 m/perc	0	63	126	188	251
5 m/perc	0	314	628	942	1256
9 m/perc	0	556	1130	1696	2261

Szeretném megjegyezni, hogy a tűzterjedés a modellezés szempontjából is csak homogén biomassza mellett szélszend esetén sík terepen jellemezhető kör alakkal, minden más esetben az ellipszist kell irányadónak tekinteni [187]. Mivel az ellipszishöz képest a terület növekedése nem lineáris, de nagyobb, mint a körnél, ezért ez csak erősíti a következtetésemet.

A 7. táblázatban feltüntetett eredményeimet az értelmezhetőbb szemléltetés érdekében egész számra kerekítve adtam meg. A 7. táblázat eredményeként azt a következtetést vonom le, hogy egyrészt, minél inkább csökken a 20 perc alatt megtett távolság hossza, logikus, hogy annál nagyobb lesz a késés ideje, másrészt, minél több az időveszteség, annál hosszabb lesz a feleslegesen leégő frontvonal hossza. A következtetésem szemléltetéséhez megalkottam az 37. ábrát, ahol az időveszteség és a frontvonal növekedésének összefüggését ábrázolom a fent vizsgált tűzterjedési sebességek esetén. A grafikonon jól látszik, hogy az alacsonyabb sebességű rész növekedésével a fölöslegesen megnövekedő frontvonal hossza lineárisan változik.

⁴⁰ 2017-ben a törteli erdőtűz következtében 70 ha nagyságú terület égett le. TMMI azonosító: 142339



37. ábra: Az idővesztés és a frontvonal növekedésének összefüggése különböző tűzterjedési sebességek esetén. Készítette: szerző

A fent részletezett kutatásom eredményeként arra a következtetésre jutottam, hogy célszerű lenne több erdei utat kiszélesíteni és minőségén javítani annak érdekében, hogy egy erdőtűzoltás során ezek az útvonalak járhatóbbak legyenek, ezzel csökkentve az idővesztést. A kárhelyszínt sok esetben nagy mennyiségű nád vagy fű borítja, így a leégett terület nagy részén kizárólag helyismerettel rendelkezők útbaigazításának segítségével és terepjáró gépjárművekkel való felvezetés mellett lehet csak megközelíteni. A tájékozódást segítheti egy térinformatikai geoinformációs rendszer (GIS⁴¹) is, azonban ez sok esetben nem valós idejű, ezért ennek rendszeres pontosítására szükség van [188].

A rossz terepviszonyok nem csak a vonulás során, hanem a későbbiekben az állandó vízz szállítás alkalmával is csökkentik a beavatkozás hatékonyságát. Ugyanakkor ez a körülmény a tűz további terjedését is segíti. Az épített környezet védelme miatt azonban elkerülhetetlen a tűzoltó gépjárművek terepen való mozgatása. Korábbi tapasztalatok alapján [102] [103] egyes beavatkozók helyismerettel nem vagy csak korlátozottan rendelkeznek, így nekik a helyi önkéntesek, esetleg az állampolgárok nyújthatnak segítséget.

⁴¹ GIS: térinformatikai, geoinformációs rendszernek angol nyelvű rövidítése. Ez egy rendszerbe helyezi a térbeli és a leíró információkat, ezért alkalmas földrajzi adatok elemzésére.

Az útvonal kombinációk elemzésének (36. ábra) eredményeként arra a következtetésre jutottam, hogy a földúton való haladás gépjárművel idővesztést jelent egy vonulás során. Ennek következménye, hogy a tűzoltók késve érkeznek meg a kárhelyszínre. Ebből kifolyólag minél később ér ki egy gépjármű, annál később kezdi meg az oltást. A tűzoltás kései megkezdése pedig hatással van a tűzfrontvonal növekedésére is, ami megnehezíti a hatékony tűzoltást. Az időben történő beavatkozás, az életveszélyben lévők számára is nagyobb esélyt jelent, valamint a rövidebb vonulási idő miatt a kárérték is kevesebb lesz. A kárhelyszín megközelítési problémájának vizsgálata után logikai következtetésem, hogy a vonulás idővesztésére számítást kell végezni.

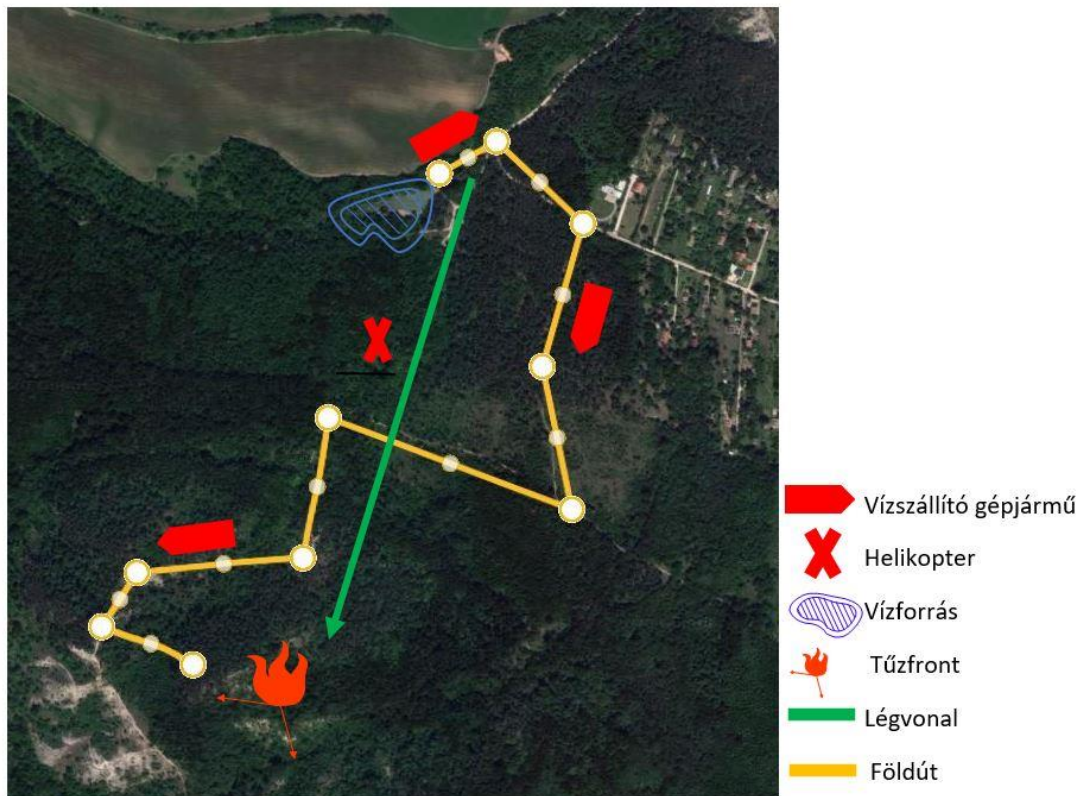
III.2. A légi tűzoltás hatékonysága az oltóanyagellátás függvényében

Az előző alfejezetre visszatekintve megállapítottam, hogy a vonulási, idő jelentősen befolyásolja az erdőtűzoltás hatékonyságát. Ezek alapján megvizsgálom azt, hogy ha egy jármű a lehető legkedvezőbb útvonalon (légvonalban) közelíti meg a kárhelyszínt, akkor az, milyen mértékben növeli a tűzoltás hatékonyságát. Ezzel kapcsolatban egy hagyományos vízszállító, illetve egy légi jármű (helikopter) ingázási idejét elemzem. Jelen esetben a szállított víz mennyiségét nem vizsgálom, mert az erre vonatkozó kutatásomat az értekezésem későbbi részében mutatom be. A vizsgálatom alapját az adja, hogy amíg a légi jármű képes a vízforrás illetve a kárhelyszín közötti leggyorsabb útvonalon közlekedni, addig a vízszállító csak kitérésekkel és lassabb sebességgel képes haladni. Ezt szemlélteti a 38. ábra⁴².

Az ábrán a távolság légvonalban (zöld nyíl) 3 km, valamint földutakon (sárga) 6 km. Az oltóanyag ellátás a tűzcsapok hiánya miatt az erdőtüzek egyik legjelentősebb problémája. Abban az esetben, ha a tűz eloltása nagy mennyiségű vizet igényel, szükségessé válik a természetes vízforrások igénybevétele. A vízszállítás a legtöbb esetben speciálisan erre a célra tervezett és épített ún. vízszállító gépjárművek segítségével történik, ami a rossz minőségű erdei utak miatt csak lassú haladásra képes. Az ábrán bejelöltem a tűz frontvonalát, a vízforrást (kék), a két helyszín közötti földutakat, amelyen vízszállító közlekedik. Két pont távolságát, a két pontot összekötő szakasz hossza adja meg. Köztudomású, hogy két pont között legrövidebb út az egyenes. Mivel a helikopter légvonalban közlekedik, ezért képes a két pont közötti legrövidebb szakaszon haladni, ellentétben a vízszállítóval, amely a földutakon

⁴² A vizsgált terület földrajzi koordinátái: 47°36'28"N 18°52'46"E

haladva kitérésekkel tudja csak megközelíteni a kárhelyszínt. A földutakat a sárga vonalak jelzik, a zöld nyíl pedig a helikopter légi útvonalát mutatja meg. Grafikus elemzésem alapján jól látható, hogy a távolság légvonalban nyilvánvalóan rövidebb, mint az úton. A földutakon a távolság 6 km, légvonalban pedig csak 3 km. A tűzoltó gépjármű feltételezett sebessége az erdei úton, a fent leírtak alapján 20 km/h. Ez a 6 km-es szakaszon 18 percnyi időt vesz igénybe, amíg eléri a vízforrást. Mire onnan visszaér, a kárhelyszíntre ez az idő 36 percre ugrik. A fentiekkel szemben egy helikopter 120 km/h sebességgel 1,5 perc alatt képes a helyszínre érni, ahonnan egy gyors vízszerezés után feltételezésem szerint megközelítőleg 4 perc alatt vissza is ér a kiindulópontra. Ez többszörös szállítási hatékonyságot jelent, mivel a légi tűzoltás oltóanyag szállítása sokkal gyorsabb, mint a vízszállítóé, hiszen vonulásukat a domborzati körülmények nem akadályozzák [18].



38. ábra: Ingázási útvonal légi és földi jármű esetén. Készítette a szerző.

A légi tűzoltással sok időt nyerhetünk, ha annak költségeit nem kellene figyelembe vennünk. **A vízszállítás gyorsasága szempontjából tehát a légi jármű alkalmazása hatékonyabb.** Egy káresethez történő vonulási és szállítási idő tehát meghatározza a tűzoltás hatékonyságát [115]. Ám ahhoz, hogy az oltás valós hatékonyságát igazoljam, megvizsgálom a tűzoltás során felmerülő egyéb szempontokat is, így pl. a költségeket.

III.3. Tűzoltás költségeinek vizsgálata

A hatékony erdőtűzoltással kapcsolatos kutatásom során, megvizsgálom a tűzoltás költségeit is. Egy tűzoltás szakmai szempontból akkor hatékony, ha a lehető legrövidebb időn belül megvalósul a tűz körülhatárolása, lefeketítése, valamint a tűz eloltása. Ez a folyamat minél rövidebb idő alatt megy végbe, annál kevesebb erdőterület pusztul el, tehát nemzetgazdasági szinten kevesebb kárértékkel számolhatunk. Nagy kiterjedésű erdőtűz esetén előfordul, hogy alkalmazni kell tűzoltásra alkalmas légi járművet (helikopter) is. Ennek következtében a tűzoltás során felmerülő kiadások közül, a következő költségeket emelem ki:

- üzemanyag költségek
- légi/hagyományos tűzoltás költségei
- leégett területek kárértéke [18][117]

emellett megjelennek még egyéb költségek is úgy, mint

- élőerő költsége
- gépi amortizáció költsége
- eszközök működtetési költsége
- oltóanyag költsége
- egyéb költségek [73]

A tűzoltás költségein belül először a hagyományos tűzoltás üzemanyag költségeit vizsgálom.

III.3.1. A hagyományos tűzoltás üzemanyag költségei

Egy nagy kiterjedésű erdőtűz során korábbi már fent megnevezett tüzesetek alapján feltételezem 10 gépjárműfecskendő és 4 vízz szállító gépjármű egyidejű alkalmazását. 1 db tűzoltó gépjármű átlagos fogyasztása megközelítőleg 20 l/100 km. Feltételezek továbbá egy 5 km-es (oda-vissza 10 km) ingázási távolságot, a vízforrás és a kárhelyszín között. Az üzemanyag költségeket a KSH Adatai szerint feltételeztem, amely alapján a gázolaj ára 2019-ben átlagosan 400 Ft/l [189]. Az átlagos üzemanyag ár meghatározása nem egyszerű, hiszen az ország egyes területei és a különböző benzinkutak között is találni eltéréseket, azonban ezek mértéke nem akkora, hogy a vizsgálatom eredményét jelentősen befolyásolja.

A tűzoltási tapasztalatok alapján arra következtettek, hogy 1 db vízszállító 1 nap alatt akár 20 alkalommal is feltöltésre kerülhet, tehát 1 vízszállító 1 nap alatt 20 x 5 km oda és 5 km vissza, tehát 200 km távolságot tesz meg. Ez 10 db gépjármű esetén 2 000 km-t jelent. A művelet elvégzése után megkaptam, hogy a vízszállító fecskendők a fenti feltételekkel összesen 400 l-t fogyasztottak naponta.

$$\frac{2000 [km] \times 20 [l]}{100 [km]} = 400 \text{ l}$$

Ez a 2019-es gázolajárral számítva **160 E Ft** [189].

Ezt az összeget az álló jármű folyamatos motor és a szivattyú működése miatt 200 E Ft-re kerekítem.

III.3.2. A légi tűzoltás költsége

Mivel a magyarországi hivatásos katasztrófavédelmi szervezet nem rendelkezik speciálisan légi tűzoltásra tervezett járművel, ezért a nagy kiterjedésű tüzesetek oltása során Mi-2 és honvédségi Mi-8 –as helikopterek nyújtanak segítséget. Ezek a járművek belső tartályos megoldással, illetve külső függesztmény használatával is képesek légi tűzoltásra. Egy ilyen Mi-2 típusú helikopter folyamatos igénybevétel esetén, becslésem szerint akár naponta 75 alkalommal is felszáll. Az erdőben, mint vízhiányos területen a nyílt vízforrás és a kárhelyszín közötti fordulási idő, korábbi káresetek alapján átlagosan 5 perc [190]. Ennek megfelelően a helikopter üzemidejét a fordulások száma, illetve a fordulási idő szorzata adja, ami ebben az esetben,

$$75 \times 5 \text{ perc} = 375 \text{ perc} \text{ (6 óra 15 perc)}$$

Az egyszerűbb számolás érdekében az üzemidőt 6 órára kerekítem, így ennek költsége 6 óra után 3,6 M Ft⁴³.

$$600\,000 \frac{\text{Ft}}{\text{óra}} \times 6 \text{ óra} = 3,6 \text{ MFt}$$

III.3.3. Leégett terület kárértéke

A tűzoltási költségek vizsgálata során meghatározom a leégett területek kárértékét is. Magyarországon az 50 ha-t meghaladó tüzeket már nagy kiterjedésűnek nevezhetjük, azonban a múltban találunk ennél nagyobb pusztítást végző tüzeket is. Ezek az erdőtüzek megközelítőleg 2 000 ha leégett területet eredményeztek [102] [103], ezért most én is ezzel az értékkel számolok. Egy erdőmérnökkel kapcsolatos konzultációm

⁴³ A helikopter üzemi költségét szakértői konzultációk eredménye alapján határoztam meg.

alapján⁴⁴ 1 ha erdőterület becsült ára 2019-ben nagyjából 2 M Ft, tehát összesen 4 Mrd Ft kárértékkel számolhatunk. A fent említett nagyterjedésű tüzeket a tűzoltók 3 nap alatt oltották el, ezért ez a 4 Mrd. Ft-os kárérték egy napra vetítve 1,3 Mrd. Ft.

A költségek összege:

A fenti költségeket összeadva 1 napra a következő értéket kaptam:

- Az üzemanyag költségei: 200 E Ft
- A légi tűzoltás költségei: 3,6 M Ft
- Keletkezett kárérték: kb. 1,3 Mrd. Ft

Összesen: 1 303 800 000 Ft/nap

A fentiekkel bizonyítom, hogy egy nagy kiterjedésű erdőtüz során óriási költségekkel kell számolni. Ezek közül is kiemelkedik a leégett területek kárértéke, hiszen ez sokkal nagyobb, mint a tűzoltás többi költségének az összege. Ebből azt a következtetést vonom le, hogy a tűzoltás abban az esetben hatékony, ha a megmentett területek értéke a lehető legnagyobb, illetve a leégett területek mértéke a lehető legkisebb.

III.3.4. Gazdaságossági elemzés

A tűzoltás gazdaságossági vizsgálata során először ismertetem a gazdaságosság elsődleges kritériumát, amelynek lényege, hogy a tűzoltás során felhasznált élőerő, eszköz és anyagok költségei - vagyis a ráfordítás – kisebbek legyenek, mint a nemzetgazdasági szinten vett megmentett érték. Ezzel ellentétes esetben, csak gazdaságossági értelemben az oltás ráfizetéses. „A tűzoltásvezető kötelessége azokban az esetekben, ha a keletkezett tűznek nemzetgazdasági szempontból nincs jelentősége vagy a tűz eloltása a megmentett értékkel nem jár, dönteni a tűzoltásáról vagy a teljes elégs felügyeletéről úgy, hogy a tűzesettel összefüggésben járulékos kár ne keletkezzen” [3]. Többek között azért is dolgozom fel a korábbi esettanulmányokat, hogy azok elősegítsék a döntéshozókat a helyes döntéseik gyors meghozatalában [110].

Az alapesetek felállítása és vizsgálata során meg kell határozni a kezdeti feltételeket. A tűz szabad terjedésének ideje alatt a leégett terület minden esetben azonos, így ennek kárértéke abszolút értelmű. A megmentett és a megsemmisült erdő területe, a

⁴⁴ A konzultáció jegyzőkönyve a szerző magánarchívumában megtalálható.

beavatkozás hatékonyságától függ. Erdőtűzoltás esetén a gazdaságosság megállapításánál a megmentett erdő értékét, valamint az oltás során keletkező költségek arányát kell figyelembe venni [73].

A tűzoltás taktikáját a tűzoltásvezetőnek úgy kell meghatároznia, hogy a tűz a lakosságot, valamint a lakott területeket ne veszélyeztesse, hiszen egy erdőtűz esetén is – akárcsak a többi katasztrófánál – elsődleges az életmentés. Ezután kerül elő a tűzoltás hatékonyságának a kérdésköre. A nagy kiterjedésű leégett erdőterületek csökkentése érdekében a tűzoltás bizonyos esetben megkívánja a légi tűzoltásra alkalmas járművek alkalmazását.

III.4. A tűzoltó eszközök és járművek hatékonyságának vizsgálata

A vizsgálataimhoz és a számításaimhoz a valósághoz közeli körülményeket feltételeztem. Ezek alapján megítélem a tűzoltó technikai eszközök és a gépjárművek hatékonyságát, az erdőtűzek oltása során. A vizsgálat megkezdése előtt szeretném felhívni a figyelmet arra, hogy a különböző káresetek alkalmával más-más technikai eszköz és jármű alkalmazása lehet hatékony. Ez azt jelenti, hogy bár bizonyos eszközök használta erdőtűzoltásnál kevésbé tűnik hatékonynak, azonban más típusú beavatkozásnál (pl. műszaki mentésnél vagy zárt térben) ezek kiválóan alkalmazhatók. A mentő tűzvédelem területén a beavatkozók számos technikai eszközt, kéziszerszámot és járművet alkalmaznak. Ezek egy része bevethető erdőtűzeknél is, azt azonban nehéz meghatározni, hogy ezek közül melyik eszköz a leghatékonyabb. A releváns szakirodalmak között találtam olyan kutatást, amely a tűzoltó technikai eszközök [119], gépjárművek [191] és légi eszközök [107] hatékonyságát vizsgálja, azonban ezek egymáshoz történő viszonyítását egy komplex elemzés formájában nem találtam, ezért ezt még hiányosnak tekintem. Az ezzel kapcsolatos kutatásaim során azonban találtam olyan eredményt, amely numerikus modellek segítségével értékeli a különböző eszközök és védőruhák teljesítményét [192]. Véleményem szerint a komplex elemzési módszer hatékony, hiszen ez által meg lehet ismerni az adott technikai eszköz előnyét és hátrányát is. Vizsgálatom során elemzem az egyszerű kézi eszközöket, és az új innovatív technikai eszközöket is a hatékonyság tükrében. Választásom a következő eszközökre esett: *Kéziszerszámok* (lapát, szikracsapó), *puttonyfecskenő, quad, pick up, tűzoltó gépjármű* (UNIMOG erdőtűzes gépjármű).

Választásom azért esett ezekre az eszközökre, mert a hazai erőtűzoltás tapasztalatai azt mutatják, hogy ezeket a már meglévő vagy általam javasolt eszközöket hatékonyan lehet alkalmazni egy beavatkozás során. A listát úgy készítettem el, hogy abban minden típusú eszközt vizsgálni tudjak a legegyszerűbbtől a legmodernebbig.

A *kéziszerszámok* a leggyakrabban használt olyan eszközök, amelyeket alacsony tűzintenzitás esetén, többnyire a tavaszi szárazfű-tüzes időszakokban használnak a tűzoltók. Mind a beszerzési költségük, mind a karbantartásuk nagyon egyszerű ugyanúgy, ahogyan a használatuk is.

A *puttonyfecskendő* egy egyszerű technikai eszköz, amely szintén a hazai kora tavaszi kis intenzitású tüzek oltására alkalmas. Előnye, hogy a beavatkozó tűzoltó az eszközt és annak vízkészletét bárhova képes magával vinni, hátránya viszont, hogy a többletterhet a tűzoltó magán viseli. Az eszköz vízkapacitása hazánkban 20 l, azonban külföldön alkalmaznak 25 l-es puttonyfecskendőt is [193]. Gyakorlati tapasztalatok alapján ez az eszköz fejleszthető 30 l -ig, hiszen ekkora teher mellett még képes a tűzoltó a hatékony beavatkozásra. Mivel vizsgálatomban az technikai eszközök maximális kapacitásával számolok, ezért a puttonyfecskendő esetén a 30 l-es vízzállítási képességet elfogadható értéknek tekintem. Az eszköz beszerzési és üzemi költségét is ár-érték arányban elfogadhatónak ítélem meg.

A tűzoltási célra felszerelt *quad* jó terepjáróképessége miatt, alkalmazható a nehezen megközelíthető területek elérésére, illetve nagyobb távolságok megtételére is. Ez a jármű alkalmas két fő, valamint akár 300 l víz szállítására is. Beszerzési és üzemeltetési költségét is ár-érték arányban elfogadhatónak ítélem meg.

A *pick up* tulajdonképpen a tűzoltó gépjármű egyszerűbb és kisebb változata. Élőerő, technikai eszközök és víz szállítására egyaránt alkalmas, akár nehéz terepen is. Ennek beszerzési költsége becslésem szerint több millió forint, viszont egy forduló során négy fő tűzoltó és 1 000 l víz szállítására is alkalmas.

A hagyományos tűzoltás során alapvetően *tűzoltó* és *vízzállító gépjárműveket* alkalmaznak, ezért kutatásomban ezek adatait is vizsgálom. A vízzállító nagy és jól felszerelt, emellett akár 10 m³ víz szállítására is alkalmas. Hátránya viszont, hogy beszerzési és üzemeltetési költsége is magas, emellett nehéz terepen nem alkalmazható hatékonyan.

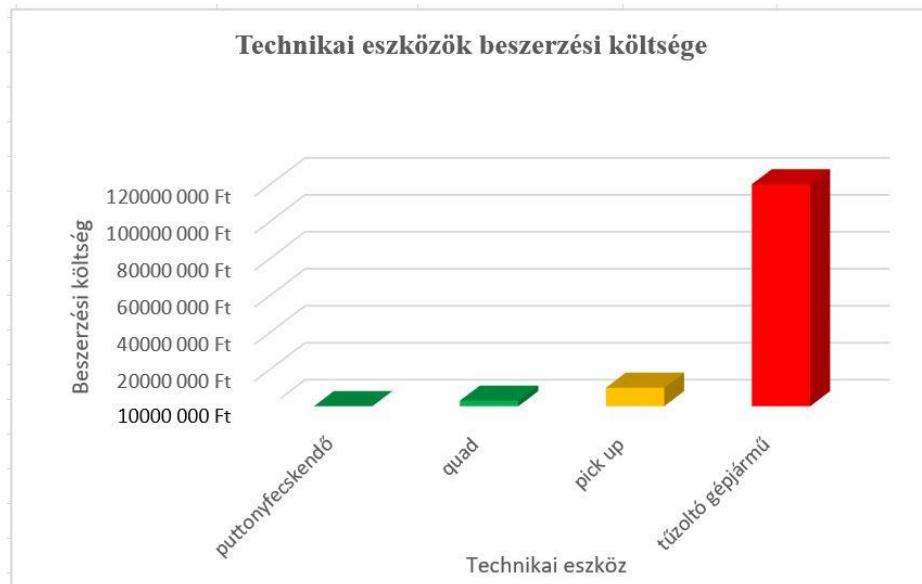
8. táblázat: A vizsgált technikai eszközök és járművek egyes paramétereinek összehasonlítása.
Készítette: A szerző

	Puttonyfecskendő	Quad	Pick up	Tűzoltó gépjármű
Beszerzési költség (Ft)	70 E Ft	3 M Ft	10 M Ft	120-150 M Ft
Üzemeltetési költség (Ft)	10 E Ft	25 E Ft	50 E Ft	60 E Ft
Elhordható vízmennyiség (l)	30 l	300 l	1000 l	10 000 l
Előerő (személyek száma)	1 fő	2 fő	4 fő	3-6 fő
Káreset megközelítése	✓	✓	-	-
Környezetterhelés	✓	-	-	-

A fent felsorolt eszközök bemutatására, valamint a hatékonyság vizsgálatára elkészítettem a 8. táblázatot. A táblázatban vízszintesen a fent felsorolt erdőtűzoltás során alkalmazott technikai eszközök/járművek láthatók. A függőleges tengely a vizsgálatomon alapuló hatékonysági tényezőket mutatja be. Az elemzésem hitelessége miatt a kéziszerszámok vizsgálatának eredményeit nem tekintem relevánsnak. Ennek oka, hogy a többi vizsgált eszközhöz képest az értéke kiugróan alacsony, ezáltal ellehetetleníti a többi eszköz hatékonyságának az összehasonlítását.

III.4.1. Beszerzési költség vizsgálata

Egy technikai eszköz hatékonyságának elemzéséhez meg kell vizsgálni az eszköz beszerzési költségét is. A gyártók árai bizonyos mértékben eltérnek egymástól, ezért a fogyasztó minden esetben igyekszik az ár-érték arányban legmegfelelőbb terméket megvásárolni. A tűzoltásra alkalmas technikai eszközök ára változó, találtam olcsó és kifejezetten drága eszközöket is. Az általam vizsgált eszközök becsült beszerzési árát a 39. ábrán szemléltetem.



39. ábra: A vizsgált technikai eszközök és járművek beszerzési költsége. Készítette a szerző.

A hisztogramról leolvasható, hogy a tűzoltó gépjármű beszerzési ára a legdrágább (120 M Ft), majd ezt a pick up ára (10 M Ft) követi, a puttonyfecskendőt (70 E Ft) viszont már alacsony áron is be lehet szerezni [194]. A quad (3 M Ft) és a pick up (10 M Ft) árát (sárga) közepesnek tekintem. A hisztogramon zöld színnel jelöltem a kedvező, piros színnel pedig a drága eszközöket. Az árak vizsgálatából azt a következtetést vonom le, hogy a nagyobb méretű eszközök és járművek többcélúak, ez pedig befolyásolja az árakat is. Összességében a beszerzési árak vizsgálatának eredményeként megállapítom, hogy a drága technikai eszközök vásárlására csak abban az esetben van szükség, ha fennáll a nagy kárértékű tüzesetek kockázata.

III.4.2. Üzemeltetési költség vizsgálata

Egy eszköz beszerzési ára után vizsgálom az üzemeltetési költségeket is, amelyet a 39. ábrán mutatok majd be.

A *puttonyfecskendő* egy olyan technikai eszköz, amelyet a tűzoltók a kézi szerszámokhoz hasonlóan működtetnek. Ennél az eszköznél nincsen üzemidős költség, csupán a minimális amortizáció, valamint az előerő költsége áll fenn, azonban ennek számszerűsítésére is szükség van. Az előerő költséget nem szűkíthetem le csupán a kifizetett tűzoltói bérekre. Azt, hogy a katasztrófavédelem egy tűzoltója mennyibe kerül ($K_{\text{előerő}}$) a szervezetnek, az éves költségvetés vizsgálata adja meg. Az előerő költséget a katasztrófavédelem éves humán költségvetéséből (K_{katved}) és a tűzoltói állomány létszámából ($K_{\text{létszám}}$) számítom ki.

$$K_{\text{előerő}} = \frac{K_{\text{katved}}}{K_{\text{létszám}}} \quad (5)$$

A katasztrófavédelem éves költségvetése megközelítőleg 70 Mrd. Ft, ebből kb. 60 Mrd. Ft a humán költség [195]. A szervezet ebből az összegből minden szakterületet beleszámítva megközelítőleg 12 ezer munkavállalót foglalkoztat. Ennek alapján az egy munkavállalóra vetített éves költség kb. 5 millió Ft egy évre.

$$K_{\text{előerő}} = \frac{60 \text{ Mrd. Ft}}{12 \text{ e fő}} = 5 \text{ M Ft/fő}$$

Ez kerekítve havi szinten 416 E Ft-ot, míg 1 napra lebontva 13 700 Ft-ot jelent. A későbbi egyszerűbb számolás érdekében ezt az összeget 14 e Ft-ra kerekítem. A beavatkozó állomány 24-48 órás munkarendje, valamint a kompenzációs napok és szabadságok miatt az egy napra eső teljes költséget célszerűnek tartom 4-gyel megszorozni. Ennek eredményeként az egy szolgálatra vetített előerő költsége naponta 56 e Ft. Ez az eredmény természetesen nem a legpontosabb, inkább egy olyan iránymutató adat, amelynek segítségével különböző trendeket szeretnék meghatározni. A többi technikai eszköz/jármű kapcsán az előerő költségén felül számolni kell az üzemanyag, valamint az üzemeltetési költségekkel is. Ökölszabályként alkalmazom azt a gyakorlati tapasztalatot, hogy egy eszköz beszerzési költsége megközelítőleg megegyezik az eszköz valamennyi fenntartási és javítási költségével egy termék életciklusa során. Ennek alapján egy *tűzoltó quad*, amelynek beszerzési költsége jelenleg 3 M Ft [196], annak fenntartási költsége is megközelítőleg ugyanennyi egy szakértők által egyeztetett 6 éves életciklus alatt⁴⁵. Ebből kiszámítom, hogy ha a tűzoltó quad fenntartási költsége kb. 3 M Ft/év, akkor az 1 évre vetítve 500 E Ft. A hazai tűzoltási tapasztalatok alapján egy tűzoltó quad lehetséges éves átlagos üzemidejét 100 órára becsülöm. Ennek következtében a jármű üzemeltetési költsége kb. 5000 Ft/óra. A hazai tűzszezonok alapján vett feltételezésem az, hogy éves szinten megközelítőleg 20 tüzésnél alkalmazható a *tűzoltó quad*. Ez 5 óra/káreset üzemidőt jelent,

$$\frac{100 \text{ óra}}{20 \text{ káreset}} = 5 \text{ óra/káreset}$$

⁴⁵ Az interjú jegyzőkönyve a szerző magánarchívumában megtalálható.

ami egy 5 órás beavatkozás esetén 25 E Ft/óra. Ehhez hozzáadom az élőerő költségét, ami quad esetén 2 főt jelent, így a tűzoltó quad üzemeltetési költsége kb. 137 E Ft.

$$25 \text{ E Ft} + (2 \times 56 \text{ E Ft}) = 137 \text{ E Ft}$$

A *pick up* üzemeltetési költségét, a tűzoltó quadhoz hasonlóan számoltam ki. A korábbiakban a *pick up* beszerzési árát 10 M Ft-ra becsültem, [197] tehát a fenntartási költségeke is nagyjából ennyi egy 10 éves élekciklus alatt. A *pick up* esetén azért nem 6 éves élekciklussal számoltam, mert alkalmazási körülményeiből adódóan kevésbé van kitéve az amortizációs lehetőségeknek mint a quad. Ez alapján megállapítom, hogy a *pick up* fenntartási költsége éves szinten 1 M Ft. Feltételezek ebben az esetben is egy 100 órás üzemidőt éves szinten. Ennek következtében megállapítom, hogy a jármű üzemeltetési költsége 10 E Ft/óra. Hasonlóan a tűzoltó quadhoz, ebben az esetben is az 5 óra/káreset üzemidőt tekintem irányadónak. Ez a 10 E Ft/óra üzemidő esetén 50 E Ft.

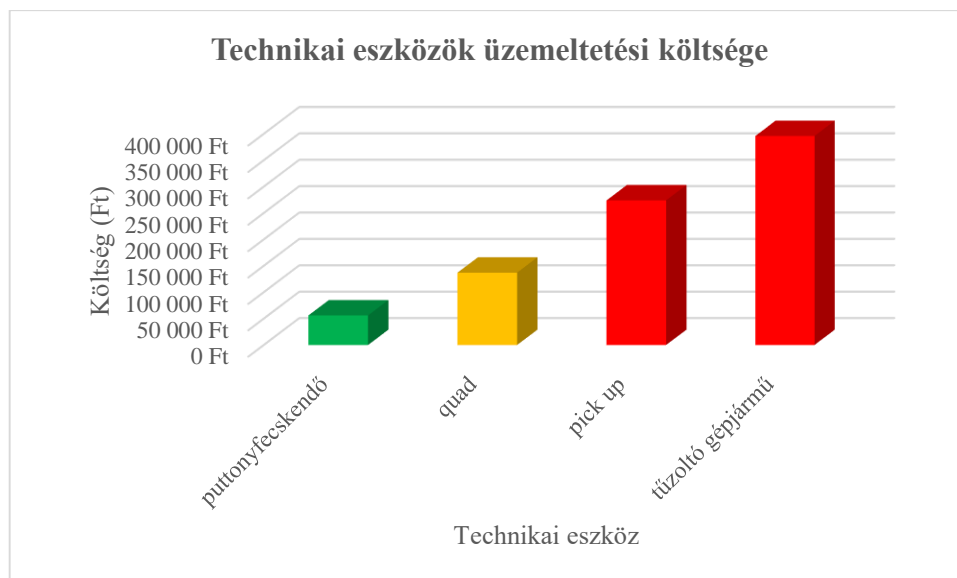
Az korábbiakhoz hasonlóan itt is számolok az élőerő költségével is, ami egy 4 fős *pick up* esetén további 224 E Ft-os költséget jelent. Így a jármű összegzett üzemeltetési költsége 274 E Ft.

Egy *tűzoltó gépjármű* üzemeltetési költsége piaci szereplők tapasztalata alapján⁴⁶ jelenleg 60 E Ft/óra. Ehhez jön az élőerő költsége ami egy raj (6 fő) esetén 336 E Ft.

Így a jármű üzemi költsége összesen $336 \text{ E Ft} + 60 \text{ E Ft} = 396 \text{ E Ft}$.

Az üzemeltetési költségeket a 40. ábrán szemléltetem. Látható, hogy itt is jelentős különbségek vannak az egyes technikai eszközök között, van, amelyiknek a fenntartási költsége rendkívül alacsony és van, amelyiknek pedig több milliós.

⁴⁶ Az interjú jegyzőkönyve a szerző magánarchívumában megtalálható.



40. ábra: A vizsgált technikai eszközök üzemeltetési költsége. Készítette a szerző.

A grafikonon ebben az esetben is zöld színnel jelöltem az olcsó, piros színnel pedig a drága eszközöket. Az elemzés alapján arra a következtetésre jutottam, hogy amelyik technikai eszköz beszerzési ára magas, annak a fenntartási költsége is nagy, tehát a beszerzési és a fenntartási költség egymással korrelál.

III.4.3. Szállítható vízmennyiség vizsgálata

Az egyes technikai eszközök árának vizsgálata után, meghatározom azt, hogy az adott eszköz, illetve jármű mennyi **vizet képes eljuttatni** a kárhelyszínre, hiszen ez is a tűzoltás hatékonyságának egyik fontos tényezője. Az erdő egy vízhiányos terület, ezért a megfelelő mennyiségű oltóvíz szállítása logisztikai feladat. A hatékonyság vizsgálatom során fontos szempont itt nem csak az elszállítható víz mennyisége, hanem az eszköz/jármű sebessége is. Ez az adott technikai eszközök esetén a következőképpen alakul.

9. táblázat: A tűzoltáskor alkalmazható eszközök kapacitása és sebessége. Készítette szerző.

	Puttonyfecskendő	Quad	Pick up	Tűzoltó gépjármű
Kapacitás (liter)	30 l	300 l	1 000 l [197]	7-10 000 l ⁴⁷
sebesség (km/h)	4 km/h (terepviszonyok miatt)	40 km/h	60 km/h	60 km/h

⁴⁷ A legtöbb duplafülkés vízszállító jelenleg 7000 l víz szállítására képes, azonban az új Renault Aquarex S10 vízszállító kapacitása már eléri a 10 000 l-t. Értekezésemben a járművek vizsgálatakor mindig a maximális kapacitási lehetőséget vizsgálom, ezért számításaimnál a 10 000 l-t tekintem irányadónak.

Az eszköz vízszállító kapacitása ($Q_{\text{v\u00edz}}$) \u00e9s sebess\u00e9ge ($Q_{\text{sebess\u00e9g}}$) alapján meghat\u00e1rozom a vízsz\u00e1ll\u00edt\u00e1si k\u00e9pes\u00e9get (V_k) literkilom\u00e9ter-\u00f3r\u00e1ban. \u00c1rusz\u00e1ll\u00edt\u00e1si k\u00e9pes\u00e9g sz\u00e1m\u00edt\u00e1s\u00e1n\u00e1l \u00e1ltal\u00e1nosan az \u00e1rutonna-kilom\u00e9ter vagy a kilogramm-kilom\u00e9ter m\u00e9rt\u00e9kegys\u00e9get haszn\u00e1lj\u00e1k, azonban \u00e9rtekez\u00e9semben a v\u00edzmennyis\u00e9get v\u00e9gig literben hat\u00e1roztam meg, ez\u00e9rt jelen esetben literkilom\u00e9ter-\u00f3r\u00e1val sz\u00e1molk. A vízsz\u00e1ll\u00edt\u00e1si k\u00e9pes\u00e9get \u00fa\u00fdy sz\u00e1m\u00edtom ki, hogy az adott eszk\u00f6z \u00e1ltal elhordhat\u00f3 v\u00edzmennyis\u00e9get megszorozom a sebess\u00e9ggel.

$$V_k = Q_{\text{v\u00edz}} [\text{l}] \times Q_{\text{sebess\u00e9g}} [\text{km/h}] \quad (6)$$

Ez a vizsg\u00e1lt eszk\u00f6z\u00f6k tekintet\u00e9ben a k\u00f6vetkez\u00f6k\u00e9ppen alakul:

- Puttonyfecskend\u00f3: $30 \text{ l} \times 4 \text{ km/h} = 120 \frac{\text{l km}}{\text{h}}$
- Quad: $300 \text{ l} \times 40 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 12\,000 \frac{\text{l km}}{\text{h}}$
- Pick up: $1000 \text{ l} \times 60 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 60\,000 \frac{\text{l km}}{\text{h}}$
- V\u00edzsz\u00e1ll\u00edt\u00f3 fecskend\u00f3: $10\,000 \text{ l} \times 60 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 600\,000 \frac{\text{l km}}{\text{h}}$

Meg\u00e1llap\u00edtom, hogy, a legnagyobb v\u00edzkapacit\u00e1sa a vízsz\u00e1ll\u00edt\u00f3 g\u00e9pj\u00e1rm\u00fcnek van, ez\u00e9rt is haszn\u00e1lj\u00e1k \u00e1ltal\u00e1ban ezt a j\u00e1rm\u00fcvet a hagyom\u00e1nyos t\u00f1zolt\u00e1s sor\u00e1n. A kisebb m\u00e9ret\u00fc, \u00e1m gyorsabb \u00e9s mozg\u00e9konyabb eszk\u00f6z\u00f6k k\u00f6z\u00fcl a quad \u00e9s a pick up is k\u00e9pes annyi v\u00edzet sz\u00e1ll\u00edtani, ami egy kis kiterjed\u00e9s\u00fc erd\u00f3t\u00f1z elolt\u00e1s\u00e1hoz sz\u00fcks\u00e9ges. Az olt\u00e1s sor\u00e1n viszont csak kevesebb mennyis\u00e9g\u00fc v\u00edzet lehet eljuttatni a k\u00e1rhelysz\u00ednre. \u00d3sszess\u00e9g\u00e9ben logikus, hogy ebben az esetben is sz\u00e1mottev\u00f3 a technikai eszk\u00f6z m\u00e9rete a hatékonys\u00e1g tekintet\u00e9ben, hiszen a nagyobb eszk\u00f6zzel t\u00f6bb v\u00edzet vagyunk k\u00e9pesek a k\u00e1rhelysz\u00ednre juttatni.

III.4.4. Amortiz\u00e1ci\u00f3s k\u00f6lts\u00e9gek vizsgálata

A beszerz\u00e9si, az \u00fczemeltet\u00e9si k\u00f6lts\u00e9gek \u00e9s a vízsz\u00e1ll\u00edt\u00e1si k\u00e9pes\u00e9gek eddigi eredm\u00e9nyei lehet\u00f3s\u00e9get adnak arra, hogy meghat\u00e1rozzam az egyes eszk\u00f6z\u00f6k \u00e9s j\u00e1rm\u00fcvek amortiz\u00e1ci\u00f3s k\u00f6lts\u00e9geit, valamint elv\u00e9gezzem a vízsz\u00e1ll\u00edt\u00e1si k\u00e9pes\u00e9g Ft/l ar\u00e1nyos\u00edt\u00e1s\u00e1t. A fent vizsg\u00e1lt technikai eszk\u00f6z\u00f6k \u00e9s j\u00e1rm\u00fcvek esetén az ar\u00e1nyos\u00edt\u00e1s meghat\u00e1roz\u00e1s\u00e1hoz egy 10 \u00e9ves \u00fczemeltet\u00e9si id\u00f3t veszek alapul. Ennek k\u00f6sz\u00f6nhet\u00f6en

a következő értékekkel számolok: Puttonyfecskendő 500 óra, tűzoltó quad, pick up és tűzoltó gépjármű 1000 óra.

Az amortizációs költségeket az adott eszköz beszerzési ára (8. táblázat alapján) és üzem idejének hányadából számolom ki az alábbi módon.

$$K_{\text{amortizáció}} = \frac{K_{\text{beszerzési ár}}}{K_{\text{üzemeltetési idő}}} \quad (7)$$

Az előző alfejezetek adatai, valamint a jelenlegi képlet segítségével történő számolás alapján az amortizációs költségek a következőképpen alakulnak.

- Puttonyfecskendő: 140 Ft/óra
- Quad: 3 E Ft/óra
- Pick up: 10 E Ft/óra
- Tűzoltó gépjármű: 120 E Ft/óra

A Ft/l arányosítás kiszámításához a most kapott amortizációs költségeket ($K_{\text{amortizáció}}$) elosztom az adott eszköz vízkapacitási képességével ($Q_{\text{víz}}$) a következő képlet segítségével a 8. táblázat adatainak felhasználásával.

$$\text{Arányosítás} = \frac{K_{\text{amortizáció}}}{Q_{\text{víz}}} \quad (8)$$

Ennek eredményeként a következő arányosítási összegeket kapom:

- Puttonyfecskendő: 4,6 Ft/l
- Quad: 10 Ft/l
- Pick up: 10 Ft/l
- Tűzoltó gépjármű: 12 Ft/l

A számítás megerősíti azt a korábbi feltételezésemet, hogy a kisebb gépjárművek alkalmazása olcsóbb, ezért hosszútávon ezek alkalmazása a hatékonyabb.

III.4.5. A káreset megközelítésének elemzése

Az amortizációs költségek elemzése után vizsgálom azt, hogy az adott technikai eszközzel/járművel mennyire hatékony egy káreset megközelítése. Egy erdőtűz során a beavatkozóknak számos esetben beljebb kell menni az erdőbe, azért, hogy elolthassák a tüzet. Ez a nagyméretű járművekkel alapvetően nem valósítható meg. Itt nyer jelentőséget a kéziszerszámok alkalmazásának a hatékonysága.

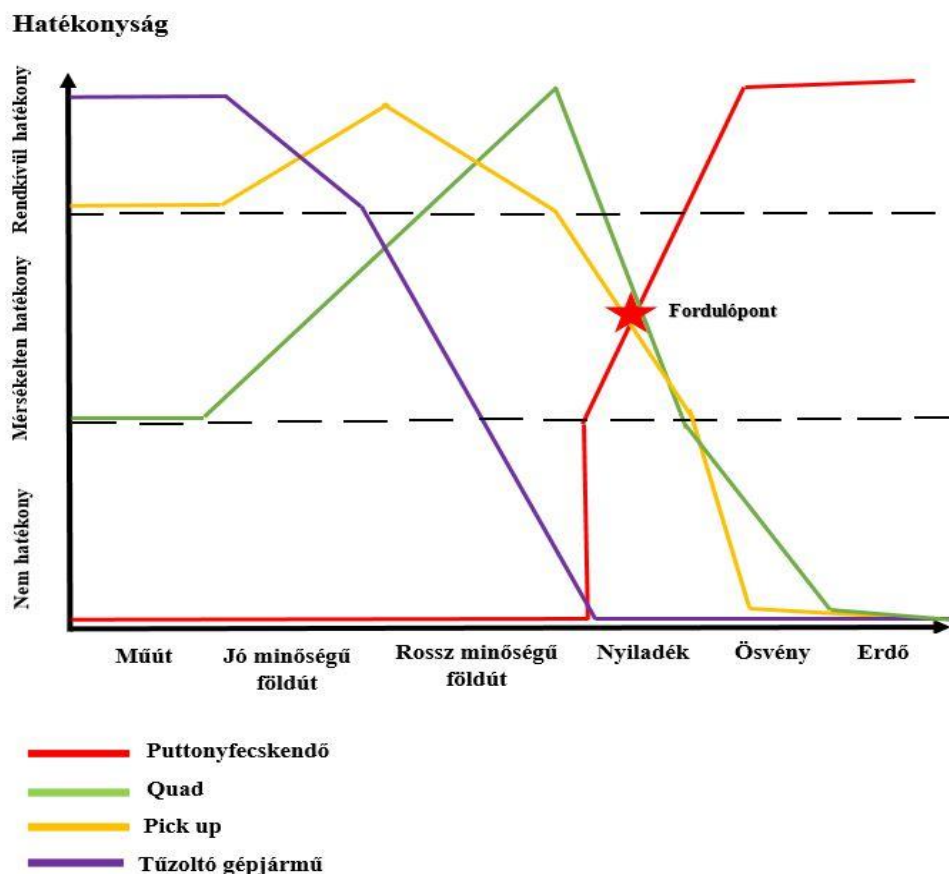
Az elemzésem során *műútnak* tekintem azt, ahol a gépjármű jó minőségű útburkolaton, akadályok nélkül közlekedik a fentiek alapján meghatározott 60 km/h átlagsebességgel. *Jó minőségű földútnak* tekintem az erdőbe vezető kemény, szilárd burkolatú utakat, ahol egy gépjármű 40 km/h átlagsebességgel is képes közlekedni. *Rossz minőségű földútnak* tekintem azokat az erdei utakat, amelyek közlekedési járművekkel nincsenek kijárva, ezért rajtuk legfeljebb 20 km/h átlagsebességgel lehet közlekedni. *Nyiladéknak* tekintem az erdőben mesterségesen kialakított, fátlan állapotban fenntartott utakat [101], amelyekre a nagyméretű gépjárművek már nem képesek behajtani. *Ösvénynek* tekintem azokat az erdei kis bekötő utakat, ahol a gyalogosokon kívül csupán az egyszemélyes kisméretű járművek képesek behajtani. *Erdőterületnek* tekintem az erdő azon a részét, ahol a fák sűrűsége csak a gyalogos megközelítést teszi lehetővé. A különböző típusú utakat és az azokon való közlekedési lehetőségeket a 10. táblázatban szemléltem.

10. táblázat: Eszközök és járművek mozgási lehetősége a különböző típusú utakon.
Készítette a szerző.

	műút	jó földút	rossz földút	nyiladék	ösvény	erdő
puttonyfecskendő	-	-	-	-	✓	✓
quad	-	✓	✓	✓	-	-
pick up	✓	✓	✓	-	-	-
tűzoltó gépjármű	✓	✓	-	-	-	-

A 10. táblázat alapján arra a következtetésre jutottam, hogy az eddig leghatékonyabbnak tűnő tűzoltó gépjármű csak a jó minőségű műúton halad hatékonyan. A szűk és rossz minőségű utakon való haladása nem hatékony, sőt számos esetben lehetetlen. Ezzel ellentétben a pick up jobb menettulajdonságai miatt már alkalmas alsóbb rendű úton való hatékony közlekedésre, azonban az olyan szűk területekre, mint nyiladék, ösvény és erdő nem képes bejutni. A tűzoltó quad hatékonysága hasonló a pick up-hoz, bár jó minőségű úton lassabb haladásra képes, azonban ezt kompenzálja a jó terepjáró képessége, amivel még a szűkebb nyiladékokon is képes közlekedni, igaz mérsékelt hatékonysággal. Megállapítom, hogy eddig a pontig (nyiladék), vannak olyan tűzoltásra alkalmas járművek, amelyek segítségével el lehet érni a nehezen megközelíthető területeket. Az szűk erdei ösvényeken és az erdőterület belsejében a fák között már csak gyalogos módon tudjuk megközelíteni a kárhelyszínt. Ezen a ponton vizsgálom a puttonyfecskendő hatékonyságát.

Az egyes eszközök és járművek hatékonyságát a 41. ábrával is bemutatom. Ez a görbe lehetőséget ad arra, hogy a különböző minőségű utakon való közlekedés hatékonyságát szemléltessem. Az ábrát vizsgálva arra a következtetésre jutottam, hogy a nagyméretű gépjárművek alkalmazása hatékony, egészen addig, amíg a vonulás könnyű terepen, széles úton történik, tehát az erdei nyiladékokig. Ettől a ponttól azonban a rosszabb terepviszony miatt a nagyméretű gépjárművek már nem alkalmazhatók hatékonyan és szükséges más típusú kisebb járműveket alkalmazni, esetleg a területet gyalogosan megközelíteni. Itt kap jelentőséget a pick up és a tűzoltó quad, azonban ezekkel a járművekkel sem lehet teljesen elérni a sűrű fás, bokros nyiladékokat és erdei ösvényeket, ezért a vonulás végső lépéseként gyalogos megközelítést kell alkalmazni és a tűzoltást kéziszerszámokkal kell végrehajtani. Következésképp, a vonulási hatékonyság vizsgálatom eredményeként az erdőtüzoltás vonulási logisztika **fordulópontjának az erdei nyiladékokat tekintem.**



41. ábra: Az egyes járművek és eszközök hatékonyságának szemléltetése a különböző típusú utakon.
Készítette szerző.

A hatékonyságot másrésről az adott eszköz/jármű sebességének vizsgálatával is meghatározom a különböző minőségű utakon (11. táblázat).

11. táblázat: A vizsgált technikai eszközök és járművek átlagsebessége a különböző típusú utakon.
Készítette a szerző.

	műút	jó földút	rossz földút	nyiladék	ösvény	erdő
puttonyfecskendő	6 km/h	6 km/h	6 km/h	6 km/h	6 km/h	6 km/h
quad	40 km/h	40 km/h	30 km/h	20 km/h	10km/h	-
pick up	60 km/h	40 km/h	20 km/h	10 km/h	-	-
tűzoltó gépjármű	60 km/h	30 km/h	15 km/h	-	-	-

A 11. táblázatban feltüntettem az adott eszközhöz/járműhöz tartozó sebességeket. Látható, hogy a különböző minőségű utakon más járművek alkalmazása a leghatékonyabb. A műúton és a jó minőségű földúton a nagyobb és gyorsabb járművek alkalmazása a hatékony. A nehezebben járható utakon már a kisebb és jobb terepjáró képességű járművek alkalmazása a kedvező. Azonban beljebb az erdőterületen, ahol már csak a kisebb ösvények és nyiladékok állnak rendelkezésünkre, csupán a kéziszerszámok állnak rendelkezésünkre. Igaz, ezekkel csak minimális sebességgel lehet közlekedni, azonban velük az erdőtömb bármely része elérhető.

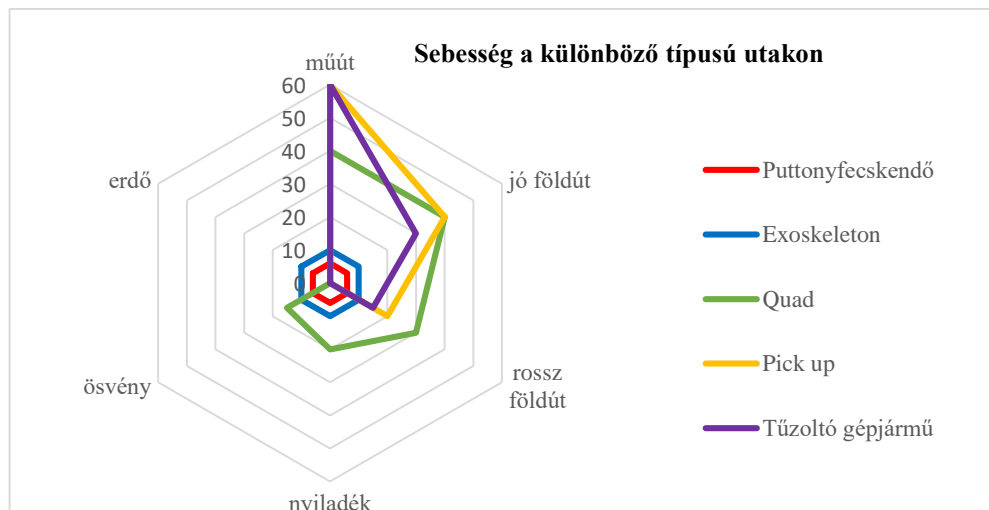
A csak gyalogosan járható nyiladékok és ösvények vizsgálata során az a kérdés vetődött fel bennem, hogy hogyan lehet a tűzoltást ilyen körülmények között hatékonyabbá tenni. Ehhez megvizsgáltam a különböző eszközök szállítási képességének felső határát, amely során a következő sorozatot kaptam: a puttonyfecskendő maximum 30 l, a quad kb. 300 l, a pick up kb. 1000 l, a tűzoltó gépjármű kb. 3 000 - 4 000 l, a vízzállító gépjármű pedig kb. 10.000 l víz szállítására képes. A sorozatban azt vettem észre, hogy – ökölszabályként – az egyes eszközök között az első és a második kivételével mindig nagyjából háromszoros a különbség. Az értékeket hisztogram segítségével ábrázoltam (42. ábra) és feltételezem, hogy található olyan technikai eszköz, amely alkalmazásával a növekedés mértéke ebben az esetben is tartható.



42. ábra: A vizsgált technikai eszközök és járművek vízszállítási képessége. Készítette: A szerző

A kutatásaim során arra a következtetésre jutottam, hogy a saját erőből tartósan szállítható oltóanyag-mennyiséget, vagyis a putnyfecskenő kapacitását már nem célszerű növelni, a kb. 30 kg mennyiség lehet a felső határ. Ezt a következő fejezetben végzett vizsgálatommal bizonyítom. A következő szállítási lépcsőfokot a quad jelentené, a szállítható oltóanyag-mennyiség kb. tízszeresével, azonban a szűk ösvényeken, nyiladékokon ezek is csak korlátozottan, vagy már egyáltalán nem használhatók. A megoldáshoz olyan technikai eszközt kerestem, amely a kettő között helyezkedik el. A szállítási, valamint a technikai képességből engedni kell, viszont a putnyfecskenő alkalmazásánál meglévő szabadságfokot a nyiladékok, szűk ösvények, vagy az erdőtömbben való mozgási képesség miatt legalább részlegesen fenn kell tartani. A szállítási képesség növekedésében általam ökölszabályként felismert hármasszorzó alapján az eszköznek kb. 90 – 100 l oltóanyag szállítására kellene képesnek lennie. A lehetséges technikai eszközök kutatása során több olyan megoldást is találtam, amely az emberi testre vázszerűen illeszthető és teherviselő elemként (exoskeleton) funkcionál, sőt, többletterhelést is lehetővé tesz [198]. Ezek a vázszerkezetek jelenleg többnyire az orvosi és katonai alkalmazásoknál lelhetők fel [199]. Megvizsgáltam, hogy ezek a vázszerkezetek potenciálisan alkalmazhatók lennének-e erdőtűzoltási feladatoknál. A katonai alkalmazások köztudomásúan magas

követelményrendszere miatt elfogadottnak tekintem, hogy található olyan vázszerkezet, amely a tűzoltókat is képes lehet segíteni. Az orvosi alkalmazások mozgásukban sérült emberek életminőségének javítását szolgálják, ezért azok kifinomult mozgásérzékelést és komfortérzetet biztosítanak, amely szintén szükséges egy esetleges tűzoltói beavatkozásnál. Az adatok értékelése alapján azt a következtetést vonom le, hogy egy vázszerkezet lehetővé teszi a logikai felvetésen alapuló 90-100 l víz szállítását, mindezt úgy, hogy viselőjére nem ró fel plusz terhet. A vázszerkezetnek van egy alapsúlya (kb. 15 kg), ami megközelítőleg a teli puttonyfecskendő fele, ezért sebességét a puttonyfecskendő alkalmazási sebességének kétszeresében határozom meg, ami 12 km/h⁴⁸. Az különböző eszközök sebességének hatékonyságát sugárdiagram segítségével is szemléltetem a különböző típusú utakon (43. ábra).



43. ábra: A vizsgált technikai eszközök és járművek sebessége a különböző típusú utakon. Készítette a szerző.

A logisztikai elemzésem során megvizsgáltam azokat a gépjárműveket és technikai eszközöket, amelyek segítségével megvalósítható a hatékony tűzoltás. Az elemzésben ismerttettem az általam vizsgált eszközök és járművek (kéziszerszámok, puttonyfecskendő, tűzoltó quad, pick up, tűzoltó gépjármű,) előnyeit és hátrányait a tűzoltás során. Az **eszközök hatékonyságát egymással összehasonlítottam** és meghatároztam azt, hogy ezek milyen típusú beavatkozások során alkalmazhatók hatékonyan. Az elemzésem alapja a kárhelyszín megközelítése volt. Ennek következtében meghatároztam, hogy addig, amíg a kárhelyszín könnyű terepen

⁴⁸ Ez a sebesség már futásnak felel meg kényelmes tempóban.

megközelíthető, addig a nagyméretű és nagy vízszállító képességű járművek alkalmazása a hatékony. Ez azonban az erdő belseje felé haladva megváltozik, és a kisebb méretű járművek jelentik a hatékonyságot, elsősorban jó terepjáróképességük miatt. A nagy és kisméretű járművek **hatékonysági fordulópontjának az erdei nyiladékokat tekintem**, hiszen ezen a nagyméretű gépjárművek már nem képesek vonulni és a hatékonyság átfordul a kisebb járművek és technikai eszközök javára. Ebből azt a következtetést vontam le, hogy a csak gyalogosan járható nyiladékok és ösvények miatt hatékonyabbá kell tenni a tűzoltást. Ennek eredményeként felhívtam a figyelmet egy teherhordó vázszerkezet alkalmazására, amelynek előnyét és hatékonyságát majd a IV. fejezetben részletezem. A vizsgált eredményeimet matematikai számításokkal is igazoltam.

III.5. A hazai erdőtüzek oltásának vizsgálata

Az erdőtűzoltás során alkalmazható eszközöket és járműveket az előző alfejezetekben részletesen elemeztem. Az elemzés eredményeként meghatároztam, hogy az egyes tűzoltási körülmények között, mely eszközök alkalmazása hatékony. Most megvizsgálom a magyarországi tüzek jellemzőit. A hazai erdőtüzek tekintetében a következők meghatározásokat végzem el:

- milyen típusú erdőtüzek keletkeznek?
- milyen gyakorisággal?
- mekkora a leégett terület nagysága?
- milyen tűzoltó járművek és eszközök kerültek alkalmazásra?

A fenti kérdésekre gyors választ ad a NÉBIH Erdészeti Igazgatóság és az OTB Firelife projektjén belül működtetett erdőtüzes weboldal [122]. A hazai erdőtüzek jellemzői röviden:

- A tüzek által átlagos leégett terület nagysága 2 – 5 ha
- A tüzek mérete: 1 ha alatti 50-60%, 1-10 ha között pedig 30%
- A hazai tüzek 95%-a felszíni tűz
- A tüzek közel 50%-a tavaszi tűzszezonban keletkezik
- A tüzek döntő többsége összefügg mezőgazdasági tevékenységgel

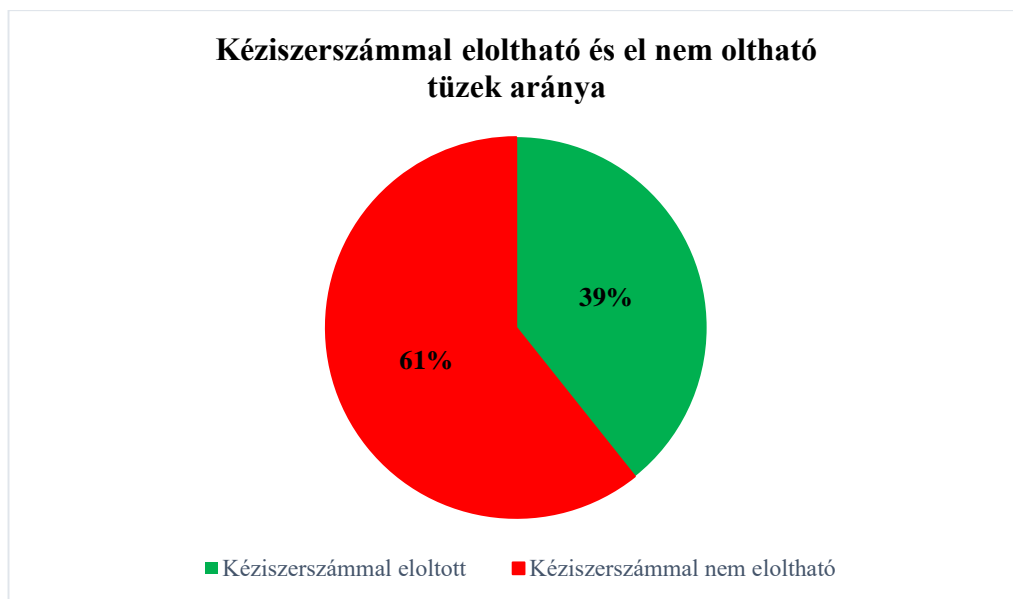
- Fokozottan tűzveszélyes időszak kihirdetése idején keletkezik a hazai tüzek több, mint 50% -a
- Tüzesetek átlagos távolsága a lakott területektől 1,5 km
- A tavaszi tüzek ritkán érintenek egybefüggő erdőtömböket, a nyári tűzszezonban azonban gyakrabban alakulnak nagy intenzitással égő koronatüzek főként az alföldi feketefenyvesekben [122].

A felsorolt adatokból megállapítom, hogy Magyarországon elsősorban számos kisméretű erdőtűz okoz kihívást. A kis kiterjedésű erdőtüzek oltásához nem szükséges a nagy méretű, nagy vízholdó képességgel rendelkező járművek alkalmazása. Ebben az esetben a kisebb, jó terepjáró képességű, gyorsabb eszközök használata hatékonyabb. Ennek következtében megállapítom, hogy a hazai erdőtüzek oltására elsősorban a kéziszerszámok, a puttonyfecskendő és a kisebb járművek alkalmazása hatékony. A 12. táblázat megmutatja, hogy a vizsgált 8 év tüzesetei közül mennyit sikerült eloltani az egyszerű kéziszerszámok használatával, illetve, hogy ez az összes tüzeset hány százalékát jelentette az adott évben. Az adatokat 2018-ig vizsgáltam, mivel a 2019-es adatok jelenleg még nem elérhetők a NÉBIH adatbázisában.

12. táblázat: Kéziszerszámmal eloltott tüzek száma 2011-2018 között. Készítette: Debreceni Péter

Év	Összes vegetációtűz	Kéziszerszámmal eloltott	Arány
2011	8 436	4 191	49,67%
2012	15 794	5 906	37,39%
2013	4 424	1 385	31,30%
2014	5 535	2 111	38,13%
2015	5 057	1 950	38,56%
2016	2 531	988	39,03%
2017	6 782	2 709	39,94%
2018	2 981	1 010	33,88%
Összesen	51 540	20 250	39,28%

A vizsgált 8 év tekintetében megállapítom, hogy a hazai erdőtüzek 39%-a eloltható csupán a hagyományos kézi eszközök használatával, a többi tüzesethez (61%) viszont a kéziszerszámok használata nem elég. Ezt az arány mutatja be az 44. ábra.



44. ábra: A kéziszerszámmal eloltható és el nem oltható tüzek aránya. Készítette: a szerző

A 12. táblázat és a 44. ábra eredményeként megállapítom, hogy a hazai tüzek jelentős része eloltható csupán egyszerű kéziszerszámokkal is. Ez azonban nem jelenti azt, hogy ezeknek a tüzeknek a vizsgálata elhanyagolható. A kis kiterjedésű tüzek oltásának hatékonysága is lényeges, hiszen ezek egy késői észlelés vagy erős szél hatására könnyen nagy kiterjedésűvé válhatnak. Ennek következtében javaslok az egyszerűbb kéziszerszámok, technikai eszközök és járművek fejlesztését. Az erre vonatkozó javaslatom a következő:

Puttonyfecskendő továbbfejlesztése, amelynek eredményeként alkalmazható egy teherhordó vázszerkezet (*pl. exoskeleton*). Másik javaslatom egy tűzoltási célra alkalmas *quad* létrehozása, amely a lassabb, rossz terepjáró képességű járműveket váltaná fel. A továbbfejlesztési javaslatom érdekében fontos, hogy kiindulásként meghatározzam a puttonyfecskendő oltási hatékonyságát.

A biomassa égési intenzitását sok tényező befolyásolja, úgy, mint a biomassa típusa, nedvességtartalma, az időjárási körülmények (hőmérséklet páratartalom, uralkodó szélirány) és a domborzat [67]. A puttonyfecskendő oltási képessége megítélésem szerint 5 l/perc, tehát a 30 l vizet 6 perc alatt üríti ki. Mivel a puttonyfecskendő kiskiterjedésű, alacsony intenzitású felszíni tűz esetén alkalmazható hatékonyan, ezért vizsgálatát egy feltételezett tavaszi száraz fű égése során végzem el, ahol 0,5 m-es lángmagassággal és 300 kW/m tűzintenzitással számolok. Ennek megfelelően a hatékony tűzoltás érdekében a beáztatni való terület 1 m. A több évtizedes tűzoltási

tapasztalat azt mutatja, hogy 1 m² nagyságú tűz eloltásához 0,4 l vízre van szükség (hatékonyság 0,4 l/ m²) [200]. Tűzoltókkal történt konzultációm alapján feltételezem, hogy az oltási sebesség puttonyfecskendő esetén 0,5 m/s.

Ez alapján kiszámoltam, hogy 1 l vízzel 2,5 m² nagyságú terület oltható.

$$\frac{1 \text{ l}}{0,4 \text{ l/m}^2} = 2,5 \text{ m}^2$$

Ez egy továbbfejlesztett 30 l-es kapacitású puttonyfecskendő esetén 75 m² nagyságú területet eredményez.

$$2,5 \frac{\text{m}^2}{\text{l}} \times 30 \text{ l} = 75 \text{ m}^2$$

Ez után a fenti adatoknak megfelelően számolok a lángmagassággal és a beáztatni kívánt terület nagyságával. Mivel ökölszabály szerint a beáztatni kívánt terület a lángmagasság minimum kétszerese, ezért a 30 l-es kapacitású puttonyfecskendővel 37,5 m nagyságú tűzfrontvonal oltható el.

Feltételezek továbbá egy ingázási útvonalat, amelynek értékei a következők:

Vízforrás és a kárterület közti távolság: 2 perc, a vízfeltöltés ideje: 1 perc, tehát, 1 fordulás összesen 5 percet vesz igénybe. Ez egy 0,5 m/s sebességű tűz esetén 75 másodpercet jelent.

$$\frac{37,5 \text{ m}}{0,5 \text{ m/s}} = 75 \text{ s}$$

Az ingázás során meghatározom egyrészt azt, hogy hány puttonyfecskendő kell a hatékony vízszállításhoz, másrészt pedig, hogy a tűzoltók az ingázás során hány fordulót tesznek meg. A puttonyfecskendők számát a következőképpen számolom ki:

$$n = \frac{T_{oda} + T_{vissza} + T_{feltöltés}}{T_{oltás}} + 1 \quad (8)$$

n= puttonyfecskendők száma

T_{oda}= Ingázási idő a vízforráshoz

T_{vissza}= Ingázási idő a káresethez

T_{feltöltés}= Feltöltési idő

T_{oltás}= Oltási idő

1 forduló= T_{oda}+T_{vissza}+T_{ujratölt}+T_{oltás} = 2 min + 2 min+1 min + 6 min = **11 perc**

T_{oda}= Ingázási idő a vízforráshoz

T_{vissza} = Ingázási idő a káresethez

T_{ujratölt} = Újra töltés ideje

T_{oltás}= Oltás ideje

Ennek kapcsán megvizsgálom, hogy 1 perc alatt mekkora terület oltására képes a 30 l-es puttonyfecskendő. Ez a következőképpen számoltam ki:

$$\frac{37,5 \text{ m}}{11 \text{ perc}} = 3,40 \text{ m/perc}$$

Ez alapján az oltás hatékonysága a kárérték függvényében a következő:

$$\Delta K = 2\Delta r\pi \quad (9)$$

tehát, a puttonyfecskendő akkor alkalmazható hatékonyan, ha a tűz terjedése kisebb, mint 3,40 m/perc ($\Delta r < 3,40 \text{ m/perc}$)

III.6. Mesterséges víznyerőhelyek létesítésének logisztikai vizsgálata

Magyarországon a korábbi évek aszályos időjárása miatt megnőtt a tűzkockázat [7]. A tűzkárok csökkentése érdekében létrejött egy rendelet *az erdőterületeket érintő tűzkárok megelőzéséhez nyújtandó támogatás igénybevételének feltételeiről szóló 41/2014. (IV. 8.) VM rendelethez kapcsolódó erdőtűzmelegelőzési és hatósági tudnivalókról* [118]. A rendelet lehetőséget biztosított tűzpászták kialakítására vagy fenntartására, tisztítási anyag eltávolítására, továbbá víznyerőhelyek kialakítására. Értekezésem következő részében a mesterséges víznyerőhelyek kiépítésének lehetőségeit vizsgálom, a tűzoltás hatékonyabb vízellátása érdekében.

Mielőtt rátérnék a mesterséges víznyerőhelyek létesítésének vizsgálatára, megemlítem, hogy a tűzoltás hatékonyabb vízellátása érdekében hazánkban egyes oltó gépjárművekre (pl. Renault Aquarex S10) málháznak ún. vízáradási pontokat. Ezek olyan 2,5 m³-es kapacitású mobil, mesterséges medencék, amelyek lehetővé teszik a gyorstöltés folyamatos lehetőségét a tűzoltás során. A medencék egymás mellé helyezése lehetővé teszi a folyamatos vízellátást. Értekezésemben ezeket a vízáradási pontokat területi korlátok miatt most nem vizsgálom, részletes elemzést a mesterséges víznyerőhelyek létesítési helyének optimalizálására végzek.

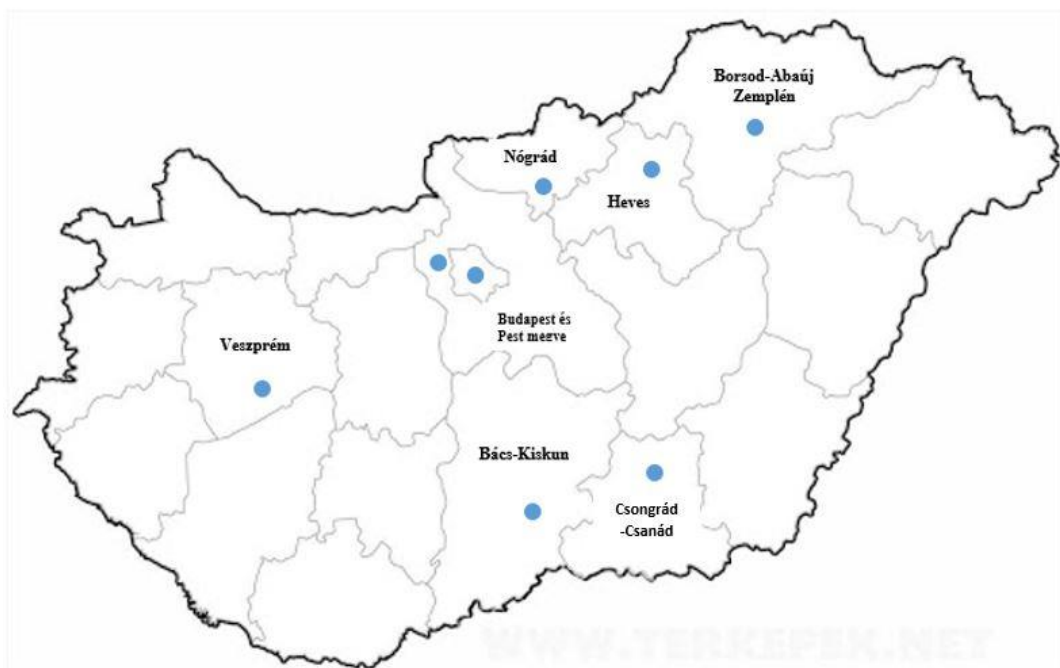
A tűzoltás alapvetően kéziszerszámokkal és vízzel történik, az utóbbi esetben a szükséges oltóanyagot pedig a tűzoltó gépjárművek és vízszállító járművek juttatják el a kárhelyszínre. Ezek azonban csak korlátozott mennyiségű víz szállítására alkalmasak, így egy nagy kiterjedésű erdőtűz során gyakori probléma a megfelelő mennyiségű oltóanyag hiánya. Ebben az esetben válik szükségessé az ingázó vízszállítás. Az erdő egy vízhiányos terület, ahol az oltóanyag szállítása számos esetben meglehetősen nagy távolságból történik. Ez hatással van a tűzoltási

költségekre és az oltás hatékonyságára is. Erdőtűz alkalmával a vízforrást általánosságban a közelben lévő települések tűzcsapjai, valamint a természetes vízforrások jelentik. Ezek azonban nem állnak mindenhol rendelkezésre, ezért szükség van mesterséges víznyerőhelyek létesítésére is a tűzveszélyes területeken. Mivel a folyamatos ellátást biztosító összefüggő vízkészlet a tűzoltóságnak és az erdészetnek is érdeke, ezért nemzetközi szinten már hoztak létre oltóvíznyerési célra mesterséges vízellátási pontokat [201] például Németországban [202] és Malajziában [203].

A víznyerőhelyeknek különböző fajtái vannak. Van hegy-és dombvidéki kistározó, oldaltöltéses tározó, csapadék és talajvíz gyűjtő medence, katlan vagy vápa jellegű tározótó. A tározók esetén elsősorban a tározó felületére eső, valamint a környezetből összegyűlt csapadékvíz képez utánpótlást. Csapadékmentes időszakokban akár egy fűrt kút is alkalmas lehet a megfogyatkozott vízkészletek utánpótlására. A mesterséges víznyerőhely létesítésekor élet és balesetvédelmi szempontból szükség van a medencerész körbekerítésére [69]. A víznyerőhely létesítésének megtervezésénél a támogatási rendelet 9. § (1) és (2) bekezdésben foglalt feltételeket kell figyelembe venni. A víznyerőhelyet az erdővédelmi törvény 15. § szerinti erdészeti létesítményként kell engedélyeztetni az erdészeti hatóságnál, valamint a létesítéséhez építési engedély és vízjogi engedély szükséges.

Víznyerőhely létesítésre támogatást a következő megyékben lehetett igénybe venni:

Borsod-Abaúj-Zemplén, Veszprém, Heves, Nógrád, Csongrád-Csanád, Budapest Bács-Kiskun, valamint Pest megye agglomerációs része.

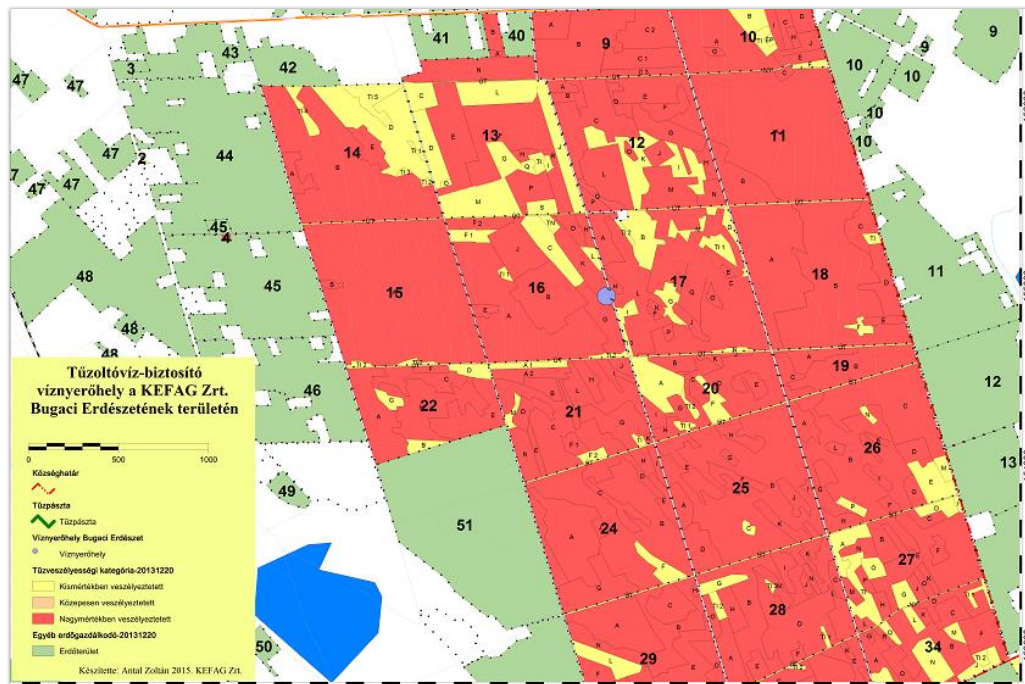


45. ábra: Mesterséges víznyerőhelyek kiépítési lehetősége. Készítette: a szerző.

Az erdőtűzvédelmi tervben fel kell tüntetni a létesítésre szánt víznyerőhely helyszínét, műszaki paramétereit, valamint a lehatárolni kívánt védendő területet és a létesítés indokoltságát. Nagy egy hazai tanulmánya során már megvizsgálta a mesterséges víznyerőhelyek kialakítási lehetőségét, amelynek során a következő műszaki adatokat vette alapul.

- **A változat** (mintaterv): 5x5 m alaplappal, 6/4 rézsű, 381 m³ tározókapacitás
- **B változat**: 5x5 m alaplappal, 1/2 rézsű, 550 m³ tározókapacitás
- **C változat**: 8x8 m alaplappal, 1/2 rézsű, 800 m³ tározókapacitás [69].

A FARSITE tűzoltási modellezése alapján az A változat 150 ha, a B változat 200 ha, míg a C változat 300 ha nagyságú erdőterület védelmére alkalmazható a megfelelő tűzoltási taktikával. Ezen felül az erdővédelmi tervben fel kell jegyezni a víznyerőhely által védett, területet és meg kell nevezni az oda tartozó nagymértékben és közepes mértékben tűzveszélyes erdőrészeket. Ugyanakkor be kell mutatni az egyes víznyerőhely típusokhoz tartozó legkisebb védendő terület nagyságát a nagymértékben és közepes mértékben tűzveszélyes erdőrészek esetén. Amennyiben a védendő terület nem egy, hanem több erdőgazdálkodó területére esik, akkor az erdőgazdálkodóknak megállapodást kell kötniük egymással a víznyerőhely használatáról [69].

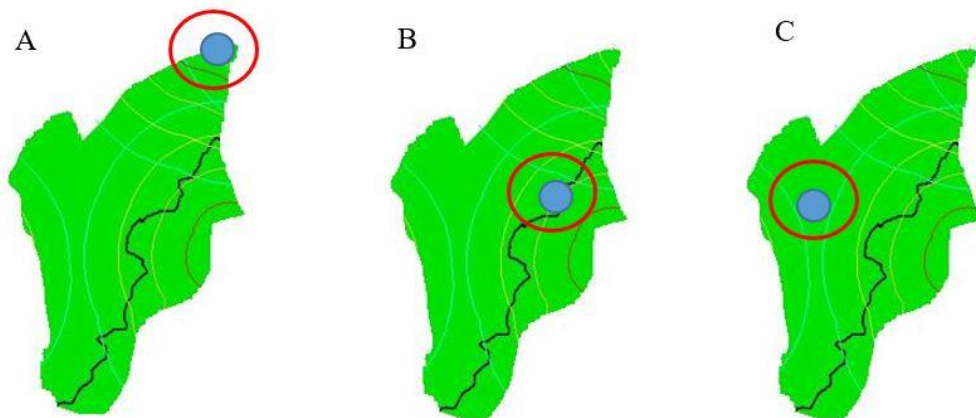


46. ábra: Tűzoltóvíz-biztosító víznyerőhely Magyarországon. Készítette: Antal Zoltán.

A 46. ábrán egy mesterségesen kialakított víznyerőhely látható, a Bugaci Erdészet területén. A térképen piros szín jelöli a nagymértékben tűzveszélyes, rózsaszín a közepes mértékben tűzveszélyes, sárga szín pedig a kismértékben tűzveszélyes vegetációt. A kialakítás lényeges szempontja, hogy a víznyerőhelytől számított 2 km-en belül legyen egy legalább 150/200/300 ha nagyságú erdőgazdálkodó által kezelt nagymértékben veszélyeztetett kategóriába tartozó fenyőerdő [118]. A tapasztalat azt mutatta, hogy a víznyerőhely létesítés a vegetációs körülmények miatt kevés helyen valósítható meg. A sikeres pályázáshoz az erdőterületek jelentős része nem rendelkezett a kellő nagyságú nagymértékben tűzveszélyes vegetációval. A kiterjedt tűzveszélyes erdőterületek általában több erdőgazdálkodó területét is érintették, ami szintén megnehezítette a sikeres pályázást. A pályázattal kapcsolatos konzultációim következtében javaslom, hogy a jövőben egy hasonló kezdeményezés esetén a hatékonyabb kiépítés érdekében, a víznyerőhely létesítésre ne erdőgazdálkodó, hanem egy-egy erdőterület pályázzon. Ennek eredményeként a víznyerőhely egy adott erdőrészelethez és nem erdőgazdálkodókhoz tartozna.

A sikeres létesítés vonatkozásában tűzoltói konzultációm eredményeként arra a következtetésre jutottam, hogy a víznyerőhelyek a 2 km-es vegetáció veszély következtében legtöbbször az erdőtömb belsejében lettek kialakítva (47. ábra „C” kép), távol az erdei utaktól és nyiladékoktól. Ez logisztikai nehézségeket jelent az oltás

során. Egy az erdőtömb közepén létesített mesterséges víznyerőhely előnye, hogy ha a tűz az erdőtömb belsejében keletkezik, abban az esetben az ingázási útvonal hossza potenciálisan rövidebb a tűzfront és a vízforrás között. Ez egy meghatározott idő alatt több oltóvíz szállítását teszi lehetővé. Hátránya viszont, hogy a terület nehezen közelíthető meg, a legtöbb esetben az is csak gyalogosan. Ez erdőtűz esetén olyan eszközök alkalmazását jelenti, mint a puttonyfecskenő vagy egy teherhordó vázszerkezet. Egy jobb terepjáró képességű tűzoltó quad már erdei nyiladékokon keresztül meg tudja közelíteni a vízforrást (47. ábra „B” kép), azonban a nagyobb vízszállító gépjárművek nem képesek elérni a mesterséges víznyerőhelyet. Ezek legfeljebb a jobb minőségű útvonalakon képesek haladni, így hatékonyan csak egy erdőszegély mentén létesített víznyerőhelyet (47. ábra „A” kép) tudnak megközelíteni.



47. ábra: Víznyerőhely létesítésének lehetőségei erdőszegély mentén (A), erdei nyiladék mentén (B), és az erdőtömb közepén (C). Készítette: a szerző.

A mesterséges víznyerőhely létesítése tehát több kérdést is felvet. Ennek következtében **céлом SWOT-analízis segítségével** meghatározni a létesítési lehetőségek hatékonyságát. Vizsgálom azt, hogy milyen hatással van a tűzoltás hatékonyságára az, ha a víznyerőhely az erdőtömb közepén, az erdőszegély vagy pedig tűzpászták/erdei nyiladékok mentén kerül kialakításra (13-15. táblázat). Az elemzésem során tehát két szélső feltételt (erdőtömb közepe és erdőszegély), valamint egy közbenső feltételt (nyiladék/tűzpásztá) veszek alapul.

13. táblázat: „A eset”: Az erdőszegély mentén kialakított mesterséges víznyerőhely SWOT elemzése.
Készítette: a szerző

<p>Erősség</p> <ul style="list-style-type: none"> • Könnyen megközelíthető bármilyen járművel • Közel van a lakott területhez ezért a műszaki hiba észlelése hatékony • Létesítési helye ismert 	<p>Gyengeség</p> <ul style="list-style-type: none"> • A víztározó helye és a tűz helyszíne között optimálisan nagyobb a távolság • Hosszabb az ingázási útvonal
<p>Lehetőség</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tűzvíz tároló rendszer optimálisan közelebb van • Másodlagos hasznosítás (Vaditató) 	<p>Veszély</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rongálás kockázata nagyobb

14. táblázat: „B eset”: Erdei nyiladékok, tűzpászták mentén kialakított mesterséges víznyerőhely SWOT elemzése. Készítette: a szerző.

<p>Erősség</p> <ul style="list-style-type: none"> • Könnyen megközelíthető a legtöbb járművel • Elfogadható ingázási távolság 	<p>Gyengeség</p> <ul style="list-style-type: none"> • Létesítésére nincs hazai tapasztalat • Új nyiladékok, tűzpáaszták kialakítását igényli (többletköltség)
<p>Lehetőség</p> <ul style="list-style-type: none"> • Új nyiladékok, tűzpáaszták kialakítását igényli, ez segíti a tűz megelőzést 	<p>Veszély</p> <ul style="list-style-type: none"> • A nyiladékok, tűzpáaszták karbantartása hiányos

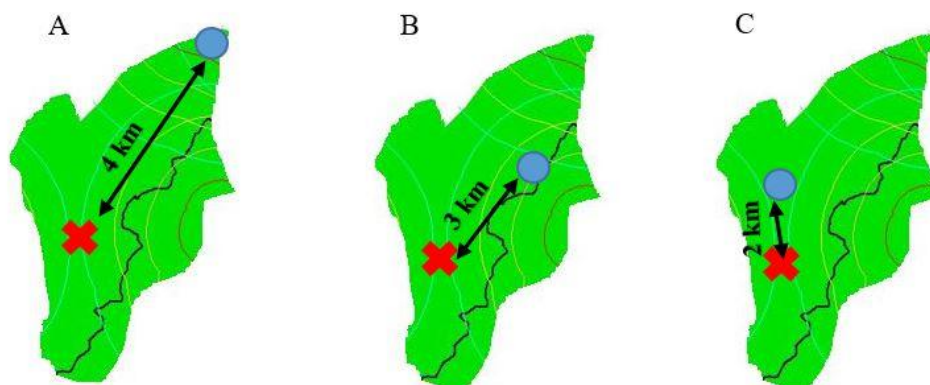
15. táblázat: „C eset”: Az erdőtömb közepén kialakított mesterséges víznyerőhely SWOT elemzése.
Készítette: a szerző

<p>Erősség</p> <ul style="list-style-type: none"> • A víztározó és a kárhelyszín között a távolság optimálisan kisebb • Rövidebb az ingázási út 	<p>Gyengeség</p> <ul style="list-style-type: none"> • A víztározó megközelítése nehéz • Nem lehet minden járművel megközelíteni a víztározót • A víztározó megtalálása nehezebb
<p>Lehetőség</p> <ul style="list-style-type: none"> • Másodlagos hasznosítás (Vaditató) 	<p>Veszély</p> <ul style="list-style-type: none"> • A jármű elakadhat • A jármű nem képes megfordulni • Műszaki hiba észlelése későn

A SWOT elemzésem alapján megállapítom, hogy a mesterséges víznyerőhelyek létesítésének alapja a *megközelíthetőség* és a kárhelyszíntől való *távolság*. A szélső feltételek elemzési eredménye logikusan ellentétes egymással. Amíg az erdőtömb közepén kivitelezett víznyerőhely egy rövid ingázási útvonalat tesz lehetővé, addig az erdőszegély mentén kialakítotté hosszabbat. A víznyerőhely megközelítésének elemzése, pedig pont fordított eredményt mutat. Míg az erdőtömb közepén kivitelezett víznyerőhely megközelítése nehéz, addig az erdőszegély mentén kialakítotté könnyű és hatékony. Ezáltal a két szélső feltétel az elemzésnek megfelelően magával hordozza a rendkívül hatékony és a legkevésbé hatékony eredményt is. Ebből kiindulva a megoldást egy optimális helyszínen – jelen esetben nyiladék vagy tűzpászta mentén történő kialakításban látom, hiszen ez egyaránt tartalmazza mindkét elemzési tényező hatékonyságát. A szélső feltételekhez képest az ingázási útvonal és a víznyerőhely megközelítése is optimális hatékonyságot mutat, amit igyekszem matematikai számításokkal is igazolni.

Az erdőtömb közepén kialakított mesterséges víznyerőhelyek esetén a tűzoltás általában kéziszerszámok használatával (puttonyfecskendő, lapát) történik. Az erdőszegély mentén létesített víznyerőhely esetén a vízszállító, a nyiladékok és tűzpászták mentén elhelyezettek esetén pedig a quad és a pick up alkalmazása hatékony. Az ingázó vízszállítás hatékonysága azonban több kérdést is. Az eddigi kutatási eredmények az ingázás hatékonyságát az oltási területre juttatott vízmennyiség alapján határozták meg. **Vizsgálatomban szakítok ezzel az általános trenddel** és az ingázás hatékonyságát **az eloltott tűzvonal alapján határozom meg**. Elemzem, hogy a három eltérő helyre kiépített víznyerőhelyhez történő ingázással mekkora tűzfront oltható el.

A SWOT elemzésem alapján a három különböző helyszínen létesített víztározó tekintetében elemzem az ingázó vízszállítást egy tűzoltó pick up feltételezett használatával. Feltételezésem adatait a 48. ábra és a 16. táblázat mutatja meg.



48. ábra: Ingázó vízszállítás hossza erdőszegély mentén (A), erdei nyiladék mentén (B), és az erdőtömb közepén (C) létesített víznyerőhely esetén. Készítette: a szerző.

16. táblázat: Vizsgálati alapadataim az ingázó vízszállítás elemzéséhez. Készítette: a szerző

Víz tározó kialakítása	Ingázás hossza	Elhordható vízmennyiség	Sebesség
Erdőszegély mentén	8 km	1 000 l	40 km/h
Tűzpászta mentén	6 km	1 000 l	40 km/h
Erdőtömb közepén	4 km	1 000 l	20 km/h

Feltételezem, hogy az erdőtömb közepén nincsenek földutak, ezért az erdei ösvényeken egy jármű csak 20 km/h sebességgel képes haladni. Az erdőterület közepétől az erdőszegély felé haladva az erdei nyiladékok már lehetővé teszik a jobb terepjáró képességű járművek számára a 40 km/h átlagsebességet. Ezt veszem alapul a tűzpászta/nyiladék, valamint az erdőszegély mentén kialakított víznyerőhelyek esetében is. Kiszámolom, hogy egy tűzoltó pick up az adott útvonalon az 1 000 l (1 m³) vizet, hány perc alatt viszi a helyszínre. Ebben az esetben a feltöltési időt nem veszem figyelembe.

Az erdőtömb közepén - a 16. táblázat alapján - tehát az 1 m³ vízmennyiség 20 km/h sebességgel halad. Az ingázási útvonal hossza pedig 4 km (oda-vissza), amely távolságot a jármű 12 perc alatt tesz meg.

$$\frac{4 \text{ km} \times 60 \text{ perc}}{20 \text{ km}} = 12 \text{ perc}$$

Az erdőszegély mentén az 1 m³ vízmennyiség 40 km/h sebességgel halad. Az ingázási útvonal hossza pedig 8 km (oda-vissza), amely távolságot a jármű szintén 12 perc alatt tesz meg.

$$\frac{8 \text{ km} \times 60 \text{ perc}}{40 \text{ km}} = 12 \text{ perc}$$

Az erdei nyiladékok/tűzpászták mentén kialakított víznyerőhelyhez történő ingázás 1 m³ vízmennyisége 40 km/h sebességgel halad. Az ingázási útvonal hossza ebben az esetben 6 km (oda-vissza), amely távolságot a jármű 9 perc alatt tesz meg.

$$\frac{6 \text{ km} \times 60 \text{ perc}}{40 \text{ km}} = 9 \text{ perc}$$

A számolásom eredménye megalapozza a SWOT elemzésem következtetését, miszerint az erdei nyiladékok és tűzpászták mentén létesített mesterséges víznyerőhelyek a leghatékonyabbak az ingázó vízszállítás szempontjából, abban az esetben, ha figyelembe vesszük az erdei utak minőségét is.

Meghatározom azt is, hogy ez az 1 m³ víz mekkora terület eloltásához elég. Tűzoltói tapasztalatok alapján⁴⁹ egy olyan erdőtűz vizsgálatát feltételezem, ahol a tűzintenzitás 2,5 MW/m, [204], ami megközelítőleg egy 3 m-es lángmagasságnak felel meg (H=3 m). Ebben az esetben ökölszabály szerint a fajlagos oltóanyagigény 2,5 - 3 l/m², a szükséges oltási szélesség pedig a lángmagasság kétszerese, tehát 6 m.

A fenti adatok segítségével meghatározom az eloltott tűzfrontvonal (l) nagyságát 1 000 l oltóanyag esetén:

$$l = \frac{1000 \text{ l}}{6 \text{ m} \times 2,5 \frac{\text{l}}{\text{m}^2}} = \frac{1000 \text{ l}}{15 \frac{\text{l}}{\text{m}}} = 66,66 \text{ m}$$

A fentiek alapján tehát 1 m³ vízzel nagyjából 66 m-nyi tűzvonalat olthatunk el. A víznyerőhelyek esetén ez a következőképpen alakul:

- Erdőszegély mentén és erdőtömb közepén az ingázás 12 perc idejével számolva: 66 m 12 perc alatt, ez 5,5 m percenként.
- Tűzpászta/nyiladék mentén: 66 m 9 perc alatt, ez 7,3 m percenként.

Tehát percenként 1,8 m-el több tűzfrontvonal oltható, ez 1 óra alatt 108 m-t jelent.

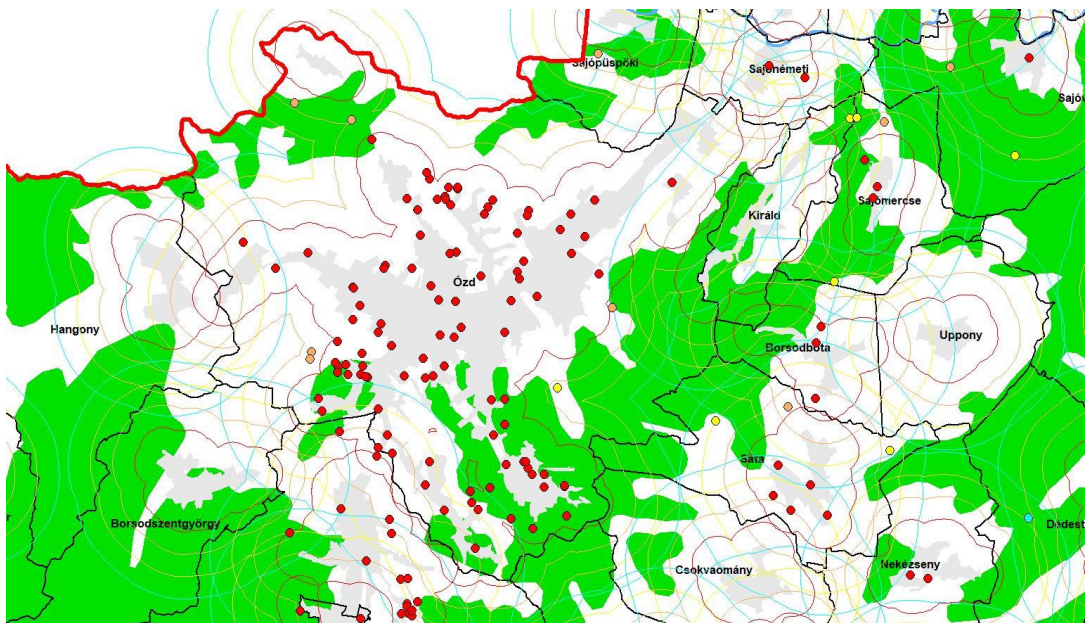
⁴⁹ Személyes konzultáció alapján. A jegyzőkönyv a szerző személyes archívumában megtalálható.

$$60 \text{ min} \times 1,8 \text{ m} = 108 \frac{\text{m}}{\text{perc}}$$

10 órás üzemidő alatt pedig 1 080 m-t.

A járművek számának növelésével a hatékonyság arányosan nő. Tűzoltói konzultációk alapján egy olyan tüzesetnél, ahol vízszállító járművek használatára is szükség van, általában nem elég egy vízszállító. Jelen esetben feltételezem 5 vízszállító gépjármű használatát 10 óra üzemidővel. Ebben az esetben a tűzvonal oltási hatékonysága az ötszörösére nő, ami 5 400 m.

Ez az 5,4 km már befolyásolhatja azt, hogy a tűz veszélyeztet-e lakott területet. Az EKLA területek vizsgálatának eredményeként meghatároztam, hogy Magyarországon a tüzek jelentős része keletkezhet közel a lakott területhez. Egy erdőtűz ebben az esetben könnyen átterjedhet a lakott területre ezért az általam kiszámított víznyerőhelyekhez kapcsolódó hatékonysági értékek (1,08 km – 5,4 km) nagymértékben hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a tüzek megfékezhetőek legyenek még azelőtt, hogy veszélyeztetnék az emberi életet és az anyagi javakat. Ezt támasztja alá a 49. ábra.



49. ábra: Ózd és környékén keletkezett tüzesetek távolsága a lakott területtől. Készítette: NÉBIH Erdészeti Igazgatóság

A 49. ábra az Ózd és környékén lévő települések erdőterületein bekövetkezett tüzeket mutatja be. A piros szín azokat a tüzesetek jelöli, amelyek a lakott területtől 500 m – en belül keletkeztek, (EKLA 1 zóna) a sárga szín pedig azokat, amelyek 1 km-en belül

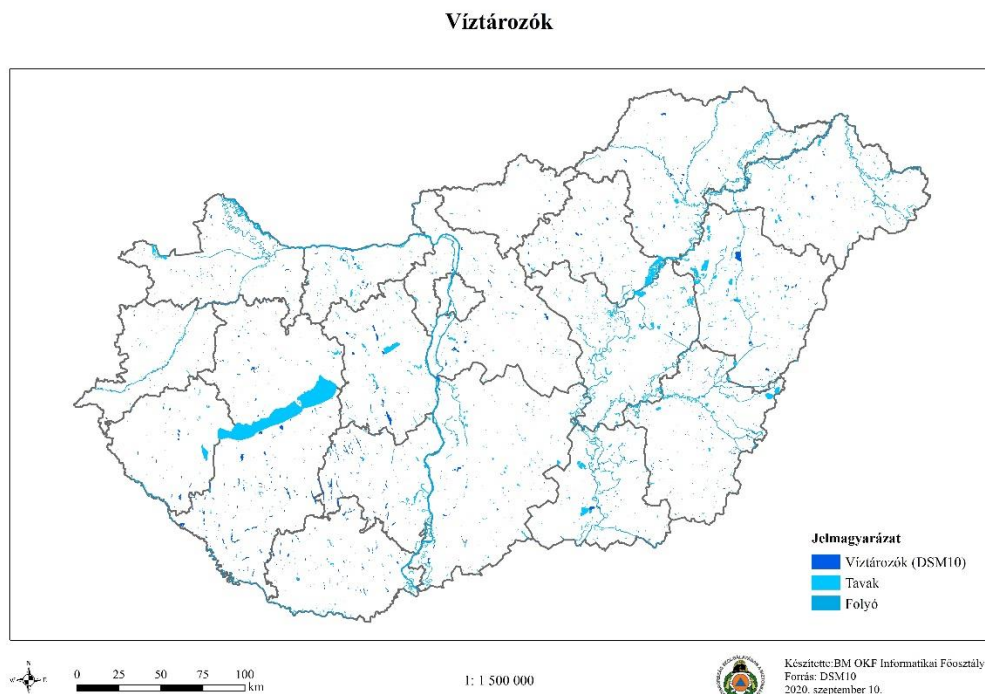
(EKLA 2 zóna). Az ábrával azt bizonyítom, hogy amennyiben a mesterséges víznyerőhelyeket megfelelő helyre létesítjük (tűzpászta vagy erdei nyiladék mentén), abban az esetben az eloltott tűzvonallal többet akár a lakott területre történő tűz áttérjedését is meg lehet akadályozni. A 49. ábra alapján megállapítom, hogy Ózd és környékén, illetve Borsod-Abaúj Zemplén megye területén az erdőtűzek a lakott területhez közel (500 m-en belül) keletkeznek. Bebizonyítottam, hogy ha rendelkezésre áll egy olyan vízszállító, amely az ingázás során a vizet nem az erdőszegély közeléből vagy az erdőtömb belsejéből, hanem egy tűzpászta mellől szállítja a kárhelyszínre, akár meg is előzhető a tűz áttérjedése az erdőről a lakott területre. Ennek oka, hogy a tűzpászta mentén kialakított víznyerőhely logisztikai megközelítés alapján több mint 1 000 m-el több tűzvonallal eloltását teszi lehetővé egy 10 órás beavatkozás ideje alatt. Ez meghaladja az EKLA 1 és az EKLA 2 zóna határának nagyságát (500 m és 1 km). A fent vizsgáltak nem csak Ózd és környékére alkalmazhatók, hanem Magyarország más területeire is, mint például Bács-Kiskun megye és a soproni térség.

Értekezésemben azt is igazoltam, hogy szükség van a mesterséges víznyerőhelyek létesítésére, hiszen a természetes vízforrások nem képesek biztosítani a hatékony oltóanyag ellátást egy nagy kiterjedésű erdőtűz során. Matematikai számításokkal és egy SWOT - elemzés segítségével bizonyítottam, hogy a mesterséges víznyerőhelyek létesítése erdei nyiladékok, illetve tűzpászták mentén lenne a leghatékonyabb, azt azonban eddig még nem határoztam meg, hogy Magyarország mely területén van szükség ezeknek a víznyerőhelyeknek a kiépítésére. Ennek megállapításához, egy háromlépéses elemző módszert választok, amiben elsőként meghatározom a hazai vízhiányos területeket, majd az erdőtűzveszélyt, végül a kapott eredményeket egymással összevetem.

Első lépésként megvizsgálom, hogy Magyarország mely részén kevés a természetes vízforrás, illetve a már kiépített víztározók száma. Ennek szemléltetése érdekében egy a katasztrófavédelem által is használt döntéstámogatási térinformatikai rendszer (továbbiakban DÖMI) adatait használom fel. A katasztrófavédelemben fontos az informatikai rendszerek döntéstámogató szerepének és biztonságának a növelése. Ez viszont csak megfelelő, támogató adatbázis segítségével valósítható meg. Ennek eredményeként egy 2013-2014 között megvalósított projektben hozták létre a DÖMI-t, amely a műveléltirányítás számára releváns adatokat könnyen átlátható, egyszerűen

kezelhető, gyors térképes felületen jeleníti meg. A különböző események és a visszajelzések alakulásával kapcsolatos információk folyamatosan frissülnek a PAJZS⁵⁰ adatbázisából [205].

Az 50. ábra megjeleníti a magyarországi vízforrásokat a DÖMI segítségével. Az ábra alapján láthatóvá válik, hogy hazánk sok folyóval és egyéb nyílt vízforrással is rendelkezik, azonban ezek területi eloszlása nem egyenletes. Amíg ország ÉNY-i területe, valamint az Észak-alföldi régió természetes vízforrásokban gazdag, addig a Duna-Tisza közti tájegységet már kisebb vízhiány jellemzi. Összességében vízhiányos területként tekintek Nógrád, Bács-Kiskun, Vas, Veszprém, Zala megyékre, valamint Pest megye északi és észak-nyugati részére.

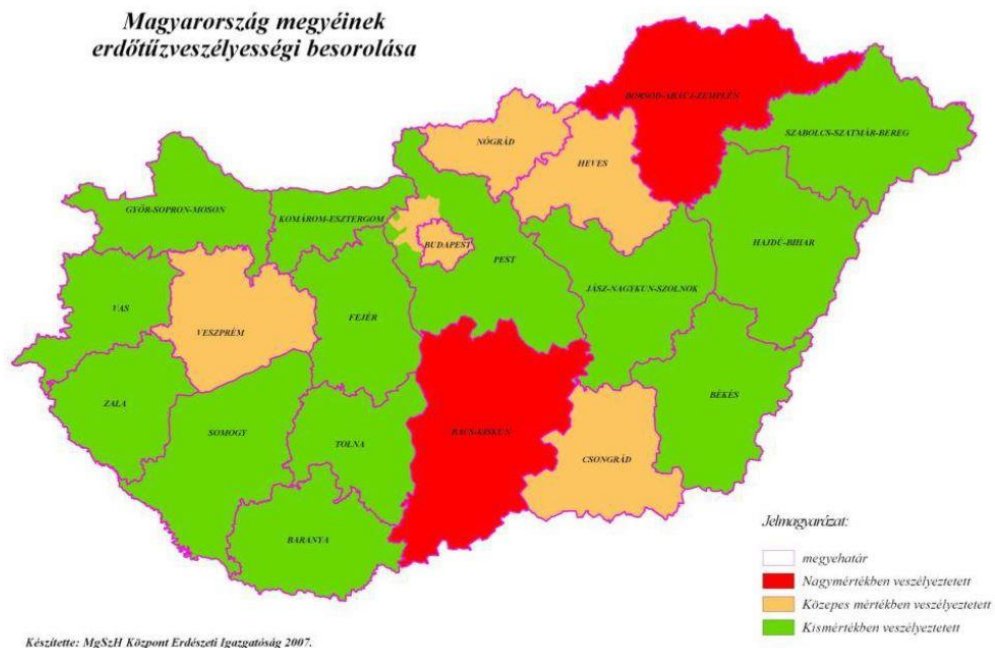


50. ábra: Magyarországi vízforrások térképes megjelenítése. Készítette: His Imre.

Második lépésként meghatározom azt, hogy Magyarországon hol jelent az átlagosnál komolyabb kihívást az erdőtűzoltás, hiszen logikus, hogy az erdőtűzveszélyes megyékben jelentősen nagyobb az igény a nyílt vízforrásokra, mint máshol. Hazánk megyéinek erdőtűzvédelmi besorolását az 51. ábrán mutatom be. Az ábrán pirossal a nagymértékben tűzveszélyes, sárgával a közepes mértékben tűzveszélyes, zölddel pedig a kismértékben tűzveszélyes megyéket jelölték meg. Az ábra vizsgálata

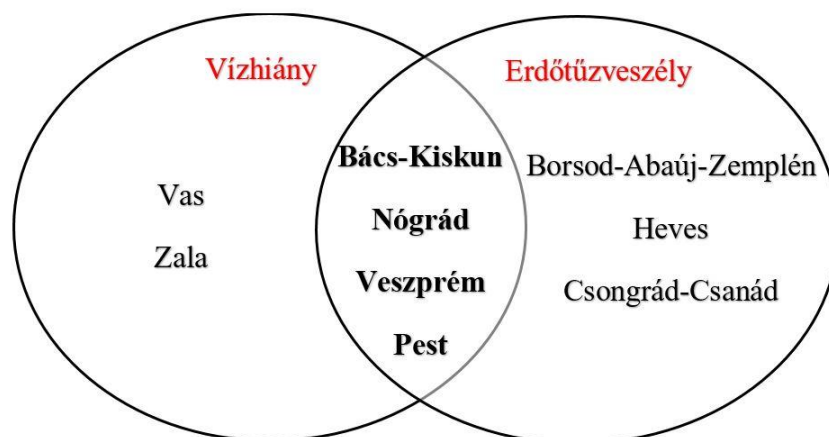
⁵⁰ Az ország teljes területére kiterjedő, egységes, központosított bevetésirányítási rendszer

után megállapítom, hogy az erdőtűzek Bács-Kiskun, illetve Borsod-Abaúj-Zemplén megyékben ott jelentik a legnagyobb kihívást, ahol nagy tűzintenzitás esetén – elsősorban az alföldi feketefenyvesekben – koronatűzzé is fejlődhetnek a felszíni tűzek. Emellett számítani kell az erdőtűzek kialakulására még Nógrád, Heves, Veszprém és Csongrád-Csanád megyékben, valamint Budapesten és a Pilisi-medence rekreációs területén is.



51. ábra: Magyarország megyéinek erdőtűzveszélyességi besorolása. Készítette: NÉBIH Erdészeti Igazgatóság.

Harmadik lépésként azt vizsgálom, hogy az általam vízhiányosnak tekintett megyékben mekkora az erdőtűzveszély. Ennek eredményeként egy Venn diagram segítségével meghatározom, hogy melyik megyékben van egyidejűleg vízhiány és számottevő erdőtűzveszély, ez pedig lehetőséget ad arra, hogy javaslatot tegyek a mesterséges víznyerőhelyek létesítésére. A Venn diagram egyik halmazában feltüntettem az erdőtűzveszélyes, a másikban pedig a vízhiányos megyéket, amely tulajdonképpen a víznyerőhely létesítés két alapvető feltételét jelenti. A víznyerőhely kiépítésének igényét a két halmaz metszete ($\text{Erdőtűzveszély} \cap \text{Vízhiány}$) mutatja meg.



52. ábra: Az erdőtűzveszélyes és a vízhiányos megyék ábrázolása Venn diagramon. Készítette: a szerző.

A háromlépéses vizsgálatom eredményeként az alábbi megyékben javaslom a mesterséges víznyerőhelyek kiépítését:

- Bács-Kiskun megye
- Nógrád megye
- Veszprém megye
- Pest megye (Pilisi - medence).

Amennyiben a fent felsorolt megyékben megtörténik a mesterséges víznyerőhelyek létesítése, úgy ott hatékonyabbá válik az oltóanyagellátás egy tüzeset során. Ez összességében kevesebb leégett területet és nemzetgazdasági szinten kevesebb kiadást is jelent.

III.7. Részövetkeztetés

A logisztikán alapuló hatékonyság vizsgálatom eredményeként az alábbi következtetéseket fogalmazom meg.

Megvizsgáltam és elemeztem a hazai tűzoltás logisztikai nehézségeit, amelyből azt a következtetést vontam le, hogy a tűzhöz való kiérkezés késéséből eredő károk vizsgálata Magyarországon hiányos. A kiérkezés időveszteségének problémáját az erdőterületre vezető útviszonyok elemzésével vizsgáltam, amelynek **eredményeként megalkottam egy elvi ábrát**, amelyen, grafikus módon mutattam be a rossz útviszonyok miatti időveszteség mértékét. Ezen felül láthatóvá tettem, hogy minél nagyobb távolságot tesz meg egy gépjármű a rossz minőségű erdei utakon, annál

lassabb lesz a vonulás átlagsebessége. Ez azonban hatással van az oltás megkezdésére és hatékonyságára is, mivel az idővesztés befolyásolja a tűzfrontvonal növekedését is. A leégett tűzfrontvonal hosszát 1 m/perc, 5 m/perc, illetve 9 m/perc tűzterjedés esetén vizsgálatom a idővesztéshez viszonyítva, amelyet matematikai számításokkal igazoltam. A rossz minőségű erdei utakat a tűzoltás hatékonyságának egyik jelentős hátráltató tényezői közé soroltam, ezért ezek javítására és szélesítésére javaslatot tettem.

Egy általános elemzést végeztem a légi tűzoltás és a hagyományos tűzoltás vízszállítási hatékonyságáról, amelynek eredményeként meghatároztam, hogy a légi tűzoltással sok időt meg lehet takarítani, ha annak költségeit nem kellene figyelembe vennünk. **A vízszállítás gyorsasága szempontjából tehát a légi jármű alkalmazását hatékonyabbnak** tekintem a hagyományos gépjárműnél.

Megvizsgáltam a tűzoltás során felmerülő költségeket is. A vizsgálatomban meghatároztam, hogy Magyarországon már korábban is folyt kutatás a témakörben, azonban a költségek valós, számszerű vizsgálata még tartalmaz olyan lehetőségeket, amelyek kutatása indokolt. Ennek **eredményeként a tűzoltás során felmerülő költségeket rangsoroltam**, egymással **összehasonlítottam** és **gazdaságossági elemzést** is végeztem. Részletesen elemeztem a hagyományos és részben a légi tűzoltás költségeit, illetve az oltási hatékonyságot. Összességében megállapítottam, hogy alap esetben ott javasolt a légi tűzoltás alkalmazása, ahol a tűz hagyományos eszközökkel nem oltható el. Ezek olyan tűzesetek, amelyek a hagyományos földi eszközökkel egyáltalán nem, vagy csak nehezen, nagy költségek árán olthatók el. Ebbe a kategóriába soroltam a különböző hegyvidéki területeket és a nagyon laza, homokos talajú területeket. Ez utóbbihoz Magyarországon az Alföld egyes részei tartoznak, ahol a tűz szabadon terjed addig, amíg az természetes akadályba (folyó, sziklás rész, véget ér az erdő, stb.) vagy tűzpásztába nem ütközik, esetleg az időjárás megváltozik, és eső formájában gátat nem szab a tűzterjedésnek. Az elemzésemből levont következtetésem rávilágított arra, hogy a légi tűzoltás alkalmazása drágább, mint a hagyományos tűzoltásé, viszont a leégett területek megmentésének figyelembe vételével – amely az összes költség legnagyobb részét teszi ki - az oltás nemzetgazdasági szempontból akár hatékonyabb is lehet. Ebben az esetben a tűzoltás költsége bár drágább a légi tűzoltó eszközök alkalmazása miatt, de a leégett területek

költségeinek megmentésével nemzetgazdasági szinten nagyobb költség takarítható meg. Ezzel együtt **megfogalmaztam a magas tűzoltási költségek csökkentésére vonatkozó javaslataimat**, valamint ismertettem az ehhez kapcsolódó tűzoltás-taktikát is.

A tűzoltás logisztikai tanulmányozása során megvizsgáltam azoknak a gépjárműveknek és technikai eszközöknek az alkalmazását, amelyek segítségével megvalósítható a hatékony tűzoltás. Az elemzésem során ismertettem az általam vizsgált eszközök és járművek (kéziszerszámok, puttonyfecs kendő, speciális tűzoltó vázszerkezet, tűzoltó quad, pick up, tűzoltó gépjármű, légi jármű) előnyeit és hátrányait egy tűzoltás során. Az **eszközök hatékonyságát egymással összehasonlítottam** és meghatároztam azt, hogy ezek milyen típusú beavatkozások során alkalmazhatók hatékonyan. Az elemzésem alapját a járművek hatékonyságának egyik legjelentősebb tényezője, a kárhelyszín megközelítése adta. Ennek eredményeként megállapítottam, hogy addig, amíg a kárhelyszín könnyen megközelíthető, addig a nagyméretű és nagy vízszállító képességű földi járművek alkalmazása a hatékony. Ez azonban az erdőtömb belseje felé haladva megváltozik, és a kisebb méretű járművek jelentik a hatékony megoldást, elsősorban a jó terepjáróképességük miatt. A nagy és kisméretű járművek **hatékonysági fordulópontjának az erdei nyiladékokat tekintem**, hiszen ezen a nagyméretű gépjárművek már nem képesek vonulni és a hatékonyság átfordul a kisebb járművek és technikai eszközök javára. A vizsgált eredményeimet sebesség értékek összehasonlításával is igazoltam és sugárdiagram segítségével jelenítettem meg. Az elemzést követően **javaslatot fogalmaztam meg újszerű technikai eszköz alkalmazási lehetőségére**. Ennek keretén belül javasoltam kialakítani egy tűzoltási célra létrehozott **quadot**, illetve egy **speciális tűzoltó vázszerkezetet**, amelynek segítségével csökkenthető a tűzoltót érő plusz teher és ezzel egyidejűleg növelhető a beavatkozási hatékonyság is.

Végül megvizsgáltam a **mesterséges víznyerőhelyek létesítésének lehetőségeit** is. Az erre irányuló **SWOT elemzésem** eredményeként megállapítottam, hogy a mesterséges víznyerőhelyek létesítésének alapja a megközelíthetőség és a tűz helyszínétől való távolság. Ennek megfelelően megvizsgáltam egy feltételezett mesterséges víznyerőhely létesítését erdőszegély mentén, erdei nyiladékok mentén,

illetve az erdőtömb közepén. A létesítési hely hatékonyságát matematikai számításokkal vizsgáltam, amelynek eredményeként meghatároztam, hogy egy ilyen víznyerőhely kialakítása abban az esetben a leghatékonyabb, ha tűzpászták vagy erdei nyiladékok mentén kerülnek létesítésre. Ezután megvizsgáltam, hogy hazánk mely területén lenne szükség a mesterséges víznyerőhelyek kiépítésére. Ennek megfelelően először DÖMI segítségével meghatároztam Magyarország vízhiányos területeit, majd bemutattam az erdőtűzveszélyes területeket is. Ennek eredményeként javaslatot tettem mesterséges víznyerőhely létesítésére azokban a megyékben, ahol egyszerre van vízhiány, illetve erdőtűzveszély (Bács-Kiskun megye, Nógrád megye, Veszprém megye, Pest megye -Pilisi - medence).

IV. A SPECIÁLIS TŰZOLTÓ VÁZSZERKEZET ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

Az ember a történelme során folyamatosan kapcsolatban állt a tűzzel. Ez idő alatt kiismerte a tűz hasznos és veszélyeztető hatásait is. Az egész világon rendszeresen előfordulnak tűz által okozott sérülések és halálesetek, ezért a tűzoltósági szakterület állandó kutatás-fejlesztést igényel, amelynek középpontja a hatékonyság [206]. Ez Restás szerint három különböző módszertani feltételrendszerben valósítható meg [207]. *Az első lényege*, hogy a jelenlegi szervezeti struktúra, működési rend és eszközrendszer különösebb változtatások nélkül is rendelkezik még tartalékokkal a hatékonyabb tűzoltás érdekében. Ez gyakorlatilag a meglévő jog-, eszköz-, és szervezetrendszer optimalizálását jelenti. Ez megvalósulhat a megelőző és a mentő tűzvédelem részeként is, például a már meglévő és alkalmazott fokozottan tűzveszélyes időszak kihirdetési gyakorlatának kisebb módosításával [7].

A második feltételrendszer lényege, hogy a jelenleg alkalmazott tűzoltási módszerek fejlesztésével növelhető a hatékonyság. Ide tartozik minden olyan módszer vagy eszköz, amelyek csupán kisebb változtatással növelhetik a tűzvédelmi szakterület hatékonyságát. A fejlesztés ebben az esetben az eszközök és módszerek lehetőségi határainak kitolását jelenti.

A harmadik feltételrendszer lényege, hogy az eddig nem, vagy csak ritkán alkalmazott, esetleg nem kellően kidolgozott, új tűzoltási módszerek és eszközök tovább növelhetik a mentő tűzvédelem hatékonyságát. Ide sorolható minden olyan új eszköz, módszer vagy struktúra, ami innovatív módon növeli a megelőzés illetve a beavatkozás hatékonyságát. Erdőtűzek oltásakor már korábban is használtak olyan új eszközöket, mint például a pilóta nélküli repülőgépek, a nagy kiterjedésű erdőtűzek kialakulását megelőző FireLess2 rendszer [208] [19] vagy akár a katasztrófavédelem polgári védelmi szakterületének vonatkozásában a MoLaRi rendszer is [209]. Ezek jelentős mértékben hozzájárultak a katasztrófavédelem, valamint a komplex tűzvédelem fejlődéséhez is [210].

Szakirodalmi vizsgálataim alapján arra a következtetésre jutottam, hogy Magyarországon a mentő tűzvédelem szakterületén belül folyamatos és komplex a kutatási és fejlesztési tevékenység. Ezek jelentős része a technikai eszközök fejlesztési

lehetőségeire irányul [161] [211] [212], de találunk a taktika módosítására történő javaslatokat is, amelyek a hatékonyság növelését szolgálják [213], [214].

A fentiekből látható, hogy a szakterület oldaláról folyamatos igény mutatkozik az új technikai eszközökre és a hatékonyabb megoldásokra. Ennek eredményeként a korábban vizsgált jelenlegi eszközrendszeren túl megvizsgálom, hogy a mentő tűzvédelem milyen új eszközök segítségével lehet képes növelni az erdőtűzoltás hatékonyságát.

Az előző fejezetben részletesen elemeztem azokat a technikai eszközöket és gépjárműveket, amelyeket a tűzoltók egy erdőtűzoltás során használnak. Ezek az eszközök és járművek alapvetően hatékonyan működnek, azonban ez nem jelenti azt, hogy ne lenne továbbfejlesztési lehetőségük. A tűzoltók által végzett fizikai munka köztudomásúan fárasztó, ez pedig egy hosszabb káreset során egyrészt hatással lehet a tűzoltók egészségi állapotára, ezért hasznos lenne a tűzoltók fizikai teljesítőképességét növelni, másrészt, a fizikai teher csökkentése is lehetőséget nyújt a teljesítőképesség növelésére. Én ebben látom az erdőtűzoltás hatékonyságának növelési lehetőségét.

Ennek megfelelően **célom rámutatni a tűzoltók terhelhetőségének korlátaira és bizonyítani a szabad mozgással történő oltási képesség kitolásának szükségességét**, valamint javaslatot tenni **újyszerű, innovatív technológiai eszköz** hatékony alkalmazására.

Az új eszköz indokoltságához a tűzoltók teherbírásának vizsgálatával kívánok eljutni. Ennek keretén belül a rendszerszemléletű megközelítés alapelveit alkalmazva saját mérést végzek a tűzoltókat érő fizikai teher vonatkozásában. Így **támpontokat kapok** a tűzoltók munkaképességének hatékonyság változásáról plusz tömeg viselése mellett. A tűzoltó gépjárművek vonatkozásában logikus, hogy a nagyméretű járművek használata a nagyobb terhelhetőség miatt mindaddig célszerű, amíg erre a terepviszonyok lehetőséget adnak. A kárhelyszín megközelítése számos esetben kihívást jelent elsősorban a domborzat és a rossz terepviszonyok miatt. Ennek következtében a tűzoltók gyakran csak gyalogosan tudják megközelíteni a tűz frontvonalát, ezért célszerűnek látom megvizsgálni egy speciális technikai eszköz hatékonyságát.

Az új technikai eszköz hatékonyságát, az oltás képességét saját készítésű modelljeim segítségével vizsgálom, amely során a különböző technikai eszközök képessége is összehasonlíthatóvá válik.

IV.1. A többletterhelés viselésének szükségessége

A séta a legalapvetőbb mozgásfajta. Morrison szerint egy ember, átlagosan nagyjából 8 km távolságot tesz meg naponta [215]. Az emberi szervezet azonban ennél jelentősen hosszabb távolságok megtételére is alkalmas, különösebb fáradtság nélkül, még akár kisebb terhelés mellett is. Morrison emellett azt is meghatározta, hogy egy ember gyalogosan átlagosan 5 km/h sebességgel halad. Feltételezte, hogy ha egy átlagos lépéshossz kb. 75 cm, akkor ez 5 km/h sebességnél több mint 100 lépés/perc sebességet jelent. A külső terhek és felszerelések azonban hatással vannak a fenti értékekre, hiszen a megnövekedett terheléshez a szervezetnek nagyobb teljesítményre van szüksége az azonos sebességű eredmények eléréséhez. A katonai területen végzett fenti vizsgálatok alapján megerősítést nyer az a logikus következtetés, hogy minél több terhet visel a katona, annál nagyobb erővel és kitartással kell rendelkeznie. A külső terhek közvetlen hatással vannak a lépéshossz csökkentésére, és növelik a test oxigénfelvételét - és anyagcseréjét is. Az átlagos katona képes arra, hogy 6,5 km/h sebességgel haladjon 20 km hosszú távon több, mint 30 kg-os teherrel. A mérések és a tapasztalatok alapján a kutatók arra a következtetésre jutottak, hogy egy katonának csak akkor szabad harcolnia, ha 16 kg, vagy ennél kevesebb terhet visel. A katonák fizikai felkészítésének számos követelménye van, hiszen egyik legfontosabb feladatuk a gyorsított mozgás és az akadályok leküzdése, egy nagyjából 16 kg súlyú terhelés viselése közben [215].

A tűzoltók napi tevékenységükből kifolyólag sok esetben szintén komoly fizikai terhelésnek vannak kitéve, hiszen munkavégzésük igen változatos és kiszámíthatatlan. Teherbíró képességüket befolyásolja az, hogy a munkavégzés helyszínén milyen magas a hőmérséklet, a védőfelszerelés tömege és minősége, valamint a beavatkozások alkalmával használt szakfelszerelések tömege. A fizikai igénybevétel jelentős része a kárhelyszínen jelentkezik. Mértéke a káreset jellegétől függ, hiszen nem minden beavatkozás alatt kerül sor nagy távolságok gyalogos megtételére vagy szűk helyen történő kúszásra, légzőkészülék alkalmazására. A fizikai terhelés mértékét befolyásolja a káreset jellege és időtartama is [120].

Hazánk legnagyobb kihívást jelentő tüzeinek eloltása (Kunfehértó 2007, Kaskantyú 2015, Györgytarló 2019) több napig tartott. A beavatkozás során – a kötelező pihentetésen kívül – a tűzoltók folyamatos munkavégzésnek voltak kitéve. Egy szolgálati nap alatt a tűzoltók szervezete ilyenkor teljesen kimerül. Különösen igaz ez

akkor, amikor az egyéni védőeszközöket, valamint a tűzoltó technikai eszközöket is használni kell [216]. Ezek nagyjából 15-20 kg többlettömeget jelentenek a munkavégzés során. Egy időben elhúzódó beavatkozás alkalmával ez a teher már káros az emberi egészségre. A kimerültség ezen felül hatással van tűzoltók döntési képességére is, a gondolkodásuk eltompulhat, helyzetfelismerő-képességük romlik [217]. Egy beavatkozó a tűzoltást kimerültségre hivatkozva nem hagyhatja abba csak úgy, ezért javaslatot kívánok tenni az egészségvédelem érdekében a munkavégzés körülményeinek könnyítésére.

IV.1.1. A tűzoltók fizikai terhére vonatkozó mérés

A tűzoltók speciális terhelésének megállapítása céljából már több kutatást is végeztek. A nemzetközi szakirodalmak között találtam olyan kutatást, amely a tűzoltás hűtési stratégiájával [218], a tűzoltókat érő hőstressz tanulmányozásával [219], illetve a hőstressz csökkentési lehetőségeivel foglalkozik [220]. A hazai szakirodalmak a témakörön belül elsősorban a tűzoltók fizikai alkalmassági felmérésével [221], a tűzoltói teljesítmény élettani vizsgálatával [222], vagy általánosságban a munkaterhelés és igénybevétel meghatározásával foglalkozik [223]. Ezen felül foglalkoztak még a különböző tűzoltó technikai eszközök biztonságra gyakorolt hatásával is [119]. A forráskutatásaim során többletteherre vonatkozó mérést egy esetben találtam. Egy olasz kutatócsoport megállapította, hogy egy tűzoltónak akár több mint 42 kg plusz tömeggel is képesnek kell lennie a hatékony beavatkozásra, még akkor is, ha ez a terhelés csak időlegesen áll fenn egy beavatkozás során [224]. Vizsgálatukhoz készített összefoglaló ábrájukat az 53. ábrán mutatom be.



Védősisak	1,72 kg
Védőkámzsa	0,095 kg
Álarc	1,23 kg
Rádió	0,55 kg
Kézipilóta	0,36 kg
Felső védőruha	2,38 kg
Légzőkészülék	11,88 kg
Sugárcső	2,53 kg
Mászóöv	1,18 kg
Védőkesztyű	0,36 kg
„C” tűzoltótömlő	5,45 kg
Alsó védőruha	1,915 kg
„B” Tűzoltótömlő	9,92 kg
Védőcsizma	2,76 kg
Összesen	42,33 kg

53. ábra: Egy tűzoltó által viselt többletterhelés összege. Készítette [224] alapján a szerző.

Magyarországon a tűzoltókat érő fizikai terhelést ilyen mélységben még nem tanulmányozták, ezért megvizsgálom azt, hogy a plusz teher milyen mértékben lehet hatással a beavatkozók hatékonyságára egy erdőtüzoltás során. A kitűzött cél elérése érdekében egy olyan **saját tervezésű vizsgálatot végzek**, amely jelentősebb erőforrás igénybevételét nem igényli, viszont a kapott eredmények már iránymutatást adhatnak egy eszközfelfejlesztésre még akkor is, ha a mérés eredményeinek pontossága korlátozott. A vizsgálatomat szintén nehezítette, hogy a kísérletet a 2020-as koronavírus járvány ideje alatt kellett végrehajtanom, így a biztonság érdekében ezt csak kis mintavétellel végeztem el. Ehhez a környezetben lévő terepviszonyokon végzett felmérésem során önkéntes tűzoltók segítségét vettem igénybe, amelyet a IV.1.3 alfejezetben mutatok be.

IV.1.2. A tűzoltók igénybevételének fiziológiai hatásai

Saját mérésém ismertetése előtt áttanulmányoztam, hogy a tűzoltók teljesítőképességének mérésével kapcsolatban Magyarországon eddig milyen vizsgálatok folytak. Szervezetünk az evolúció során úgy alakult ki, hogy létezése elválaszthatatlan a környezettől, mivel azzal folyamatosan kapcsolatban van, annak jellemzői pedig hatással vannak rá. Ezt több szempontból is meg lehet közelíteni. Az

emberi testre tekinthetünk úgy is, mint energiát termelő és fogyasztó rendszer, amely folyamatos energia egyensúlyra törekszik. Ennek az állapotnak a fenntartásához energiafogyasztás esetén energiabevitelre van szükség, amelyet táplálkozással biztosíthatunk. Az emberi szervezet tűrőképességét, valamint a különböző szélsőséges hőmérséklethez történő alkalmazkodást bizonyos határok között saját tapasztalataink alapján is képesek vagyunk megnövelni. Különböző évszakokban az átlagembereknél is tapasztalható, hogy képes a hosszan tartó meleg vagy hideg időszakokhoz alkalmazkodni. Katonáknál és tűzoltóknál ezt tudatos edzéssel még tovább lehet fejleszteni, ami a hivatásukkal együtt járó veszélyek kockázatát csökkenti, illetve növeli a túlélési esélyeket is [225]. A tűzoltóknak az erdőtüzoltás során a tűzfront hősugárzása miatt olykor extrém meleg hőterheléssel is meg kell küzdeniük. Ennek számszerűsítésére több indexet is alkalmaznak. Az egyik az ún. nedves gömbhőmérséklet, ami meghatározza azt az időtartamot, amely a különböző nehézségű feladatok elvégzésére maximálisan fordítható [226]. A komfortérzet meghatározására hazai példát is találtam, amelyet a Magyar Honvédség alkalmaz. A belső szabályozók alapján a katonák tevékenységét akkor korlátozzák, ha a meghatározott képlet alapján számított index értéke 25 °C fölé emelkedik [227]. Ezen kívül Restás vizsgálta a beavatkozás közbeni hőstressz csökkentésének lehetőségeit is, amelyre többféle módszert javasol, mint pl. a védőruházat alatti ruházat cseréjét, az alkar vízzel való hűtését vagy a könnyített ruházat viselését [225].

A hatékony munkavégzés másik jelentős tényezője az elveszített folyadék pótlása, amelyre kísérletet is végeztek [225]. A vizsgálatban a hőhatás alatti munkavégzőknél az elveszített folyadékot négy, különböző mennyiségben pótolták, amelynek mértékét az izzadás mennyiségéhez viszonyították. A vizsgálatban résztvevők két 20 perces könnyű testmozgással járó feladatot hajtottak végre, köztük egy 10 perces szimulált légzőkészülék cserével. Az 50 perces feladat végrehajtása után a tűzoltók levetik a felszereléseik többségét, egyedül a védőruházatuk és a csizmájuk maradt rajtuk. Az 50 perces feladat végrehajtását és a 20 perces passzív regenerálódást addig végezték, amíg a korábban meghatározott kritériumok egyikét a vizsgálatba bevont személyek el nem érték. A folyadékpótlásra közvetlenül a hőhatás alatti munkavégzés előtt, illetve a szimulált légzőkészülék csere során és a regenerálódási időszakban került sor. A kísérlet eredménye az, hogy a tűzoltók teherbíró-képessége a 2/3-os és 3/3-os, vagyis a jelentős és teljes folyadék visszapótlás esetén szignifikánsan nő, a teljes időszakra

vonatközóan kb. 20% -kal, míg kifejezetten a munkával töltött idősakra vonatkozóan 25%-kal [225].

A témakörben a hazai vizsgálatok közül Kanyó munkája a legrészletesebb, aki a tűzoltók kondicionális képességének fejlesztési lehetőségeit vizsgálta [221]. Elemezte a készenléti állományra vonatkozó fizikai állapot felmérésének eredményeit, amelyből azt a következtetést vonta le, hogy a felmérés eredményes teljesítéséhez edzett szív - és vérkeringés, valamint légző - és mozgásszervi edzettség szükséges. Emellett, a nemzetközi és hazai fizikai felmérőtesztek eredményeként bebizonyította azt, hogy a kondicionális képességek javítása érdekében kardiorespiratorikus állóképesség fejlesztésre van szükség. Végül pedig javaslatot tett új fizikai állapot-felmérési eljárás bevezetésére, amelyben antropometriai, spiroergometriai, valamint pályavizsgáló módszerekkel méri meg a hivatásos tűzoltók kondicionális képességeit.

Urbán egyik kutatásában szintén megerősítette, hogy a tűzoltók a munkavégzésük során komoly fizikai terhelésnek vannak kitéve [222]. Ennek következtében ha a tűzoltó egészségi, fizikai vagy pszichikai hiányosságokkal rendelkezik az veszélyezteti saját és társai testi épségét, valamint a beavatkozás hatékonyságát is. Ennek megelőzésére nyugalmi, terheléses, valamint élettani vizsgálatokat kell végezni (pl. Cooper-teszt⁵¹). A hosszú időn keresztül végzett rendszeres fizikai terheléshez azonban a szervezet alkalmazkodik, ennek értelmében a tűzoltóknak a specifikus feladatok gyakorlására kell összpontosítaniuk. Ez azt jelenti, hogy azokat az izmokat kell fejleszteni, amelyek a tűzoltói beavatkozások során leginkább igénybe vannak véve.

IV.1.3. A vizsgálat adatai és körülményei

A tűzoltók igénybevételének fízológiai hatásainak ismertetése után, bemutatom a saját vizsgálatomat. Annak érdekében, hogy megtudjam konkrétan mennyivel hatékonyabb a plusz teher nélküli munkavégzés, elvégeztem egy mérést egy 5 fős önkéntes tűzoltó egység segítségével. A hiteles vizsgálat érdekében rögzítettem az önkéntesek fízológiai adatait, úgy, mint nem, korcsoport, illetve testtömegindex⁵². Az 5 fős csapatot 4 férfi és 1 nő alkotta, a tagok közül ketten a 20-29-es, szintén ketten a

⁵¹ A Cooper-teszt az állóképesség és a fizikai kondíció felmérésére szolgál, amely azt vizsgálja, hogy mekkora távolságot fut le a teszt alanya 12 perc alatt.

⁵² Az egészséges testsúly, az elhízottság és a soványság meghatározására szolgáló index, amely a testmagasságból, illetve a testsúlyból számítható ki.

30-39-es és egy fő pedig a 40-49-es korcsoportot képviselte. Testtömegindex⁵³ alapján ketten a normál kategóriába (18,50–24,99 kg/m²) estek, hiszen egyikük 23 kg/m², míg a másik 24,5 kg/m² értékkel rendelkezett. A többi három alany a túlsúly kategóriájába tartozott (25,00 – 29,99 kg/m²), hiszen indexük 27 kg/m², 27,5 kg/m², illetve 29 kg/m² volt. Ez alapján az önkéntesek átlagos testtömegindexe 26,2 kg/m², amelyet tulajdonképpen a normál és az enyhe túlsúly határát megközelítő értéknek lehet tekinteni. Nem találtam adatot arra vonatkozóan, hogy a magyar tűzoltóknak mennyi az átlagos testtömegindexe, azonban az Amerikai Egyesült Állapotban meghatározták katonák részére a maximális testtömeg index értéket adott korcsoportokban [228]. Férfiak esetén a 21-27 korcsoport testtömegindex határa férfiak esetében 26,5 kg/m², nők esetében pedig 25,3 kg/m². Ez az érték a 28-39-es korcsoportnál férfiak esetén legfeljebb 27,2 kg/m², nőknél 25,6 kg/m², 40 év felett pedig 27,5 kg/m², illetve 26 kg/m². Ennek következtében megállapítom, hogy az általam kiválasztott önkéntesek testtömegindex átlaga összességében még megfelel a fenti katonai követelményeknek, ezért mintavételemet relevánsnak tekintem.

A kísérletem célja az volt, hogy meghatározzam, hogy egy tűzoltó munkavégzési hatékonysága milyen mértékben csökken abban az esetben, ha a saját testtömegén felüli többletterhelés viselésére kényszerül. A kísérlet során vizsgáltam a hatékonyság időbeli és energiafelhasználási tényezőjét, valamint megbecsültem a további képességek lehetőségét is. A mérés során **időbeli tényezőnek** tekintetem azt, hogy a tűzoltó mennyi idő alatt (perc, másodperc) tesz meg bizonyos távolságot teher nélkül, illetve a többletterhelés viselésével. **Energiafelhasználási tényezőnek** pedig azt tekintetem, hogy a tűzoltó mennyi energiát használ fel a kísérlet ideje alatt. Mérési adataimat a mértékegységek nemzetközi rendszerében⁵⁴ használt, a munkavégzéshez szükséges energia mértékegységében adom meg (joule)⁵⁵. A mérést a következők szerint végeztem el.

A vizsgálatot 2020. április 24-én a kora délutáni órákban végeztem el, a már említett 5 fő közreműködésével, akik a feladatot önként vállalták el. Fizikai állapotukat az életkorukhoz viszonyítva megkérdezésem alapján átlagosnak tekintetem. Az időpont választásakor figyelembe vettem az időjárási körülményeket is, amelyek a vizsgálat napján a következők voltak:

⁵³ A testtömeg index határértékeit a WHO BMI Classification alapján határoztam meg.

⁵⁴ SI – International System of Units

⁵⁵ A gyakorlatban sokszor alkalmazzák a kalóriát (cal), mint mértékegységet (1 cal = 4,2 J)

17. táblázat: A kísérlet időjárási és helyszíni paramétereit. Készítette: szerző.

A vizsgálat időjárási körülményei	
Hőmérséklet	26 °C
Légnyomás	1 016 hPa
Páratartalom	31%
Szélesség, irány	2 km/h, ÉNY
UV sugárzás	erős
GPS koordináták	47°36'50"N
	18°52'49"E
	magasság: 220 m

A 17. táblázat alapján a kísérlet körülményeit relevánsnak tekintem, mivel a felsorolt időjárási tényezők adatai lehetőséget biztosítottak akár egy valós erdőtüz kialakulására is, amelyet az is megerősít, hogy az említett napon országosan fokozottan tűzveszélyes időszak volt érvényben. Ennek következtében a vizsgálatom körülményeit egy erdőtüz vizsgálathoz elfogadhatónak ítélem meg.

Az önkéntesek feladata az volt, hogy komplex terepviszonyok között megtegyenek egy 1,5 km-es távot két alkalommal. Elsőként, ezt hagyományos módon, tehát terhelés nélkül teljesítették. A második alkalommal a feladatot megismételték, azonban ebben az esetben már 25 kg többlettömeget viselve. A kísérleti feltételek megválasztásakor figyelembe vettem, hogy a résztvevők egyesével teljesítsék a távot, úgy, hogy egymást ne is lássák, ezzel elkerülve azt, hogy az egyik résztvevő teljesítménye hatással legyen egy másikéra.



4. kép: A mérés végrehajtása képeken. Készítette: a szerző.

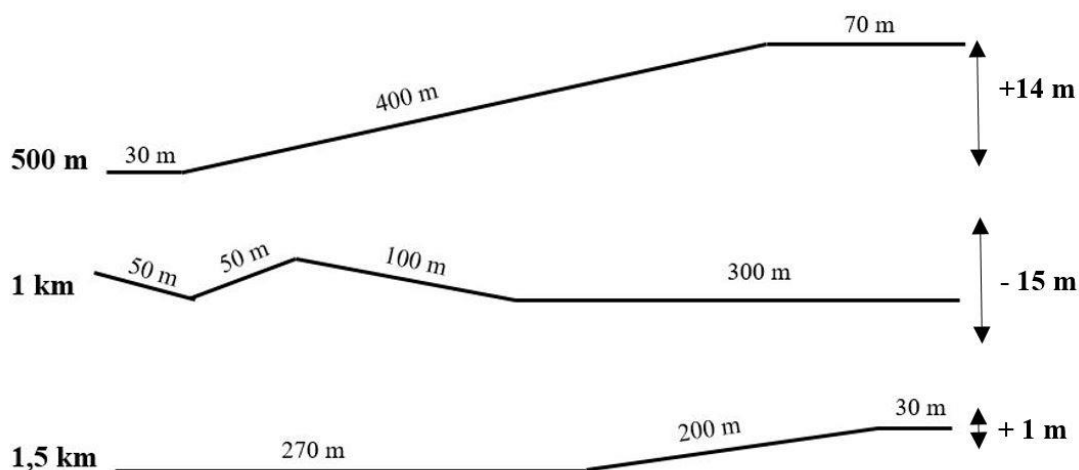
A fentiekén túl, a vizsgálat során meghatároztam még három mérőpontot is, annak érdekében, hogy a részeredményeket is kielemezhessem. Az első mérőpontot 500 m-nél (a teljes távolság egyharmadánál), a másodikat 1 km-nél (a teljes távolság kétharmadánál), a harmadikat pedig természetesen a táv végén jelöltem ki. A mérés pontossága érdekében rögzítettem a műveleti terület domborzati tulajdonságait is. Ennek szemléltetése érdekében elkészítettem a mérési terep domborzati ábráját (54. ábra), amelyen feltüntettem azt, hogy az önkéntesek a vizsgálat szakaszain milyen terepviszonyokkal álltak szemben.



54. ábra: Az önkéntesek által megtett útvonal ábrázolása⁵⁶. Készítette: a szerző Google Earth segítségével.

A terep az első szakaszban erős emelkedést mutat, összesen +14 m magasságkülönbséggel. A második szakaszban ennek ellenkezőjét lehet tapasztalni, tehát a terepet ebben az esetben lejtők jellemezték. Az harmadik szakasz jelentős része egyenesnek tekinthető a végén kisebb emelkedővel.

⁵⁶ A mérés helyszínének földrajzi koordinátái: 47°36'50''N 18°52'35''E



55. ábra: Terepviszonyok az útvonal három mért szakaszán. Készítette: a szerző.

A mérés során megvizsgálni azt, hogy a plusz teher mennyivel csökkenti a tűzoltó sebességét, illetve, hogy a munkavégzés során hány joule energiát éget el, tehát mennyire terheli szervezetét. A vizsgálat ideje alatt a tűzoltók számára okos eszközöket (óra, mobiltelefon) biztosítottam, ezek segítségével bár korlátozottan, de elemezni tudtam a kísérlet jellemzőit. A vizsgálat végén az önkénteseket egy rövid, saját magam által készített kérdőív kitöltésére kértem, annak érdekében, hogy megbecsüljem, hogy az adott fizikai állapotukkal a továbbiakban még mennyi ideig lennének képesek a feladatot folytatni.

IV.1.4. A kísérlet időbeli tényezőinek vizsgálata

Az 1,5 km-es távot az önkéntesek először teher nélkül teljesítették, eredményeiket és azok átlagát pedig a 18. táblázatban összegeztem.

78. táblázat: Az 1,5 km-es táv teljesítési ideje plusz teher nélkül. Készítette a szerző.

Az 1,5 km-es táv teljesítse plusz teher nélkül						
	"A" alany	"B" alany	"C" alany	"D" alany	"E" alany	Átlag
500 m után	5:36:00	5:03:00	7:22:00	4:45:00	5:41:00	5:41:00
1 km után	10:05:00	9:55:00	11:42:00	8:47:00	11:01:00	10:18:00
1,5 km után	15:01:00	14:53:00	18:32:00	13:26:00	16:12:00	15:36:00

A 18. táblázat eredménye alapján megállapítom, hogy az önkéntesek a távolságot a normál viszonyok között elfogadott átlagos értékhez közeli értékekkel teljesítették. Az idő és a megtett km nagysága egymáshoz viszonyítva arányosan nő. A táblázatot alul az 56. ábra grafikonján is szemléltetem.



56. ábra: Az 1,5 km-es táv teljesítési ideje teher nélkül grafikonon ábrázolva. Készítette a szerző.

A méréseim alapján megállapítom, hogy az önkéntesek a távot átlagosan 15 perc 36 másodperc (936 s) alatt teljesítették, ami jelen esetben 5,55 km/h átlagsebességet jelent.

$$V_{\text{átl_teher_nélkül}} = \frac{1000 \text{ m} \times 936 \text{ s}}{1500 \text{ m}} = 624 \text{ s}, 1000 \text{ m alatt, tehát } \frac{1000 \text{ m}}{624 \text{ s}} = 1,60 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 5,76 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

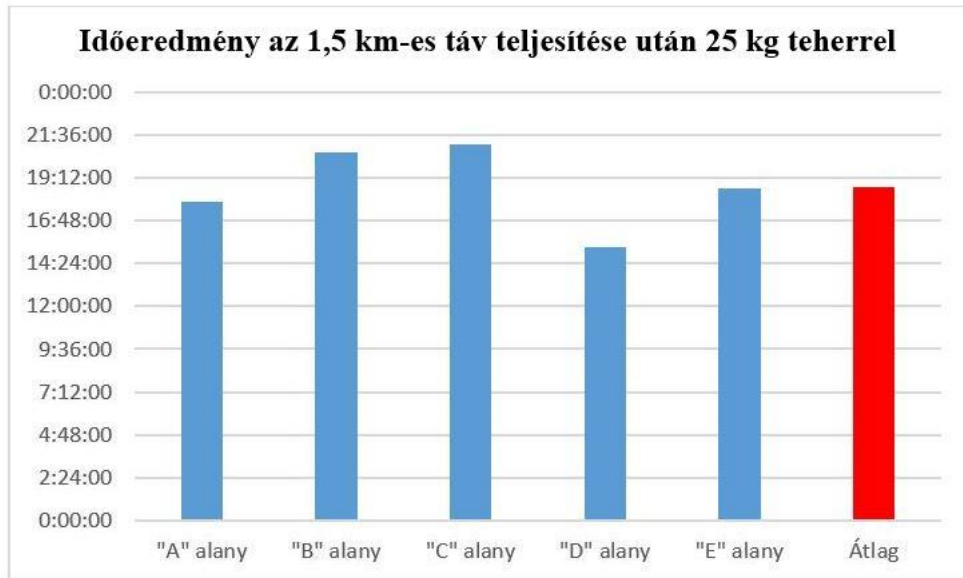
Ez az 5,76 km/h átlagsebesség kb. 1 km/h-val kevesebb, mint az a mérési eredmény, amely megállapította, hogy egy átlagos katona képes akár 6,5 km/h sebességgel gyalogolni 20 km hosszú távon több, mint 30 kg-os teherrel [215]. Ezt a jelentős különbséget azzal magyarázom, hogy a katonák speciálisan erre a feladatra lettek kiképezve, míg a kísérletbe bevont tűzoltóknál a beavatkozás önkéntes részvételi alapon történt. Ez okból logikus, hogy a két csoport fizikai felkészültsége jelentősen eltér egymástól.

Az 1,5 km-es távot az önkéntesek **másodszor már +25 kg többletteherrel** teljesítették, eredményeiket és azok átlagát pedig a 19. táblázatban összegeztem.

19. táblázat: Az 1,5 km-es táv teljesítési ideje plusz teherrel. Készítette: a szerző.

Az 1,5 km-es táv teljesítése + 25 kg teherrel						
	"A" alany	"B" alany	"C" alany	"D" alany	"E" alany	Átlag
500 m után	6:18:00	6:50:00	8:02:00	5:19:00	6:19:00	6:33:00
1 km után	11:30:00	13:58:00	13:10:00	9:36:00	12:21:00	12:07:00
1,5 km után	17:54:00	20:41:00	21:05:00	15:22:00	18:36:00	18:44:00

A táblázat eredményei is megerősítik azt a logikát, hogy az önkéntesek a távolságot az első méréshez képest lassabban teljesítették. Az idő és a megtett km nagysága egymáshoz viszonyítva itt is arányosan nő. A táblázat eredményét ebben az esetben is grafikonon szemléltetem (57. ábra).

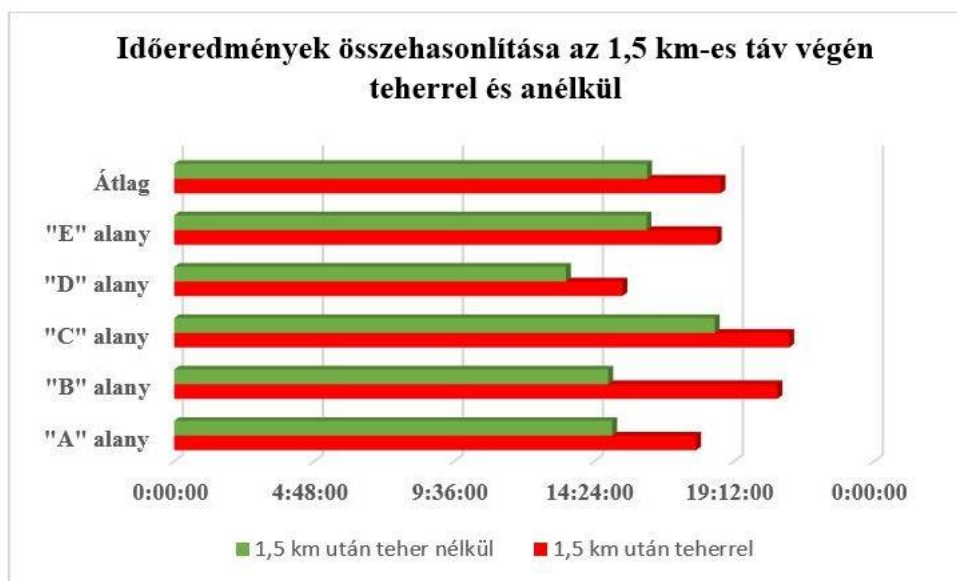


57. ábra: Az 1,5 km-es táv teljesítési ideje plusz teherrel grafikonon ábrázolva. Készítette: a szerző.

A fenti eredmények alapján megállapítom, hogy az önkéntesek a távot átlagosan 18 perc 44 másodperc (1124 s) alatt teljesítették, ami jelen esetben 4,8 km/h átlagsebességet jelent.

$$V_{\text{átl}_\text{teherrel}} = \frac{1000 \text{ m} \times 1124 \text{ s}}{1500 \text{ m}} = 749,33 \text{ s } 1000 \text{ m alatt, tehát } \frac{1000 \text{ m}}{749,33 \text{ s}} = 1,33 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 4,8 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

A két mérés eredményét az 58. ábra segítségével összehasonlítom. Az ábrán szemléltetem valamennyi önkéntes időeredményét a megtett 1,5 km távolság végén. Zölddel jelöltem a teher nélkül megtett időt, pirossal pedig a +25 kg súllyal teljesített időeredményeket, valamint feltüntettem az átlageredményeket is.



58. ábra: Időeredmények az 1,5 km táv végén terhelés nélkül és 25 kg terheléssel. Készítette a szerző.
Az eredményekből azt a következtetést vonom le, hogy minden esetben lassabb volt a többletterheléssel való munkavégzés, azonban ennek mértéke egymástól eltér.

20. táblázat: Időkülönbségek átlaga az adott szakaszokban. Készítette a szerző.

Távolság	Idő
500 m	0 perc 52 s
1 km	1 perc 49 s
1,5 km	3 perc 08 s

Emellett kiszámoltam azt is, hogy a mért pontokon és a táv legvégén, átlagosan mekkora volt az időkülönbség (20. táblázat).

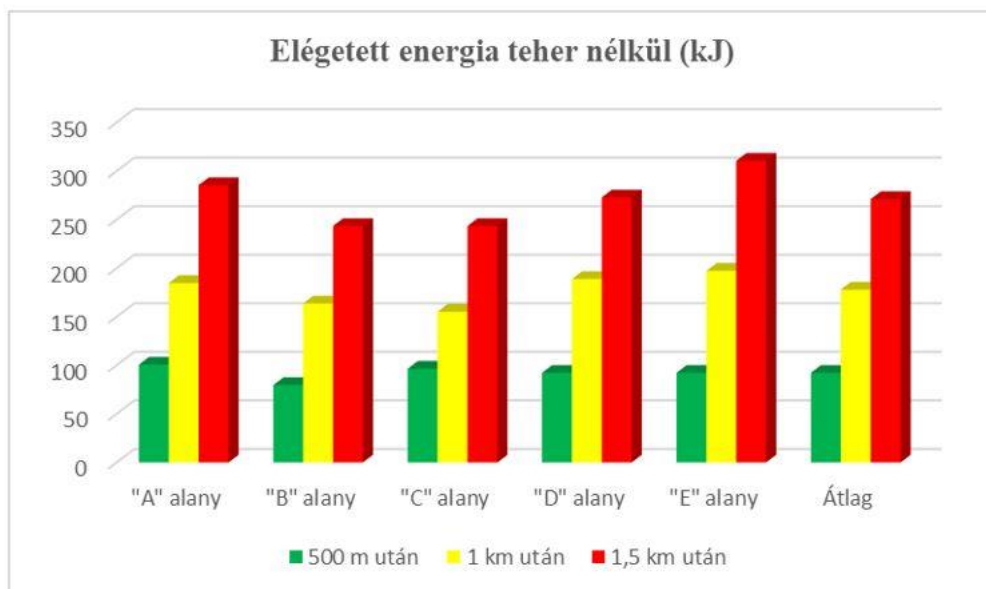
IV.1.5. A kísérlet munkavégzési tényezőinek vizsgálata

A mérés során az időbeli tényezőkön túl megvizsgáltam az energiafelhasználási tényezőt is, azaz, hogy a tüzelő mennyi joule energiát éget el a táv teljesítése alatt a különböző mért pontokon. Ezt mutatom be a 21. táblázat segítségével.

21. táblázat: Elégetett energia mennyisége teher nélkül. Készítette a szerző.

Elégetett energia vizsgálata teher nélkül (kJ)						
	"A" alany	"B" alany	"C" alany	"D" alany	"E" alany	Átlag
500 m után	100,8	79,8	96,6	92,4	92,4	92,40
1 km után	184,8	163,8	155,4	189	197,4	178,08
1,5 km után	285,6	243,6	243,6	273	310,8	271,32

A táblázat eredményeiből azt a következtetést vonom le, hogy az önkéntesek a távolságot viszonylag kevés energia elégetésével teljesítették (ökölszabály szerint a nyugalmi állapotban elégetett kalória 2-2,5-szerese). Az idő és a megtett távolság nagysága a mért pontokon egymáshoz viszonyítva arányosan nő. A táblázatot alul grafikonon is szemléltetem (59. ábra).



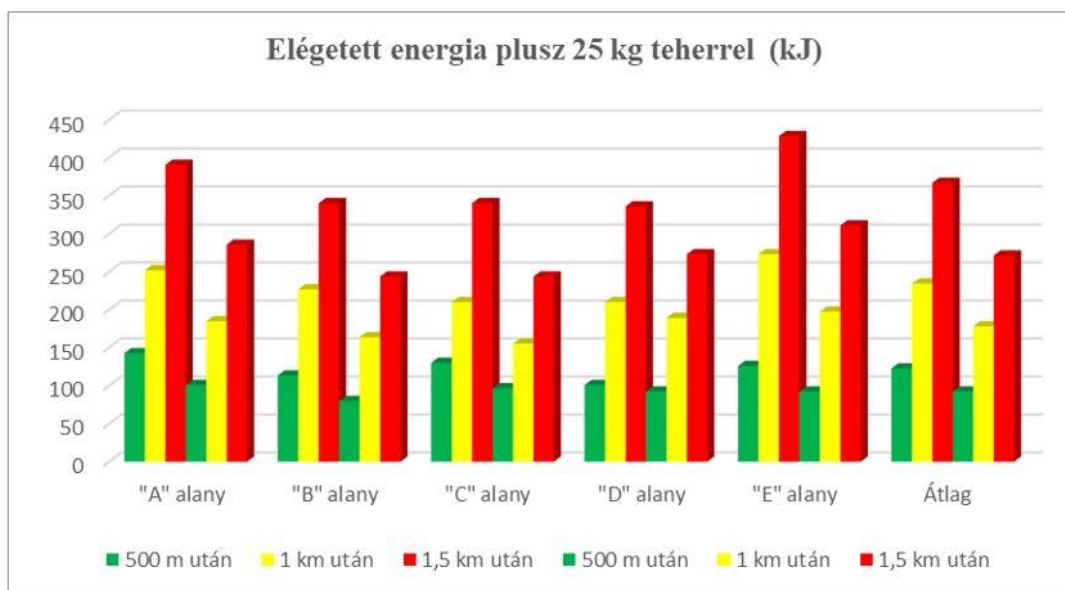
59. ábra: Elégetett energia diagrammja teher nélkül. Készítette a szerző.

Az 1,5 km-es távot az önkéntesek **másodszor +25 kg többletteherrel** teljesítették, az ott elégetett energia mennyiségét pedig a 22. táblázat segítségével mutatom be.

22. táblázat: Elégetett energia mennyisége plusz teherrel. Készítette a szerző.

Elégetett energia vizsgálata 25 kg többletteherrel (kJ)							
	"A" alany	"B" alany	"C" alany	"D" alany	"E" alany	Átlag	Eltérés
500 m után	142,8	113,4	130,2	100,8	126	122,64	+30,24
1 km után	252	226,8	210	210	273	234,36	+56,28
1,5 km után	390,6	340,2	340,2	336	428,4	367,08	+95,76

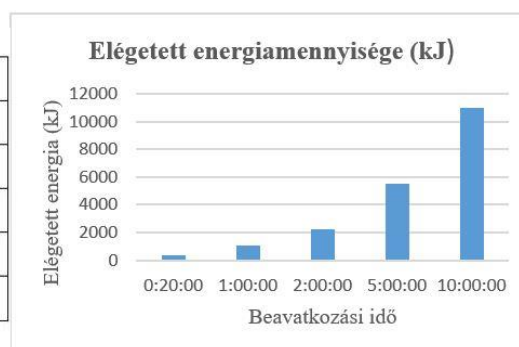
A táblázat eredményeiből megállapítom, hogy az önkéntesek a távolságot már több energia elégetésével tudták csak teljesíteni. Az idő és a megtett távolság nagysága a mért pontokon egymáshoz viszonyítva arányosan nőtt. A táblázatot alul grafikonon is szemléltetem (60. ábra).



60. ábra: Elégetett energia diagrammja 25 kg többletteherrel. Készítette a szerző.

Kimutatom, hogy az első mért ponton az önkéntesek átlagosan 30,24 kJ, a második mért ponton 56,28 kJ, valamint a táv legvégén már 95,76 kJ energiával égettek többet, egy átlagosan 20 perc alatt teljesíthető távolság során. Ez a 95,76 kJ első ránézésre nem sok, viszont egy erdőtüzoltás a tapasztalatok alapján nem 20 percig tart, hanem akár jelentősen tovább is elhúzódik. Ennek eredményeként logikailag vizsgálom a további elégetett energiamennyiséget az eltelt idő függvényében, amelyet a 61. ábra mutat.

Beavatkozási idő	Elégetett energia (kJ)
0:20:00	392,7
1:00:00	1178,1
2:00:00	2356,2
5:00:00	5890,5
10:00:00	11762,1



61. ábra: Elégetett energia mennyisége az eltelt idő függvényében. Készítette: a szerző

A tűzoltók időeredményei és a vizsgálati körülmények függvénye alapján a következő megállapításokat teszem. Az átlagos energiafelhasználás – minimálisan bár, de – a második szakaszban volt a legkevesebb, viszont figyelembe véve, hogy itt negatív szintkülönbség volt (-15 m), mégsem tekinthető a legkisebb energiafelhasználású résznek. A második és a harmadik szakasz közötti különbség a legnagyobb, annak ellenére, hogy itt közel szintkülönbség nélkül tették meg a távolságot a tűzoltók. A

fentiek alapján igazoltnak tekintem, hogy az energiafelhasználás folyamatosan nő, a növekedés mértéke pedig feltételezésem szerint exponenciális. Ez utóbbit azért nem tudtam igazolni, mert ehhez mind a résztvevők száma kevés volt, mind pedig a vizsgálati körülmények túl nagy szórást, hibalehetőséget foglalnak magukba. A változás mértékének a meghatározásához további vizsgálatokat javaslok.

IV.1.6. A vizsgálat kérdőívének elemzése

A kísérlet végzetével meg akartam határozni azt, hogy a vizsgálatban részt vett önkéntesek mennyire érezték magukat fáradtnak, illetve, hogy hasonló körülmények között mennyi ideig lettek volna még képesek a feladatot folytatni. Ennek céljából először azt kérdeztem tőlük, hogy mennyire volt nehéz a táv teljesítése teher nélkül. Válaszukat kördiagram segítségével szemléltetem (62. ábra).



62. ábra: A táv teljesítésének nehézsége teher nélkül. Készítette: a szerző.

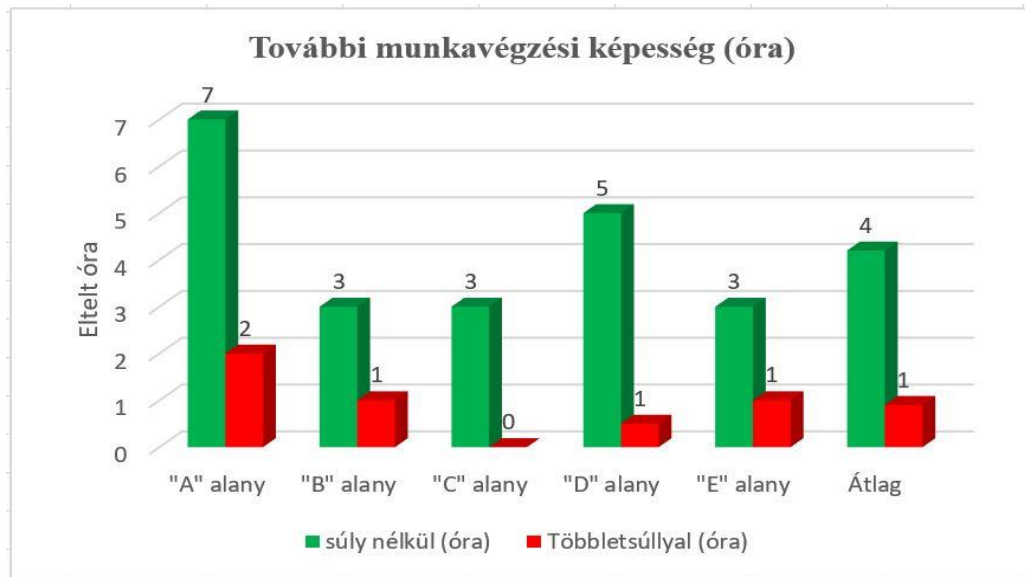
Az önkéntesek 60%-a nagyon könnyűnek, míg 40%-a könnyűnek érezte a feladat teljesítését a plusz teher nélkül. A feladatot senki sem ítélte nehéznek, ebből arra a következtetésre jutottam, hogy az önkéntesek fizikai állapota megfelelő.

Ugyanezt a kérdést feltettem az önkénteseknek a második forduló, azaz a +25 kg többletterhelés viselése után. Válaszaikat ebben az esetben is kördiagramon szemléltettem (63. ábra).



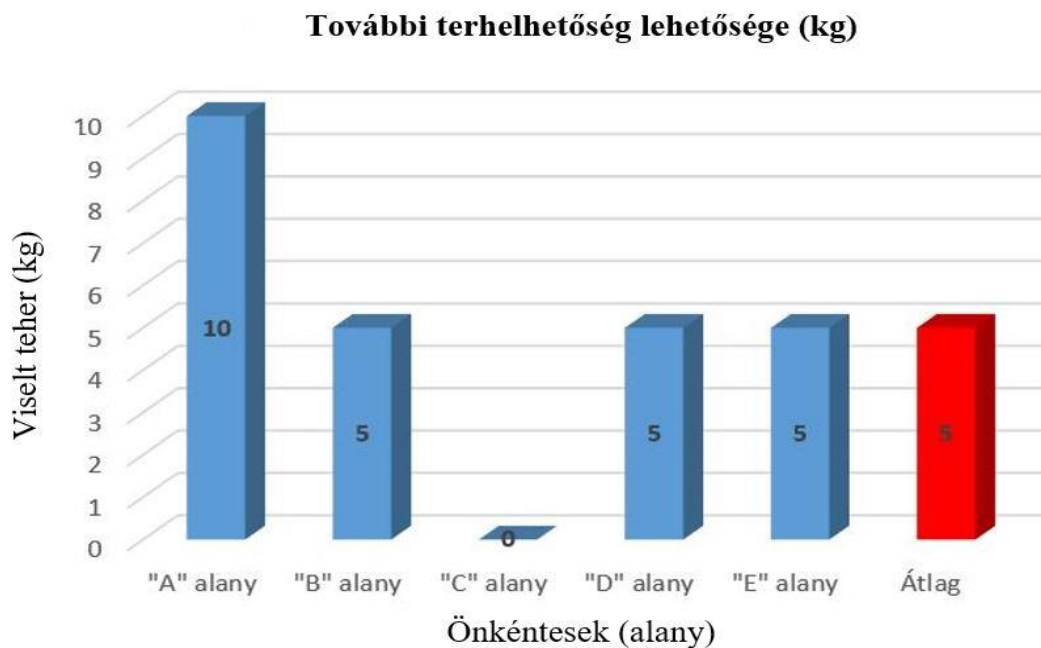
63. ábra: A táv teljesítésének nehézsége plusz teherrel. Készítette: a szerző.

Megállapítom, hogy a plusz tömeg viselése már komolyabb kihívást jelentett a tűzoltóknak. A résztvevők 80%-a nehéznek, míg 20%-a nagyon nehéznek érezte a feladat teljesítését a többletterheléssel. Ez is megerősíti azt a gyakorlati tapasztalatot, hogy a többletterheléssel való tűzoltás - mint amit pl. a puttonyfecskendő használata is jelent - rövid idő alatt jelentősen csökkenti a tűzoltók munkavégző képességét. Ezután megkértem a résztvevőket, hogy becsüljék meg többlettömeg nélkül, illetve az általam meghatározott 25 kg plusz tömeggel mennyi ideig lennének még képesek munkavégzésre hosszabb pihenő nélkül. Ennek eredményeit mutatja be az 64. ábra.



64. ábra: A további munkavégzési képesség súly nélkül és többletsúllyal. Készítette: a szerző.

A válaszadások alapján megállapítom, hogy a tűzoltók önértékelésük szerint átlagban **plusz teher nélkül** (könnyű fizikai munka) **további 4 órát**, míg a **plusz teherrel** (nehéz fizikai munka) **további 1 órát** lennének képesek beavatkozni egyhuzamban. Mivel vizsgálatomhoz a 25 kg-os többlet terhet én magam választottam, ezért megkérdeztem azt is, hogy a 25 kg-on felül, legfeljebb mennyi többletsúly viselését tudnák még elviselni egy munkavégzés során. Ennek eredményét a 65. ábrán szemléltetem.



65. ábra: További terhelhetőség lehetősége. Készítette: a szerző.

A 65. ábra alapján megállapítom, hogy átlagosan csupán 5 kg többlettömeg viselését tartják még a tűzoltók elviselhetőnek az általam meghatározott 25 kg felett. Ez összesen 30 kg, ami egy maximális kapacitású vízzel teli puttonyfecske tömege. A fentiek eredményeként azt a következtetést vonom le, hogy egy önkéntes tűzoltó a **saját testtömegén felül kb. 30 kg tömeggel még bizonyos ideig képes hatékony munkavégzésre**. Az ezt meghaladó tömeg mennyisége viszont már jelentős hatással van a tűzoltó munkavégzési hatékonyságára.

IV.1.7. A kísérletek eredményeiből levont következtetések

A mérésem rámutatott arra, hogy a tűzoltók fizikai terhelésének tetőfoka hosszú munkavégzés esetén kb. 30 kg. Az ettől nagyobb teherrel történő munkavégzés egyrészt a tűzoltás szempontjából már nem feltétlen hatékony, másrészt pedig egészségügyi következményeket vonhat maga után. A tűzoltók munkavégzésének növelése érdekében szükség lenne egy olyan eszközre, amely a mozgás szabadságának megtartása mellett képes csökkenteni a tűzoltók többletterhelését vagy esetleg növelni is lehet azt. Az előző fejezetben kárhelyszínre történő vonulás vizsgálatok megállapítottam, hogy a jelenleg rendszeresített nagyobb méretű gépjárművek csak egy bizonyos pontig (erdei nyiladék) képesek hatékonyan megközelíteni a kárhelyszínt. Ez után a kisebb méretű, jobb terepjáró képességű járművek alkalmazása (pick up, tűzoltó quad) a hatékonyabb. A különböző járművek alkalmazása nyilván nem jelent többletterhelést a beavatkozóknak, azonban az erdőtömb közepe felé haladva a járművek hatékonysági tényezője a mozgási szabadságfok csökkenése miatt folyamatosan csökken. Ebből az következik, hogy a vonulási logisztika utolsó lépcsőfokát a tűzoltók különböző technikai eszközökkel való mozgása jelenti (pl. puttonyfecske). A hagyományos technikai eszközökkel történő szabad mozgás esetén, viszont megjelennek a tűzoltókat érő fizikai terhek. Az általam eddig vizsgált járművek és eszközök tehát nem tudják teljesíteni a szabad mozgás megtartását és a fizikai teher csökkentésének egyidejű igényét, ezért egy olyan eszközt keresek, amely képes egyidejűleg mindkét feltételnek megfelelni.

IV.2. A külső vázszerkezetek bemutatása

A külső vázszerkezet (exoskeleton) lehetővé teszi viselőjét többletsúly viselésére, illetve, arra, hogy a testén csupán minimális többletterhelést hordozzon. Ezáltal a váz szinte az emberi test részévé válik, amely közvetlen kapcsolat révén segíti a mozgást [199]. A vázszerkezet energiaforrásként logikusan elektromos rendszer javasolt, amely hidraulikus meghajtású dugattyúkkal a szenzorok adatai révén mozgatja a szerkezetet. Ez mind a viselőjének a mozdulatait, mind a többletterhet érzékeli és a mozdulatokat lekövetve kiegyensúlyozza, ill. átveszi viselőjének fizikai terhelését. A vázszerkezet hatékonyságának alapját az adja, hogy használójának nem kell a testsúlyán felüli többletterhet is megemelnie, mert azt már maga a szerkezet érzékeli és a viselőjének mozdulatai alapján megemeli. Ennek köszönhetően a vázszerkezetet használó személy képes akár hosszú időn keresztül is jelentős többletterheléssel dolgozni, hiszen a plusz tömeget valójában nem érzékeli, így nincs szüksége több erő kifejtésre, hiszen ezt a vázszerkezet elvégzi helyette. Képességei miatt az eszközt számos területen használhatjuk.

A polgári alkalmazás területén az exoskeletont elsősorban az egészségügyben használják, ahol kezdetben az orvosok munkáját próbálták vele megkönnyíteni (pl. betegek emelése, szállítása). Később az eszköz használata már a betegek rehabilitációs programjának részét képezte, majd a mozgásukban korlátozott emberek mozgási tevékenységét segítette elő. Az exoskeletonok rohamos fejlődéséhez hozzájárult a robotika is, mivel egy ilyen eszköz használata az iparban is hatékony, hiszen alkalmazásával növelhető az emberi teljesítőképeség [229].

A vázszerkezetet *katonai területen* is alkalmazzák [230] [231], hiszen használata hatékonyabbá teszi az olyan tevékenységeket, mint a többletterheléssel való futás, menetelés, letérdelés, kúszás, mászás és guggolás. Az eszköz segítségével nem csak időben, de a viselt többletterhelés tekintetében is növelhető a katonák teljesítménye és csökkenthető a fáradékonyság, illetve az ebből adódó balesetek száma is [232]. Ilyen körülmények között logikus, hogy nő a katonák munkavégzési képessége. Az egyik legismertebb ilyen katonai vázszerkezet a Human Universal Load Carrier (továbbiakban HULC) exoskeleton.



3. kép: A Hulc rendszer vázszerkezete és annak használata. Forrás: [230]

A katonai alkalmazások példáit alapul véve a külső vázszerkezeteket komplex terepen is alkalmazhatjuk, amit különböző tesztek és helyszíni vizsgálatok is kimutattak már [231][233]. A fejlesztők megvizsgálták a katonák teljesítményét, erőkifejtésük változását és haladási sebességüket különböző többletterheléssel. Ezután következett a biomechanikai, a dinamikai, valamint a környezetvédelmi vizsgálatok összessége, végül pedig a legfontosabb, az élettani vizsgálat. Ez utóbbi szempontból a katonai változatot futópadon is tesztelték, ahol vizsgálták a felhasználó anyagcseréjét, illetve az ellenállóképességüket homok-, szél-, eső-, szélsőséges hőmérséklet- és páratartalom vizsgálatokkal. A külső vázszerkezetek fejlesztése jelenleg folyamatban van, hiszen alkalmazására jelentős igény van a védelmi szféra más területein is [234]. A már említett HULC exoskeleton például a következő üzemeltetési adatokkal rendelkezik:

- A rendszer hatótávolsága 20 km
- Viselője terepen akár 16 km/h sebességgel is mozoghat, a hatótávolság pedig a maximális teljesítmény igénybevételekor elérheti akár 11 km-t.
- A rendszer egyéb tartozékokkal is rendelkezik úgy, mint páncélzat, hűtő - és fűtő rendszerek, valamint egyéb érzékelők.

A HULC rendszer lítium polimer akkumulátorokkal működik. Az energiatakarékos funkció lehetővé teszi a rendszer számára a rövid idejű maximális terhelhetőséget, még akkor is, ha az akkumulátorok töltöttsége a minimális szintre esik.

A katonai külső vázszerkezetek tehát jelentősen nagyobb kitartást és teherbíró képességet kínálnak viselőjének komplex terepen a gyalogos hadműveletek során.

A fentiek alapján felismertem azt, hogy a katonai területen alkalmazott vázszerkezeteket kisebb átalakításokkal katasztrófavédelmi, tűzvédelmi, a témámat illetően pedig erdőtűzoltási feladatokra is lehetne hasznosítani. Az újszerű technikai eszköznek a speciális tűzoltó vázszerkezet (továbbiakban STV) nevet adom.

IV.2.1. Az STV hatékonyságának vizsgálata

A korábbi fejezetekben bemutattam a tűzoltás során alkalmazott eszközök és járművek oltóvízkapacitását, illetve rámutattam tűzoltási hatékonyságukra. Az elemzés eredményeként felismertem, hogy az egyes járművek és eszközök maximális vízszállítási képessége között ökölszabályként egy háromszoros vízkapacitáskülönbség figyelhető meg (41. ábra). Az egyetlen eltérést ezek között egy 90-100 l víz szállítására alkalmas eszköz hiánya jelentette. Ennek megoldására teszek javaslatot egy speciális tűzoltást elősegítő eszköz alkalmazására.

A kárhelyszínre történő vonulási logisztika elemzésekor megállapítottam, hogy a különböző típusú eredeti utakon más és más gépjármű használata hatékony. Ennek alapján a vonulási logisztika fordulópontjának az eredeti nyiladékokat tekintettem, hiszen a hatékonyság itt fordul át a nagyobb gépjárművek alkalmazásából a kisebb technikai eszközök használatára (40. ábra). Erre a célra a jelenleg rendszeresített technikai eszközök közül a puttonyfecskendőt tekintettem a leghatékonyabbnak a maga 20-30 l-es vízkapacitásával. A hatékonyabb vízellátás érdekében javaslatot tettem egy 100 l kapacitású tűzoltásra alkalmas eszköz használatára.

A tűzoltókat érő fizikai terhelés áttekintésével felismertem, hogy a hatékony tűzoltás érdekében szükség van a tűzoltók szabad mozgásának megtartása mellett a fizikai terhelhetőség hosszabb idejű fenntartására, illetve lehetőség szerinti növelésére.

A fent említett okok eredményeként azt a következtetést vonom le, hogy a mentő tűzvédelem szakterületén szükség van az STV-re, amelynek alkalmazásával hatékonyabbá válhat a hazai erdőtűzoltás. Az alkalmazási példák alapján azt feltételezem, hogy egy, az exoskeletonhoz hasonló STV-t hatékonyan alkalmazhatjuk a tűzoltói beavatkozások során is.

Az STV hatékonyság-vizsgálatához azzal a feltételezéssel élek, hogy az erdei nyiladékokon, szűk ösvényeken a korábban említett műszaki eszközökkel már nem

lehet tüzet oltani, a putnyofecskendő lehetőségei pedig mind a tűzoltók terhelhetősége, mind az oltás kapacitása miatt meglehetősen korlátozott. A tűzoltók terhelhetőségének korlátait az előzőekben már igazoltam, most az oltási kapacitás vizsgálatát végzem el, amelynek eredményeként megállapítom az STV hatékonyságának többletét. Ehhez áttekintettem a tűz frontvonalának eloltásában gyűjtött eddigi tapasztalatokat és ezek alapján olyan modellt alkottam, amely lehetőséget adhat mind az STV hatékonyságának önálló megítélésére, mind összehasonlító elemzések készítésére más eszközökkel.

A tűz frontvonalát különböző paraméterekkel jellemezhetjük, így a tűz terjedési sebességével, a tűz intenzitásával, a lángmagassággal vagy a lánghosszúsággal [69]. Ezek a paraméterek nyilvánvalóan korrelálnak egymással, a nagyobb tűzterjedési sebesség ugyanazon vegetációnál nagyobb tűzintenzitást is jelent, ugyanúgy, ahogyan a lánghosszúság is nagyobb ilyenkor [187]. Restás a fejlesztéseihez (I4F projekt) olyan egyszerűsítéseket alkalmazott, amely magában foglalta a tűzoltás eddigi tapasztalatait és a tűz frontvonalának paramétereit is [137]. Ezek alapján a tűzintenzitás alapvetően meghatározza a lánghosszúságot, ennek nevezetesebb értékeit és az összefüggést a 23. táblázat mutatja. A lánghosszúság és a tűzintenzitás fizikai paramétereit egy feltételezett felszíni tűz vizsgálatára hoztam létre oly módon, hogy annak elemzése kellően egyszerű, de a tűzoltásban alkalmazható legyen. A koronatűzzel jelen esetben nem foglalkozom, mert az intenzív koronaégés már nem oltható el hagyományos tűzoltási módszerek segítségével. Ennek megfelelően a tűzintenzitást egyszerű számtani sor logikáját követve 1, 2, 3 és 4 m magas lánghossz esetén vizsgálom. Az nyilvánvaló, hogy ugyanazt a lángmagasságot különböző intenzitású tüzek is generálhatják. Ennek oka a gyúlékony biomassza különbözősége, hiszen a fa máshogy ég abban az esetben, ha csak cellulózt tartalmaz és másként ha gyantát és különböző illóolajokat is. A tűzterjedés tehát számos összetevőtől függ, amelyet legrészletesebben pl. a Rothermel modell mutat be [187].

$$v_t = I_r \zeta \frac{1 + \Phi_w + \Phi_s}{\rho_b \varepsilon Q_{ig}} \quad (10)$$

v_t = Tűzterjedés sebessége

I_r = Reakcióintenzitás

ζ = reakcióintenzitás aránya (szélcsend idején)

Q_w = légmozgási tényező

Q_s = domborzati tényező

P_b = biomassza egységnyi térfogata

ε = effektív biomassza felhevülési aránya

Q_{ig} = biomassza gyulladáspontra hevítéséhez szükséges energia

Ennek lényege, hogy ha a tűzterjedés egyik tényezője kisebb, de egy másik tényezője nagyobb, akkor is kaphatunk hasonló tűzterjedési értéket, ezért vizsgálatomban nem egy meghatározott gyúlékony biomasszatípust veszek alapul, hanem a tűz fizikai megjelenésének paramétereire fókuszálok. Az egyenlet alapján tehát a tűzterjedést befolyásolja a reakció intenzitás, a reakció intenzitás azon aránya, amely a szomszédos biomasszarészecskéket meggyújtja, a szél iránya és sebessége, a domborzat, a biomassa egységnyi térfogata, az effektív biomassa felhevülési aránya, illetve a biomassa gyulladáspontra hevítéséhez szükséges energia.

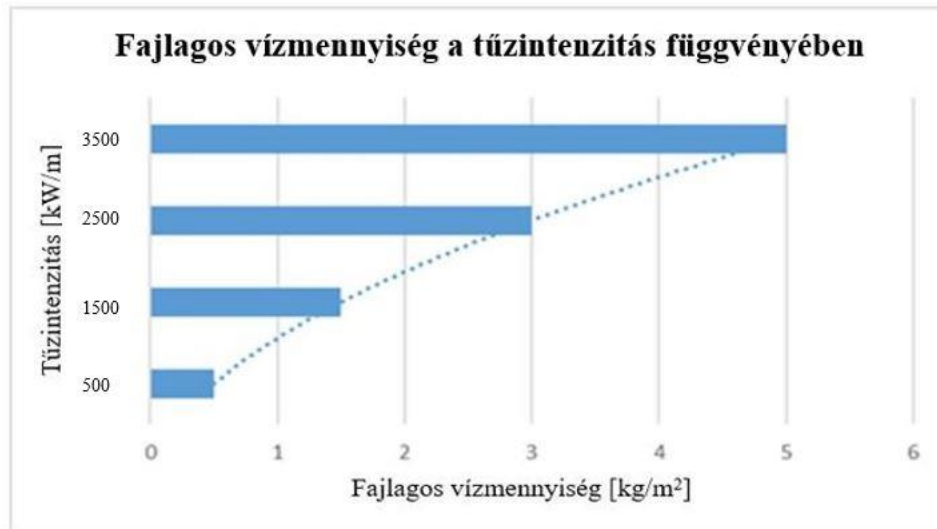
A 23. táblázatban vett legalacsonyabb értéknél megjegyzem, hogy a kéziszerszámok legfeljebb 0,5 MW/m intenzitású tüzek eloltását teszik lehetővé, míg a vízzel oltást maximum 3,5 MW/m tűzintenzitásig tekinthetjük hatékonynak. Ezek az értékek az első esetben az 1 m, az utóbbiban pedig 4 m-es lánghosszt jelentenek. Ennek alapján ökölszabályként megállapítom, hogy ebben az intervallumban a tűzintenzitás 1 MW/m értékkel nő minden további 1 m lánghossz esetén [235].

23. táblázat: A tűzintenzitás és a lánghosszúság nevezetes értékei. Készítette: a szerző

Paraméter	Érték			
	1	2	3	4
Lánghosszúság [m]				
Tűzintenzitás [MW/m]	0,5	1,5	2,5	3,5

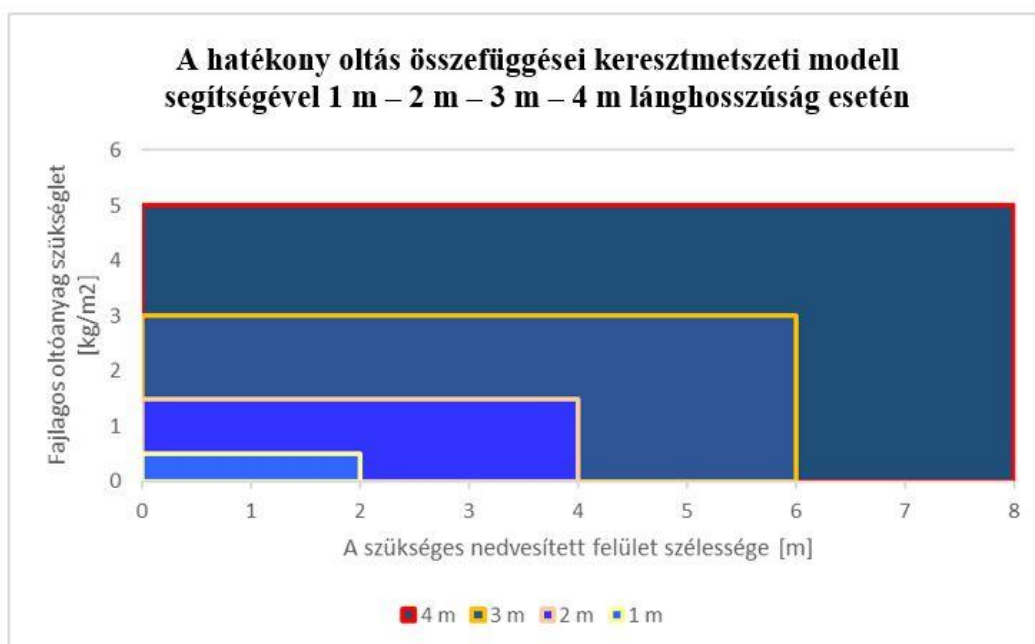
A frontvonal vízzel történő eloltásánál alapvetően két paraméterrel számolhatunk. Az egyik, hogy fajlagosan mennyi vízre van szükségünk az oltáshoz, a másik, hogy ezt milyen szélességben kell biztosítani ahhoz, hogy a nedvesített felület átégésének kockázata minimális legyen. A fenti értékekre a légi tűzoltás taktikai eljárásrendjéből [190], valamint Restás kutatásaiból veszek példákat [137]. Érdekes, hogy ezek az értékek is korrelálnak egymással, minél nagyobb fajlagos oltóanyag-felhasználásra van szükség, a nedvesített felület szélességét is annál inkább növelni kell. A kézi erővel még oltható, kb. 0,5 MW/m tűzintenzitáshoz 0,5 l/m² víz is elegendő, míg a vízzel oltható legnagyobb, kb. 3,5 MW/m tűzintenzitásnál már 5 l/m² vízmennyiségre van szükség. Ettől nagyobb tűzintenzitásokkal azért nem számoltam, mert egyrészt az már inkább olyan koronatüzekre jellemző, ahol a kézi eszközök alkalmazására objektíven nincs lehetőség, másrészt pedig az 5 l/m² az a mennyiségi határ, amely még a növényzeten maradhat. Természetesen a különböző feltételek különböző

tűzintenzitásokat, lánghosszúságokat és terjedési sebességeket jelentenek, így pontos értékek megadására nem is törekedtem, sokkal inkább a gyakorlati életben, a tűzoltók által is alkalmazható ökölszabályok megalkotására tettem kísérletet. A fentiek alapján a tűzintenzitásokhoz tartozó oltóanyag-szükséglet változását a 66. ábrán mutatom be.



66. ábra: A tűzintenzitásokhoz tartozó oltóanyag-szükséglet változása. Készítette: a szerző

A fajlagosan megfelelően nedvesített felület még nem garancia a sikeres oltáshoz. A tapasztalatok alapján a nedvesített felület szélességeként a lánghosszúság 2 – 2,5-szeresét kell vennünk az átégés kockázatának elkerülése érdekében [204], Restás tanulmányában az alacsony tűzintenzitásoknál az alsó értéket javasolja, így ezzel számoltam. A tűzintenzitásokhoz tartozó lánghosszúság közelítő értékeit bemutató fenti 66. ábra adataiból a szükséges nedvesített szélesség automatikusan adódik [236]. A fenti értékek együttes bemutatásához megalkottam a hatékony oltás 4 nevezetes értékével egy keresztmetszeti modellt. A nevezetes értékeként a tűzintenzitással korreláló, de a gyakorlati életben a tűzoltók által könnyebben meghatározható lánghosszúságokat vettem alapul, vagyis az 1 m – 2 m – 3 m – 4 m lánghosszúságokat. Ezekhez, függőleges tengelyként a fajlagos oltóanyag szükségletet, vízszintes tengelyként a szükséges nedvesített felület szélességét adtam meg.



67. ábra: A hatékony oltás összefüggései keresztmetszeti modell segítségével. Készítette: a szerző

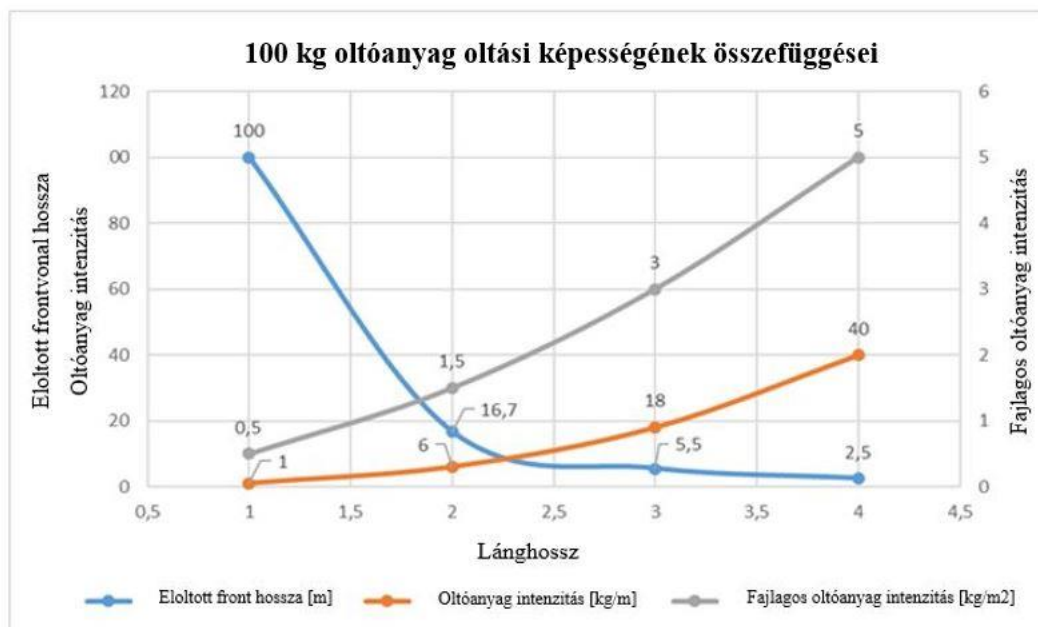
Megítélésem szerint, a keresztmetszeti modell könnyen értelmezhetővé teszi a fajlagos oltóanyag-szükséglet drasztikus növekedését a tűzintenzitással összefüggésben, de nem ad választ a rendelkezésre álló oltóanyag és az eloltott frontvonal hosszúságának kapcsolatára. Mivel a céloom az STV, mint lehetséges, új tűzoltó technikai eszköz hatékonyságának a bemutatása, és előnyeinek az igazolása, ezért mindenképpen szerettem volna ezt látványos formában is megtenni. Ehhez, a fent alkotott keresztmetszeti modellt – amely valójában egy kétdimenziós megjelenítése az oltóanyag-szükségletnek – kiterjesztettem három dimenziósra olyan módon, hogy figyelembe véve a rendelkezésre álló oltóanyagot is, megkapom a nedvesített felület hosszát.

A tűzintenzitáshoz, vagy az azzal korreláló lánghosszúsághoz ebben az esetben is négy nevezetes értéket vettem. Az ezekhez tartozó fajlagos oltóanyag-szükségletből, a biztonságos oltáshoz szükséges nedvesített felület szélességéből és a rendelkezésre álló oltóanyagból számított oltási szakaszt a 24. táblázatban összegeztem.

24. táblázat: A 4 nevezetes értékhez számított adatok 100 l oltóanyag esetén. Készítette: a szerző

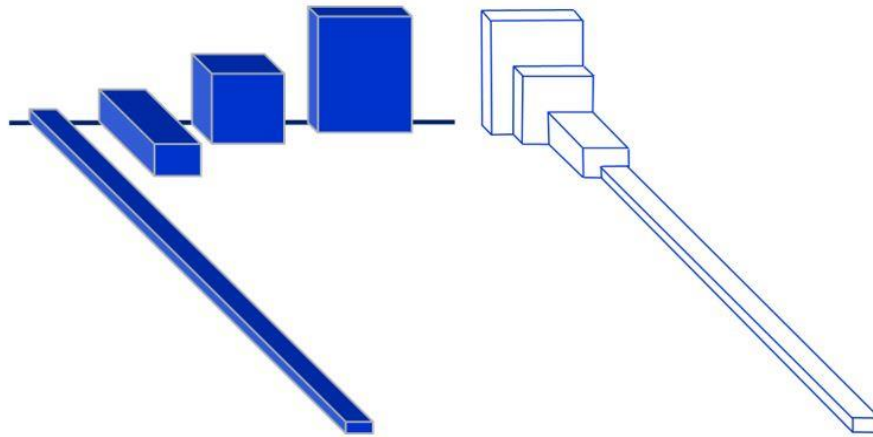
Paraméter / Nevezetes érték	1	2	3	4
Tűzintenzitás [MW/m]	0,5	1,5	2,5	3,5
Lánghosszúság [m]	1	2	3	4
Oltási szélesség [m]	2	4	6	8
Fajlagos oltóanyag igény [kg/m ²]	0,5	1,5	3	5
Oltási hossz [m]	100	16,7	5,5	2,5

A 24. táblázat adatainak összefüggéseit a 68. ábrán mutatom be, ahol a tűzintenzitásnak tükörképeként láthatóvá válik az 1 m hosszúságú frontvonalszakasz oltásához szükséges oltóanyag intenzitás is.



68. ábra: 100 kg oltóanyag oltási képességének összefüggései az eloltott frontvonal hossza, az oltóanyag intenzitás és a fajlagos oltóanyagintenzitás alapján. Készítette: a szerző.

A fenti adatok alapján megalkottam egy háromdimenziós modellt, amely a gyakorló tűzoltók számára is jól szemlélteti az összefüggéseket. Az első nevezetes értéknél, amely a kb. 1 m lánghosszúságot jelenti, a szükséges oltóanyag mennyiség $0,5 \text{ l/m}^2$, a szükséges nedvesített felület szélessége pedig 2 m. Ahhoz, hogy 1 m szakaszt biztonságosan el lehessen oltani, összesen 1 l vízre van szükségünk. Ugyanezen értékek 2 m lánghosszúságnál 4 m széles sávot és 6 l oltóanyagot jelent, 3 m-nél 6 m-t és 18 l-t, míg az utolsó, negyedik esetben, ahol a lánghosszúság 4 m, 8 m a sáv szélesség és 40 l az oltóanyag-szükséglet. 100 l rendelkezésre álló oltóanyag esetén így 1 m-es lánghosszúságnál 100 m-t, 2 m-esnél 16,7 m-t, 3 m-nél 5,5 m-t, míg a 4 m-esnél csupán 2,5 m-t tudunk eloltani. A fentieket dobozokkal szimbolizálva arányaiban a 69. ábrán látható modellt kaptam. Az ábra bal oldalán a nevezetes értékekhez tartozó „vizes dobozokat” kaptam, amelyeket egymásba illesztve a jobb oldali modellt kaptam.



69. ábra: A „vizes doboz” modell a nevezetes értékek dobozaival (b), valamint egymásba illesztve (j).
Készítette: a szerző

A doboz modell alkalmazásának előnye, hogy keresztmetszeti formáját és arányait megtartja, a hossza viszont mindig a rendelkezésre álló oltóanyag mennyiségétől függ. Ezzel láthatóvá válik a kiszállított oltóanyag oltási potenciálja és az eloltott szakasszal összevetve az oltás valódi hatékonysága.

A háti puttonyfecskendő és az STV összehasonlításánál egyértelmű, hogy a kb. háromszor több oltóanyag szintén kb. háromszor hosszabb frontvonal oltását teszi lehetővé, így vizsgálatom kezdetben csak korlátozott eredménnyel bíztatott. Azonban az eloltható frontvonal hosszára nem találtam adatokat, a tapasztalatok pedig nem voltak megbízhatóak, ezért kerestem azt a lehetőséget, hogy a tűz paramétereireh igazítva viszonylag jó közelítéssel tudjak a gyakorlatban is hasznosítható adatokhoz jutni. Ennek során jutottam el kezdetben a keresztmetszeti modellhez, majd a bokszt modellhez, amelyekkel nem csak az STV oltási képességét tudom megítélni, hanem bármely más eszközt is, amely vizet használ. Az STV hasznosságát a fentiekén túlmenően abban is látom, hogy nem csak megháromszorozza a puttonyfecskendő oltási képességét, de használója lassabban fárad el, így a vízutánpótlás biztosításával gyakorlatilag folyamatosan dolgozhat.

Ahogy említettem, a „vizes doboz” modell segítségével nem csak az STV, hanem bármely más eszköz vízzel való oltási hatékonysága megvizsgálható és kiszámítható. A jelenleg rendszeresített erdőtüzes UNIMOG 2500 1 - es vízkapacitásával például 1 m-es lánghosszúságnál 2500 m-t, 2 m-esnél 416,6 m-t, 3 m-nél 138,8 m-t, míg a 4 m-esnél 62,5 m - t tűzvonalat tudunk eloltani.

IV.3. A Speciális Tűzoltó Vázszerkezet katasztrófavédelmi alkalmazása

Az előző fejezetekben részletesen megvizsgáltam és bemutattam, hogy a különböző logisztikai nehézségek akadályozzák a hatékony tűzoltást. Ez elsősorban a beavatkozás szempontjából olyan nehezen megközelíthető helyeken okoz problémát, mint pl. az erdőtüzek. Az erdőtüzek többsége a lakott területektől távolabb, esetleg az erdőszegély mentén (EKLA) keletkezik. Ezeket a területeket tűzoltó gépjárművekkel nem, vagy csak nehezen lehet megközelíteni. Ebben az esetben az élőerő önállóan, gyalogosan közelíti meg a kárhelyszínt, ez azonban sok esetben időigényes. A hatékonyságot nehezíthetik továbbá a domborzati tényezők is, amelyek pedig már befolyással vannak a beavatkozó tűzoltók élettani hatására is.

A fenti levezetés alapján tehát a nagy kiterjedésű erdőtüzeket a legtöbb esetben nehéz megközelíteni. Ennek következtében a beavatkozók csak gyalogosan tudják elérni a kárhelyszínt, közben jelentős, akár 25-30 kg többlet terhet is viselve. Ez logikus, hogy csökkenti a tűzoltó munkabírási képességét és gyorsaságát, amire egy saját tervezésű kísérellettel igyekeztem rámutatni. A viselt tömeg csökkentése történhet tehát STV-vel is, ami egy ún. exoskeleton, külső vázszerkezet működésén alapul. Ez az eszköz hozzájárulhat a hatékonyabb tűzoltáshoz a mentő tűzvédelem szakterületén, ezért elvégzem az eszköz vizsgálatát katasztrófavédelmi szempontból is.

Az STV katasztrófavédelmi vizsgálatok kitérek az eszköz költségeire is. Internetes keresésem eredményeként megállapítom, hogy egy jelenleg rendszeresített exoskeleton becsült ára 70 e USD [237], ami egy 300 Ft-os átlag középárfolyamon számolva nagyjából 21 M Ft. Egy ilyen eszköz alkalmas bármilyen egyszemélyes komplex katonai logisztikai feladat ellátására. Szakértői konzultációm eredményeként egy ehhez hasonló tűzoltási célra létrehozott speciális tűzoltó vázszerkezet sorozatgyártásban megközelítőleg 12 M Ft körül megvalósítható lenne. 2020-ban a KEHOP 1.6.0-15-2016-00020 azonosítószámú, az „Erdőtüzek oltására alkalmas gépjárművek és vízszállító gépjárművek rendszerbe állítása” elnevezésű projekt keretén belül 35 különböző típusú erdőtüzek oltására alkalmas gépjármű került rendszeresítésre 6,1 Mrd. Ft támogatásból [113]. Ez gépjárművenként megközelítőleg 175 M Ft. Amennyiben minden ilyen gépjárműre málháznánk két STV-t, abban az esetben ez az összeg további 24 M Ft-tal nőne, így összesen 199 M Ft lenne egy tűzoltó gépjármű beszerzési költsége. A két STV-vel a gépjármű az eredeti ára csak 13,71%-

al nőne, ezekkel az eszközökkel viszont tovább lehetne növelni a tűzoltás hatékonyságát, különösen a nehezen megközelíthető kárhelyszíneken.

A 3.4.4 alfejezetben az egyes tűzoltó technikai eszközök és gépjárművek vizsgálatakor Ft/l arányosítást is végeztem a hatékonyság tükrében, amit most az STV-re is meghatározok, a (7) képlet használatával. Az eszköz beszerzési és fenntartási árát a fent leírtaknak megfelelően 12 M Ft költségben képzelem el, évenkénti 100 üzemóra használattal. Ez egy év alatt 1,2 M Ft kiadást jelent, ami 12 e Ft/óra, valamint egy 1000 üzemórás (10 év) életciklus alatt 12 Ft/óra amortizációs költséget jelent.

IV.4. Az STV taktikai alkalmazása

Azt már igazoltam, hogy az STV nagy segítséget jelenthet egyrészt a frontvonal közelében történő vízszállításban, másrészt pedig a tűzoltók fizikai terheinek csökkentésében. Mivel az eszköz kis helyen is tárolható, ezért javaslatot teszek ezek gépjárműre történő málházására. Egy gépjárműre két vázszerkezet rendszeresítését javaslom, hiszen a tűzoltást minden esetben legalább két fő végzi. A málházást elsősorban a rendszeresített speciálisan erdőtüzek oltására kialakított UNIMOG gépjárművekre javaslom. Emellett, a jobb terepjáró képességű tűzoltó pick up szakfelszereléseként is nagy segítséget jelentene, hiszen ez a típusú gépjármű már viszonylag jól meg tudja közelíteni a frontvonalat, így az eszközzel történő ingázási útvonal is rövidebb lenne. Feltételezésem szerint egy felszíni tűz során, ahol a lángmagasság 1 m, nagyjából 10 újra töltést követően eloltható a tűz. Az oltási hatékonyság igazolása érdekében javaslom az eszköz csapatpróbáját elsősorban Borsod-Abaúj-Zemplén és Bács-Kiskun megyékben, hiszen az országnak ezen területein jelent állandó kihívást az erdőtüzek oltása. Szakértői konzultációk alapján⁵⁷ a csapatpróbát 50 M Ft körüli összegben képzelem el, amely költség elsöre jelentősnek tűnik, azonban a nagyobb gépjárművek árához képest elhanyagolható.

Az STV a kárhelyszínre történő vonulást követően gyorsan és hatékonyan alkalmazható a felderítésben és az oltóanyag szállításban, különösen nehéz, sziklás terepen vagy meredek lejtők és hegyoldalak lábánál. A tűzoltó gépjármű málhaterében rendszeresítve könnyen és gyorsan elérhető, egy már rutinos viselő számára segítség nélkül is 30 másodperc alatt fel és levehető. Visszaszereléskor az STV-t nem szükséges kézben visszavinni a málházási helyére, hiszen az eszközt könnyen hátra

⁵⁷ A konzultációról készült jegyzőkönyv a szerző magánarchívumában található.

lehet venni, ezért hordozása sem jelent többletterhet⁵⁸. Az STV alkalmazását elsősorban kis kiterjedésű, közepes intenzitású, felszíni tüzek oltásakor képzelem el, legfőképpen a jelentősebb tömeggel rendelkező puttonyfecskendő helyett. Az eszköz alkalmazása azonban további vizsgálatokat igényel pl. a nagykiterjedésű koronátüzek oltása esetén.

A biztonságos beavatkozás érdekében javaslom az eszköz rendszeres karbantartását a következőképpen. Használat előtt a tűzoltó mászóövhöz hasonlóan szemrevételezést tanácsolok a kisebb sérülések és hibák felfedezése érdekében. Fontos az is, hogy az eszköz felszerelését követően a csukló könnyen mozogjon, a pánt ne legyen sérült és a folyamatos működéshez szükséges akkumulátor is fel legyen töltve. Az üzembiztonság érdekében célszerűnek tartom az eszköz illeszkedését néhány lépés után megfigyelni és az üzemóra adatait rögzíteni. A használatát követően el kell végezni az eszköz egyes elemeinek az olajozását, majd ezt követően száraz, hűvös helyen érdemes tárolni.

A hatékony tűzoltói beavatkozás érdekében szükség van az STV használati oktatására is, amit egy központilag elrendelt eszközismertetés formájában képzelek el. Az oktatást javaslom akár online felületen megvalósítani, mintegy 2 óra időtartamban. Az oktatás részét képezné az eszköz fel, illetve levétele, a terhelés nélküli mozgás, a terheléses mozgás sajátosságai és a nehéz terepen való mászás. Az eszköz alkalmazásának megértését nagyban segítheti még használati videók levetítése is.

Az STV-t az erdőtűzoltáson kívül más beavatkozásoknál is hatékony eszköznek tekintem. Funkciójából adódóan véleményem szerint hatékonyan használható földrengések után a kutató-mentő tevékenységben, különösen a romeltakarítások során. Ennek megfelelően javaslom az eszköz rendszeresítését a HUNOR mentőszervezetben. Ezen kívül árvízvédekezés esetén és gátak építése során is nagy segítséget nyújthat.

⁵⁸ Lockheed Martin videója alapján.

IV.5. Részkövetkeztetés

A tűzoltás logisztikájára visszautalva meghatároztam, hogy a kiérkezés utolsó lépéseként számos esetben a tűzoltó csak gyalogosan tudja megközelíteni a kárhelyszínt. Ezt a vonulási logisztika utolsó állomásának tekintem. Ilyenkor a tűzoltónak magával kell vinnie a beavatkozáshoz szükséges technikai eszközöket is (pl. puttonyfecskendő), ami nagy energiát igényel és amely során már megjelennek a tűzoltót érintő fizikai terhek is. Annak érdekében, hogy megtudjam, konkrétan mennyivel hatékonyabb a plusz teher nélküli munkavégzés, egy saját mérést készítettem egy 5 fős önkéntes tűzoltó csoport segítségével. A mérés célja az volt, hogy meghatározzam azt, hogy egy tűzoltó munkavégzési hatékonysága milyen mértékben csökken akkor, ha a saját testtömegén felüli többletteher viselésére kényszerül. A mérés során időbeli tényezőnek tekintettem azt, hogy a tűzoltó mennyi idő alatt tesz meg bizonyos távolságot teher nélkül, illetve a többletteher viselésével. A kísérlet során energiafelhasználási tényezőnek azt tekintettem, hogy a tűzoltó mennyi energiát használ fel a feladat teljesítése alatt. Az önkénteseknek komplex terepviszonyok között kellett megtenni egy 1,5 km-es távot két alkalommal. Elsőként, ezt hagyományos módon, tehát többletteher nélkül teljesítették, a második alkalommal a feladatot megismételték, azonban ebben az esetben már 25 kg többlettömeget viselve.

A vizsgálatom során először megmértem az önkéntesek teljesítési idejét teher nélkül, amelynek eredményeként megállapítottam, hogy az önkéntesek a távolságot normál viszonyok között elfogadott átlagos értékhez közeli értékekkel teljesítették. A teljesítményüket megmértem többletteher viselése mellett is. A mérés eredménye megerősítette azt a logikát, hogy az önkéntesek a távolságot az első méréshez képest lassabban teljesítették. Az idő és a megtett km nagysága egymáshoz viszonyítva itt is arányosan nőtt. A kapott eredményekből azt a következtetést vontam le, hogy minden esetben lassabb volt a plusz teherrel való munkavégzés, azonban ennek mértéke eltért egymástól.

Ezután megmértem a tűzoltók energiafelhasználását a feladat teljesítése során. A teher nélküli vizsgálatom során megállapítottam, hogy az önkéntesek a távolságot kevés energia elégetésével teljesítették. Az idő és a megtett km nagysága a mért pontokon egymáshoz viszonyítva arányosan nőtt. A 25 kg teherrel végzett vizsgálatom során megállapítottam, hogy az önkéntesek a távolságot már több energia elégetésével tudták

csak teljesíteni. Az idő és a megtett km nagysága a mért pontokon egymáshoz viszonyítva arányosan nőtt.

A kísérlet végzetével egy kérdőív segítségével megkérdeztem tőlük azt, hogy a vizsgálatban részt vett önkéntesek mennyire érezték magukat fáradtnak, illetve, hogy hasonló körülmények között mennyi ideig lettek volna képesek még a feladatot folytatni. Az önkéntesek 60%-a nagyon könnyűnek, míg 40%-a könnyűnek érezte a feladat teljesítését a plusz teher nélkül. Ugyanezt a kérdést feltettem a második forduló végén, azaz a +25 kg többletteher viselése után. A kapott válaszokból megállapítottam, hogy a plusz tömeg viselése már komolyabb kihívást jelentett. A résztvevők 20%-a nehéznek, míg 80% - a nagyon nehéznek érezte a feladat teljesítését a többletteherrel. Ennek eredményeként megállapítottam, hogy egy tűzoltónak erdőtűzoltás során a plusz teherrel való beavatkozás, komoly fizikai terhelést jelenthet, ez pedig káros az emberi szervezetre. Ez után megkértem az önkénteseket, hogy becsüljék meg, hogy többlettömeg nélkül, illetve az általam meghatározott 25 kg plusz tömeggel mennyi ideig lennének még képesek munkavégzésre hosszabb pihenő nélkül. A válaszadások alapján megállapítottam, hogy a tűzoltók önértékelésük szerint átlagban plusz teher nélkül (könnyű fizikai munka) további 4 órát, míg a plusz teherrel (nehéz fizikai munka) további 1 órát lennének képesek beavatkozni egyhuzamban. Végül azt a kérdést tettem fel nekik, hogy az általam meghatározott 25 kg súly felett további mekkora teherrel lennének még képesek a munkavégzésre. Válaszaikból megállapítottam, hogy átlagosan csupán 5 kg többlettömeg viselését tartják még a tűzoltók elviselhetőnek. Ez alapján megállapítottam, hogy egy tűzoltó a saját testtömegén felül 30 kg tömeggel még bizonyos ideig képes hatékony munkavégzésre. *A mérésem következtetéseként megállapítottam, hogy szükség van egy olyan technikai eszközre amely lehetőséget ad egyidejűleg többletteher viselésére és a mozgási szabadság megtartására is.*

Visszatekintve a III. fejezetre megállapítottam, hogy a vízszállítási kapacitás vizsgálatom eredményeként meghatároztam, hogy a háti puttonyfecskendő maximum 30 l-es kapacitása és a tűzoltó quad 300 l-es szállítási képessége között, az általam meghatározott ökölszabály szerint egy kb. 100 l vízállítási képesség hiányzik. Vizsgálataim alapján először polgári, majd katonai területen is találtam olyan eszközt, amely potenciálisan alkalmas akár 100 l oltóvíz szállítására és a mozgási szabadság megtartásával. Ez az eszköz az exoskeletonok működésén alapuló speciális tűzoltó

vázszerkezet. A vázszerkezet kapcsán megvizsgáltam, hogy az eszköz által felhasználható 100 l oltóanyaggal milyen módon lehet hatékonyan tüzet oltani.

Felhasználva a gyakorlati tapasztalatokat és mások mérésének eredményeit, megalkottam a tűz frontvonalintenzitásának, a fajlagos oltóanyagmennyiségének és a biztonságos oltáshoz szükséges nedvesített felület szélességének az összefüggéseiből elsőként egy keresztmetszeti modellt, majd figyelembe véve a rendelkezésre álló oltóanyagmennyiséget is, egy háromdimenziós modellt, amely boksok segítségével szimbolizálja a fenti értékeket.

A kutatást 2020. december 2-án lezártam.

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

Az összegzett következtetéseimet a fejezetek következtetései alapján állítottam össze, bemutatva, hogy kutatásomnak milyen szakaszai voltak, azon belül milyen célkitűzéseket fogalmaztam meg, a megvalósításukhoz milyen módszereket alkalmaztam és végül milyen eredményekre jutottam.

Az I. fejezetben elvégeztem az erdőtüzek áttekintő vizsgálatát, amely során széleskörű hazai és nemzetközi szakirodalmi elemzést végeztem. Ez lehetőséget adott arra, hogy áttekintést kapjak az erdőtüzek kutatásával kapcsolatos eddigi témakörökről, feltárjam mind a megelőző, mind pedig a mentő tűzvédelem területén azokat a hiányosságokat, amelyek fejlesztésre szorulnak Magyarországon.

A releváns nemzetközi szakirodalmak alapján **arra a következtetésre jutottam**, hogy a nemzetközi szaknyelv számos olyan újszerű, idegen nyelvű fogalmat használ, amelyek a magyar nyelvbe még nem kerültek átültetésre (pl. Wildland-Urban Interface). Ennek következtében szükségesnek tartottam ezek értelmezését és új fogalmak megalkotását a témában.

Elvégeztem továbbá a globális, az európai és a hazai erdőtüzek statisztikai adatainak vizsgálatát. Az adatok alapján arra a következtetésre jutottam, hogy az **erdőtüzek száma globális szinten** a korábbi évekhez képest **nem változik jelentősen**, inkább enyhén csökkenő tendenciát mutat, viszont számos területen, ahol ez korábban nem okozott komolyabb kihívást, most aktuális problémává vált (pl. Európa).

Feltártam **az erdőtüzek megelőzésének és oltásának jelenlegi problémáit**, valamint javaslatot tettem az egyes javítási lehetőségekre a megelőző és a mentő tűzvédelem területén. A hazai jogrendszer áttekintése alapján megállapítottam, hogy az erdőtűz megelőzés területén, még *nem került részletes kidolgozásra az erdőhöz közeli lakott területek megelőző tűzvédelme*. A szakirodalmak további vizsgálatából azt tapasztaltam, hogy az erdőtüzek során *felmerülő költségeket* már korábban is elemezték, azonban konkrétan forint alapon ezek még nem lettek részletesen kiértékelve, ezért ezt hiányosságnak tekintettem a témakörön belül. A *gazdaságossági hatékonyság* kapcsán még nem elemezték részletesen azt, hogy a különböző nagyságú erdőtüzek során, *mikor, milyen jármű vagy technikai eszköz alkalmazása a leghatékonyabb*.

A tűzoltás logisztikai vizsgálatának elemzésekor megállapítottam, hogy a kutatások ugyan említik az ingázó vízszállítás nehézségét és hatékonysági jellemzőit, azonban ezek jelenleg nem terjednek ki olyan megoldási lehetőségek vizsgálatára, amelyek a *mesterséges víznyerőhelyek optimalizálását* szolgálhatják.

Az erdőtűzoltási tapasztalatok azt mutatják, hogy a beavatkozások során számos technikai eszközt alkalmaznak. Ezek hatékonyság-vizsgálatára ugyan már készültek elemzések, azonban az *erdőtűzoltásba bevonható újszerű eszközök alkalmazási lehetőségeiben még találtam tartalékokat, fejlesztési lehetőségeket*.

Emellett, hazánkban még nem vizsgálták azt, hogy egy beavatkozás során a technikai és az egyéni védőeszközök miatt, mekkora többletterher viselésére kényszerülnek, illetve, hogy ennek milyen hatása van a tűzoltás hatékonyságára.

A fent felsorolt problémákat kutatási lehetőségeknek tekintettem, ezért értekezésem célkitűzéseit ezekhez igazodva határoztam meg.

A II. fejezetben az erdőhöz közeli lakott területek tűzvédelmi lehetőségeit vizsgáltam. A nyelvi nehézségek áthidalása érdekében, olyan új fogalmakat alkottam, amelyek illeszkednek a szakami elvárásokhoz és a jövőben gazdagíthatják a magyar nyelv szókincsét is. Ehhez tanulmányoztam a nemzetközi szakzsargont, majd megalkottam az angol nyelvű Wildland-Urban Interface és Wildland-Urban Intermix fogalom alapján **erdőhöz közeli lakott területek (EKLA)** és az **erdő által több irányból körülvevett lakott terület (ETLA)** fogalmát.

Célul tűztem ki, hogy az erdőtüzek megelőzésének és oltásának jelenlegi problémáinak feltárásával azonosítom a hazai erdőhöz közeli lakott területeket, valamint megalkotom Magyarország első EKLA tűzveszélyét mutató térképét. A célkitűzésem elérése érdekében a saját készítésű ábráimon képelemzést végeztem. Vizsgálataim alapján arra a következtetésre jutottam, hogy Magyarországon is található olyan területek, amelyeket EKLA-ként azonosíthatunk. Ez után megyei szinten megvizsgáltam a biomassza tűzveszélyességét, az erdőtűzstatistikai adatokat, valamint a lakóépületek egymáshoz viszonyított elhelyezkedését, majd egy kockázati mátrix alapján létrehoztam az EKLA tűzveszélyt mutató térképet.

Az ETLA területek azonosítása érdekében saját, újszerű megoldást alkottam, amely a nemzetközi szinten elfogadott Radeloff módszeren alapul, azonban a módszer alkalmazása egyszerűbb és nem igényli bonyolult térinformatikai rendszerek alkalmazását.

Szintén célul tűztem ki, hogy javaslatot teszek olyan új irányelvek és jogszabályi előírások alkalmazására, amelyek védelmi zónák létrehozásával biztonságosabbá teszik az erdőhöz közeli lakott területek megelőző tűzvédelmét. A kutatás érdekében műszaki rajzokat készítettem, matematikai számításokat és képelemzést is végeztem. Az EKLA megelőző tűzvédelmének vizsgálatából, valamint a saját számításaim alapján arra a következtetésre jutottam, hogy az EKLA –n található lakóingatlanok közelében lévő területek belső-, és külső zónákra oszthatók. A belső zóna egy lakóépület körüli 10 m sugarú kör területe, a külső zóna pedig egy 30 m sugarú kör területe. Ez a két határérték csak akkor releváns, ha a kör középpontja a lakóépület mértani közepe. Minden más esetben a belső zóna valós alakja az általam létrehozott sokszögalak, amelyet az épületek kiugró részei formálnak. Egy ilyen formát azonban nehéz jogszabályban meghatározni, ezért arra a következtetésre jutottam, hogy célszerű megalkotni a valós sokszögalakú zóna nagyságához egy azonos méretű kör alakú zónát (optimális belső zóna). Ezt követően a megvizsgáltam a jelenleg hatályos településrendezési szabályokat, majd azt tapasztaltam, hogy jelenleg nincsen iránymutatás arra vonatkozóan, hogy a lakóépületek mekkora távolságra legyenek az erdőszegélytől az EKLA-n. Egy saját ábrán végzett képelemzés segítségével ezt a távolságot a külső zóna határához (30 m) javasoltam igazítani és a hiány pótlása érdekében javaslatot tettem jogszabálmódosításra.

A III. fejezetben a tűzoltás logisztikai nehézségeit vizsgáltam. Célul tűztem ki az erdőtüzoltás logisztikai nehézségeiből olyan következtetéseket levonni, amelyek alkalmasak egyrészt a vonulás időveszteségének kimutatására, másrészt a mesterséges víznyerőhelyek létesítésének optimalizálásával növelni a tűzoltás vízellátásának a hatékonyságát. Ennek keretén belül részletesen megvizsgáltam a rossz minőségű utakon történő vonulás okozta időveszteség hatásait. A kiérkezés késésének problémáját nem egyszerűen az idővel jellemeztem, hanem **elsőként a leégett frontvonal hosszának növekedésével hoztam összefüggésbe**, amelynek könnyebb megértéséhez és szemléltetéséhez saját szerkesztésű grafikus ábrát alkottam.

A továbbiakban elemeztem a puttonyfecskendőt, a tűzoltó quad, a pick up, a tűzoltó gépjármű előnyeit és hátrányait egy tűzoltás során. Az eszközök hatékonyságát egymással összehasonlítva meghatároztam, hogy ezek milyen típusú beavatkozások során alkalmazhatók hatékonyan, amelynek alapját a járművek hatékonyságának egyik legjelentősebb tényezője, a kárhelyszín megközelítése adta. Ez alapján arra a

megállapításra jutottam, hogy addig, amíg a kárhelyszínt könnyen meg lehet közelíteni, addig a nagyméretű és nagy vízszállító képességű földi járművek alkalmazása a hatékony. Ez azonban az erdőtümb belseje felé haladva megváltozik, és a kisebb méretű járművek jelentik a hatékony megoldást, elsősorban jó terepjáróképességük miatt. A nagy és kisméretű járművek hatékonysági fordulópontjának az erdei nyiladékokat tekintetem. A vizsgált eredményeimet sebesség értékek összehasonlításával is igazoltam és sugárdiagram segítségével jelenítettem meg. Az elemzést követően javaslatot fogalmaztam meg egy újszerű technikai eszköz alkalmazási lehetőségére.

Ez után megvizsgáltam, hogy a mesterséges víznyerőhelyek létesítésének optimalizálásával, hogyan lehet a tűzoltás vízellátásának a hatékonyságát növelni. Ennek érdekében **SWOT elemzést** készítettem, amelynek eredményeként megállapítottam, hogy a mesterséges víznyerőhelyek használatának előnyeit a megközelíthetőség és a tűz helyszínétől való távolság adja. Ennek következtében a megoldást egy optimális helyszínen (közbenső feltétel) például erdei nyiladékok vagy tűzpázták mentén történő kialakításában látom, amelynek helyességét matematikai számításokkal is igazoltam. Ez után egy háromlépéses elemzés eredményeként javaslatot tettem mesterséges víznyerőhely létesítésére a vízhiányos és egyben erdőtüzveszélyes megyékben.

A IV. fejezetben egy új technikai eszköz fejlesztési lehetőséget vizsgáltam. Célul tűztem ki, hogy rámutatok a tűzoltók terhelhetőségének korlátaira és bizonyítom a szabad mozgással történő oltási képesség kitolásának szükségességét, valamint javaslatot teszek újszerű, innovatív technológiai eszköz hatékony alkalmazására. Ehhez felhasználtam a logisztikai problémák vizsgálatokor kapott eredményeimet, amely alapján a meghatároztam, hogy a vonulási logisztika utolsó lépcsőfoka a tűzoltók szabad mozgása a technikai eszközökkel. Ez azonban többletterhet ró a beavatkozókra. Annak érdekében, hogy meg tudjam ítélni a plusz teherrel történő munkavégzés hatásait, *egy saját tervezésű kísérletet végeztem el*, amelynél egy önkéntes tűzoltó csoport munkavégzési teljesítményét mértem meg 25 kg többletteherrel. Ennek eredményeként arra a megállapításra jutottam, hogy a plusz tömeg viselése már komolyabb kihívást jelentett a tűzoltóknak. A mérésem következtetéseként megfogalmaztam, hogy szükség van egy olyan technikai eszközre amely lehetőséget ad egyidejűleg többletteher viselésére és a mozgási szabadság

megtartására is. A vízzállítási kapacitás vizsgálata során megállapítottam, hogy a háti puttonyfecske 30 l kapacitása és a tűzoltó quad 300 l szállítási képessége között, az általam meghatározott ökölszabály szerint egy kb. 100 l vízzállítási képesség hiányzik. Ezek következtében meghatároztam egy olyan újszerű technikai eszköz igényét, amely képes 100 l víz alkalmazására, különösebb fizikai igénybevétel nélkül. Ilyen pl. az ún. az exoskeleton, amelynek működése alapján javaslatot tettem egy speciális tűzoltó vázszerkezet katasztrófavédelmi alkalmazására. A vázszerkezet kapcsán megvizsgáltam, hogy az eszköz által felhasználható 100 l oltóanyaggal milyen módon lehet hatékonyan tüzet oltani.

Felhasználva a gyakorlati tapasztalatokat és mások mérésének eredményeit, megalkottam a tűz frontvonalintenzitásának, a fajlagos oltóanyagmennyiségének és a biztonságos oltáshoz szükséges nedvesített felület szélességének az összefüggéseiből elsőként egy keresztmetszeti modellt, majd figyelembe véve a rendelkezésre álló oltóanyagmennyiséget is, egy háromdimenziós modellt, amely boksok segítségével szimbolizálja a fenti értékeket.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Saját készítésű modell segítségével beazonosítottam a hazai erdőhöz közeli lakott területeket és meghatároztam az ezekhez tartozó tűzkockázatokat. A hazai biomassza, tűzeseti statisztika és urbanizációs viszonyok elemzésének eredményeként megalkottam hazánk első megyei szintű EKLA tűzkockázati térképét.
2. Az EKLA területekre vonatkozó megelőző tűzvédelmi megoldások eredményeként olyan zónafelosztást határoztam meg, ahol a tűz áttérjedési kockázat csökkentésére egy optimális belső és külső zónát hoztam létre. A zónák segítségével javaslatot tettem hazánk településrendezési viszonyainak módosítására, amelynek segítségével hatékonyabbá válhat az erdőről a lakott területre történő tűzterjedés megelőzése.
3. A tűzoltás logisztikai tényezői közül új megközelítéssel vizsgáltam meg a vonulás idővesztésének hatását a tűzoltás hatékonyságára. Ennek eredményeként új módszerrel határoztam meg az idővesztés mértékét, amelyet elsőként a tűz frontvonalának növekedésével hoztam összefüggésbe, valamint javaslatot tettem mesterséges víznyerőhelyek optimális létesítésére a vízhiányos és erdőtűzveszélyes megyékben.
4. A tűzoltók terhelhetőségének korlátaival bizonyítottam, hogy szükség van olyan újszerű tűzoltó technikai eszköz alkalmazására, amely a tűzoltók mozgásának szabadságfokát megtartva is növeli az oltási képességet. Ennek hatékonyságát egy keresztmetszeti és egy boksmodell megalkotásával igazoltam.

AJÁNLÁSOK

A négy éves kutatási tevékenységem során részletesen megvizsgáltam az erdőtüztoltás témakörét. Kutatómunkám egyszerre érinti a tűzvédelem-, erdészet-, jog- és közgazdaságtan tudományterületét, műszaki, társadalomtudományi és matematikai vizsgálati és modellalkotási módszerek alkalmazásának szükségességét. Ennek megfelelően ajánlom az értekezést:

- azoknak a szakembereknek és szervezeteknek, akiknek feladatkörébe tartozik az erdőtüzek megelőzési és oltási tevékenysége.
- azoknak az erdészeti szervezeteknek és erdőgazdálkodóknak, akik valamilyen formában hozzá kívánnak járulni az erdőtüzek megelőző tűzvédelmének fejlesztéséhez.
- azoknak az állampolgároknak, akik állandó vagy rekreációs céllal az erdőterületen vagy annak közvetlen közelében tartózkodnak.
- azoknak a szakembereknek és gazdasági szervezeteknek, akik a mentő tűzvédelem területén a K+F tevékenységért felelnek.
- azoknak a kutatóknak, doktoranduszoknak és egyetemi hallgatóknak, akik tudományos munkáikat a katasztrófavédelem megelőző és mentő tűzvédelmi szakterületén végzik. Doktori értekezésem az ő tanulmányaik alapját szolgálhatja.
- azoknak a tüztoltás vezetésére jogosult személyeknek, akiknek a hivatásos vagy önkormányzati tüztoltóságuk működési területén jelentős kihívást jelent az erdőtüzek oltása.
- azoknak a jogalkotóknak, akik az erdőtüzekkel kapcsolatos jogszabályok létrehozásáért és módosításáért felelnek.
- a BM OKF szervezetén belül az Országos Tüztoltósági Főfelügyelőség, a Tűzvédelmi Főosztály, valamint a Tüztoltósági Főosztály szakembereinek.
- az agrártárca azon szakembereinek, akik az erdők és a földügek kiemelt szakmai területén dolgoznak.

KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA

1. Az erdőhöz közeli lakott területek vizsgálatával foglalkozó kutatási eredményeim lehetőséget biztosítanak jogszabálmódosításra, hiszen az EKLA és ETLA területek megelőző tűzvédelmi megoldására már felmerült az igény a tűzveszélyes megyékben. A lakóépületek körüli belső – és külső védelmi zónák műszaki paramétereinek meghatározása beépíthető a településrendezési és építésügyi tervekbe, emellett a védelmi zónák akár később az Erdőtűzvédelmi tervek részét is képezhetik.
2. Egy erdőtűz során nagy kihívást jelent a tűzoltás vízellátásának biztosítása, illetve az a tény, hogy a rendelkezésre álló tűzoltó eszközökkel és járművekkel mekkora mennyiségű víz szállítására van lehetőség. Az általam meghatározott ökölszabály eredményeként könnyen meghatározható az oltóvíz szükségletből az, hogy a tűzoltás során melyik eszköz vízszállítási képessége jelenti a legnagyobb hatékonyságot, hiszen vizsgálatom eredményeként meghatároztam, hogy az egyes járművek maximális vízszállítási képessége között nagyjából háromszoros a különbség.
3. Kutatási eredményeimet hasznosíthatja a katasztrófavédelem kutatási terület. Értekezésem eredményei segítheti azokat a kutatókat, doktoranduszokat és egyetemi hallgatókat, akik tudományos tevékenységüket a katasztrófavédelem megelőző és mentő tűzvédelmi szakterületén végzik.
4. A katasztrófavédelem technikai eszközfejlesztésének folyamatában az általam tett javaslatokat figyelembe lehet venni, hiszen az erre vonatkozó kutatásom részletes hatékonyság vizsgálatot tartalmaz az egyes technikai eszközök esetében.
5. A mesterséges víznyerőhelyek létesítésével hatékonyabbá válhat a tűzoltás vízellátása a tűzveszélyes és egyben vízhiányos megyékben. Ez nagy segítséget nyújthat a mentő tűzvédelemben, hiszen a beavatkozók ingázási útvonala és ideje is rövidebbé válik a kárhelyszín és a vízforrás között.
6. Az általam javasolt speciális tűzoltó vázszerkezet rendszeresítése hasznosítható a mentő tűzvédelem szakterületén. Az eszköz alkalmazásával egyrészt megnő a tűzoltó hátán elvihető vízmennyiség, másrészt csökkenthető a beavatkozót érő fizikai teher.

HIVATKOZOTT IRODALOM JEGYZÉKE

- [1] 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1100128.tv> Letöltés ideje 2018.03.11.
- [2] 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99600031.tv> Letöltés ideje 2018.03.11.
- [3] 39/2011. (XI. 15.) BM rendelet a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének általános szabályairól. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1100039.bm> Letöltés ideje 2018.03.11.
- [4] 6/2016. (VI. 24.) BM OKF utasítás a Tűzoltás-taktikai Szabályzat és a Műszaki Mentési Szabályzat kiadásáról. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A16U0006.OKF&txtreferer=00000001.TXT> Letöltés ideje 2018.03.11.
- [5] Földi László - Kuti Rajmund: Characteristics of Forest Fires and their Impact on the Environment. *AARMS*, XV. 1. (2016), 5-17.o <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/aarms/article/view/1757/1057> Letöltés ideje: 2020.03.31.
- [6] Melita Keywood - Andreas Stohl - Frank Dentener: Fire in the Air: Biomass Burning Impacts in a Changing Climate. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, XLIII. 1. (2013), pp. 40-83.
- [7] Debreceni Péter - Pántya Péter: A fokozottan tűzveszélyes időszakok meghatározásának lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, XXIX. 1. (2019), 243-260.o http://real.mtak.hu/104142/1/mkk_2019_1_20.pdf Letöltés ideje: 2020.02.20.
- [8] Xiao-Riu Tian-Douglas Mcrae - Den Boychuk: Comparisons and assessment of forest fire danger systems. *Forestry Studies in China* VII. 1. (2005), 53–61. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11632-005-0058-0> Letöltés ideje: 2020.03.30.
- [9] Wallace Fons: Analysis of Fire Spread in Light Forest Fuels. *Journal of Agricultural Research*, LXXII. 13. (1946), pp. 93-121. https://www.fs.fed.us/psw/publications/fons/psw_1946_fons001.pdf Letöltés ideje: 2020.03.30.
- [10] Nagy Dániel: *Az erdőtüzek megelőzési és oltástechnológiai lehetőségeinek vizsgálata*. PhD értekezés. Nyugat-magyarországi Egyetem. Sopron. 2008. 129 o. <http://doktori.nyme.hu/30/1/disszertacio.pdf> Letöltés ideje: 2017.05.10.
- [11] Eunmo Koo - Patrick Pagni - David Weise - John Woycheese: Firebrands and spotting ignition in large-scale fires. *International Journal of Wildland Fire*, XIX. 7. (2010), pp. 818-843.
- [12] Ethan Foote - Samuel Manzello: *Characterizing firebrand exposure during Wildland- Urban Interface fires*. https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=907530 Letöltés ideje: 2020.03.30.
- [13] Herczeg Gergely: Tűzvédelmi eszközök optimális elhelyezésének antropometriai meghatározása. *Hadmérnök*, XIII. 3. (2018), 18-27.o http://www.hadmernok.hu/183_02_herczeg.pdf Letöltés ideje: 2020.03.30.
- [14] Fülepp Zoltán: A technikai eszközök fejlesztésének tűzoltás-taktikai kérdései. *Védelem – Katasztrófavédelmi Szemle*, XXI. 5. (2014), 33-36.o <http://tuzvedelemmegelozes.lapunk.hu/tarhely/tuzvedelemmegelozes/dokumentumok/201805/v201405.pdf> Letöltési ideje: 2020.03.30.
- [15] Halassy Gábor: Tűzoltási technikák értékelése gazdasági szempontból. *Műszaki Katonai Közlöny*, XXVI. 2. (2016), 210-220.o https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2016_2_016_Halassy%20Gabor.pdf Letöltés ideje: 2020.03.30.

- [16] Restás Ágoston: A légi tűzoltás hatékonyságának közgazdasági megközelítése. *Repüléstudományi Közlemények*, XXIV. 2 (2012), 805–813.
- [17] Restás Ágoston: A tűzoltóság tevékenységének logisztikai alapjai. *Katonai logisztika*, XI. 4. (2003), 147-158.o
http://epa.oszk.hu/02700/02735/00047/pdf/EPA02735_katonai_logisztika_2003_4_147-158.pdf Letöltés ideje: 2020.02.02.
- [18] Bodnár László: Az erdőtüzek oltásának logisztikai problémái valós példák alapján. *Bolyai Szemle*, XXIV. 4. (2015), 86- 99.o <https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/bolyai-szemle-2015-04.original.pdf> Letöltés ideje: 2018.05.05.
- [19] Bodnár László: Erdőtűz megelőzés korszerű módszer segítségével. *Hadmérnök*, XII. 1. különszám (2017), 59-69.o http://www.hadmernok.hu/170k_05_bodnar.pdf Letöltés ideje: 2018.05.05.
- [20] Bodnár László - Debreceni Péter: Erdő- és vegetációtüzek kialakulásának térbeli és időbeli változásai Magyarországon. In: Földi László, Hegedűs Hajnalka: *Éghajlatváltozás okozta kihívások és lehetséges válaszok*. 301-318.o Budapest, Dialóg Campus. 2020.
- [21] Bodnár László - Pántya Péter: The Threat of Forest and Vegetation Fires and the Possibilities of Intervention in Hungary, *Academic and Applied Research in Military and Public Management Science*, XVIII. 3. (2019), 21-31.o.
- [22] Tonini Marj - Amato Federico - Parente Joana: *Wildland Urban Interface assessment and prediction in relation to land use and land cover changes. The Portuguese case study*. In: Viegas D.X: *Advances in Forest Fire Research 2018*, Imprensa da Universidade de Coimbra, 2018. pp. 870-877.
- [23] World Economic Forum: *Global Risk Report*.
http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risk_Report_2020.pdf
Letöltés ideje: 2020.01.27.
- [24] Szászi Ivett: *Globális kockázatok 2019*.
<https://biztonsagpolitika.hu/wp-content/uploads/2019/03/GEFcikk.pdf>
Letöltés ideje: 2020.03.28.
- [25] Darryl Jarvis: *Risk, Globalisation and the State: A Critical Appraisal of Ulrich Beck and the World Risk Society Thesis*. *Global Society* XXI. 1. (2007), pp. 23-46.
- [26] Phil Macnaghten: *Risk and the environment*. In: G. Mythen (ed.): *Beyond the Risk Society*. London, Routledge, 2006. pp 132-146
- [27] WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard: <https://covid19.who.int/> Letöltés ideje: 2020.08.11.
- [28] Bede-Fazekas Ákos: *Mire számíthatunk a Kárpát-medencében a klímamodellek szerint?* In: III. Fenntarthatósági konferencia, 2010.10.05-07. Somogyvámos 2010.
http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/1703/1/BFA_Somogyvamos_Konf_abs_201010.pdf
Letöltés ideje: 2020.01.16.
- [29] IPCC 2007: *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [30] Bartholy Judit - Pongrácz Rita - Gelybó Györgyi: A 21. század végén várható éghajlatváltozás Magyarországon. *Földrajzi Értesítő*, LVI. 3. (2007), 147–167. o
http://www.mtafki.hu/konyvtar/kiadv/FE2007/FE20073-4_147-167.pdf Letöltés ideje: 2020.02.28.
- [31] Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2008–2025:
www.kvvm.hu/cimg/documents/nes080214.pdf Letöltési ideje: 2008. 08. 16.
- [32] Alföld I és Alföld II Kutatási Programok. Alföldi Tudományos Intézet 1992-99.
http://www.alfoldinfo.hu/alfoldkutatas/index_1.html Letöltés ideje: 2020.03.28.
- [33] A globális klímaváltozás hazai hatásai és az arra adandó válaszok. A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium és a Magyar Tudományos Akadémia kutatási programja, 2003–2006.

- [34] Retek Mihály: *A globális éghajlatváltozás interaktív és komplex forgatókönyveinek modellezése és elemzése*. Budapest Corvinus Egyetem, Budapest, 2011.
http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/2476/1/Retek_Jovtan25.pdf Letöltés ideje: 2020.05.19.
- [35] Bartholy Judit - Pongrácz Rita: Regionális éghajlatváltozás elemzése a Kárpát-medence térségére. In: Harnos Zsolt - Csete László: *Klimaváltozás: környezet - kockázat – társadalom*. Szaktudás Kiadó Ház Budapest, 2008.
- [36] Mika János: A globális felmelegedés regionális sajátosságai a Kárpát-medencében; *Időjárás*, XIIC. (1988), 178 – 189.o
- [37] Szalai Sándor - Vigh Péter: *Új térképek és adatok a klímaváltozás trendjéről*. Előadás, Klímaváltozás és az erdők – Erdészeti Fórum, Budapest, 2005.
- [38] Bukovics István: *A klímaváltozás lehetséges hatásai és a lakosságot érintő katasztrófavédelem*.
<http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/114-a-klimavaltozas-lehetseges-hatasai-es-a-lakossagot-erinto-katasztrofavedelem.pdf> Letöltés ideje: 2020.03.30.
- [39] Bukovics István: A klímapolitikai döntések katasztrófavédelmi és kockázatelméleti kérdései. *Magyar Tudomány*, CLXVI. 7. (2005), 842-848.o
http://epa.oszk.hu/00600/00691/00019/pdf/EPA00691_magyar_tudomany_2005-07_842-848.pdf Letöltés ideje: 2020.03.30.
- [40] Teknős László - Kóródi Gyula: A globális éghajlatváltozás biológiai kockázatának elemzése, hatásainak vizsgálata a katasztrófavédelemre I. *Bolyai Szemle*, XXV. 1. (2016), 115-130.o
<https://folyoiratok.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/bolyai-szemle-216-1.original.pdf>
Letöltés ideje: 2020.02.20.
- [41] Paton Nick - Natalie Gallon: *Flying above the Amazon fires, 'all you can see is death'*.
<https://edition.cnn.com/2019/08/25/americas/amazon-fire-efforts-damage/index.html>
Letöltés ideje: 2019.12.15.
- [42] Matthew Stewart: An Analysis of Amazonian Forest Fires. <https://towardsdatascience.com/an-analysis-of-amazonian-forest-fires-8facc63ba69> Letöltés ideje: 2020.03.30.
- [43] Brionna Bless: The Australian Forest Fires-An analysis on the effects of raging forest fires throughout Australia.
- [44] Bussay Attila - Szinell Csaba - Szentimrei Tamás: *Az aszály magyarországi előfordulásainak vizsgálata és mérhetősége*. Tanulmány, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 1999.
- [45] Geleta Ferenc: Az erdőtüzekről – EU csatlakozás előtt. *Védelem*, X. 2. (2003), 25-28. o
- [46] Beluszky Pál: Budapest – zászlóshajó vagy vízfej? A főváros és az ország – történeti-földrajzi áttekintés. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő. 2014.
- [47] Mubarak Al-Boainin - Szelényi László - Zsarnócai Sándor: The gas emission in environmental pollutions and as externalities in point of view of economy. *Economics of Sustainable Agriculture*, 2013. Scientific Book Series, Szent István University. Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó. 159-173 p.
- [48] Fábíán Attila: Párbeszéd és együttműködés. Területfejlesztési Szabadegyetem 2006-2010. Nyugat-magyarországi Egyetem Közgazdaságtudományi Kar. Sopron. 2010.
- [49] Rechnitzer János - Páthy Ádám - Berkes Judit: A magyar városhálózat stabilitása és változása. *Tér és Társadalom*, XXVIII. 2. (2014), 105-127. o
<http://real.mtak.hu/17420/1/2623-6918-1-PB.pdf> Letöltés ideje: 2020.04.09.
- [50] Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság:
<https://www.katasztrofavedelem.hu/2/bemutakozas> A letöltés ideje: 2020.08.21.
- [51] Varga Ferenc: *A hazai mentőtűzvédelem szervezeti és technikai fejlesztési lehetőségeinek kutatása, különös tekintettel az önkéntes tűzoltóságok növekvő szerepére*. PhD értekezés. Nemzeti Közszolgálati Egyetem. Budapest. 2018.
- [52] Restás Ágoston: *Égés – és tűzoltáselmélet*. Egyetemi jegyzet, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet, Budapest, 2014. ISBN 978-615-5305-82-5

- <http://m.ludita.uninke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10409/Teljes%20sz%C3%B6veg%21?sequence=1&isAllowed=y> Letöltés ideje: 2018.10.24.
- [53] Royale Underhill – Howard Moyst – John Hiltz: A Discussion of Polymeric Materials for Fire-Safe Naval Applications. Defence R&D Canada – Atlantic. Technical Memorandum. Canada. 2007.
- [54] Philip Higuera: Taking time to consider the causes and consequences of large wildfires. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, CXII. 43. (2015), pp. 13137–13138
- [55] Allen McGranahan - Carissa Wonkka: Wildland Fire Science Literacy: Education, Creation, and Application. <https://www.mdpi.com/2571-6255/1/3/52/htm> Letöltés ideje: 2020.04.15.
- [56] Max Moritz - Paul Hessburg - Nicholas Povak: *Native Fire Regimes and Landscape Resilience. The Landscape Ecology of Fire*. Springer. Dordrecht, Netherlands. 2011. https://www.researchgate.net/publication/227012300_Native_Fire_Regimes_and_Landscape_Resilience Letöltés ideje: 2020.04.15.
- [57] Kerekes Zsuzsanna - Lublós Éva - Restás Ágoston: Az oxigén index (LOI) alkalmazásának lehetőségei a tűzvédelmi minősítésekben. I. 3. (2016), 16-27.o <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/02-kerekes-lubloy-restas.pdf> Letöltés ideje: 2020.05.24.
- [58] Restás Ágoston: *Égés-és tűzoltáselmélet*. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, Budapest: 2014. ISBN 978-615-5305-82-5
- [59] A fa égésének folyamata: <https://homedecor.hu/futes-a-fa-egesenek-folyamata/> Letöltés ideje: 2020.03.05.
- [60] Hansen James - Ruedy Reto - Sato Makiko: Global surface temperature change. *Reviews of Geophysics*, XLVIII. 4 (2010), 1-29.o
- [61] A heterogén diszperz rendszer jellemzői és fajtái. <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/elelmiszeripar/elelmiszeripari-muveletek/a-heterogen-diszperz-rendszer-jellemzoi-es-fajtai/fust-kod-hab> Letöltés ideje: 2020.03.05.
- [62] Bányai Péter - Horváth Béla - Mészáros Károly – Nagy Lajos – Paksy Péter – Szedlák Tamás: Az erdőtüzek elleni védekezés kérdései. *Védelem katasztrófa- és tűzvédelmi szemle*, XI. 2. (2004), 11 – 14. o. ISSN: 1218-2958 <http://vedelem.hu/letoltes/ujzag/v200402.pdf?9> Letöltés ideje: 2020.04.21.
- [63] Lovreglio Raffaella - Leone V: *Human Fire Causes: A Challenge for Modelling*. Előadás, EARSeL, 4th International Workshop on RS and GIS Appl. to Forest Fire Management, Ghent, Belgium, 2003.
- [64] Taylor Alan: *Ecological aspects of lightning in forests*. Előadás, Proceedings of the Annual Tall Timbers Fire Ecology Conference 13, Tallahassee, United States, 1973.
- [65] Marcelo Fragoso - Nuno Costa - Margarida Queirós: Portugal in the 2003-2011 period: Overall characterization and analysis of a noteworthy case study in Lisbon. In: 7th European Conference on Severe Storms (ECSS 2013), 3 - 7 June Helsinki, Finland. 2013.
- [66] Davidenko Evgeny: *The 2003 Forest Fire Season in the Russian Federation*, Előadás, *Conference on Forest Fire Management and International Cooperation in Fire Emergencies in the Eastern Mediterranean, Balkans and Adjoining Regions of the Near East and Central Asia*. Antalya, Turkey, 2004.
- [67] Catchpole W.R - Jon Marsden-Smedley - Rudman, T. - Pyrke A.: Buttongrass moorland fire behaviour prediction system. Előadás, Conference proceedings of Australian Bushfire Conference, Albury, Ausztrália, 1999.
- [68] Lee Byran: Fire Danger, Fire Risk, Fire Threat–Mapping Methods. Előadás, EARSeL, Int. Workshop on Remote Sensing and GIS Applications to Forest Fire Management, Ghent, Belgium 2003.
- [69] Nagy Dániel: *Erdőtűz megelőzési intézkedések erdővédelmi, tűzterjedési és ökonómiai paramétereinek kidolgozása*. Nyugat - Magyarországi Egyetem. Sopron. 2013.

- [70] Csontos Péter: *Feketefenyveseink kutatása*. MTA-ELTE Elméleti Biológiai és Ökológiai Kutatócsoport. Budapest. 2007. <https://mek.oszk.hu/04400/04450/04450.pdf> Letöltési ideje: 2020.03.31.
- [71] Mészáros Károly - Bányai Péter - Horváth Béla: *Erdőtüzek elleni integrált védekezés fejlesztése*, Projekt zárójelentés, Nyugat-Magyarországi Egyetem. Sopron. 2003.
- [72] Alapvető, éves és idősoros erdészeti statisztikák: <https://portal.nebih.gov.hu/-/alapveto-eves-es-idosoros-erdeszeti-statisztikak> Letöltés ideje: 2019.12.19.
- [73] Restás Ágoston: *Az erdőtüzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése*. ZMNE. Budapest. 2008.
- [74] Seiler Wolfgang – Crutzen Paul: Estimates of gross and net fluxes of carbon between the biosphere and the atmosphere and the atmosphere from biomass burning. *Climatic Change*, II. (1980), 207–247.o
- [75] Tala Abu-Ghazze: Environmental Messages in Multiple-family Housing: Territory and personalization. *Landscape Research*, XXV. 1. (2000), pp. 97-115
- [76] Paulo Moutinho: *Deforestation around the world*. InTech. Rijeka. Croatia. 2012. ISBN: 978-953-51-0417-9.
- [77] Ford Trent – Dirmeyer - Paul - Benson David: Evaluation of heat wave forecasts seamlessly across sub seasonal timescales. *Climate and Atmospheric Science* I. 20 (2018), p. 1-9
- [78] Magyar Tudományos Akadémia: *Szélsőséges időjárási jelenségek Európában és hatásuk a nemzeti, valamint az uniós alkalmazkodási stratégiákra*. Európai Akadémiák Tudományos Tanácsadó Testülete (EASAC). Budapest. 2014. ISBN 978-963-508-708-2 https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Extreme_Weather/Extreme_Weather_Hungarian.pdf Letöltés ideje: 2020.04.02.
- [79] Tinghai Ou: *Droughts and wildfires in Sweden*. Göteborgs Universitet. Göteborg, Sweden: 2017. ISBN 978 91-7383-757-6
- [80] MPI Feuerökologie und Biomassverbrennung AG: *Feuer in Umwelt*. Max Planck Institut. Freiburg, 1994.
- [81] Johann Georg Goldammer: *Feuer in Waldökosystem in Tropen und Subtropen*. Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin. 1993.
- [82] GFMC: *FAO / GFMC Wildland Fire Management Terminology*, GFMC. Freiburg. 1999.
- [83] Working on Fire: <https://workingonfire.org/firefighters/> Letöltés ideje: 2020.04.03.
- [84] Committee on Foreign Relations United States Senate: *International deforestation and climate change*. U.S. Government Printing Office. Washington. 2008.
- [85] International Association of Fire and Rescue Services: <https://www.ctif.org/> A letöltés ideje: 2020.08.18.
- [86] European Commission: *Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2018*. Joint Research Centre. European Union. 2019. ISBN: 978-92-76-11234-1
- [87] The Local: *Extreme' risk Swedish wildfires could spread to south of the country*. <https://www.thelocal.se/20180725/extreme-risk-swedish-wildfires-could-spread-to-south-of-the-country>
- [88] Adam Vaughan: *The UK has already had more wildfires in 2019 than any year on record*. <https://www.newscientist.com/article/2200502-the-uk-has-already-had-more-wildfires-in-2019-than-any-year-on-record/> Letöltési ideje: 2020.04.03.
- [89] Latvia Suffers from Unbearable Drought and Forest Fires: <https://www.novinite.com/articles/191232/Latvia+Suffers+from+Unbearable+Drought+and+Forest+Fires> Letöltés ideje: 2020.04.03.
- [90] *4/2008. (VIII.1.) ÖM rendelet az erdők tűz elleni védelméről*. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0800004.onm> Letöltés ideje: 2018.12.01.

- [91] Camia Andrea - Durrant Tracy - San-Miguel - Ayanz Jesus: *Harmonized classification scheme of fire causes in the EU adopted for the European Fire Database of EFFIS*. – Joint Research Centre Science and Policy Reports, Ispra. 2013. ISBN 978-92-79-29385-6
- [92] Bodnár László - Debreceni Péter - Pellérdi Rezső: Az erdőtűz kockázatának csökkentési lehetőségei Magyarországon. *Védelem Tudomány*, II. 2. (2017) 1-11.o <http://vedelemtudomany.hu/articles/01-debreceni-bodnar-pellerdi.pdf> Letöltés ideje: 2018.04.02.
- [93] Hraskó István: Az ősbörökás kilencven százaléka leégett. <https://www.baon.hu/bacs-kiskun/kozelet-bacs-kiskun/az-osborokas-kilencven-szazaleka-leegett-488850/> Letöltés ideje: 2020.04.03.
- [94] Nagy László: Helikopterekkel is folytatják a Kiskunhalas melletti erdőtűz oltását. https://www.oee.hu/hirek/agazati-szakmai/knp_vegetaciotuz Letöltés ideje: 2020.04.03.
- [95] Több száz hektáron csaptak fel a lángok a Hortobágyi Nemzeti Park területén: <http://erdo-mezo.hu/2017/08/04/tobb-szaz-hektaron-csaptak-fel-a-langok-a-hortobagy-i-nemzeti-park-teruleten/>
- [96] Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal: *Erdőtűz Információs Rendszer adatai*. Budapest, NÉBIH. Erdészeti Igazgatóság, 2018. s.d.
- [97] Abonyi Anita - Debreceni Péter - Nagy Dániel; Szabados-Molnár Dominika: Erdő-és vegetációtűzek Magyarországon. *Erdészeti Lapok*, CL. 4. (2015), 106-108.o
- [98] Kocsis Károly: *Magyarország nemzeti atlasza: természeti környezet*. MTA CSFK Földrajztudományi Intézet. Budapest, 2018. 187 p. ISBN: 978-963-9545-55-7ö
- [99] Országos Meteorológiai Szolgálat: Magyarország csapadék viszonyai. https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/csapadek/ Letöltés ideje: 2020.04.06.
- [100] Országos Meteorológiai Szolgálat: *Magyarország csapadék viszonyai*. https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/szel/ Letöltési ideje: 2020.04.06.
- [101] 2009. évi XXXVII. törvény az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0900037.tv> Letöltés ideje: 2020.01.26.
- [102] Tóth István.: *Tanulmány a Hortobágyi Nemzeti Park területén bekövetkezett tűzeset oltási tevékenységéről*. BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, Budapest. 2002.
- [103] Farkas Sándor - Laczkó Zsolt.: *Tanulmány a Bács-Kiskun megyében 2007. július hónapban bekövetkezett erdőtűzekekről*. BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, Budapest. 2007.
- [104] Összefoglaló a 2007. július 25–30 közötti időszakban bekövetkezett Kéleshalom–Kunfehértó, és a Kiskunhalas–Imrehegy közötti Kakas-hegyi V-ös kiemelt erdőtűzekekről. (Szerzői kézirat)
- [105] Kós György - Komjáthy László: Erdőtűzek helikopteres oltása. *Repüléstudományi közlemények*, XXIV. 2. (2012), 471.–482.o http://epa.oszk.hu/02600/02694/00059/pdf/EPA02694_rtk_2012_2_0471-0482.pdf Letöltés ideje: 2018.10.07.
- [106] Bayerische Staatsregierung: *Richtlinie für die Zusammenarbeit von Feuerwehr und Luftfahrzeugbetreibern in Bayern*. Bayerische Staatsregierung, München. 2013.
- [107] Staatliche Feuerweherschule Würzburg: *Lehrunterlage für den Flughelfer – Lehrgang Technik*. SFSW. Würzburg. 2014.
- [108] Pataki Noémi: *Erdőtűzek környezeti kockázata*. Diplomamunka, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. Budapest: 2010.
- [109] Endródi István - Bodnár László: A nagy kiterjedésű erdőtűzekkel kapcsolatos polgári védelmi intézkedések lehetőségei. *Védelem Tudomány*, II. 4. (2017), 125-135.o <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/07-PV-endrodi-bodnar.pdf> Letöltés ideje: 2018.03.25.

- [110] Restás Ágoston: A tűzoltásvezetők döntéseit elősegítő mechanizmusok. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, XX. 5. (2013), 11–14.o
- [111] Rác Sándor: Firefighting problems in case of large outdoor fires. *Műszaki Katonai Közlöny*, XXVIII. 4. (2018), 23-32.o https://dev2.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/PDF_2018_4sz.pdf#page=26 Letöltés ideje: 2019.12.01.
- [112] Bodnár László - Bérczi László: Beavatkozási biztonság vizsgálata a nagy kiterjedésű erdőtűzek kapcsán, *Műszaki Katonai Közlöny*, XXVIII. 4. (2018),102-110.o https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/PDF_2018_4sz.pdf Letöltés ideje: 2020.04.06.
- [113] KEHOP-1.6.0-15-2016-00020 Erdőtűzek oltására alkalmas gépjárművek és vízszállító gépjárművek beszerzése. <https://www.katasztrofavedelem.hu/611/szechenyi-2020/18/erdotuzek-oltasara-alkalmas-gepjarmuvek-es-vizszallito-gepjarmuvek-beszerzese> A letöltés ideje: 2020.08.18.
- [114] Bérczi László - Papp Csaba: A mentő tűzvédelem diszlokációja a valóságos fehér foltok függvényében. *Védelem katasztrófa - és Tűzvédelmi Szemle*, XX. 2. (2013), 9-12.o
- [115] Pántya Péter: A tűzoltói beavatkozás veszélyes üzem? *Bolyai Szemle*, XXIII. 3. (2014), 36.-42.o <https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/13905/A%20t%20zolt%C3%B3i%20beavatkoz%C3%A1s%20vesz%C3%A9lyes%20%C3%BCzem.pdf?sequence=1> Letöltés ideje: 2020.02.28.
- [116] Kaulfuß Susanne: Waldbauliche Maßnahmen zur Waldbrandvorbeugung; <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/schadensmanagement/waldbrand/waldbauliche-waldbrandvorbeugung> Letöltés ideje: 2017.04.08.
- [117] Komjáthy László - Kozák Attila: Helikopteres tűzoltás Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében; *Magyar rendészet*, XIII. különszám. (2013), 75.-83.o
- [118] *Tájékoztató az erdőterületeket érintő tűzkárok megelőzéséhez nyújtandó támogatás igénybevételének feltételeiről szóló 41/2014. (IV. 8.) VM rendelethez kapcsolódó erdőtüzmegelezési és hatósági tudnivalókról.*
- [119] Pántya Péter: Fire equipment capabilities testing results. *Kosice Security Revue*, vol 7. No. 2 (2017), 105-113.o <http://kbr.vsbm.sk/2017/n2/pantya.pdf> Letöltés ideje: 2019.04.20.
- [120] Urbán Anett: A beavatkozó tűzoltókat érő veszélyeztető, károsító hatások. *Bolyai Szemle*, XXVII. 2. (2018), 92-108.o <https://search.proquest.com/openview/a4ab92b34ecbc9be867bdfcab98ea7ca/1.pdf?cbl=4378875&pq-origsite=gscholar> Letöltés ideje: 2019.01.31.
- [121] Debreceni Péter: A fokozott tűzveszély időszakának kihirdetése – Tűzgyújtási tilalom. In: Vass Gyula - Restás Ágoston - Bodnár László. (szerk.): *Tűzoltó Szakmai Nap 2018 Tudományos Konferencia*. Konferencia helye, ideje: Szentendre, Magyarország, 2018.04.18 Budapest: BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, 2018. 204-207.o ISBN:978-615-80429-6-3
- [122] FIRELIFE Erdőtűz-megelőzési projekt: <http://erdotuz.hu/life/> Letöltés ideje: 2020.01.03.
- [123] Holly Lauren: Licht und Schatten. Forstpraxis; <https://www.forstpraxis.de/licht-schatten> (letöltve: 2017.04.09) (link nem él)
- [124] Ruhm Werner: Waldbauliche Grundlagen der Mischwaldbegründung. *Österreichische Forstzeitung*, CVI. 2. (1996), pp. 53-54
- [125] M-V Waldbrandschutzverordnung § 6 u. 7 Mecklenburg-West Pomerania Forest Fire Protection Regulation.
- [126] Bodnár László - Komjáthy László: Erdőtűz megelőzési módszerek erdészeti megoldásai. *Hadmérnök*, XIII. 2. (2018) 117- 125. o. http://www.hadmernok.hu/182_09_bodnar.pdf Letöltés ideje: 2020.02.28.
- [127] Bényei György: Az Erdő és- Vegetációtűzek Oltástaktikai Elemzése Borsod- Abaúj-Zemplén Megyében. Diplomamunka, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest. 2020.

- [128] Bodnár László: A Wildland-Urban Interface tüzesetek veszélyeztetettsége Magyarországon. *Védelem Tudomány*, V. 1. (2020), 18-36.o
<https://vedelemtudomany.hu/articles/02-bodnar.pdf> Letöltés ideje: 2020.04.07.
- [129] Bodnár László: Lakott területet érintő erdőtüzek vizsgálata és a védekezés egyes lehetőségei. *Hadmérnök*, XV. 1. (2020), 45-61.o
http://real.mtak.hu/109942/1/HM_2020_1_Bodnar_Laszlo.pdf A letöltés ideje: 2020.06.10.
- [130] Radeloff Volker - Hammer Roger - Stewart Susan: The Wildland-Urban Interface in the United States. *Ecological Application*, XV. 3. (2005), pp. 799-805
- [131] Radeloff Volker - Helmers David - Kramer Anu: Rapid growth of the US wildland-urban interface raises wildfire risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, CXV. 13. (2018), 3314-3319.o
<https://www.pnas.org/content/115/13/3314> Letöltés ideje: 2019.10.25.
- [132] Johnston Lynn - Flannigan Mike: Mapping Canadian wildland fire interface areas. *International Journal of Wildland Fire*, XXVII. 1. (2018), 1-14.o
- [133] Koksál Kubra - Mc Lennan Jim - Every Danielle: Australian wildland-urban interface householders' wildfire safety preparations: 'Everyday life' project priorities and perceptions of wildfire risk. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, XXXIII. 1. (2019) 142-154.o
- [134] Caballero David - Beltrán José - Velasco Antonio: Forest fires and wildland-urban interface in Spain: types and risk distribution. In: IV Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales. Sevilla, España, 13 -17 mayo 2007, Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, p. 13-17.
https://www.researchgate.net/publication/284679629_Forest_fires_and_wildland-urban_interface_in_Spain_Types_and_risk_distribution Letöltés ideje: 2019.09.05.
- [135] Viegas Domingos - Figueiredo Rui - Almeida Emilio: *Wildland fire report of Tavira/São Brás de Alportel Centro de Estudos sobre Incêndios Florestais*, ADAI/LAETA. Coimbra University. Coimbra. 2012.
- [136] Corinne Lampin-Maillet - Marielle Jappiot - Long Marlene: Mapping wildland-urban interfaces at large scales integrating housing density and vegetation aggregation for fire prevention in the South of France. *Journal of Environmental Management*, XCI. 3. (2009), 732-741.o <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479709003429> Letöltés ideje: 2019.09.05.
- [137] Restás Ágoston: Results of I4F technology making aerial firefighting more effective. In: X. D. VIEGAS: Forest Fire Research Abstracts Book 2018. Coimbra, Portugal: ADAI/CEIF, University of Coimbra, (2018) pp. 115-115. ISBN: 978- 989-99- 0809-3
- [138] Debreceni Péter: *A fokozott tűzveszély időszakának kihirdetése – Tűzgyújtási tilalom*. In: Tűzoltó Szakmai Nap 2018. BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, Budapest, 2018. április 18. 204-207.o
<https://kvi.uni-nke.hu/document/kvi-uni-nke-hu/TSzN%202018%20Kiadv%20C3%A1ny%20ISBN%20978-615-80429-63%20AXA.pdf> Letöltés ideje: 2019.09.05.
- [139] Kaim Dominik - Radeloff Volker - Szwagrzyk Marcin: Long-term Changes of the Wildland-Urban Interface in the Polish Carpathians. *International Journal of Geo-Information*, VII. 4. (2018), 137 o.
- [140] Domingos Viegas - Joshep Pinol - Romá Ogaya: Estimating live fine fuel moisture content using meteorologically-based indices. *International Journal of Wildland Fire*, X. 2. (2001), pp. 223-240
- [141] Fernandez Fabien - Guillaume Bruno - Porterie Bernard: Modelling fire spread and damage in wildland-urban interfaces. In: Domingos Xavier Viegas (Ed.) *Advances in Forest Fire Research 2018*. Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2018. pp. 818-825
- [142] Pereira José - Alexandre Patricia - Campagnolo Manuel: Defining and Mapping the Wildland-Urban Interface in Portugal. In: Domingos Xavier Viegas: *Advances in Forest Fire Research 2018*. Imprensa da Universidade de Coimbra. 2018. pp. 743-749. ISBN: 978-989-26-16-506

- [143] Diário da República — I série A: Decreto-Lei n.º 124/2006 de 28 de Junho. Seccao II, Defesa de pessoas e bens, Artigo 15.º Redes secundárias de faixas de gestão de combustive. <http://www.prociv.pt/bk/LEGISLACAO/Documents/DL%20124-%202006-%20SNDFCI.pdf> Letöltés ideje: 2019.11.23.
- [144] Kaval Pamela: Perceived and actual wildfire danger: an economic and spatial analysis study in Colorado (USA). *Journal of Environment Management*, CX. 5. (2009), 1862-1867.o
- [145] Nemzeti élelmiszerlánc – biztonsági Hivatal: Megyék erdőtűz-veszélyességi besorolása. <https://portal.nebih.gov.hu/-/megyek-erdotuz-veszelyessegi-besorolasa> Letöltés ideje: 2019.02.27.
- [146] Bouillon Christohe - Fernandez Ramiro - Sirca Costantino.: A tool for mapping rural-urban interfaces on different scales. In: Domingos Xavier Viegas, (Ed.), *Advances in Forest Fire Research 2014*, pp. 611–625 Chapter 3 – Fire Management. https://www.researchgate.net/publication/268622125_A_tool_for_mapping_rural-urban_interfaces_on_different_scales Letöltés ideje: 2020.11.12.
- [147] Lampin-Maillet Corinne - Marielle Jappiot - Long Marlene: Characterization and mapping of dwelling types for forest fire prevention. *Computers, Environment and urban systems*, XXXIII (2009), 224-232.o <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00454497/document> Letöltés ideje: 2020.01.26.
- [148] Lampin-Maillet Corinne- Marielle Jappiot - Long Marlene: WUI and road networks/vegetation interfaces characterizing and mapping for forest fire risk assessment. In: V. Conference international on forest fire research, 27–30 November (Vol. 234, Suppl. 1, pp. S42). *Portugal Forest Ecology and Management*. 2006.
- [149] Turner Monica: Landscape changes in nine rural counties of Georgia. *Photogrammetry Engineering and Remote sensing*, LVI. 3. (1990), 379-386.o https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1990journal/mar/1990_mar_379-386.pdf Letöltés ideje: 2019.11.23.
- [150] *Moving windows*: http://www.gitta.info/ContiSpatVar/en/html/SpatDependen_learningObject2.xhtml Letöltés ideje: 2019.02.20.
- [151] Chas-Amilm- L., Touza J., Prestemon J.P: Spatial distribution of human-caused forest fires in Galicia (NW Spain). *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, CXXXVII. (2010), 247 – 258.o
- [152] Lampin-Maillet Corinne: The forest - dwelling interfaces in Mediterranean France. <https://www.irstea.fr/en/forest-dwelling-interfaces-mediterranean-france> Letöltés ideje: 2019.02.19
- [153] Több ezer fővel csökkent Budapest lakossága: https://hvg.hu/ingatlan/20191018_Tobb_ezer_fovel_csokkent_Budapest_lakossaga Letöltés ideje: 2020.04.11.
- [154] Szűcsné Kerti Anita - Szűcs István: *Településföldrajz*. Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma. Debrecen. 2007. ISBN: 978-963-9732-65-0 https://miau.gau.hu/avir/intranet/debrecen_hallgatoi/tananyagok/jegyzet/24-Telepulesfoldrajz.pdf Letöltés ideje: 2020.04.11.
- [155] WWF: *Erdősült és erdőben szegény országok*. <https://wwf.hu/archiv/erdosult-es-erdoben-szegeny-oroszagok> Letöltés ideje: 2020.04.11.
- [156] *234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról*. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1100234.kor> Letöltés ideje: 2019.09.06.
- [157] Bar-Massada Avi - Stewart Susan - Hammer Roger: Using structure locations as a basis for mapping the wildland urban interface. *Journal of Environmental Management* CXXVIII. (2013), pp. 540-547 https://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2013_bar_masada_a001.pdf Letöltés ideje 2020.02.28.
- [158] USDA and USDI: Urban wildland interface communities within vicinity of Federal lands that are at high risk from wildfire. *Federal Register*, LXVI. 1. (2001), pp.751-777

- [159] Érces Gergő - Ambrusz József: A katasztrófák építésügyi vonatkozásai Magyarországon. *Védelem Tudomány*, IV. 2. (2019), 45-83.o <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/03-erces-ambrusz.pdf> Letöltés ideje: 2020.01.17.
- [160] Pántya Péter: A katasztrófavédelem beavatkozó hatékonyságának fejlesztése a tűzoltósági területen. *Hadmérnök*, XIII. „Köfop” (2018), 109-144.o http://www.hadmernok.hu/180kofop_07_pantya.pdf Letöltés ideje: 2019.05.09.
- [161] Kós György - Pántya Péter: A Hi-lift Jack Responder alkalmazása. *Műszaki Katonai Közlöny*, XXVIII. 2 (2018), 179-187.o <https://docplayer.hu/108340561-Xxviii-efolyam-szam-a-hi-lift-jack-first-responder-alkalmazasa-application-of-the-hi-lift-jack-first-responder.html> Letöltés ideje 2019.08.30.
- [162] Teknős László: A lakosság védelmének időszerű kérdései, az önvédelmi képességek jelentősége a katasztrófák elleni védekezésben. *Hadtudomány*, XXVIII. E-szám (2018), 81-110.o http://mhht.eu/hadtudomany/2018/2018_elektronikus/2018eteknos.pdf Letöltés ideje: 2019.05.10.
- [163] Hom Chaudhuri Baisravan - Kumar Manish - Cohen Kelly: Optimal Fire line Generation for Wildfire Fighting in Uncertain and Heterogeneous Environment. In: Proceedings of the American Control Conference ACC2010-1472 (Art. No. 5531049) pp. 5638-5643, Marriott Waterfront, Baltimore, USA June 30-July 02, 2010.
- [164] Restás Ágoston: A hivatásos katasztrófavédelmi szervek beavatkozási tevékenysége az éghajlatváltozás okozta károk felszámolásánál. In: Berek T: Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén.
- [165] Muhoray Árpád: A polgári védelem helye a modern katasztrófavédelemben. *Hadmérnök*, XII. 2. (2017) 188-200. o. http://hadmernok.hu/172_15_muhoray.pdf Letöltés ideje: 2018.12.14.
- [166] Cohen Jack: *A site-specific approach for assessing the fire risk to structures at the wildland/urban interface*. USDA Forest Service SEGTR-69. Ashville, 1991. https://www.fs.fed.us/rm/pubs_journals/1990/rmrs_1990_cohen_j001.pdf Letöltés ideje: 2020.01.30.
- [167] National Fire Protection Association: Understanding Fire Behaviour in the Wildland/Urban Interface. <https://www.youtube.com/watch?v=pPOpgSXG1n0> Letöltés ideje: 2019.03.06.
- [168] Manzello Samuel - Cleary Thomas - Shields John - Jiann Yang: Ignition of mulch and grasses by firebrands in wildland–urban interface fires. *International Journal of Wildland Fire*, XV. 3 (2006), pp. 427-431 https://www.researchgate.net/publication/228371711_Ignition_of_mulch_and_grasses_by_firebrands_in_wildland-urban_interface_fires Letöltés ideje:2020.04.03.
- [169] Fumiaki Takahashi: Whole-house blanket protection from Wildland-Urban Interface fires. *Frontiers in Mechanical Engineering*, V. 60. (2019), pp. 1-22 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmech.2019.00060/full> Letöltés ideje: 2020.11.12.
- [170] Cordelia Fire Protection District: Fire Safety. <https://www.cordeliafire.org/fire-safety/> Letöltés ideje: 2019.03.06.
- [171] Sziládi Krisztina: 021-től tilos lesz az avar és a kerti hulladék égetése hazánkban. <https://www.nool.hu/kozelet/helyi-kozelet/jovo-evtol-tilos-lesz-az-avar-es-a-kerti-hulladek-egetese-hazankban-3291464/> A letöltés ideje: 2020.10.02.
- [172] Scott Joe - Burgan Robert: *Standard Fire Behavior Fuel Models: A Comprehensive Set for Use with Rothermel's Surface Fire Spread Model*. General Technical Report RMRS-GTR-153. Fort Collins, Colorado: U.S. Forest Service, Rocky Mountain Research Station. June 2005. https://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_gtr153.pdf Letöltés ideje: 2020.11.12.
- [173] FEMA. Home Builder's Guide to Construction in Wildfire Zones. (FEMA), F.E.M.A., Ed. 2008.

- [174] Prepare for Wildfire: <https://www.readyforwildfire.org/prepare-for-wildfire/get-ready/defensible-space/> Letöltés ideje: 2020.01.14.
- [175] Cohen Jack: An analysis of Wildland-Urban Fire with Implications for preventing Structure Ignitions. In V. Short Course on Fire Safety. Coimbra, Portugal, US Forest Service, Missoula Fire Sciences Laboratory, 2018. pp. 23-36.
https://www.eenews.net/assets/2019/01/08/document_gw_02.pdf Letöltés ideje:2020.01.11.
- [176] Intini Paolo - Ronchi Enrico - Gwyne Steven: Guidance on Design and Construction of the Built Environment Against Wildland Urban Interface Fire Hazard: A Review. *Fire Technology*, September 2019 Fire Technology, DOI: 10.1007/s10694-019-00902-z
- [177] 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről
- [178] 239/2011. (XI. 18.) Korm. rendelet az önkormányzati és létesítményi tűzoltóságokra, valamint a hivatásos tűzoltóság, önkormányzati tűzoltóság és önkéntes tűzoltó egyesület fenntartásához való hozzájárulásra vonatkozó szabályokról
- [179] BM OKF: Tűzvédelmi Műszaki Irányelv – Kockázati osztályba sorolás.
https://katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2020-01/68495.pdf?fbclid=IwAR3gTj00mgFkaXcTDnSxu5htGRDIKcplARHPOhp-LXvKnhX-r2Wtdjo_1o Letöltés ideje: 2020.10.01.
- [180] 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról.
- [181] Horváth Attila: Ajánlások a katonai logisztika szolgálatában. In: Horváth Attila: 52 év a katonai logisztika szolgálatában. Dialóg Campus Kiadó, Budapest. 2017 9-24.o
- [182] Kovács Ferenc: A megvalósítható központi logisztikai bázis. *Katonai Logisztika*, XXVI. 1-2. (2018), 16-41.o
- [183] Bányász Péter - Orbók Ákos: A katonai logisztika időszerű kérdései. *Hadtudomány*, XXIII. 1-2. 163-167.o
- [184] 48/2011. (XII. 15.) BM rendelet legkisebb létszámáról, létesítményei és felszerelése minimális mennyiségéről, minőségéről és a szolgálat ellátásáról.
- [185] B. Müller Tamás: Tűzoltóságok és önkéntes tűzoltó egyesületek.
https://www.parlament.hu/documents/10181/303867/Infojegyzet_2015_46_tuzoltosag.pdf/a8697359-85f0-428a-86af-2dedbc7238e3 Letöltés ideje: 2020.04.16.
- [186] Mátyás Dániel: Heves megye fehér foltjainak felszámolási lehetőségei. *Hadmérnök*, VIII. 2. (2013), 244 - 258.o
http://www.hadmernok.hu/132_21_matyasd.pdf Letöltés ideje: 2020.01.30.
- [187] Richard Rothermel: A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. U.S. Department of Agriculture, Intermountain Forest and Range Experiment Station. Ogden: 1972.
- [188] Peter Burrough - Rachel McDonnell: Principles of Geographical Information Systems (Spatial Information Systems). Oxford: Oxford University Press. ISBN 0-19-823366-3 (1998) Appendix I. Glossary, p. 301.
- [189] Központi Statisztikai Hivatal: Egyes termékek és szolgáltatások havi, országos fogyasztói átlagára. https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_evkozi/e_qsf005j.html Letöltés ideje: 2019.12.02.
- [190] Komjáthy László - Kozák Attila - Restás Ágoston: Developing a Technology for Making Aerial Firefighting more Effective in Hungary. XII Міжнародної Науково-Практичної Конференції: Стратегії Політики Безпеки У Ххі Столітті. Lvov, Ukrajna, 2013. 10. 23–25. University of Lviv, 27–31.
- [191] Kós György: A kétéltű légpárnás mentőszerek taktikai alkalmazása. *Védelem Tudomány*, I. 3. (2016), 57-67.o <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/05-kos.pdf> Letöltés ideje: 2017.09.30.
- [192] Song Guowen - Wang Faming: *Firefighter's Clothing and Equipment: Performance, Protection and Comfort*. CRC Press. New York, 2019. ISBN: 978-1-4987-4273-3

- https://www.researchgate.net/publication/330289408_Firefighters'_Protective_Clothing_and_Equipment Letöltés ideje: 2019.11.14.
- [193] Water pumps: <https://pastor.hr/en/production/backpacks-and-watter-pumps> A letöltés ideje: 2020.08.21.
- [194] *Puttonyfecskendő Kübelspritze A 10 DIN 14405*: https://totalis.hu/puttonyfecskendo_kubelspritze_a_10_din_14405_1451 Letöltés ideje: 2020.02.13.)
- [195] BM OKF éves (elemi) költségvetés 2020. I-összesítő: <https://www.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/common/26/40/7880/1580391953.pdf> A letöltés ideje: 2020.11.18.
- [196] *Quadok a szántásban*: <http://www.haszonagrar.hu/penzes-oetletek/682-quadok-a-szantasban.html> Letöltés ideje: 2020.02.13.
- [197] *Mahindra Gora cserefelépítményes gyorsbeavatkozó*: szer:https://totalcar.hu/magazin/technika/2015/10/25/mahindra_goa_cserefelepitmenyes_gyro_sbeavatkozo_szer/ Letöltés ideje: 2020.01.13.
- [198] Kopp Carlo: Exoskeletons for warriors of the future. *Defence Today*, IX. 2. (2011), 38-40.o
- [199] Kim Hongchul - Shin Young. – Kim Jung: *Kinematic Robust Motion Classification Based on Kinematic Strength Robot*. Korea Institute of Military Science and Technology, Robotics and Systems, (2017), pp. 1692-1693.
- [200] Delforge Pierre: Guide d'emploi des moyens aeriens en feux de forets, Minister de L'Interieur, Párizs, Franciaország, 2001
- [201] Bodnár László-Komjáthy László: Erdőtűzoltás támogatása műszaki megoldásokkal. *Hadmérnök*, XIII. 3. (2018), 164-170.o http://www.hadmernok.hu/183_12_bodnar.pdf Letöltés ideje: 2020.03.10.
- [202] Kaulfuß Susanne: Technische Maßnahmen zur Waldbrandvorbeugung. <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/schadensmanagement/waldbrand/technische-waldbrandvorbeugung> Letöltés ideje: 2020.07.01.
- [203] Mohd Sofiyán Sulaiman – Siti Nurhidayu – Nur Syuhada Abdollah: The effects of forest disturbance on lakes and reservoirs capacity in Malaysia. *Malaysian Forester*, LXXXI. 1 (2018), pp. 73-99. [http://malaysianforester.my/admin/content/MF81\(1\)_P7.pdf](http://malaysianforester.my/admin/content/MF81(1)_P7.pdf) Letöltés ideje: 2020.08.17.
- [204] Forestry Commission: *Forest and moorland fire suppression*. Forestry Commission. Edinburgh. 2002. <https://www.forestresearch.gov.uk/research/forest-and-moorland-fire-suppression/> A letöltés ideje: 2020.08.28.
- [205] Szilas István – Jakab Laura: *Elemzés a katasztrófavédelem új rendszerének működéséről*. Állami Számvevőszék, Budapest, 2016. 79. https://www.asz.hu/storage/files/files/Publikaciok/Elemzesek_tanulmanyok/2016/katasztrofa_v_elemzes.pdf?download=true Letöltés ideje: 2020.09.10
- [206] Bérczi László - Pócsik Attila: Halálos áldozatot követelő tüzesetek elemzése. *Védelem Tudomány*, II. 1. (2017), 1-16.o <http://www.vedelemtudomany.hu/articles/01-berczi-pocsik.pdf> Letöltés ideje: 2018.06.21.
- [207] Restás Ágoston - Dudás Zoltán: Az UAV katasztrófavédelmi alkalmazásának sajátosságai és humán feltételei. *Repüléstudományi Közlemények*, XXV. 1. (2013), 23-45.o https://epa.oszk.hu/02600/02694/00061/pdf/EPA02694_rtk_2013_1_023-045.pdf Letöltés ideje: 2018.10.16.
- [208] Marco Conedera, Brini, M., Davide Ascoli, D., & Fodera, G. M: FireLess2: ein innovatives, kabelloses System zur Evaluation der Waldbrandgefahr. *Technik in Bayern*, V. (2014), p. 20-21.
- [209] Hoffmann Imre - Kátai-Urbán Irina - Vass Gyula: Vegyi-és sugárfelderítés katasztrófavédelmi technikai eszközrendszerének vizsgálata I. rész telepített rendszerek. *Hadmérnök*, XI. 1. (2016), 89- 97.o http://www.hadmernok.hu/161_09_hoffmanni_kui_vgy.pdf Letöltés ideje: 2018.09.07.

- [210] Érces Gergő - Restás Ágoston: A komplex tűzvédelem fejlesztése – mérnöki módszerek a tűzvizsgálatban. *Védelem – Katasztrófa – Tűz - és Polgári Védelmi Szemle XXIII. 1.* (2016), 5-9.o.
- [211] Restás, Ágoston - Pántya, Péter - Horváth, Lajos - Rácz, Sándor - Hesz József: *A tűzvédelem komplexitása a korszerű megelőzéstől a hatékony beavatkozásig.* In: Restás Ágoston; Urbán, Anett (szerk.) *Katasztrófavédelem 2015.* Budapest, Magyarország: BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. Budapest, 2015.november 26. 161-165.o
- [212] Hesz József: A műszaki mentés eszközeiről tudományosan. *Florian Press*, VI. (2009), 244-245.o
- [213] Himmer Krisztián – Pántya Péter: A különböző tűzoltó sugarak összehasonlító vizsgálatának eredményei. *Hadmérnök*, XIV. 2. (2019), 179-190.o
http://hadmernok.hu/192_15_himmer.pdf Letöltés ideje: 2020.10.11.
- [214] Rácz Sándor: A tűzoltói beavatkozások súlyponti erőmegosztásának vizsgálata. *Hadmérnök*, XII. „Köfop” (2017), 92-107.o http://hadmernok.hu/170kofop_06_racz.pdf Letöltés ideje: 2020.10.11.
- [215] Morrison Nate: The Soldier’s Ideal Speed. <https://spotterup.com/the-soldiers-ideal-speed/> Letöltés ideje: 2019.10.15.
- [216] Restás Ágoston: *Tűzoltó védőruházat ergonomikus vizsgálata és fejlesztésének lehetséges irányai a beavatkozók komfortérzetének javítása érdekében az éghajlatváltozás hatásainak enyhítésére.* In: Berek Tamás; Csurgai, József; Farkas Andrea (szerk.): *Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén.* Nemzeti Közszolgálati Egyetem. Budapest. 2019. 320-350.o.
- [217] Restás Ágoston: A kényszerhelyzeti döntések sajátosságai a tűzoltás során. *Védelem Tudomány*, IV. 3. (2019), 27-39.o
<http://vedelemtudomany.hu/articles/02-restas.pdf> Letöltés ideje: 2020.02.15.
- [218] David Barr - Warren Gregson: A practical cooling strategy for reducing the physiological strain associated with firefighting activity in the heat. *Ergonomics*, LII. 4. (2009), pp. 413-420.
- [219] Jay Carter - Paul Rayson - David Wilkinson: Strategies to combat heat strain during and after firefighting. *Journal of Thermal Biology*, XXXII. 2 (2007), pp. 109-116 ·
- [220] David Degroot – Richard Gallimore- Shawn Thomson: Extremity cooling for heat stress mitigation in military and occupational settings. *Journal of Thermal Biology*, XXXVIII. 6 (2013), pp. 305–310
- [221] Kanyó Ferenc: *A tűzoltók fizikai alkalmasságának felmérése az új évezredben - Laboratóriumi és pályavizsgáló teljesítménydiagnosztikai eljárások alkalmazási lehetőségei a tűzoltók teljesítmény mérésében.* PhD értekezés. ZMNE. Budapest. 2008.
- [222] Urbán Anett: *Teljesítmény élettani vizsgálatok a tűzoltók veszélyes anyag jelenlétében történő beavatkozása során,* In: Restás Ágoston - Urbán Anett (szerk.): *Katasztrófavédelem 2015.* Budapest: BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, 2015. pp. 157-160.
- [223] Varga József: *A munkaterhelés és igénybevétel meghatározás lehetséges módszerei.* Családorvosi Fórum 2003.
- [224] Storeshr:
https://www.storeshr.com/product_detail.php?c=kaciga%20za%20decu%20duga%20dodatna%20oprema%20vozila%20za%20decu%20na&p=36 Letöltés ideje: 2020.05.01.
- [225] Restás Ágoston: *Tűzoltó védőruházat ergonomikus vizsgálata és fejlesztésének lehetséges irányai a beavatkozók komfortérzetének javítása érdekében az éghajlatváltozás hatásainak enyhítésére.* In: Földi László - Hegedűs, Hajnalka (szerk.): *Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén.* Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2019. 320-350.o.
- [226] Yaglou Constantin - Minard David: Control of heat casualties at military training centers. *Archives of Industrial Health*, XVI. 4. (1957), 302–316.

- [227] Lupták Dóra: A termikus komfort előre jelezhetőségének vizsgálata az ECMWF determinisztikus modell felhasználásával; Diplomamunka, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék. 2015.
- [228] Friedl Karl – Leu John: Body Fat Standards and Individual Physical Readiness in a Randomized Army Sample: Screening Weights, Methods of Fat Assessment, and Linkage to Physical Fitness. *Military medicine*, XLXVII. 12. (2002), pp. 994-1000
https://www.researchgate.net/publication/10973675_Body_Fat_Standards_and_Individual_Physical_Readiness_in_a_Randomized_Army_Sample_Screening_Weights_Methods_of_Fat_Assessment_and_Linkage_to_Physical_Fitness A letöltés ideje: 2020.11.02.
- [229] Perl Zsófia: Az exoskeleton civil alkalmazási lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, XXIX. 1. (2019), 33-41.o https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/mkk_2019_1_3.pdf
 Letöltés ideje: 2020.08.28.
- [230] Dolan Ryan: *Decreasing Musculoskeletal Injuries in Soldiers Through the Use of Anthropomorphic Exoskeletons*.
https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=2ahUKewi_zPgxzbcAhWFKFAKHV5TDRUQjxx6BAGBEAI&url=http%3A%2F%2Fwww.ele.uri.edu%2FCourses%2Fbme181%2FS13%2F3_RyanD_2.ppt&psig=AOvVaw3_4Ou5YFc4-n1a2RikfnZe&ust=1532686521930452 Letöltés ideje: 2018. 07. 26.
- [231] Brian Wang: *HULC Exoskeleton a Revolution in Rapid Deployment Forces and Mobile Mechanized Infantry*. Next big Future, 2012
<https://www.nextbigfuture.com/2012/05/hulc-exoskeleton-options-and-tactics.html> Letöltés: ideje 2018.07.26.
- [232] Horváth Péter – Ballagi Áron – Nagy Attila – Kuti Rajmund: Az exoskeleton katonai alkalmazásának lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, XXVIII. 2. (2018), 35-42.o
<https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/1574/888> Letöltés ideje: 2020.08.28.
- [233] Martin Lockheed: Lockheed Martin's HULC Robotic Exoskeleton Enters Biomechanical Testing at U.S. Army Natick Soldier Systems Center. <http://www.defense-aerospace.com/article-view/release/126878/hulc-robotic-exoskeleton-enters-biomechanical-testing.html> Letöltés ideje: 2020.04.23.
- [234] Yeem Sungjun - Heo Jinyeong - Kim Hongchul: Technical Analysis of Exoskeleton Robot. *World Journal of Engineering and Technology*, VII. 1. (2019), pp. 68-79
- [235] Silva Francisco: Investigación y Capitalización de la Experiencia en el Empleo de Medios Aéreos en la Defensa Contra los Incendios Forestales, la gestión de los Medios Aéreos en la defensa conzta los incendios forestales, I. Simposium Internacional, Córdoba, Spanyolország, 2002.
- [236] Restás Ágoston: Paradigmaváltás a légi tűzoltásban – egy hazai fejlesztés nyomán. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, XXVII. 4. (2020), 11-13.o
- [237] North America Healthcare Exoskeletons Market by Application, Mobility Type, Product Function, Power Technology, and Country 2018-2023: Growth Opportunity and Business Strategy: <https://www.gracemarketdata.com/our-products/industry-research/2037B-detail>
 Letöltés ideje: 2020.08.27.

TÉMAKÖR BŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

Lektorált könyv, pályázat, jegyzet – Szerkesztett könyvben cikk

1. Debreceni Péter - Bodnár László: Erdő-és vegetációtüzek kialakulásának térbeli és időbeli változásai Magyarországon. In: Földi László, Hegedűs Hajnalka: Az éghajlatváltozás okozta kihívások és lehetséges válaszok. 301-318.o Budapest, Dialóg Campus, 2020.

Lektorált folyóiratban megjelent cikkek

2. Bodnár László: Lakott területet érintő erdőtüzek vizsgálata és a védekezés egyes lehetőségei. *Hadmérnök*, XV. évf. 1. sz. (2020), 45-61.o
3. Bodnár László - Komjáthy László: Erdőtűz megelőzési módszerek erdészeti megoldásai. *Hadmérnök*, XIII. évf. 2. sz. (2018), 117-125.o
4. Bodnár László - Bérczi László: Beavatkozási biztonság vizsgálata a nagy kiterjedésű erdőtüzek kapcsán. *Műszaki Katonai Közlöny*, XXVIII. évf. 4. sz. (2018), 102-110.o
5. Bodnár László - Komjáthy László: Erdőtűzoltás támogatása műszaki megoldásokkal. *Hadmérnök*, XIII. évf. 3. sz. (2018), 164-170.o
6. Endrődi István - Bodnár, László: A nagy kiterjedésű erdőtüzekkel kapcsolatos polgári védelmi intézkedések lehetőségei. *Védelem Tudomány*, II. évf. 4. sz. (2017), 125-135.o
7. Bodnár László: A helikopteres tűzoltás hatékonyságának vizsgálata magyarországi példákkal. *Védelem Tudomány*, I. évf. 4. sz. (2016), 57-69.o
8. Bodnár László - Debreceni Péter - Pellérdi, Rezső: Az erdőtűz kockázatának csökkentési lehetőségei Magyarországon. *Védelem Tudomány*, II. évf. 2. sz. (2017), 1-11.o
9. Bodnár László: A Wildland-Urban Interface tüzesetek veszélyeztetettsége Magyarországon. *Védelem Tudomány*, V. évf. 1. sz. (2020), 18-36.o
10. Bodnár László: Erdőtűz megelőzés korszerű módszer segítségével *Hadmérnök*, XII. évf. különszám, (2017), 59-69.o
11. Bodnár László: Az erdőtüzek oltásának logisztikai problémái valós példák alapján. *Bolyai Szemle*, XXIV. évf. 4. sz. (2015), 86-99.o

Idegen nyelvű kiadványban megjelent cikkek

12. Bodnár László - Pántya Péter: The Threat of Forest and Vegetation Fires and the Possibilities of Intervention in Hungary. *AARMS*, XVIII. évf. 3. sz. (2019), 21-31.o
13. Fumis Muyambo - Agoston Restas - Andries Jordaan - Laszlo Bodnar: A life-saving technology supporting crisis management: Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in developing countries. *Delta Vedecko-odborny casopis katedry protipoziarnej ochrany*, XI. évf. 22.sz. (2017), 20-27.o
14. Bodnár László: Case study of “Hortobagy” and “Kunfeherto” fires, Hungary: disaster in costs of their elimination’s view. *Ecoterra- Journal of Environmental Research and Protection*, vol 14, issue 1 (2017), pp. 40-46
15. Bodnar Laszlo - Restás Ágoston - Qiang Xu: Conceptual approach of measuring the professional and economic effectiveness of drone applications supporting forest fire management. *Procedia Engineering* 211 (2018), pp. 8–17

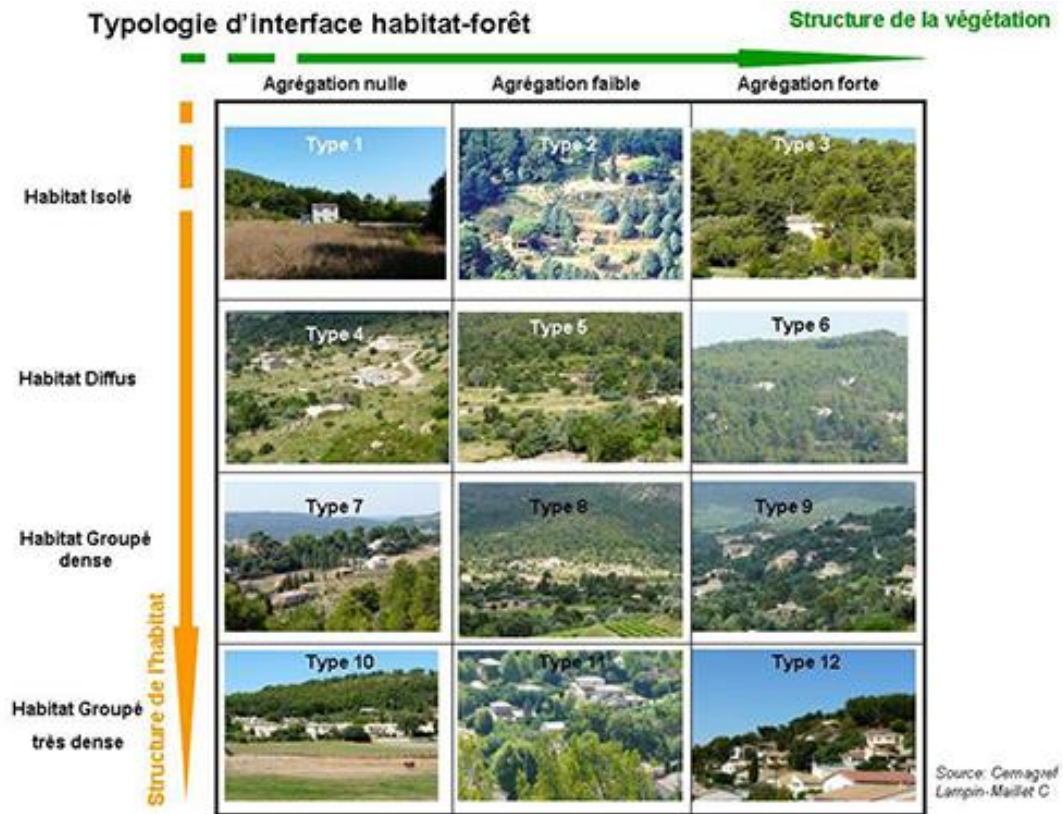
Konferencia kiadványban megjelent előadás

16. Bodnár László-Restás, Ágoston: Examination of the forest fires detection: the relationship between the fire and the detection. In: Viegas, Domingos Xavier (ed.) - Advances in forest fire research 2018. Imprensa da Universidade de Coimbra, (2018), pp. 995-1001. 7 p.
17. Bodnár László: The efficiency of the aerial firefighting in Hungary using outside tank technology. In: Branko, Savić; Verica, Milanko; Mirjana, Laban; Eva, Mračkova; Restás, Ágoston - Branka, Petrović (szerk.) Book of Precedings : МЕЂУНАРОДНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЈА БЕЗБЕДНОСНИ ИНЖЕЊЕРИНГ Novi Sad, Szerbia : University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, (2016) pp. 187-194
18. Bodnár László: Logistic problems of fighting forest fires based on case studies from Hungary. In: Grzeszkowiak, Ł Wojciech; Kowalewski, Paweł; Ratajczak, Izabela: Proceedings of the 8th International Scientific Conference Wood and Fire Safety Zilina, Slovakia: EDIS Zilina University Publishers, (2016) pp. 23-32
19. Bodnár László: Die Nutzung der forstlichen Praktiken in Westeuropa. In: Restás, Ágoston; Urbán, Anett; Bodnár, László (szerk.): Tűzoltó Szakmai Nap 2017 Budapest, Magyarország: BM OKF, (2017) 212-215.o
20. Bodnár László: Tanulmány a 2017 Szeptember 21-én Gran Canaria szigetén bekövetkezett erdőtűzről. In: Dobor József; Horvát, Hermina (szerk.) Katasztrófavédelmi Tudományos Konferencia 2017. Budapest, Magyarország: BM OKF, (2017) pp. 211-212.o.
21. Bodnár László: Esettanulmány az erdőtűzek logisztikai problémáiról a Hortobágyi és a Kunfehértói erdőtűzek kapcsán. In: Restás, Ágoston; Urbán, Anett (szerk.) Katasztrófavédelem 2015. Budapest, Magyarország: BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, (2015) pp. 178-181.
22. Bodnár László: A tűzoltó fecskendők erdőtűzhöz való vonulásának nehézségei a hazai útviszonyok tekintetében. In: Restás, Ágoston; Urbán, Anett (szerk.) Tűzoltó Szakmai Nap 2016. Budapest, Magyarország : BM OKF, (2016) pp. 106-109
23. Bodnár László: Schutzstreifen und Waldbrandriegel in der Waldbrandvorbeugung. In: Tűzoltó Szakmai Nap 2017 Tudományos Konferencia, 2017. április 5. Szentendre.
24. Horváth Galina, Restás Ágoston, Bodnár László: A tűzoltó újonc képzést befejezők körében végzett elégedettségi felmérés értékelése. In: Restás Ágoston, Urbán Anett, Bodnár László (szerk.) Tűzoltó Szakmai Nap 2017. 216 p. Konferencia helye, ideje: Szentendre, Magyarország, 2017.04.05 Budapest: BM OKF, 2017. pp. 157-160. ISBN:978-615-80429-4-9
25. Horváth Galina, Restás Ágoston, Bodnár László: A tűzoltó II. képzést befejezők körében végzett elégedettségi felmérés értékelése In: Restás Ágoston, Urbán Anett, Bodnár László (szerk.) Tűzoltó Szakmai Nap 2017. 216 p. Konferencia helye, ideje: Szentendre, Magyarország, 2017.04.05 Budapest: BM OKF, 2017. pp. 161-164. ISBN:978-615-80429-4-9
26. Horváth Galina, Restás Ágoston, Bodnár László: A tűzoltó I. képzést befejezők körében végzett elégedettségi felmérés értékelése. In: Restás Ágoston, Urbán Anett, Bodnár László

- (szerk.) Tűzoltó Szakmai Nap 2017. 216 p. Konferencia helye, ideje: Szentendre, Magyarország, 2017.04.05 Budapest: BM OKF, 2017. pp. 165-168. ISBN:978-615-80429-4-9
27. Horváth Galina, Restás Ágoston, Bodnár László: A műveletirányító képzést befejezők körében végzett elégedettségi felmérés értékelése. In: Restás Ágoston, Urbán Anett, Bodnár László (szerk.) Tűzoltó Szakmai Nap 2017. 216 p. Konferencia helye, ideje: Szentendre, Magyarország, 2017.04.05 Budapest: BM OKF, 2017. pp. 169-172. ISBN:978-615-80429-4-9
28. Horváth Galina, Restás Ágoston, Bodnár László: A szerparancsnoki képzést befejezők körében végzett elégedettségi felmérés értékelése. In: Restás Ágoston, Urbán Anett, Bodnár László (szerk.) Tűzoltó Szakmai Nap 2017. 216 p. Konferencia helye, ideje: Szentendre, Magyarország, 2017.04.05 Budapest: BM OKF, 2017. pp. 173-176. (SBN:978-615-80429-4-9

FÜGGELÉK/MELLÉKLETEK

1. sz. függelék



A Lampin-Maillet féle topológiai mátrix. Készítette: Corinne Lampin-Maillet.
Forrás: [136;10]

2. sz. függelék

Lakóépületek elhelyezkedése egymáshoz képest 30 m –en felül



A vizsgált terület koordinátái:

46°21'49''N 19°17'09''E

3. sz. függelék

Lakóépületek elhelyezkedése egymáshoz képest 10 m – 30 m között



A vizsgált terület koordinátái:

47°52'20''N 18°55'45''E

4. sz. függelék

Lakóépületek elhelyezkedése egymáshoz képest 10 m –en belül



A vizsgált terület koordinátái:

48°11'56''N 20°17'11''E

1. sz. melléklet

Ábrajegyzék

1. ábra: A tűztetraéder szemléltetése.
2. ábra: Tűzháromszögek ábrázolása a tér és idő függvényében.
3. ábra: A fa égésének 5 lépése.
4. ábra: Vízből a füstképződéshez szükséges energia.
5. ábra: A tűzoltáshoz szükséges energia.
6. ábra: A tűz terjedési sebessége és a levegő relatív páratartalma közötti összefüggés.
7. ábra: Magyarország faállományai (ha).
8. ábra: A világ nagy tűzrejsimjei és az erdőtüzek kockázata.
9. ábra: A magyarországi tűzszezonok.
10. ábra: Az Észak-magyarországi régió területének és tüzesetének aránya a teljes országhoz képest.
11. ábra: Magyarország éves csapadékösszege.
12. ábra: Tűzpázták méretei Magyarországon.
13. ábra: Közvetett és közvetlen EKLA határ szemléltetése.
14. ábra: Közvetett és közvetlen EKLA terület Solymáron.
15. ábra: A 3x3-as EKLA kockázati mátrix.
16. ábra: A hazai topológiai mátrix. Készítette:
17. ábra: Az EKLA és ETLA terület közötti különbség..
18. ábra: Az ETLA területek egyszerűbb azonosítási lehetősége.
19. ábra: ETLA terület Répáshután.
20. ábra: Nagymértékben tűzveszélyes vegetáció aránya megyénként.
21. ábra: Közepes mértékben tűzveszélyes vegetáció aránya megyénként.
22. ábra: EKLA tüzek kockázati besorolása megyénként a biomassza tűzveszélyessége alapján.
23. ábra: A hazai erdőtüzek száma megyénként 2011-2019 között..
24. ábra: A lakott területek jellege erdőterület közelében.
25. ábra: Az EKLA kockázat számtani értékei.
26. ábra: Magyarország EKLA tűzveszélyt mutató térképe.
27. ábra: Közvetlen tűzterjedés lakóépületre.
28. ábra: Közvetett tűzterjedés lakóépületre.
29. ábra: Lakóépület védelmi zónái EKLA területen.
30. ábra: A belső zóna valós mérete.
31. ábra: 10 m-es távolság közti különbség a mértani és a valós belső zóna között.
32. ábra: A valós belső zóna kiszámítása.
33. ábra: A mértani, a valós és az optimális belső zóna.

34. ábra: A kiegészített belső zóna műszaki rajza.
35. ábra: Településrendezési javaslat EKLA területre.
36. ábra: A különböző vonulási útvonal kombinációk elvi ábrája.
37. ábra: Az idővesztés és a frontvonal növekedésének összefüggése különböző tűzterjedési sebességek esetén.
38. ábra: Ingázási útvonal légi és földi jármű esetén.
39. ábra: A vizsgált technikai eszközök és járművek beszerzési költsége.
40. ábra: A vizsgált technikai eszközök üzemeltetési költsége.
41. ábra: Az egyes járművek és eszközök hatékonyságának szemléltetése a különböző típusú utakon.
42. ábra: A vizsgált technikai eszközök és járművek vízszállítási képessége.
43. ábra: A vizsgált technikai eszközök és járművek sebessége a különböző típusú utakon.
44. ábra: A kéziszerszámmal eloltható és el nem oltható tüzek aránya.
45. ábra: Mesterséges víznyerőhelyek kiépítési lehetősége.
46. ábra: Tűzoltóvíz-biztosító víznyerőhely Magyarországon.
47. ábra: Víznyerőhely létesítésének lehetőségei erdőszegély mentén (A), erdei nyiladék mentén (B), és az erdőtömb közepén (C).
48. ábra: Ingázó vízszállítás hossza erdőszegély mentén (A), erdei nyiladék mentén (B), és az erdőtömb közepén (C) létesített víznyerőhely esetén.
49. ábra: Ózd és környékén keletkezett tüzesetek távolsága a lakott területtől.
50. ábra: Magyarországi vízforrások térképes megjelenítése.
51. ábra: Magyarország megyéinek erdőtűzveszélyességi besorolása.
52. ábra: Az erdőtűzveszélyes és a vízhiányos megyék ábrázolása Venn diagramon.
53. ábra: Egy tűzoltó által viselt többletterhelés összege.
54. ábra: Az önkéntesek által megtett útvonal ábrázolása.
55. ábra: Terepviszonyok az útvonal három mért szakaszán.
56. ábra: Az 1,5 km-es táv teljesítési ideje teher nélkül grafikonon ábrázolva.
57. ábra: Az 1,5 km-es táv teljesítési ideje plusz teherrel grafikonon ábrázolva.
58. ábra: Időeredmények az 1,5 km táv végén terhelés nélkül és 25 kg terheléssel.
59. ábra: Elégetett energia diagrammja teher nélkül.
60. ábra: Elégetett energia diagrammja 25 kg többletterheléssel.
61. ábra: Elégetett energia mennyisége az eltelt idő függvényében.
62. ábra: A táv teljesítésének nehézsége teher nélkül.
63. ábra: A táv teljesítésének nehézsége plusz teherrel.
64. ábra: A további munkavégzési képesség súly nélkül és többletsúllyal.
65. ábra: További terhelhetőség lehetősége.
66. ábra: A tűzintenzitásokhoz tartozó oltóanyag-szükséglet változása.
67. ábra: A hatékony oltás összefüggései keresztmetszeti modell segítségével.

68. ábra: 100 kg oltóanyag oltási képességének összefüggései az eloltott frontvonal hossza, az oltóanyag intenzitás és a fajlagos oltóanyagintenzitás alapján.

69. ábra: A „vizes doboz” modell a nevezetes értékek dobozaival (b), valamint egymásba illesztve (j).

2. sz. melléklet

Az értekezés kohéziós táblázata

Tudományos probléma	Hipotézis	Kutatási célok	Kutatási módszerek	Eredmények
1. fejezet				
A globális éghajlatváltozás eredményeként a jövőben 1,1–6,4 °C közötti hőmérséklet-emelkedéssel számolhatunk. Ennek egyik következménye a tartósan meleg és száraz időszakok időbeli kiterjedése, ami még több lehetőséget biztosít az erdőtüzek kialakulására. Ez különösen azokon a területeken jelent majd problémát, ahol ez a típusú katasztrófa korábban nem okozott kihívást, azonban most, illetve a közeljövőben aktuális probléma lehet (pl. Európa, Magyarország).		Megvizsgálni és tanulmányozni az erdőtüzek oltásának jelenlegi formáját, összegezni a hiányosságokat, valamint feltárni az egyes javítási lehetőségeket a megelőző és a mentő tűzvédelem területén.	Részletesen elemeztem a témakörrel kapcsolatos releváns szakirodalmakat, emellett folyamatosan konzultáltam a témában elismert hazai és nemzetközi szakértőkkel.	Megállapítottam, hogy bár a témakörön belül a kutatások rendkívül szerteágazók, ennek ellenére tartalmazznak még hiányosságokat és fejlesztési lehetőségeket.

Tudományos probléma	Hipotézis	Kutatási célok	Kutatási módszerek	Eredmények
2. fejezet				
<p>A magyarországi urbanizációs folyamatokból megfigyelhető egyrészt a városok bővülése a természetes környezet irányába, másrészt pedig az agglomerációba költözés folyamata. A felgyorsult szuburbanizáció, jelentős mértékben hozzájárult ahhoz, hogy egyes települések környezetként működő városi területekké alakuljanak át.</p>	<p>Feltételezem, hogy Magyarországon kialakultak olyan erdőhöz közeli lakott területek, ahol jelentős a természetes környezetről a lakó környezetre történő tűzterjedés kockázata.</p> <p>Vélelmezem, hogy biztonsági zónák kialakításával csökkenthető a tűzterjedési kockázat, amelyekkel az erdőhöz közeli lakott területek személyi és anyagi védelme a jelenleginél hatékonyabbá tehető.</p>	<p>Az erdőtüzek megelőzésének és oltásának jelenlegi problémáinak feltárásával azonosítani a hazai erdőhöz közeli lakott területeket, valamint megalkotni Magyarország első az erdőhöz közeli lakott területek tűzveszélyét mutató térképét.</p> <p>Javaslatot tenni olyan új irányelvek és jogszabályi előírások alkalmazására, amelyek védelmi zónák létrehozásával biztonságosabbá teszik az erdőhöz közeli lakott területek megelőző tűzvédelmét.</p>	<p>Mélyrehatóan tanulmányoztam a releváns hazai és nemzetközi szakirodalmakat. Részt vettem egy elismert nemzetközi erdőtüzes konferencián, ahol szakértői konzultációkat folytattam. Kockázatelemzést végeztem a hazai EKLA területek kapcsán. Emellett matematikai számításokat végeztem, valamint képelemzést és műszaki rajzokat készítettem.</p>	<p>Saját készítésű modell segítségével beazonosítottam a hazai erdőhöz közeli lakott területeket és meghatároztam az ezekhez tartozó tűzkockázatokat. A hazai biomassa, tűzeseti statisztika és urbanizációs viszonyok elemzésének eredményeként megalkottam hazánk első megyei szintű EKLA tűzkockázati térképét.</p> <p>Az EKLA területekre vonatkozó megelőző tűzvédelmi megoldások eredményeként olyan zónafelosztást határoztam meg, ahol a tűz áttérjedési kockázat csökkentésére egy optimális belső és külső zónát hoztam létre. A zónák segítségével javaslatot tettem hazánk településrendezési viszonyainak módosítására, amelynek segítségével hatékonyabbá válhat az erdőről a lakott területre történő tűzterjedés megelőzése.</p>

Tudományos probléma	Hipotézis	Kutatási célok	Kutatási módszerek	Eredmények
3. fejezet				
<p>A tűzoltás hosszú és komplex folyamat, amely a tűz jelzésétől kezdve egészen a tűzoltó erők állomáshelyre történő visszaérkezéséig tart. E folyamat közben számos logisztikai kihívással kell szembe néznie a tűzoltóknak. A vonulási idő nagymértékben befolyásolja a tűzoltás hatékonyságát, ezért fontos, hogy meglegyenek a gyors kiérkezéshez szükséges feltételek. A tűzoltási tapasztalat azonban azt mutatja, hogy ez a feltétel egy erdőtűzoltás során sok esetben nem valósul meg.</p>	<p>Vélelmezem, hogy a tűzoltás logisztikai tényezői jelentős hatással vannak a tűzoltás hatékonyságára, amelyek javításával, valamint a logisztikai tartalékok felhasználásával, növelhető a tűzoltás hatékonysága.</p>	<p>Az erdőtűzoltás logisztikai nehézségeiből olyan következtetéseket levonni, amelyek alkalmasak egyrészt a vonulás idővesztésének kimutatására, másrészt a mesterséges víznyerőhelyek létesítésének optimalizálásával növelni a tűzoltás vízellátásának a hatékonyságát.</p>	<p>Elemeztem a tűzoltás logisztikájával foglalkozó legfontosabb szakirodalmakat.</p> <p>Logikai következtetéseimet, matematikai számításaimat és eredményeimet hisztogramokon ábrázoltam.</p> <p>Elvi ábrákat, magyarázó rajzokat készítettem valamint a hatékonyság-vizsgálat érdekében egy SWOT elemzést készítettem.</p>	<p>A tűzoltás logisztikai tényezői közül új megközelítéssel vizsgáltam meg a vonulás idővesztésének hatását a tűzoltás hatékonyságára. Ennek eredményeként új módszerrel határoztam meg az idővesztés mértékét, amelyet elsőként a tűz frontvonalának növekedésével hoztam összefüggésbe, valamint javaslatot tettem mesterséges víznyerőhelyek optimális létesítésére a vízhiányos és erdőtűzveszélyes megyékben.</p>

Tudományos probléma	Hipotézis	Kutatási célok	Kutatási módszerek	Eredmények
4. fejezet				
A tűzoltók technikai eszközökkel végzett fizikai munkája fárasztó, ami egy elhúzódó káreset során kihat a tűzoltók egészségi állapotára is, ezért szükség van olyan újszerű innovatív eszközök vizsgálatára, amelynek segítségével jelentős súly viselése mellett is csökkenthető a tűzoltókat érő fizikai terhelés.	Feltételezésem szerint alkalmazható olyan új tűzoltó technikai eszköz, amely a tűzoltók mozgási szabadságának megtartása mellett is növeli az oltási képességet, ezzel hatékonyabbá téve a tűzoltást.	Rámutatni a tűzoltók terhelhetőségének korlátaira és bizonyítani a szabad mozgással történő oltási képesség kitolásának szükségességét, valamint javaslatot tenni újszerű, innovatív technológiai eszköz hatékony alkalmazására.	Rendszerszemléletű megközelítés alapelveit alkalmazva saját mérést végeztem a tűzoltókat érő fizikai teher vonatkozásában, amely során okos eszközöket is igénybe vettem Egy új technikai eszköz hatékonyságát, az oltás képességét saját készítésű modelljeim segítségével vizsgáltam, amely során a különböző technikai eszközök képessége is összehasonlíthatóvá vált.	A tűzoltók terhelhetőségének korlátaival bizonyítottam, hogy szükség van olyan újszerű tűzoltó technikai eszköz alkalmazására, amely a tűzoltók mozgásának szabadságfokát megtartva is növeli az oltási képességet. Ennek hatékonyságát egy keresztmetszeti és egy bokszmódel megalkotásával igazoltam.

3. sz. melléklet

Fogalmak jegyzéke:

Cooper teszt: A Cooper-teszt az állóképesség és a fizikai kondíció felmérésére szolgál, amely azt vizsgálja, hogy mekkora távolságot fut le a teszt alanya 12 perc alatt.

Duff réteg: talajban található fagyökerek és a részben humifikálódott szerves anyagok. Ez hatással van a tüzek kialakulására és időnként a tűz terjedési sebességére.

EFFIS: European Forest Fire Information System. Az Európai Bizottság alatt működő Európai Erdőtűz Információs rendszer.

Erdőszegély: Az erdőszegély átmeneti, ökoton jellegű határzóna az erdő és az erdőtlen (fátlan) terület között

Exoskeleton: egy mesterséges külső vázszerkezet, amely az emberi testhez csatolva kiegészíti vagy helyettesíti a viselője izmait. Ennek segítségével fáradság nélkül is képes különböző tárgyak mozgására, emelésére.

földváltó gazdálkodás: Olyan földművelési rendszer ahol a rövid művelési időszakot egy hosszabb ugaroltatási időszak követ.

füst: A füst olyan diszperz rendszer, ahol gáznemű anyagban szilárd anyagrészek találhatók többé-kevésbé egyenletes eloszlásban

GIS: térinformatikai, geo információs rendszernek angol rövidítése. Ez egy rendszerbe helyezi a térbeli és a leíró információkat, ezért alkalmas földrajzi adatok elemzésére.

Hőstressz: A környezeti hőmérséklet meghaladja azt az értéket, amelyet a szervezetünk még kompenzálni képes.

Mischwald: Német szakirodalomban megnevezett olyan erdőtomb, amely vegyes faállományokból áll.

Natura 2000: Az Európai Unió által létrehozott összefüggő európai ökológiai hálózat, amely a közösségi jelentőségű természetes élőhelytípusok, vadon élő állat- és növényfajok védelmének keresztül biztosítja a biológiai sokféleség megővését és hozzájárul kedvező természetvédelmi helyzetük fenntartásához, illetve helyreállításához.

Pajzs: Az ország teljes területére kiterjedő, egységes, központosított bevetésirányítási rendszer.

Röptűz (firebrand): a tűz frontvonalában keletkező még égő fadarab, amely a tűz frontvonalától távolabb a földre hullva újabb tüzek (spotfire) kialakulását eredményezheti.

Röptűz (spot fire): A „spot fire” a röptűz azon fajtája, amikor az égő fadarabok (firebrands) a tűz frontvonalától távolabbi helyeken egy másik, új tűz kialakulását előidézik. Míg a firebrand a még hulló, égő fadarabot jelenti, addig a „spot fire” a már földre érkezett kialakult új tűzfészket. A két fogalom között a magyar nyelv nem tesz különbséget, mindkettőt egyaránt röptűzként nevezi a szakirodalom.

Röptűzeső: Több röptűz egyidejű hullása a tűz frontvonala előtt.

SI mértékegységrendszer: Modern, nemzetközileg elfogadott mértékegységrendszer, amely néhány kiválasztott mértékegységen, illetve a 10 hatványain alapul.

Száraz vihar: egy olyan elektromos jelenség, amikor a magas hőmérséklet miatt a vihart egyáltalán nem vagy csak nagyon kis mennyiségű csapadék kíséri, ezért nincs, ami a villámcsapásból keletkező szikrát eloltaná.

szukcesszió: Olyan folyamat, amelynek során a növénytársulások fokozatosan egy irányba fejlődnek.

Tűzrezsím: A Földön található kontrollált és kontrollálatlan erdőtüzek ún. tűzrezsimekbe sorolhatók a vegetációk típusa, a tűz gyakorisága és hatásai szerint.

Ökölszabály: Egy a gyakorlatban könnyen alkalmazható durva becslési módszer. Az angol rule of thumb és a német Faustregel szavak magyar megfelelője. Akkor alkalmazzák, ha egy mérés során sok paraméter, de kevés erőforrás áll rendelkezésre, ezért egy a valóshoz közelítő irányadó értéket ad.

Voranbau: Egy erdészeti megoldást Németországban, amikor az ún. „elültetés” módszerével valószínűsítik meg a lassabb tűzterjedést.

Wildfire: Az erdő-és vegetációtüzek közös gyűjtőfogalma az angol nyelvben.

4. sz. melléklet

Rövidítések jegyzéke

4/2008 ÖM rendelet: 4/2008. (VIII. 1.) ÖM rendelet az erdők tűz elleni védelméről

39/2011-es BM rendelet: 39/2011. (XI. 15.) BM rendelet a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének általános szabályairól

ARPA: Amazonas Régió Védett Területei Program

BM OKF: Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság

CBFN: Congo Basin Forest Partnership

EFFIS: European Forest Fire Information System

EKLA: Erdő(höz) közeli lakott terület

ETLA: Erdő által több irányból körülvevett lakott terület

EUR: Euro (pénznem)

Ft: Forint

GIS: Geographical Information Systems

HIZ: Home Ignition Zone

HUF: Hungarian Forint (pénznem)

HULC: Human Universal Load Carrier

K+F: Kutatás-fejlesztés

kJ: kilojoule

kcal: kilocalorie

KSH: Központi Statisztikai Hivatal

M: millió

Mrd: milliárd

MT: Műveleti Terv

NÉBIH: Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal

NÉS: Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia

OMSZ: Országos Meteorológiai Szolgálat

RST: Riasztási-és Segítségnyújtási Terv

STV: Speciális tűzoltó vázszerkezet

SWOT: Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (Erősségek, Gyengeségek, Lehetőségek, Veszélyek)

VAHAVA: Változás-Hatás-Válaszadás

WEF: World Economic Forum (Világgazdasági Fórum)

WOF: Working on Fire

WUI: Wildland-Urban Interface