

Restás Ágoston, PhD<sup>1</sup>

## A LÉGI TŰZOLTÁS HATÉKONYSÁGÁNAK KÖZGAZDASÁGI MEGKÖZELÍTÉSE<sup>2</sup>

*A légi tűzoltás köztudomásúan nagyon drága megoldás, bár kétségtelenül nagyon hatékony is. A utóbbi értelmezése azonban eltérő lehet a tűzoltás irányítását végzők és közgazdászok nézőpontjából. A közgazdasági szempontú hatékonyság sokkal szigorúbb, mint a szakmai értékelés szerinti, mivel a légi tűzoltás költségei nagyon magasak. Emiatt, szükségszerű azt a közgazdasági szempontú kritériumának oldaláról is megvizsgálni. A tanulmány olyan alapvető téveszmékre is rámutat, amelyek segítségével a marketing rendre túlértékeli az oltóanyagok képességeit, vagy magát a légi tűzoltást is. Nem kétséges, hogy nagyon bonyolult mindazon körülményeket és feltételeket számbavétele, amelyek a légi tűzdetektálást, felderítést, oltást befolyásolják, vagy csak az oltóanyag megválasztásánál szóba jöhetnek. Ennek ellenére, mégiscsak találhatunk néhány olyan rendezőelvet, amelyek a jelenleginél hatékonyabban segíthetnek az ezek közötti eligazodásban.*

### ECONOMICALLY BASED EFFICIENCY OF AERIAL FIRE FIGHTING

*Aerial fire fighting is a very expensive solution, however no doubt, also very effective. But the meaning of efficiency for fire managers can be different from the meaning of efficiency for economists. Economically efficiency is more strictly than technical efficiency; since aerial fire fighting is very expensive, it isn't useless to study it by the criteria of real economical efficiency. This study points at principle mistakes used often by marketing to overrate the advantages of some aerial product, agent or procedure. No doubt, it is very difficult to calculate with all circumstances and assumptions what is found during fire fighting process such as aerial patrol for detecting hot spots or fly for reconnaissance, bombing just water or choose also agent, etc. but there are some theory what can help us to rate the economical effectiveness of aerial product, agent or procedure more precise than rated nowadays by the marketing.*

## BEVEZETÉS

Az erdőtűzek oltását végző szakemberek egyöntetű véleménye alapján kijelenthető, hogy a légi tűzoltás hatékony módszer. A költségei azonban horribilisek. Egy-egy mediterrán ország szakértőivel beszélve elképesztő számokat hallhatunk; az erdőtűzoltásra fordított éves kiadások, 50-80 %-át is kitehetik a légi tűzoltás közvetett és közvetlen költségei. Az elhangzott arányok olyan torznak tűnhetnek, hogy önkéntelenül is felvetődik a hatékonyság kérdése. Ennek fogalmát definiálva, a különböző szakterületek művelői között - eltérő prioritások, különböző élethelyzetek, stb. miatt - gyakran alakul ki vita. A tűzoltók munkájára koncentrálna megállapítható, hogy a hatékonyság kérdését a különböző döntési szinteken más-más formában ítélik meg. Egy agilis tűzoltóparancsnok igyekszik minden tőle telhetőt megtenni azért, hogy a rendelkezésére álló humán, technikai és anyagi erőforrások a lehető legszélesebb körben rendelkezésére álljanak. Így aztán bármilyen fejlesztésről legyen szó, mindenki - akár

<sup>1</sup> egyetemi docens, mb. tanszékvezető, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet Tűzvédelmi és Mentésirányítási Tanszék

<sup>2</sup> Lektorálta: Dr. Óvári Gyula, egyetemi tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő és Légvédelmi Tanszék, ovari.gyula@uni-nke.hu

mások rovására is - a legjobb pozíciókat igyekszik kiharcolni. Ez a viselkedés nem kritizálható, hiszen a parancsnok csak azt teszi, amire esküje felhatalmazza, illetve kötelezi: minden tőle telhetőt megtesz a szakmailag hatékony tűzoltás feltételeinek megteremtéséért.

A repülőgépek és helikopterek alkalmazásának költségei köztudomásúan nagyságrendekkel nagyobbak, mint a hagyományos eszközöké. Így elkerülhetetlennek tartom, hogy felhasználásuk feltételeit gazdaságossági szempontú megközelítéssel is megvizsgáljam.

## A LÉGI TŰZOLTÁS GAZDASÁGOSSÁGI VIZSGÁLATA

### Veszteségek és költségek

A gazdaságosság elsődleges kritériuma, hogy a tűzoltás során felhasznált élőerő, eszköz és anyagok költségei -, vagyis a ráfordítás – kisebbek legyenek, mint a nemzetgazdasági szinten vett megmentett érték. Ellenkező esetben, csak gazdaságossági értelemben az oltás ráfizetéses. Megállapítható, hogy a gazdaságosság figyelembevétele elemi szinten már megjelenik a Tűzoltási Szabályzat<sup>3</sup> 32.4 bekezdésében is. Ennek értelmében a tűzoltásvezető *kötelessége azokban az esetekben, ha a keletkezett tűznek nemzetgazdasági szempontból nincs jelentősége vagy eloltása a megmentett értékkel nem jár, dönteni – a gazdasági (erő-, eszköz-, oltóanyag felhasználás) és környezetvédelmi szempontok figyelembevételével – a tűz oltásáról vagy a teljes elégés felügyeletéről úgy, hogy a tűzesettel összefüggésben járulékos kár ne keletkezzen.* Az egyéb tűzoltási tevékenységek részletesebb gazdaságossági elemzésétől eltekintve, az erdőtüzek esetében a következő veszteségek értelmezhetők [1]:

**Közvetlen megsemmisült érték:** Az erdőállomány, - főként az élőfa készlet, - mint a gazdálkodás tárgya pénzben kifejezhető értékkel bír, ami függ az egységnyi területen lévő faállomány összetételétől és korától, mennyiségétől.

**A kiesett fa értéke:** Az erdőfelújítás után bizonyos idővel (kb. 10 év) az erdő fejlődésének üteme azonosnak vehető a leégett erdőállomány fejlődési ütemével. Az addig ki nem termelhető állomány kárként jelentkezik.

**Közvetett kár:** Idetartozik az újratelepítéshez történő talaj előkészítés, ami a leégett állomány kitermelési költségét is magába foglalja.

**Eszmei kár:** Az elpusztult erdők eszmei értékét megállapítani és pénzben kifejezni nagyon nehéz, igazából lehetetlen. A nemzetközi gyakorlat a pusztulás materiális értékének 10 – 20 szorosát tekinti eszmei kárnak. [2]

Az oltás során a következő költségek jelentkeznek:

- az élőerő költsége;
- az eszközök működési költsége;
- az eszközök amortizációja;
- az oltóanyag költsége;
- egyéb költségek.

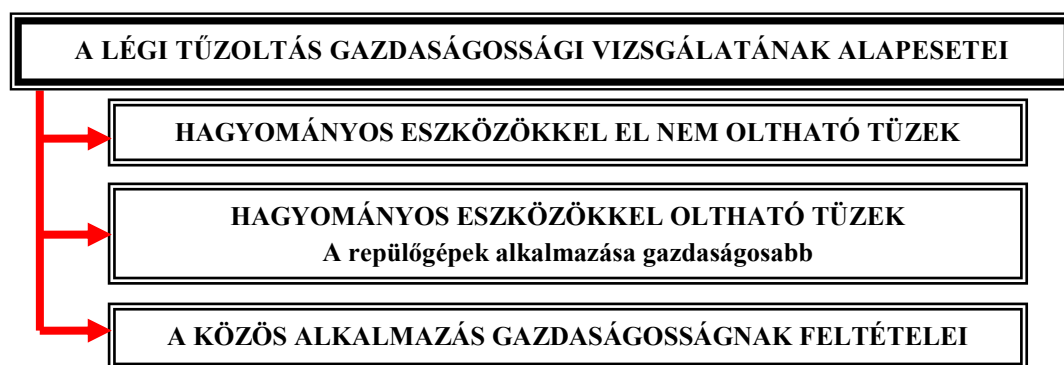
<sup>3</sup> Tűzoltási szabályzat

Amennyiben akár felderítésre, akár légi tűzoltásra repülőgépeket (is) alkalmaznak, úgy azok összes költsége szintén az oltás költségeit növeli.

A továbbiakban a légi tűzoltás költséghatékonyságának elvi alapjait fogalmazom meg. A fenti általánosságokon túllépve a gazdaságosság kritériumait az alábbiak alapján értelmezem.

### A gazdaságosság vizsgálatának alapesetei

Az alapesetek felállítása és vizsgálata során azonos kezdeti feltételeket állítok, azaz a tűz szabad terjedésének ideje alatt leégett terület minden esetben azonos, így az oltás megkezdésének idejéig keletkező területet elkerülhetetlennek veszem ( $A_{\text{abszolút}}$ ), melynek „K” kárértéke így abszolút értelmű ( $K_{\text{abszolút}}$ ). A megmentett ( $A_{\text{Merdő}}$ ) és az oltás során leégett erdő ( $A_{\text{Kerdő}}$ ) területe a beavatkozás hatékonyságától függően változik. A megmentett erdő értékét „ $M_{\text{erdő}}$ ”, míg az oltás ideje alatt keletkező kárértéket „ $K_{\text{oltás}}$ ” szimbólumokkal jelölöm. A gazdaságosság megállapításánál ez utóbbiakat, valamint a hagyományos eszközök, vagy repülőgépek oltási költségeit ( $\Sigma C_x$ ), valamint a hozzájuk tartozó kárértékek ( $K_x$ ) arányát kell figyelembe venni.

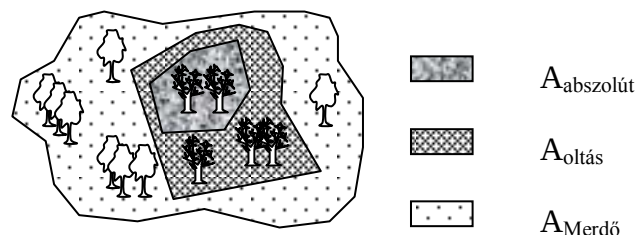


1. ábra A légi tűzoltás gazdaságossági vizsgálatának alapesetei. Forrás: Szerző.

### Hagyományos eszközökkel el nem oltható erdőtűzek

Ennél az esetnél olyan terület vizsgállok, amelyet a hagyományos földi eszközök nem, vagy csak a kárértéket meghaladó összegű logisztikai támogatással érhetnek el. Ebbe a kategóriába sorolom a nagy kiterjedésű, erősen tagolt hegyvidékeket, vagy a nagyon laza, homokos talajú területeket. Magyarországon az Alföld egyes részei tartoznak ide. A tűz itt szabadon terjed mindaddig, amíg természetes akadályba (folyó, sziklás rész, véget ér az erdő, stb.) nem ütközik, vagy az időjárás megváltozása, esőzés gátat nem szab a terjedésnek.

Ebben az esetben a formális logika diktálta szélsőértéket feltételezem, azt, hogy légi eszközök alkalmazása nélkül a teljes erdőállomány megsemmisül.



2. ábra. A megmentett erdő és a leégett terület. Forrás: szerző

A légi eszközök alkalmazásának gazdaságossági kritériuma itt csupán annyi, hogy a megmenett érték (az erdőállomány pénzben kifejezhető értéke:  $M_{\text{erdő}}$ ) nagyobb legyen, mint a légi eszközök bevetésével járó összes költség ( $\Sigma C_{RG}$ ), függetlenül az oltás ideje alatt megsemmisülő erdő értékétől ( $K_{\text{oltás}}$ ).

$$M_{\text{erdő}} > \Sigma C_{RG} \quad (1)$$

Ez az egyszerű számvetés leginkább a külföldi gyakorlatban kap értelmezést, ahol ország-résnyi összefüggő erdős területek találhatók (pl. Egyesült Államok, Kanada, Oroszország, Ausztrália) és nincs figyelembe vehető alternatívája az egyéb oltási lehetőségnek.

### Hagyományos eszközökkel oltható tüzek

Meghatározásánál azokat a feltételeket keresem, ahol azonos hatékonyság mellett a légi eszközök költségei már alacsonyabbak a hagyományos eszközök költségeitől. A probléma az, hogy a repülőgépek, de még inkább a helikopterek üzemórájának költsége ( $C_{RG}$ ) köztudomásúan nagyságrenddel nagyobbak, mint egy fecskendő ( $C_{Fecs}$ ), vagy egy vízszállítóé ( $C_{Vízsz}$ ), de a hatékonyság tekintetében ugyanez a különbség-arány csak meghatározott körülmények között érvényesül.

A fenti körülmények meghatározására fajlagos költségeket hasonlítom össze úgy, hogy a két eszköznek az oltási hatékonysága közötti különbségét nem veszem figyelembe. A „ $C_{Fecs}$ ” fecskendő egy üzemórájának költségével „ $Q_{Fecs}$ ” meghatározott mennyiségű oltóanyagot lehet „ $L_{Fecs}$ ” távolságra eljuttatni. A légi tűzoltást végző „ $C_{RG}$ ” repülőgép egy üzemórájának költségére vonatkoztatva ez „ $Q_{RG}$ ” mennyiségű oltóanyagot jelent „ $L_{RG}$ ” távolságra történő eljuttatással. A vizsgálat során azt keresem, hogy a fajlagos költségek hol válnak azonosossá, illetve kedvezőbbé a repülőgépek alkalmazásával. Az egyenlőtlenség felírását a következőképp adom meg:

$$\frac{C_{Fecs}}{Q_{Fecs} L_{Fecs}} \geq \frac{C_{RG}}{Q_{RG} L_{RG}} \quad (2)$$

A költségek arányának meghatározása:

$$\frac{C_{RG}}{C_{Fecs}} = k \quad (3)$$

A repülőgép költsége a (3) képlet alapján a fecskendőével kifejezve:

$$C_{RG} = k C_{Fecs} \quad (4)$$

A (2) képletbe behelyettesítve a (4) egyenlőséget:

$$\frac{C_{Fecs}}{Q_{Fecs} L_{Fecs}} \geq \frac{k C_{Fecs}}{Q_{RG} L_{RG}} \quad (5)$$

A (5) egyszerűsítésével kapott forma:

$$\frac{1}{Q_{Fecs} L_{Fecs}} \geq \frac{k}{Q_{RG} L_{RG}} \quad (6)$$

A (6) képlet értelmezése alapján a következő megállapításokat teszem: Azonos távolság esetén a (6) reláció akkor áll fenn, ha a légi jármű legalább annyi oltóanyagot szállít, mint a költségarányval szorzott fecskendő általi mennyiség:

$$L_{RG} = L_{Fecs}; Q_{RG} \geq kQ_{Fecs} \quad (7)$$

Azonos szállított mennyiség esetén a (6) egyenlőtlenség akkor áll fenn, ha a légi jármű legalább olyan messzire képes azt szállítani, mint a költségarányval szorzott fecskendő általi távolság:

$$Q_{RG} = Q_{Fecs}; L_{RG} \geq kL_{Fecs} \quad (8)$$

A fentieket egy példa alapján<sup>4</sup> 1:10 költségarányú esetre értelmezve: a légi jármű alkalmazása akkor lesz legalább olyan hatékony, mint a fecskendő, ha a költségarányból adódóan ugyanannyi idő alatt ugyanolyan távolságra legalább tízszer annyi vizet képes szállítani, vagy ugyanazt a vízmennyiséget tízszer olyan távolságra képes eljuttatni.

Mivel a távolság értéke a sebesség és idő szorzatából adódik, a példában pedig egységnyi idővel számoltam, így a (8) képletben a távolság a sebesség értékeivel ( $v_x$ ) helyettesíthető:

$$Q_{RG} = Q_{Fecs}; v_{RG} \geq kv_{Fecs} \quad (9)$$

A (3) költség-arányhoz hasonlóan a szállítható oltóanyag mennyiség ( $m$ ) és szállítási távolság ( $n$ ), illetve a (9) felhasználásával a sebesség arányai ( $n$ ) is felírhatók. A (4) segítségével felírt (5) mintájára meghatározom a (2) általános alakját:

$$\frac{C_{Fecs}}{Q_{Fecs} L_{Fecs}} \geq \frac{kC_{Fecs}}{mQ_{Fecs} nL_{Fecs}} \quad (10)$$

Bármely két arányszám ismeretében a harmadik számítható, amely a légi járművek hatékonyabb alkalmazásának feltételét mutatja. Könnyen belátható, hogy olyannyira nagyok a költségek közötti különbségek, hogy a repülő eszközök pusztán ilyen értelmű gazdaságossági vizsgálat esetén hatékonyságban könnyen alul maradnak.

A költség-arányt 1:10 értéknek, a helikopter maximális sebességét külső függesztménnyel  $v_{HELmax} = 160$  km/h-nak, a szállított oltóanyag mennyiségét azonosnak feltételezve ( $Q_{MI-8T} = Q_{Fecs} = 2 \text{ m}^3$ )<sup>5</sup> a helikopter alkalmazása akkor gazdaságosabb, ha a fecskendő átlagsebessége ugyanazon a távolságon nem éri el a 16 km/h-t. Ez tartós emelkedőn (hegyvidéki erdei út), vagy homokos talajon elképzelhető, de magyarországi viszonyok esetében korlátozottan vehető figyelembe. A fecskendő helyett vízszállítót értelmezve és négyszeres vízmennyiséget számítva az arányok még inkább romlanak, hiszen a gazdaságosság határa a vízszállító 4 km/h sebességénél jelentkezik. Ilyenkor a hagyományos eszközök tartós alkalmazásának előnye taktikailag sem értelmezhető, így a gazdaságossági számítás is értelmét veszti.

A fentiek alapján megállapítom, hogy hazai viszonyok között, a repülőgépekkel a hagyományos eszközök kiváltása pusztán gazdaságossági szempontból csak erős megszorításokkal érhető el.

<sup>4</sup> Tűzoltó jármű 50 ezer Ft/óra, repülőgép 500 ezer Ft/óra költséggel számolva.

<sup>5</sup> Mi-8T esetében Bambi Bucket külső függesztmény alkalmazásával.

## A közös alkalmazás gazdaságossági feltételei - komplex összehasonlító elemzés

A gazdaságosság helyes megítéléséhez komplex összehasonlító elemzés szükséges, amelyet a következő feltételezéssel vizsgálunk: Az oltás megkezdésének pillanatáig - a szabad terjedés ideje alatt – keletkezett kár abszolút jellegű, az a tűzoltási tevékenységtől teljesen függetlenül keletkezett. Az oltás megkezdése után a tűzoltásvezető vagy csak hagyományos eszközöket alkalmaz, vagy igénybe veszi a repülőgépek segítségét is.

### A hagyományos eszközökkel való oltás gazdaságossági elemzése

Amennyiben a tűzoltásvezető a légi eszközök igénybevétele nélkül a hagyományos eszközökkel meghatározott „ $t_1$ ” idő alatt meghatározott „ $A_1$ ” terület leégése után tudta a tüzet eloltani, az összes kárérték és költség a következőkből tevődik össze:

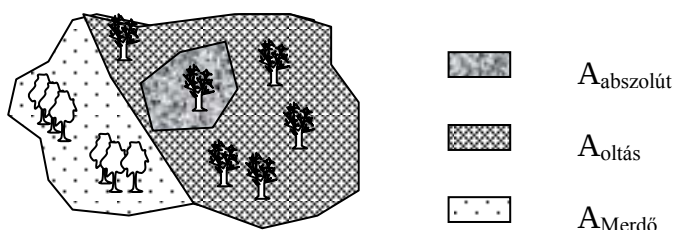
$$K_{abszolút} + K_{oltás1} + \Sigma C_{HEO1} = \Sigma K_{\Sigma1} \quad (11)$$

- $K_{abszolút}$  - kárérték, az oltás megkezdéséig megsemmisült erdő értéke;
- $K_{oltás1}$  - kárérték, az oltás ideje alatt megsemmisült erdő értéke;
- $\Sigma C_{HEO1}$  - költség, a hagyományos eszközökkel való oltás valamennyi költsége;
- $\Sigma K_{\Sigma1}$  - kárértékek és költségek összege az oltás során.

A megmentett érték meghatározása ebben az esetben:

$$M_{erdő1} = \Sigma M_{erdő} - (K_{abszolút} + K_{oltás1}) \quad (12)$$

- $M_{erdő1}$  - a teljes erdőterületből megmentett érték,
- $\Sigma M_{erdő}$  - a teljes erdőterület értéke.



3. ábra A megmentett erdő és a leégett terület hagyományos eszközökkel történő oltáskor. Forrás: szerző

A gazdaságosság feltételeként itt teljesülnie kell a következő egyenlőtlenségnek.

$$\Sigma C_{HEO1} < M_{erdő1} \quad (13)$$

vagyis:

$$\Sigma C_{HEO1} < \Sigma M_{erdő} - (K_{abszolút} + K_{oltás1}) \quad (14)$$

Az egyenlőtlenség fennállásáig a hagyományos eszközökkel való oltás gazdaságossági feltételei teljesülnek.

## A közös alkalmazás gazdaságossági elemzése

A tűzoltásvezető a gyakorlatban nem azonnal, de az oltás megkezdése után nem sokkal intézkedik a légi tűzoltás elrendeléséről. Ebben az esetben a „ $t_2$ ” oltási idő várhatóan csökken - ami konstans tűzterjedési sebességet feltételezve – kisebb „ $A_2$ ” leégett területet eredményez. Ebben az esetben a kárértéket és költséget a következőképpen adom meg:

$$t_2 < t_1 \text{ és } A_2 < A_1 \quad (15)$$

$$K_{\text{abszolút}} + K_{\text{oltás2}} + \Sigma C_{\text{HEO2}} + \Sigma C_{\text{RG2}} = \Sigma K_{\Sigma 2} \quad (16)$$

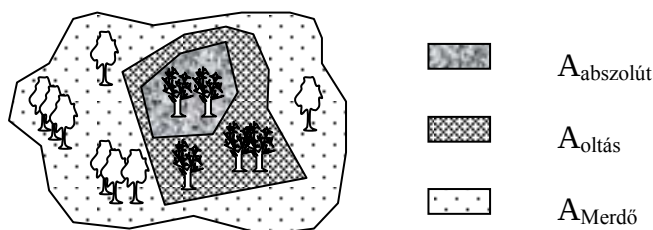
- $K_{\text{oltás2}}$  - kárérték, a leégett terület értéke közös alkalmazás esetén,
- $\Sigma C_{\text{HEO2}}$  - költség, a hagyományos eszközökkel történő oltás összes költsége közös alkalmazása esetén,
- $\Sigma C_{\text{RG2}}$  - költség, a repülőgépes oltás összes költsége közös alkalmazás esetén,
- $\Sigma K_{\Sigma 2}$  - kárértékek és költségek összege közös alkalmazás esetén.

A megmentett érték a fenti esetben kiszámítható:

$$M_{\text{erdő2}} = \Sigma M_{\text{erdő}} - (K_{\text{abszolút}} + K_{\text{oltás2}}) \quad (17)$$

- $M_{\text{erdő2}}$  - a teljes erdőterületből megmentett érték, közös alkalmazás esetén,
- $K_{\text{oltás2}}$  - kárérték, az oltás ideje alatt megsemmisült erdő értéke közös alkalmazás esetén.

A gazdaságosság feltételeként teljesülnie kell annak, hogy a hagyományos eszközök és repülőgépek közös alkalmazásának a költségei kisebbek legyenek, mint közös alkalmazás esetén a teljes erdőterületből megmentett érték.



4. ábra A leégett terület csökkenése hagyományos és repülőgépes oltás közös alkalmazása esetén  
Forrás: Szerző.

$$\Sigma C_{\text{HEO2}} + \Sigma C_{\text{RG2}} < M_{\text{erdő2}} \quad (18)$$

vagyis:

$$\Sigma C_{\text{HEO2}} + \Sigma C_{\text{RG2}} < \Sigma M_{\text{erdő}} - (K_{\text{abszolút}} + K_{\text{oltás2}}) \quad (19)$$

Az egyenlőtlenség fennállásáig a közös alkalmazással történő oltás gazdaságossági feltételei teljesülnek.

A fentiek alapján a következőket értelmezem [3]:

1) A tűz oltásának megkezdéséig keletkezett kár mindkét esetben azonos, vagyis állandó:

$$K_{abszolút} = \text{állandó} \quad (20)$$

2) Hagyományos eszközökkel történő oltás költsége, légi eszközök alkalmazásakor csökken:

$$C_{HEO2} < C_{HEO1} \quad (21)$$

3) A leégett erdő értéke is csökken, légi eszközök felhasználásakor:

$$K_{oltás2} < K_{oltás1} \quad (22)$$

A fentiekből következtetem:

1) Az leégett területek különbségéből adódó kárérték különbség ( $\Delta K_{oltás}$ ):

$$\Delta K_{oltás} = K_{oltás1} - K_{oltás2} \quad (23)$$

2) Az oltási idő csökkenéséből következik, hogy a hagyományos eszközök használati ideje is csökken, ami szintén költségcsökkenést ( $\Delta C_{HEO}$ ) eredményez:

$$\Delta C_{HEO} = C_{HEO1} - C_{HEO2} \quad (24)$$

Az összes költséget figyelembe véve a különbségek a következőképp adódnak:

$$\Delta \Sigma K_{\Sigma} = \Sigma K_{\Sigma1} - \Sigma K_{\Sigma2} \quad (25)$$

$$\Delta \Sigma K_{\Sigma} = \Delta K_{oltás} + \Delta C_{HEO} - \Sigma C_{RG} \quad (26)$$

$$\Sigma C_{RG} < \Delta K_{oltás} + \Delta C_{HEO} \quad (27)$$

A fentiek alapján bizonyítom, hogy a gazdaságosság kritériuma repülőgépes tűzoltás alkalmazása esetén akkor valósul meg, ha a légi eszközök igénybevételenek összes költsége kevesebb, mint a leégett erdőterület értékének csökkenéséből és a hagyományos eszközök igénybevétele idejének csökkenéséből eredő költségmegtakarítás értéke.

$$0 < (\Delta K_{oltás} + \Delta C_{HEO}) - \Sigma C_{RG} \quad (28)$$

A gazdaságosság feltétele mindaddig érvényesül, amíg a (28) egyenlőtlenség fennáll.

---

**FELHASZNÁLT IRODALOM**

- [1] Mészáros, K., Bányai, P., Horváth, B., Horváth, I., Kocsó, M., Nagy, D., Szedlák, T., Traser, Gy., Varga, Sz., Veperdi, G.: Erdőtűzek elleni integrált védekezés fejlesztése, Projekt zárójelentés, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, 2003
- [2] Leone, V., Lovreglio R.: Human Fire Causes: A Challenge for Modeling. Előadás, EARSeL, 4<sup>th</sup> International Workshop on RS and GIS Appl. to Forest Fire Management, Ghent, Belgium, 2003
- [3] RESTÁS Ágoston: Az erdőtűzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése. Ph.D. értekezés. ZMNE 2008.