



# Design katasztrófahelyzetekre

Keresőlámpa mentőcsapatok részére\_Doktori disszertáció

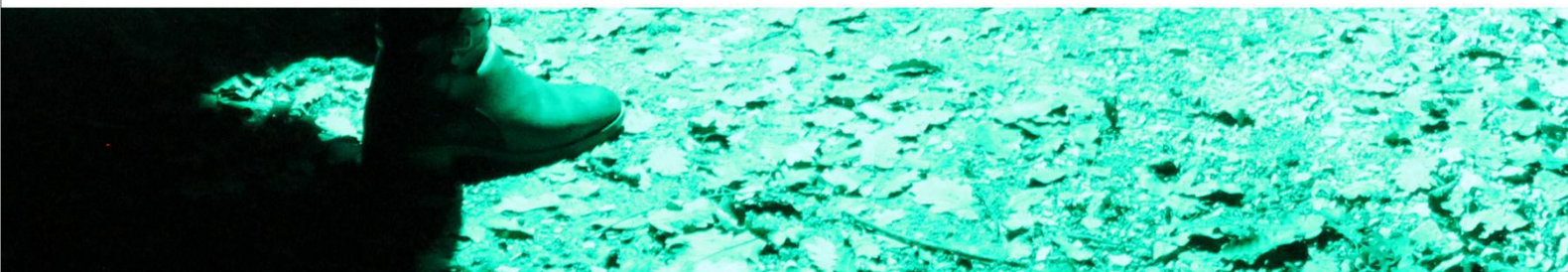
Doktori hallgató: **Keszei István**

Témavezető: **Barcza Dániel**

Társ-témavezető: **Koós Pál**

2020. 11.11.

**MOHOLY-NAGY**  
művészeti egyetem  
university of art and  
design budapest



## Tartalom

Absztrakt.....	5
Tézisek:.....	7
Bevezetés.....	8
Design megoldások katasztrófa védelemben.....	11
Nemzetközi design konceptek katasztrófa helyzetre.....	12
Katasztrófák.....	15
Aszály.....	20
Árvíz.....	21
Földcsuszamlás.....	23
Földrengés.....	23
Hurikán, tájfun, tornádó, szökőár.....	24
Vulkánok.....	26
Extrém hőmérséklet hatásai az emberi szervezetre.....	26
Járványok.....	28
Mentés.....	30
Mentés szakaszai:.....	31
Mentőegységek eszköz igényei.....	33
Műszaki mentőcsapatok.....	34
Kommunikációs csoport.....	35
Logisztikai csoport.....	35
Egyéni eszközök.....	36
Katasztrófa orvostan.....	36
Egészségügyi osztályozás katasztrófa mentés során.....	37
Triage módszer:.....	39
Start.....	40
Homebush Triage.....	40
Careflight Triage.....	40
Sacco Triage.....	41
Mass Triage.....	41
Katonai Triage / NATO Triage.....	41
Salt Triage.....	42

Másodlagos Triage módszer.....	42
Save Triage.....	42
Jumpstart módszer.....	42
Katasztrófa által kiváltott reakciók és maradandó sérülések, 3.tézis.....	43
Válság.....	43
Holmes és Rahe skála.....	44
A vészhelyzeti magatartásra jellemző reakciók.....	46
A katasztrófák pszichés következményei, 4.- 6. tézis alapjai.....	50
Katasztrófával kapcsolatos események időrendi sorrendje.....	54
Golden day.....	56
Mestermunka fő irányának kiválasztása.....	57
Katasztrófa első 24 óra mint kiindulási alap.....	58
Érzékelés.....	58
Látás.....	59
Weber-Fechner féle pszichológiai alaptörvény.....	63
Ernst Heinrich Weber (1795-1878).....	63
Gustav Theodor Fechner (1801-1887).....	63
Stanley Smith Stevens (1906-1973).....	64
Színlátás.....	64
Periferikus színlátás.....	66
Emberi látótér szögei.....	68
Adam Larson kísérletek.....	69
Fény hullámhossz és fény teljesítmény, 7.- 8. tézis alapjai.....	70
Csórlátás miatt emelkedő stressz-szint.....	71
Fény adaptált.....	73
Sötét adaptált.....	73
Fény szabályozás fizikai eszközei.....	77
Reflektorok és lencserendszerek.....	78
Fénytervezési alapok.....	80
LED technológia.....	87
Elvi modell a kutatás alapján, zónákra, fényzögekre és fényteljesítményre lebontva.....	91
Hordozható technológia, energiaellátás.....	95
Akkumulátorok.....	98
Litium alapú akkumulátorok.....	100
Mestermunka.....	101

Fényteljesítmény, működési idő, súly.....	102
Cree XHP 70,2 C1-P2 6500K.....	102
Epiled 3535 cyan (495-505nm).....	104
Mestermunka energiaellátása.....	104
LED fény teljesítmény és hőleadás tesztek.....	105
Mestermunka formai variációk.....	107
Mestermunka formaterv_ metszet, robbantott ábra.....	108
Mestermunka látványterv.....	109
Racoon Tac (mestermunka prototípus) kereső lámpa alkotó elemei.....	110
Kereskedelmi forgalomban kapható kézi lámpák.....	111
Fényteljesítmény-működési idő összehasonlítás.....	112
Kereskedelmi forgalomban kapható kézi lámpák adatai:.....	113
Racoon Tac keresőlámpa alapadatai:.....	116
Mestermunka fotók.....	117
Mestermunka tesztelése és értékelése.....	118
Szakértői tesztek és interjúk.....	120
Kereső lámpa hatásfokára irányuló teszt sorozat.....	124
Tereptárgy teszt alapján leszűrt tanulság.....	127
Stressz szint mérésre irányuló keresőfény tesztek.....	129
Összefoglalás.....	131
Eredmények hasznosítása, Tovább fejlesztései lehetőségek.....	132
Köszönetnyilvánítás.....	133
Irodalomjegyzék.....	134

## Absztrakt

Disszertációban arra kerestem a választ, hogy a design milyen módon tud segítséget nyújtani a katasztrófák által felmerülő problémák megoldásában, mind az áldozatok, mind a mentőcsapatok szemszögéből. A disszertáció felépítését illetően, elméleti kutatással kezdődik, amely vizsgálja a katasztrófák jellegét, típusát és az emberi szervezetre gyakorolt hatását. E mellett a design tervezői gondolkodás segítségével feltárja a különböző, az emberi szervezet működésével kapcsolatos összefüggéseket, majd a különböző kutatási területek találkozási pontjai mentén, probléma megoldási javaslatokat tesz, illetve meghatározza a mestermunka alapjait. A kutatás párhuzamosan folyt elméleti és gyakorlati síkon, amely elvezetett az innovatív terv kialakulásához. A kutatás kezdeti szakaszában kérdéseket fogalmaztam meg, melyektől azt vártam, hogy segítenek kijelölni a kutatási területeket és pozitívan befolyásolják a tervezői gondolkodásomat.

A különböző jellegű kérdések, melyek itt találhatóak, megválaszolásával jutottam el a tézisekig, majd a kutatás végeredményeként a mestermunkáig:

- Milyen hatással vannak az emberi szervezetre a katasztrófák?
- A design milyen területen nyújthat megoldást veszélyhelyzetben?
- Milyen design megoldások születtek a múltban a katasztrófák által okozott problémákra?
- Milyen fizikai sérüléseket okoznak a katasztrófák, illetve a veszélyhelyzetek?
- Milyen egyéb negatív hatása van a katasztrófáknak a fizikai sérüléseken kívül?
- Milyen hatással van a katasztrófhelyzet a mentőcsapatok szakembereire?
- Milyen módon lehet elősegíteni a mentés eredményességét a katasztrófák következtében?
- Van e ideális vagy optimális mentési szituáció?
- Van e ideális vagy optimális mesterséges fény?

- Mi a különbség a maximális és az optimális mesterséges fény között?
- Van e összefüggés a környezeti hatások és a valóság érzékelése között?
- Hogyan befolyásolja a mentális állapotot a valóság érzékelése, illetve mit tekintünk valóságnak?

## Tézisek:

### 1. Tézis:

A design a különböző szakterületek együttes vizsgálatával képes komplex választ adni a katasztrófák által létrehozott probléma megoldásra.

### 2. Tézis:

A design kutatás és design gondolkodás egy multidiszciplináris platform, ami kulcsfontosságú szerepet tölt be az innováció létrejöttében.

### 3. Tézis:

A design segítségével lehet javítani a mentés eredményességét és fokozni hatáskörét a problémák feltárásán keresztül.

### 4. Tézis:

A veszélyhelyzet által okozott probléma megoldásánál az emberre gyakorolt fizikai hatás mellett a pszichés hatást is figyelembe kell venni.

### 5. Tézis:

A katasztrófa által okozott negatív utóhatás nem csak az áldozatoknál jelentkezhet, hanem a mentésben résztvevő szakembereknél is.

### 6. Tézis:

A mentésben résztvevő szakembereknél az aktuális mentális állapot épp olyan fontos, mint az áldozatoknál.

### 7. Tézis:

A valóság érzékelése és vele együtt a mentális állapot befolyásolható a közvetlen környezet fényviszonyának alakításával.

8. Tézis:

A valóság érzékelésében és vele együtt a mentális állapot változásában nagy szerepe van a teljes látómezőnek.

## Bevezetés

Design katasztrófahelyzetekre. Mi köze a design szónak a katasztrófákhoz? A társadalom igen jelentős százaléka úgy gondolja, hogy a design nem más mint szép dolgok teremtése. A katasztrófa mentéssel kapcsolatos interjúk alatt számos esetben nekem is feltették azt a kérdést, hogy miért kell, hogy egy eszköz, amit egy veszélyhelyzeti szituációban használunk, szép legyen. A design szó jelentését nehéz pontosan megfogalmazni. Legalább annyira művészet, mint amennyire tudomány.

Az esetemben ez a tervezési gondolkodás egy interdiszciplináris folyamat következménye, amely különböző tudományágak, mint a neuropszichológia, biológia vagy pszichofiziológia területeiről szerez be információt és von le következtetéseket, megteremtve egy alapot a koncept létrehozásához. Ahogy azt az első két tézisben is megfogalmaztam, a design különlegessége, hogy látszólag nem összefüggő területekből alakít ki metszéspontokat az innováció létrehozásához.

A design gondolkodást holisztikus perspektívában indítottam el. A holisztikus tervezés nem egy konkrét probléma megoldására fókuszál, hanem az emberi testet, pszichéjét egységként kezelve keres megoldást a felmerülő problémákra. Túlmutatva azon, hogy a probléma megoldást, mint rejtvény darabjainak összeillesztéseként kezelve.

A probléma megoldása önmagában nem elegendő, de a tervezési gondolkodás alapvető kérdése, hogy legyen a tervező által feltárt probléma, amire valamilyen módon a koncept



pozitívan reflektál. Az általam megfogalmazott probléma témaköre az ember mentális állapot változásának okaival foglalkozott. Logikailag mindig van pontosabb és megfelelőbb megoldás minden problémára, de vajon honnan tudjuk, hogy egy problémára mi a legjobb megoldás. Ez a kérdés a kutatás során számos esetben felmerült bennem is, mind a probléma meghatározása során és mind a konceptek letételekor. A tervezés alatt felmerülő kérdésekre a legtöbb esetben nem kizárólag helyes vagy helytelen választ adhatunk. Ez nem volt máshogy az általam végzett kutatás eredményeként sem, de az ember katasztrófákhoz való viszonyának vizsgálata számos olyan területre mutatott rá, ami folyamatosan formálta a tervezői gondolkodás módját.

Az emberiség a kezdetektől fogva ki volt téve a természeti erők okozta veszélyeknek, katasztrófáknak. Az évszázadok folyamán ezeket a folyamatokat megfigyelték és a bekövetkező katasztrófa helyzetre felkészültek, reagáltak. Amíg a múltban többnyire természeti katasztrófák fenyegették az emberiséget addig az ipari fejlődéssel együtt megjelentek a különböző ember által okozott civilizációs katasztrófák, ami a technika fejlődésével, a lakott területek zsúfoltságával egyre nagyobb károkat okoz és egyre több emberéletet követel. Az áldozatok számának növekedése miatt a megelőzés, a mentés és az újra építés igen komoly problémát vet fel.

A katasztrófavédelem szerepe a 21. században előtérbe került. Növekvő népsűrűség növeli a veszélyhelyzetek számát is. Nemzetközi katasztrófa adatbázisa adatainak összesítéséből kiderült, hogy a 20. században több mint 22 millió ember esett áldozatul valamilyen természeti katasztrófának.<sup>1</sup>

Ellentétben egyes szakkönyvek adataival, ahol ez a szám jóval kevesebb. Kutatásom első szakaszának célja, hogy egy összetett és megalapozott képet kapjak a katasztrófák által okozott károkról és az emberéleteket követelő sérülésekről. Reményeim szerint a kutatás számos problémára világított rá, amire a design segítségével adott válasz valamilyen módon hozzá tud járulni a katasztrófák által okozott károk enyhítéséhez, megszüntetéséhez és emberéletek megmentéséhez. A fenntartható fejlődés egyik alappillére az emberiség ellen irányuló veszélyhelyzetek megelőzése, illetve a megtörtént katasztrófák által okozott

---

<sup>1</sup> <http://www.emdat.be> (az adatbázis alapján készült diagramok a dolgozatban megtalálhatóak)

problémák megoldása. A katasztrófák a legtöbb esetben negatív hatással vannak a társadalomra, a környezetre és a gazdaságra is.

„Létebiztonság, közbiztonság, anyagi biztonság, magántulajdon” (szükséglet hierarchia)

*Abraham Maslow*

A bizalmatlanság és dicsvágy mellett legalább annyira jellemzi a természeti állapotban élő embert a béke és a biztonság iránti vágy is.<sup>2</sup> Valószínű, hogy Thomas Hobbes alap gondolatainak köszönhetjük a mai értelemben vett „állam által garantált biztonságot” és ehhez a rendszerhez erősen köthető a katasztrófavédelem, mert a legnagyobb elemi csapásokat a természet erői sújtják az emberiségre.

Kutatásom első fejezete egy tömör összefoglalást ad a nemzetközi tervezők által készített konceptekről katasztrófa védelem témakörben, a különböző katasztrófák típus szerinti csoportosításáról, a katasztrófák által okozott sérülésekről, elhalálozás okáról, a különböző mentésben résztvevő emberek és szervezetek munkájáról és azzal együtt a katasztrófa orvoslásról. Érintem a katasztrófa pszichológia jelentőségét, ami a katasztrófában érintett emberek normálistól eltérő viselkedésével foglalkozó tudomány. Véleményem szerint ez az egyik olyan terület, ami új perspektívát nyitott a tervezés során és új megoldásokat teremthet a design segítségével a vészhelyzetekben és katasztrófákban felmerülő problémákra.

A különböző katasztrófák tanulmányozása alkalmával számos katasztrófa csoportosítás született a különböző szervezet és kutató csoport által, amik között láthatók az átfedések. A csoportosítások fő célja szinte minden esetben az, hogy a különböző katasztrófavédelmi szervezeteknek és mentő csapatoknak irányt mutassanak a védekezés, a mentés és az újraépítés különböző területein.

A kutatásomban látható egy az általam elkészített csoportosítás, a katasztrófák könnyebb áttekinthetősége okából, de ez számottevően nem befolyásolta a kutatás menetét. A fő irányt az adatbázisból összegzett adatok biztosították. Az elsődleges célom az adatbázis

---

<sup>2</sup> [www.hu.wikipedia.org/wiki/Társadalmi\\_szerződés](http://www.hu.wikipedia.org/wiki/Társadalmi_szerződés) *Thomas Hobbes* (1588-1679)

feldolgozásával az volt, hogy fel tudjak állítani egy fontossági sorrendet az elmúlt 100 éve adataiból aszerint, hogy melyik természeti katasztrófa, milyen pusztítást vitt végbe és azzal együtt hány ember életét követelte, illetve hány ember sorsát érintette negatívan. Az adatok összegzéséből az is jól körvonalazódott, hogy a katasztrófák egyre súlyosabb következményekkel járnak, egyre nagyobb szükség van a katasztrófa védelemre, katasztrófa megelőzésre.

Igen fontos a katasztrófák pontos megértése, mert rajtuk keresztül lehetőségünk nyílik, a veszélyhelyzet felismerésére és a katasztrófa elkerülésére. A legnagyobb különbség számomra a két fogalom között, hogy míg a katasztrófa egy megtörtént eseményre utal, addig a veszélyhelyzet egy olyan helyzet, ami magában hordozza a katasztrófa lehetőségét.

Míg a veszélyhelyzetnél van esélyünk a megelőzésre, illetve védekezésre, addig a katasztrófánál elsősorban a mentésre kell összpontosítani.

A megelőzés erősen támaszkodik a katasztrófa típusára, az elsősegélynyújtás viszont szorosabban kapcsolódik magával az ember fizikai és szellemi adottságaival, mint a katasztrófa típusával. Az emberi test sérülékenysége miatt, a nagyon különböző eseteknél is megfigyelhetők a hasonló sérülések és halálesetek. Mielőtt bemutatnám az általam vizsgált katasztrófa típusokat, csoportosításukat, előtte egy rövid összegzést találunk a design által kínált különböző probléma megoldásra.

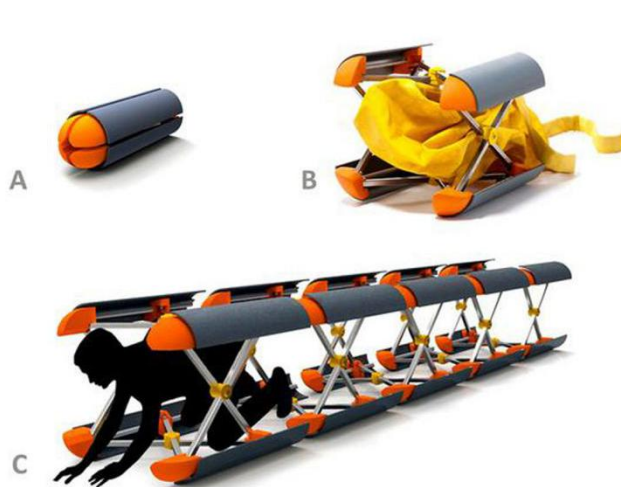
## Design megoldások katasztrófa védelemben

A természeti és mesterséges katasztrófák által okozott károk egyre súlyosabbak, ezért a probléma megoldás jelentősége is egyre nagyobb. Számos szervezet ír ki design pályázatot ebben a témában és a kutatás részeként én is vizsgáltam ezt a területet, hogy a tervezők milyen módon közelítik meg a katasztrófák által okozott probléma megoldását. A kutatásban vizsgált konceptekből egy összefoglaló került be a disszertációba. Jól szemléltetve, hogy a design nem egy esetben teljesen rendhagyó módon közelíti meg ezt a problémát.

## Nemzetközi design konceptek katasztrófahelyzetre



1. ábra



2. ábra



3. ábra



4. ábra

Mentés során elhelyezhető, lebegő tájoló pont. (1. ábra)\_ Túlélő alagút, amivel a romok alól lehet menteni (2. ábra)

Túlélő készlet bajbajutott embereknek (3. ábra)\_ Felfújható tájékoztató pont veszélyhelyzetben (4. ábra)



5. ábra



6. ábra



7. ábra

Mentő kapszula (5. ábra)\_ Vízre leszálló mentő drón (6. ábra)\_ Ejtőernyőként ledobható shelter (7. ábra)



8. ábra



9. ábra



10. ábra



11. ábra

Beton vászon bunker, concrete canvas (8. ábra)\_ Árvízvédelmi panel (9. ábra)

Ejtőernyőként ledobható shelter (10. ábra)\_ Háton hordható-kinyitható orvosi asztal (11. ábra)

## Katasztrófák

A katasztrófa „olyan történés, amely számos ember életét vagy egészségét, a lakosság jelentős dologi értékeit, alapvető ellátását, avagy a környezetet veszélyezteti, vagy károsítja olyan mértékben, hogy elhárítására és leküzdésére hatóságok, intézmények és szervezetek együttműködése szükséges”<sup>3</sup>

A katasztrófa kifejezés meghatározása legalább annyira összetett kérdés, mint a különböző katasztrófák típus szerinti csoportosítása.

Magyar értelmező kéziszótár szerint a szó jelentése: Nagyarányú szerencsétlenség, (sors)csapás.

Wikipédia szerint: görög eredetű szó, jelentése: fordulat, megsemmisülés, csapás, megrázó hirtelen esemény, az emberi élet, az anyagi javak, természeti értékek pusztulása.<sup>4</sup>

Kérdem én mi is valójában a nagyarányú szerencsétlenség? Miért kell, hogy hirtelen történjen. Egy viszonylag lassan, a klímaváltozással kapcsolatban bekövetkező éhínség, ami országokat, nemzeteket érint, nem katasztrófa? Az ipari fejlődésnek köszönhetően megnövekedett légszennyezés által okozott egészségügyi probléma nem teremthet katasztrófális helyzetet?

A válasz egyértelmű. A legtöbb katasztrófa kifejezésre született meghatározás hiányos vagy idejétmúlt. Számos válasz közül én egyet emelnék ki, mert számomra ez áll legközelebb a valósághoz és az embert helyezi a középpontba.

Igazságügyi Minisztérium által 1995-ben készített katasztrófa definíciójának átfogó értelmezése: A katasztrófa nem más, mint az életet, az életfeltételeket, az anyagi javakat és a természeti környezetet súlyosan károsító vagy közvetlenül veszélyeztető elemi csapás, ipari szerencsétlenség, avagy más pusztító hatású természeti, illetve civilizációs eredetű rendkívüli esemény.<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> 1996. évi XXXVII. törvény a polgári védelemről 2§ (1) f. MK.

<sup>4</sup> <http://hu.wikipedia.org/wiki/Katasztr%C3%B3fa>

<sup>5</sup> Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem *Katasztrófavédelem* Egyetemi jegyzet Dr. Nagy Károly, egyetemi adjunktus, Dr. Halász László

A katasztrófa kifejezés meghatározása után áttérek a katasztrófa típusok csoportosításának lehetőségeire. A katasztrófák csoportosíthatók kialakulási és lefolyás időtartam, területi kiterjedés, érintett személyek száma, okozott anyagi kár nagysága, kiváltó ok típusa és egyéb kategóriák szerint. A legtöbb szervezet által választott irány, amit én is követek, a katasztrófát kiváltó ok, amiből két főcsoportot képeztem: természeti és civilizációs katasztrófák. Ezek mentén fogom ismertetni a katasztrófákat tulajdonságuk szerint és az általuk okozott sérülések alapján.

Számos irodalomban megtalálható csoportosítások között sok az átfedés és a hasonlóság, de az elméleti szintű kutatás külön említi az egyes katasztrófa típusokat, holott a legtöbb esetben a különböző típusok összeadódnak, összemosódnak. Ezért tartom a sérülés mértékének és milyenségének vizsgálatát legalább annyira fontosnak, mint magának a katasztrófának a tulajdonságát.

Nagyon sok esetben a természeti katasztrófák indítanak ipari katasztrófákat el és sajnos még nem is sejthetjük, hogy az emberiség által okozott ipari szennyezések milyen természeti katasztrófákat fognak beindítani a jövőben.

A megtörtént katasztrófák elemzése számos olyan problémára mutat rá, amely mentén a kutatás tovább vihető, de jelentős előrelépést az egyéb kutatási területektől kaptam.

Célok:

- az áldozatok számának csökkentése a design révén
- a mentés hatékonyságának növelése
- pszichés negatív hatások feltérképezése az áldozatoknál és a mentőegységeknél
- új szemlélet alkalmazása a mentésben, ami a katasztrófapszichológiára alapul



Különböző természeti erők hatására alakulnak ki. Ezekből némelyik előre jelezhető, míg számos természeti katasztrófa váratlanul következik be és ebből adódóan a megelőzése szinte lehetetlen.

Természeti katasztrófák:

Kozmikus:

- a világűrből érkező sugárzó anyagok (gammásugárzás)
- a föld ütközése más égitesttel (meteor, kisbolygó)

Geológiai:

- földrengés
- földcsuszamlás, hegyomlás
- vulkánkitörés

Meteorológiai:

- vihar / trópusi, helyi (árvíz)
- tornádó
- özvízszerű esőzés (árvíz)
- jégeső, havazás
- csapadékhiány (aszály)
- hőmérséklet jelentős emelkedése, csökkenése
- villámcsapás
- tűzvész (természetes keletkezés)

Biológiai:

- egyes állat- és növények túlszaporodása
- járványok, tömeges fertőzések

A természeti katasztrófák mellett vannak civilizációs katasztrófák, melyek minden esetben egy emberi cselekményhez köthetők. A károkozás lehet szándékos vagy gondatlanságból adódó.

Civilizációs katasztrófák:

Ipari:

- robbanás
- veszélyes anyagok kiáramlása
- radioaktív anyagok szabadba jutása

Közlekedési:

- közúti, vasúti, légi, vízi

Politikai:

- politikai válság, forradalom, háború
- terrorizmus
- nemzeti, faji, vallási ellentétek

Mezőgazdasági:

- erdőirtás, növényzetpusztítás
- kemizálás
- talajkiszáradás (aszály)

Gazdasági:

- szegénység
- bűnözés
- a nemzetgazdaság összeomlása

Környezeti:

- vízszennyezés, levegőszennyezés, talajszennyezés

A megvizsgált természeti katasztrófákat két csoportban rangsoroltam, érintettek és áldozatok alapján.

Érintett emberek száma alapján (sérülés ill. lakóhely elhagyás) 1900 – 2013 ig:

1. Árvíz (Ázsia 3,6 milliárd / Amerika 86 millió / Afrika 57 millió / Európa 13 millió)
2. Aszály (Ázsia 1,7 milliárd / Afrika 362 millió / Amerika 69 millió / Európa 15 millió)
3. Földrengés (Ázsia 129 millió / Amerika 33 millió / Európa 5.5 millió / Óceánia 600 ezer)
4. Extrém hideg (Ázsia 79 millió / Amerika 4.3 millió / Afrika 1 millió / Európa 900 ezer)
5. Extrém meleg (Európa 13 millió / Óceánia 4.6 millió)
6. Járvány (Európa 25 millió / Afrika 12 millió / Ázsia 7.5 millió / Amerika 6 millió)
7. Tűz (Ázsia 3.3 millió / Európa 1.3 millió / Amerika 1.2 millió)
8. Vulkán (Ázsia 3 millió / Amerika 1.4 millió / Afrika 500 ezer)
9. Cunami (Ázsia 2.8 millió)

Halálos áldozatok alapján:

1. Aszály (Ázsia 9.6 millió / Európa 1.2 millió / Afrika 800 ezer )
2. Árvíz (Ázsia 6.7 millió / Amerika 100 ezer / Afrika 25 ezer / Európa 8.5 ezer)
3. Járvány (Ázsia 6.5 millió / Európa 2.5 millió / Afrika 450 ezer)
4. Földrengés (Ázsia 1.5 millió / Amerika 440 ezer / Európa 276 ezer / Afrika 21 ezer)
5. Vihar (Ázsia 1.3 millió / Amerika 96 ezer)
5. Cunami (Ázsia 261 ezer / Óceánia 3 ezer / Európa 2 ezer)
6. Extrém meleg (Európa 133 ezer / Ázsia 11 ezer)
7. Vulkán (Amerika 67 ezer / Ázsia 21 ezer / Óceánia 3.6 ezer / Afrika 2.2 ezer)
8. Extrém hideg (Ázsia 8 ezer / Európa 4.6 ezer / Amerika 2.8 ezer)
9. Tűz (Amerika 1.5 ezer / Ázsia 758 / Óceánia 689 / Európa 675 / Afrika 256)

A kapott eredmény alapján elemeztem a különböző katasztrófa típusokat. Az érdekessége az általam végzett adatbázis összegzésnek, hogy számos szakirodalom, a nálam „első helyen”

végzett aszályt, nem sorolja a katasztrófák közé. A kutatás végén megtaláltam azt a katasztrófát, a jellemző sérülést és az adott helyszínt, ahol a legtöbb az esély a minél eredményesebb közbeavatkozásra és az emberéletek mentésére. A kutatás menete erősen az adatbázis eredményeire támaszkodik, ezért látható a halálos áldozatok alapján kialakult sorrend, a katasztrófák főbb jellemzőinek vizsgálatánál is.

## Aszály

Igen különbözik a többi katasztrófa típustól. Ha még emlékszünk az értelmező kéziszótár meghatározására, „hirtelen bekövetkező csapás” az aszályra ez a kifejezés nem igaz. Vannak olyan esetek, például Indiában, amikor a 8 éve fennálló aszály áldozatainak száma katasztrófális méreteket öltött, de elindulása pillanatában senki nem tudta, hogy egyáltalán veszélyhelyzetről van szó.

Olyan természeti jelenség, amely hőséggel és csapadék hiánnyal okozhat katasztrófa-helyzetet. Az aszály a többi negatív természeti jelenséggel összehasonlítva egy teljesen más jellegű természeti folyamat a véletlen kialakulásának köszönhetően nem lehet előre jelezni, ezért a közvetlen megelőzése viszonylag nehézkes.<sup>6</sup> Általában annak köszönhető, hogy a melegebb évszakokban nem jut elég pára a légkörbe és ezért nem hullik elég csapadék. Ennek folyamataként a termőföld kiszárad a növényzet kipusztult, ami súlyosan érinti az élővilágot, beleértve az embert is. A nagy szárazság el sivatagosodáshoz vezethet, nem megszokott helyeken is okozhat homokviharokat (egyre sűrűbb jelenség Pekingben). A szárazság és a meleg másik negatív velejárója a különböző véletlenül kialakuló tüzek, amik tovább rontják a mezőgazdaság esélyét az élelmiszer termelésben. Ez oda vezethet, (vezet) hogy súlyos aszály olyan éhínséget okozhat, ami több millió ember életét veszélyeztetheti, illetve kiolthatja.<sup>7</sup>

Ennél a katasztrófa típusnál, a többivel ellentétben, nem írtam sérülést vagy halálozás okot, mert az aszály egy hosszan tartó folyamat, ami élelmiszerhiányhoz, vízhiányhoz, homokviharokhoz és egyéb előre nem látható következményekhez vezethet. A legtöbb áldozata éhínségben hal meg. Az aszály elleni védekezés legjobb módja, ha a szárazság ellen öntözéssel védekezünk, de ez sajnos azért nem mindig járható, mert évekig elhúzódó aszály

---

<sup>6</sup> Robert E. Antosia *Handbook of Bioterrorism and Disaster Medicine* 2006 Springer

<sup>7</sup> Mathew Barlow, Heidi Cullen, Brad Lyon, and Olga Wilhelmi *Natural Disaster Hotspots Case Studies*  
The World Bank

következtében nincs elegendő víz az öntözésre. Megelőzés egyik módszere, ha van rá mód, akkor ki kell építeni a különböző térségek közötti vízátervezetést. Ezzel lehet biztosítani az egyenletesebb csapadékeloszlást, valamint létrehozni minél több vízvisszatartásra alkalmas területet.

A másik védekezési módszer az a mezőgazdaságból jól ismert talaj karbantartása szántással, lazítással, illetve helyi öntöző rendszerek alkalmazásával.

## Árvíz

Az árvíz általában folyók vízszintjének emelkedésével keletkezik. Hóolvadás, heves esőzés következtében a folyó felduzzad és kilép a medréből, majd elárasztja közvetlen környezetét. Szántóföldek, lakóterületek, városrészek kerülnek víz alá. A mai kor anyagai, mint a beton vagy a különböző útburkolati elemek tovább rontják a folyó által okozott katasztrófhelyzetet, mivel erősen gátolják a víz természetes felszívódását és ezzel növelik az elöntött területek mértékét.

Magyarországon a legnagyobb természeti eredetű veszélyt az árvíz jelenti. Magyarország lakosságának több mint fele olyan helyen él, ahol ki van téve az árvíz veszélyének minden évben. Közel hétszáz település a múltból ismert és dokumentált árvízszint alatt helyezkedik el. Ebből egyértelműen következik, hogy az árvizekre jellemző időszakban, Magyarországon igen nagy esély van egy természeti katasztrófa helyzet kialakulására. Termőföldek közel 30 százaléka, vasúti sínek 35 százaléka és a közutak közel 15 százaléka található ártéri területen.<sup>8</sup> Igen nagy mennyiségű csapadék szintén okozhat árvizeket messze a természetes folyóktól vagy tavaktól. Látási viszonyok romlásával és az útviszonyok ellehetetlenítéseivel belvíz (szinte árvíz) szerű állapotot eredményezhet. Az árvíz, mint bekövetkezésekor, mind fennállása alatt pusztító.

Kenya – El Nino (1997- 1998)

Kenya lakosságát 1998-ban árvízi jellegű katasztrófa sújtotta. A heves esőzéseknek köszönhetően a folyó soha nem látott magasságokat ért el. Az ország természeti

---

<sup>8</sup> Schweitzer Ferenc *Katasztrófák tanulságai\_stratégiai jellegű természetföldrajzi kutatások* MTA 2011

adottságaiból adódóan az aszály épp olyan nagy problémát okoz, mint az árvíz. Ebből következően nincsenek felkészülve a heves esőzésekre és a velejáró problémákra. Az eső maga a természeti csoda az aszály után. 1998-ban az eső mégis komoly problémát okozott, ami természeti katasztrófához vezetett. Az árvíz következtében szinte minden út járhatatlanná vált. A piacok megközelítése akadályba ütközött. Az orvosi ellátás szinte megszűnt. A folyamatos esőzés miatt a kisebb állatok elpusztultak és a termőföldeken termelt zöldség és gyümölcs nagy része megsemmisült.<sup>9</sup> Olyan társadalmaknál, mint a példában említett Kenya (illetve a fejlődő országok jelentős része) ahol a gazdaság igen nagy százaléka épül a mezőgazdaságra és a lakosság szinte önellátó, elképesztően súlyos következményekkel jár egy ilyen katasztrófa. Maga az árvíz közvetlenül nem követelt sok áldozatot, de hónapok alatt tönkre tette az életkörülményeket és közvetve hozzájárult sok ember halálához.

Az árvíz okozta halálos kimeneti sérülés általában fulladás. Az árvizek általában előre jelezhetőek, ebből következően a sérülések, illetve a halál oka szoros kapcsolatban van az információ hiánnyal és a tudatlansággal. Az áldozatok nem számolnak a hosszan tartó (akár hetekig-hónapokig elhúzódó) állapottal, nincsenek felkészülve az élelmiszer vagy ivóvíz hiányra és nem védekeznek a szennyezett víz által hordozott fertőzésekkel szemben. Nincsenek tisztába a kihülés veszélyével.<sup>10</sup>

A föld számos területén lehet számítani árvizek bekövetkezésére, de még ha előre is jelezhető, nagyon sokszor egy váratlan fordulat hatására következik be a katasztrófahelyzet. (például gátszakadás) Általában ez a körülmény sokszorosára fokozza a stressz állapotot. Még a jól úszóknál is megjelenik a fulladás haláltól való félelem. Az árvíz negatív velejárója, hogy egyszerre jelent veszélyt az emberi környezetre (ingatlan, állatállomány, termőföld) és magára az emberi életre ezért majdnem mindig a haláltól való félelem egy kilátástalansággal, reménytelenséggel párosul.<sup>11</sup>

---

<sup>9</sup> Hussein Gadain, Nicolas Bidault, Linda Stephen, Ben Watkins, Maxx Dilley, and Nancy Mutunga  
*Natural Disaster Hotspots Case Studies* The World Bank

<sup>10</sup> Robert E. Antosia *Handbook of Bioterrorism and Disaster Medicine* 2006 Springer

<sup>11</sup> Dr. Zellei Gábor *Katasztrófapszichológia\_ földrengés* CEDIT Kft.

## Földcsuszamlás

A földcsuszamlás önmagában nem szerepelt az általam felállított pusztító katasztrófa listán, de azért tartottam mégis fontosnak, hogy kifejezetten az árvíz kategória mellé bekerüljön, mert nagyon sok esetben egy heves esőzés vagy egy árvíz indítja el magát a földcsuszamlást, és mint statisztikai adat nem szerepel, de a mentés jellegét, illetve az áldozatok sérüléseit befolyásolja.<sup>12</sup>

Általában emberi beavatkozás vagy egyéb környezeti hatások miatt a talajon lévő növénytakaró elpusztul és ennek következtében a talaj rendkívül védtelenné válik a természeti erőkkel szemben, mint a víz vagy a szél. Az egyre gyengülő talaj szerkezete meglazul és egy ponton bekövetkezik a földcsuszamlás. A mozgás irányába mindent elpusztít. Az iszapos kővel és egyéb nagyobb sziklákkal kevert folyam sebessége akár a 100 km /h sebességet is elérheti, ami akár egész városokat képes elsodorni, illetve betemetni. Sérülések és halálesetek igen hasonlítanak a szökőárral, illetve a földrengéseknél tapasztalható sérülésekhez, annyi különbséggel, hogy itt az áldozatokat tonnányi iszap temeti maga alá, ami igen nehézkessé teszi a mentést.

## Földrengés

Az egyik legpusztítóbb természeti katasztrófa. Közelítő becslések szerint több mint 2 millió haláleset történt földrengés következtében a 20. században.<sup>13</sup> A földrengések általában tektonikus eredetűek, vagyis a földkéreg mozgásából, ütközéséből keletkeznek. Az ütközés pontjában egy nagy erőjű törés keletkezik, ami rezgést vagy szeizmikus hullámot hoz létre. Ez a felületi hullám halad a földfelszín felé és a felszínt elérve okozza a rengéseket. A tektonikus rengéseken kívül még létezik a vulkánok működésével kapcsolatos rengés és a beszakadás rengés. Az utóbbi két jelenség elenyésző mértékű a tektonikus rengéshez képest. A földrengések 90 százaléka tektonikus eredetű. Egy nagyobb rengést szinte minden esetben

---

<sup>12</sup> Donald Hyndman, David Hyndman *Natural Hazards and Disasters* Brooks/Cole 2011

<sup>13</sup> <http://www.fema.gov/hazards/earthquakes>  
<http://www.emdat.be>

követnek utóregések, amik hetekig, hónapokig is eltarthatnak. A földrengéseket igen nehéz előre jelezni ezért egy nagyobb földrengés nagymértékű emberéletet követelt.

Közvetlen a rengést megelőző pillanatokban, egyes embereknél és állatoknál általában különös viselkedés figyelhető meg. Ennek az oka, a jelenlegi tudományos kísérletek szerint, hogy a föld mélyén végbemenő folyamatok egy infrahang tartományba eső hangot hoznak létre, ami a fül számára hallhatatlan, de az élő szervezet érzékeli. Ez a percekig tartó rezgés akár súlyos következménnyel is lehet az elszenvetőjére. Sokkos állapotba kerülve, a rengés következtében ezen áldozatok szinte tehetetlenek.

Igen ritka esetben történik sérülés maga a rengés miatt. Általában a kisebb sérülésekért, törésekért a beltérben lévő tárgyak vagy a rengés pillanatában megkísérelt helyváltoztatás okolható. Halálozások oka majdnem mindig az, hogy épületek összeomlásával, áldozataikat maguk alá temetik. Beszorult áldozatok a fizikai nyomás miatt képtelenek a lélegzetvételre. Ha lélegezni tudnak, akkor a különböző végtagok beszorulása okoz súlyos következményt, illetve visszafordíthatatlan állapotot az elkövetkező 24.00-ban. Az izomszövetek ellenállóak a különböző fizikai igénybevételnek, de nagyon érzékenyek a nyomásra. Ez a nyomás viszonylag rövid idő alatt beindítja sejt bomlást. A földrengést túlélő emberek között igen nagy a pszichiátriai megbetegedések esélye. A katasztrófa után egy fajta személyiségváltozáson esnek keresztül. Az alvászavartól a rémálmokon át egészen a fóbiás stressz kialakulásáig szinte minden megtalálható ezeknél az áldozatoknál. A legnagyobb félelem, ami folyton gyötri őket, az élve eltemetve gondolata.<sup>14</sup>

## Hurikán, tájfun, tornádó, szökőár

Olyan helyen alakulnak ki ciklonok, ahol az óceán víz hőmérséklete legalább eléri a 26 Celsius fokot. A ciklon jellegzetességét, a tölcser alakot, a közepén felfelé tartó légáramlatok forgásba kezdve alakítják ki. Jellegzetes megjelenése egy felhőmentes és szélcsendes szemből és az e körül forgó vastag felhőzetből áll. A szemet körülvevő örvény szélessége akár a 300 km / h sebességet is meghaladhatja, ami miatt sorolhatjuk a trópusi ciklonokat a

---

<sup>14</sup> Dr. Zellei Gábor *Katasztrófapszichológia\_földrengés* CREDIT Kft.



katasztrófák közé. Kialakulása során rengeteg csapadékot vesz fel, majd a partközelségbe érve, a viharos széllel és áradással pusztít. A hurrikánok az amerikai partokat és a Karibi térséget ostromolják májustól szeptemberig, míg a tájfunok ezzel ellentétben, Ázsiában okoznak veszélyhelyzeteket.<sup>15</sup>

Trópusi ciklonokat erősségük szerint kategóriákba sorolják

1. szélesség 120-150 km / h
2. szélesség 151-176 km / h
3. szélesség 177-209 km / h
4. szélesség 210-248 km / h
5. szélesség > 248 km / h

A legmagasabb kategóriában, a ciklon nyomában szinte teljes pusztításra lehet számítani, a tengerszint akár a 18 méteres szintemelkedést is elérheti az érintett partszakaszon.

Végtagsérülések, zúzódások, horzsolások, törések nagy sebességgel szálló és becsapódó törmelék következtében. A legtöbb sérülés vérmérgezéssel is jár. Mint a legtöbb katasztrófánál, az el nem látott sebek elfertőződnek.

Tornádó az egyik legagresszívabb széllel kapcsolatos természeti jelenség, ami lakott területet érintve általában katasztrófa helyzetet eredményez. Jellegét tekintve hasonlít a trópusi ciklonhoz, de jóval kisebb. Míg a ciklon az óceánok felett keletkezik, addig a tornádók a szárazföld belsőjében jönnek létre. A másik nagy különbség a ciklonokkal szemben az, hogy tornádókat jóval nehezebb előre jelezni. A kisebb mérethez nagyobb szélesség párosul. Egy pusztító tornádó sebessége akár elérheti a 450 km / h is. Az Egyesült Államokban közel 800 tornádó éri el a földfelszínt évente és okoz komoly károkat.

A legtöbb sérülést a gyorsan szálló és becsapódó törmelék okozza. Végtagokon és a különböző testrészekben található zúzódások, törések, horzsolások igen gyakoriak. Általában a súlyos fejsérülések, a gerinctörések és súlyos mellkasi sérülések okozzák a halálozást.

---

<sup>15</sup> Donald Hyndman, David Hyndman *Natural Hazards and Disasters* Brooks/Cole 2011

A világ számos part menti településén élő embereket tartja a szökőár, mint lehetséges katasztrófa veszélyhelyzet rettegésben. A szökőárak 90 százalékának fő okozója valamilyen tenger alatti földrengés. Viszonylag előre jelezhető a jelenség, de a megelőzés vagy figyelmeztetés a fejlődő országokban ennek ellenére komoly gondokat okoz. Általában a szökőár híre előbb eljut a világhálón vagy a különböző médiákon keresztül szinte minden nyugati országban, mielőtt arról a part mentén élő érintett lakosok tudomást szereznének. A földrengés következtében kialakult hullán sebessége a nyílt vízen megközelítheti az 500 km / h. Ez a nagy sebességgel mozgó víztömeg a partot érve tizedére lassulva is szinte mindent magával visz, elsodor. A folyamatosan mozgó víz és törmelék áldozatait szinte bedarálva vonszolja. Ebben a katasztrófában érintett áldozatok 50-80 százalékban életüket veszítik. A halálozás fő oka fulladás. Túlélőknél jelentős a végtagsérülés, törés, zúzódás. A mentés elhúzódása következtében igen jelentős a nap által okozott égés és kiszáradás.

## Vulkánok

Az általános jellemzésben a vulkánokkal zárom a sort. Igaz, hogy az adatbázisból készített összegzés alapján, a lista végén szerepelnek, de a jelenleg nem aktív vulkánok igen nagy veszélyt jelentenek az emberiség részére. A vulkáni tevékenység a földfelszín kialakulása és tovább alakulása szempontjából igen meghatározó jelenség. A Föld közel 80 százalékát valamilyen vulkanikus jelenség hozta létre. A vulkánok által kibocsátott gázok szerepe igen jelentős volt a föld légkörének kialakulásában. A katasztrófális vulkánkitörések száma napjainkban nem számottevő és jóval pontosabban előre jelezhető, mint a többi katasztrófa, de ez nem jelenti azt, hogy egy szuper vulkán nem veszélyezteti a földi életet.

## Extrém hőmérséklet hatásai az emberi szervezetre

A téli időszakban hirtelen jött hideg és a nagy mennyiségű csapadék fennakadást okozhat a közlekedésben és településeket zárhat el a külvilágtól. Megbénítva ezzel az áruszállítást, élelmiszer-ellátást és ezzel okozva veszélyhelyzetet. Egyes esetekben a hó és jég súlya alatt megrongálódnak épületek és egyéb létesítmények. A tartós hidegnek kitett végtagok fagyási

sérülés veszélynek vannak kitéve. Ilyen az orr, a fül, a kéz és a láb. Ez igen hasonló az égési sérüléshez. Kívülről befelé elhalnak az élő szövetek majd az elhalást követően bomlásnak indulnak úgy, hogy a még élő szövetekre fertőzésveszélyt jelentenek. Ez a folyamat nem visszafordítható és egyedüli védekezés az elhalt rész eltávolítása. A hideg másik nem elhanyagolható káros hatása a hypotermia. Akkor következik be, ha az emberi testhőmérséklet 35 Celsius fok alá csökken és tartósan abban az állapotban marad. A hidegrázás megszűnésével a test nem képes hőmérsékletét megtartani és hallucináció kíséretében az áldozat rövid időn belül meghal. Hidegvízben tartózkodva hypothermiás állapot viszonylag hamar be tud következni. (percek alatt)

hypothermiás szintek a hőmérséklet szerint a következők:

- enyhe 32-35 Celsius
- közepes 29-31 Celsius
- súlyos 26-28 Celsius

Ez alatti testhőmérsékletnél a halál beállta nagy eséllyel bekövetkezik.

A tűz, mint jelenség, nem, mint katasztrófa típus van a vizsgált katasztrófák között. Statisztikák alapján a természetben előforduló tüzek nem olyan jelentős hatásúak, a többi katasztrófához képest, de mivel számos más katasztrófa velejárója a tűz ezért fontos számba venni az alapvető tulajdonságokat és a tűz által okozott sérüléseket. A tűz egy olyan összetett kémiai folyamat, ahol különböző éghető anyagok a gyulladási hőmérsékleten reakcióba lépnek az oxigénnel, majd fény, hang és hő formájában nagy mennyiségű energiát szabadít fel. Számos természeti és mesterséges katasztrófa velejárója. Az égés egy öngerjesztő folyamat, ami emberi beavatkozás nélkül katasztrófális méreteket ölthet. Legnagyobb károkat okozó tüzek az erdőtüzek. Igen sok esetben egy erdőtűz nemcsak a természetet, de az emberi környezet is veszélyezteti. Az erdőtüzek legtöbbször villámlás által keletkeznek, százalékosan ezt követi az ember által okozott tűz, majd a listát zárja az aktív vulkánok által kibocsátott forró lávafolyam által elindított erdőtűz.

Az emberek általában nincsenek tisztába a tűz terjedési sebességével se a gyors irányváltoztatási képességgel. A legtöbb haláleset és sérülés a rosszul felmért terepviszonyok

miatt következik be, mert nagyon sok esetben a tűz lezár minden menekülési útvonalat úgy, hogy közben elhasználja a környezet összes oxigénjét. Első és egyértelmű sérülés, amikor az emberi test közvetlenül érintkezik a lánggal és a nagy hő miatt megég. Az égési sérülésnek négy elkülönített fázisa van. Az első a hámsérülés, a második a hólyagképződéssel járó égés, a harmadik a bőr részleges elhalása, a negyedik a bőr teljes elhalása minden rétegben. A bőrfelszín 70 %-os megégése általában olyan súlyos égésnek számít, hogy túlnyomórész az áldozat nem képes az életben maradásra.<sup>16</sup>

Nem kell feltétlenül érintkeznünk a tűzzel ahhoz, hogy komoly sérülést szerezzünk. Zavarodott tudat állapotban, pánik reakció következtében, az ember képes forró gázokat belélegezni, ami égési sérüléseket okozhat az alsó és felső légutakon. Ez a folyamat azonnal elzárja a légutakat, ami percekben belül eszméletvesztéssel és halállal jár együtt. A hideg füst belélegzése is komoly veszéllyel jár, mivel igen sok mérgező anyagot tartalmaz. Mint például: szén-monoxid, kén-dioxid, szén-dioxid, szilícium-dioxid, egyéb. E gázok belélegzése még kis mennyiségben is komoly és maradandó károkat okozhat a tüdőben. A megtörtént katasztrófák adatai összegzéséből az derült ki, hogy a tűz, mint katasztrófa igen hátul van a listán, de ez nem jelenti azt, hogy a mentés kapcsán nem kell figyelembe venni a tűz által okozott sérüléseket. Sajnos igen nagy százalékban végződnek különböző katasztrófák tűzzel, úgy hogy a bejegyzett statisztikai adatban a tűz, mint jelenség, nem szerepel.

## Járványok

Nagy elterjedésű fertőző betegség. Ember-ember, állat-ember kapcsolata révén keletkezik, terjed. Önmagában is képes katasztrófa helyzetet teremteni, de a legtöbb katasztrófa „mellékterméke”. Elsősorban a nyílt sérülések elfertőződése és a higiénia hiánya miatt alakul ki és kezd el terjedni. Ismertebb járványok a mai napig:

Kolera: Ázsiában és Indiában honos fertőzés. Egyszerű, rendszeres tisztálkodással igen nagy százalékban megelőzhető.

Ebola: Afrikában van jelen. Tünetei bél és tüdővérzéssel járnak. Közvetlen érintkezéssel terjed és a halálozási arány igen magas.

---

<sup>16</sup> Dr. Major László *A katasztrófa felszámolás egészségügyi alapjai* Semmelweis Kiadó 2010

Influenza: Tünetei egy általános rosszullét. Cseppfertőzéssel terjed, több típusa létezik.

Pestis: Akut bakteriális fertőzés. Kórokozója rágcsálok, által terjed.

Covid 19: Cseppfertőzéssel terjed. A dolgozat írásakor világjárványként van jelen.

A fertőzés közvetlen érintés útján terjed a leggyorsabban, amikor a kórokozó, hordozó közeg segítségével nélkül jut az emberi szervezetbe. (pl. érintés, szexuális kapcsolat, állat általi harapás stb.)

Közvetett terjedési módok:

- cseppfertőzés: levegő segítségével a légutakon keresztül jut az emberi szervezetbe.
- folyadék által terjesztett fertőzés: különböző bélfertőzések terjednek így, folyadék, mint ivóvíz bevitellel.
- élelmiszer által terjesztett fertőzés: a termelés, előállítás, elkészítés és tálalás által terjednek.
- tárgyak vagy eszközök segítségével terjedő fertőzések. Ez igen hasonlít a közvetett érintéssel terjedő fertőzési módokhoz. Az eszköz használatával kapcsolatos a terjedési folyamat.
- talaj által közvetített: folyadék, illetve nyers élelmiszer-fogyasztás a szennyezett talajból
- rágcsálok és különböző rovarok által okozott fertőzések: közvetlen csípés vagy harapással, vagy az élelmiszer és a rágcsáló érintkezésével kapcsolatos a terjedés.

Általában egy katasztrófa sújtotta területen szinte minden körülmény ideális egy fertőzés kialakulására és gyors terjedésére. A higiéniai körülmények nem megoldottak. Jellemző a túlszűfolttság, éhínség, védőoltás hiány stb.

A kutatás első szakasza arra irányult, hogy minél átfogóbb képek kapjanak a természeti katasztrófákat illetően. Kiválasztani azt a jelenséget, napszakot, katasztrófa típust vagy mentéssel kapcsolatos összefüggéseket, amelyek mentén szűkíthető a tervezési irány. Céлом

a kutatás egészével, hogy egy olyan területet találjak, amely által okozott problémára a legeredményesebb választ tudjak adni, mint tervező és ezzel hozzájáruljak az egyre nagyobb károkat okozó katasztrófák problémáinak enyhítéséhez. Ahogy azt a harmadik tézisnél is megfogalmaztam, a katasztrófák által okozott problémák feltárásának segítségével a design számos területre kínálhat innovatív megoldást, amivel enyhíthető a katasztrófák negatív hatása.

## Mentés

A mentés bemutatását a kárterület ismertetésével kell kezdeni. A kárterület az a körzet, ahol a fizikai, radiológiai, vegyi és egyéb negatív hatások figyelhetők meg. Itt a legnagyobb a romboló, károsító hatás mértéke. A mentőcsapatok és szervezetek a kárterülettel kerülnek elsőként kapcsolatba. Jellemzően itt található a legtöbb sérült vagy halott. Ebből adódóan itt ér mindenkit a legerősebb pszichés hatás. A nemzetközi és hazai megtörtént katasztrófák elemzése során sikerült összegyűjteni azokat a fogalmakat, amik a katasztrófa típusától függetlenül a kárterületre túlnyomórészt jellemzők:

- súlyos haldokló (mentés szempontjából menthetetlen) sérültek látványa
- nem megszokott hangok, fények, szagok
- rendhagyóan (látszólag zavarodottan) viselkedő emberek
- jellemzője a kaotikus helyzet
- szinte mindenkinél látható a tudatos cselekvés hiánya (az első fázisban)
- több veszélyforrás együttes veszélye (a mentőegységeknek is)
- emberi és anyagi javak nagy méretű veszteségének jelei
- teljesíthetetlennek tűnő feladat a mentőegységek részére
- veszélyes és zavarodott állapotok

A kárterület folyamatos veszélyforrás a mentőegységekben résztvevők számára. Az eszközök és szaktudás hiányossága miatt egy folyamatos zavarodottság jellemzi, mint a mentendő, mint a mentő egységekbe résztvevő embereket. Állandó az időhiány, sokkal több a segítségre szoruló egyén, mint a mentő szervezetek kapacitása, s ebből adódóan a mentések

velejárója a mentésből adódó csalódottság érzet. Igen sok mentendő személy a mentés közben hal meg. Veszélyhelyzet vagy katasztrófa esetén a hivatásos mentőerők, (a rendőrök, tűzoltók, mentőszolgálatok,) feladata a lakosság életének és anyagi javainak mentése. Ezen kívül a környezeti károk tovább terjedésének megakadályozása és a kárterület problémáinak felszámolása. Az 1999. évi LXXIV. Törvény 1. paragrafusában szerint a katasztrófák megelőzése és az ellenük való védekezés – a közértelemben használt katasztrófavédelem – nemzeti ügy, ennek a védekezésnek az egységes irányítása a jogszabály szerint állami feladat.

### Mentés szakaszai:

- azonnali kárfelmérés (egészségügyi, műszaki, vegyi stb.)
- károk mértékének meghatározása
- mentési tervkészítés (mentőcsapatok megszervezése, útvonal biztosítása stb.)
- sérültek mentése, áldozatok gyűjtése
- környezeti károk tovább terjedésének megakadályozása
- hajléktalanná vált lakosság életfeltételeinek biztosítása
- műszaki helyreállítás megkezdése
- járványügyi intézkedések
- anyagi javak mentése<sup>17</sup>

A kárterületre jellemző negatív tulajdonságok nem csak az áldozatokra, hanem a mentésben résztvevő hivatásos állomány tagjaira is pszichés hatással vannak, ami akár befolyásolhatja a mentésben teljesített munka kimenetelét is. A mentőegységben dolgozó személyek gyakran szembesülnek azzal a ténnyel, hogy minden erőfeszítés ellenére, a mentendő személy életét veszti. Ennek több oka lehet, mint a sérülés súlyossága, a rendelkezésre álló idő vagy eszköz hiánya stb. Ezt igen sokan, a hivatásos mentőalakulatok közül is, kudarcként élik meg, ami

---

<sup>17</sup> Dr. Major László *A katasztrófa felszámolás egészségügyi alapjai* Semmelweis Kiadó 2010

többszörös átélés után pszichés problémákhoz vezethet.<sup>18</sup> A kutatás rámutatott arra a tényre, hogy nem elég csak és kizárólag az áldozatokkal foglalkoznom, mert a mentésben szerepet betöltő személyek munkájának megismerése és megkönnyítése aktívan hozzá tud járulni a mentés sikeréhez. Az elméleti kutatást a gyakorlati (terep munka, interjú) kutatás közelebb vitte ahhoz, hogy tisztább képet kapjak a katasztrófamentésről.

Közvetlen a katasztrófa bekövetkezése után az első segítségnyújtókat nagy százalékban önkéntesek teszik ki. Az önkéntes szervezetek jelentős szerepet töltenek be a műszaki mentés előkészítésében és a helyreállítási fázisban.<sup>19</sup> Azonban az első segítséget nyújtók legtöbb esetben nem képzett szakemberek, hanem azok az áldozatok, akik cselekvés képesek maradtak nagymértékű sérülésük hiányában. Professzionálisan képzett szakemberek, mint például tűzoltók, sürgősségi orvosok és más mentő szervezetek dolgozói vagy katonák, minden esetben magát a katasztrófát el nem szenvedve érkeznek a helyszínre. A helyszínre érkező csapatok mentési technikája jól begyakorolt rutinra alapul, de a rideg valóság minden alkalommal hatással van a mentő alakulatokban résztvevőkre. Ezek a személyek éppúgy ki vannak téve a PTSD (poszt traumás stressz szindróma) kialakulásának veszélyének, mint maguk az áldozatok.<sup>20</sup> Az áldozat életében általában egyszer következik be olyan borzalom, amivel a mentésben résztvevők többször is találkozhatnak karrierjük során. Folyamatos gyakorlatozással, szerepjárással próbálják a rutint megszerezni felkészülésük során, azonban ennek ellenére a valóságban szinte mindenki úgy él meg egy új katasztrófamentést mintha abban az első alkalommal venne részt. A trauma mély nyomokat hagy mindenkiben.

Tervezőként az általam kitűzött cél az, hogy tudásommal hozzájáruljak a mentésben résztvevő emberek eredményesebb munkavégzéséhez. Formatervezőként a segítségnyújtás során alkalmazott eszközök tökéletesítésével hozzájárulhatok a mentés eredményesebbé tételéhez.

Különböző mentőcsapatok (hadsereg, katasztrófa védelem, önkéntes szervezetek stb.) fellépése, stílusa és reakciója eltérő egy adott katasztrófa helyzetre annak ellenére, hogy a katasztrófával sújtott áldozatok problémái, szükségletei, pszichés igényei megközelítőleg

---

<sup>18</sup> Dr. Zellei Gábor *Katasztrófapszichológia\_földrengés* CEDIT Kft.

<sup>19</sup> William I. Dorfman, *FIRST RESPONDER'S GUIDE TO ABNORMAL PSYCHOLOGY*, 2007 Springer Science

<sup>20</sup> Mary Beth Williams, PhD, LCSW, CTS, Soili Poijula, PhD, *The PTSD workbook*, 2011, published by HarperCollins Publishers.



azonosak minden katasztrófa után.<sup>21</sup> Válsághelyzetben az érintettek időérzékelése összezavarodik. Az áldozatokra jellemző, hogy szinte kívülállóként szemlélik az eseményeket. A mentés elsődleges feladata a gyors beavatkozás, sürgősségi ellátás és a pánik megelőzése. Meglehetősen fontos a gyors segítségnyújtás életmentő szerepe miatt, azonban minden esetben felmerülnek mentális-pszichés szükségletek, melyek azonnali kezelésére általában nincs elegendő kapacitás katasztrófák sújtotta övezetekben. Ennek ellenére nem elhanyagolhatók a pszichés kezelés iránti szükségletek, mivel ezek jelentős hatást gyakorolnak az áldozatok hosszú távú mentálhigiénés jólétére. Fontossági szempontból még hátrébb sorolt, sőt gyakran elhanyagolt, azonban elengedhetetlen az áldozatok rövid távú pszichés állapotának megőrzésében az áldozatok felé történő kommunikáció a katasztrófa jelenlegi állapotáról, a mentőalakulatok következő napi terveiről, várható eseményekről és ütemezéséről. Valóságban az ilyen jellegű kommunikáció azonban, elsősorban a mentés korai szakaszában különösen fontos, mivel az áldozatokban az ilyen jellegű információ hiánya pánikreakciót is indukálhat.

## Mentőegységek eszköz igényei

A mentés eredményességéhez elengedhetetlen a megfelelő szakképzettség és a mentést elősegítő eszköztár. Teljes mentőcsoport minimum öt alcsoportból kell, hogy álljon, amit egyeztetett munkával egymást támogatva is segítve hajtják végre a mentést. A kutatásomat az USAR (Urban search and rescue response system) eszköz igényére alapozva készítettem el.<sup>22</sup> A dolgozatban szereplő eszköz igények százalékos aránya a teljes költségre értendő 60 fős létszámnál. Egy ilyen mentőegység képes a teljes önállóságra legalább 72 órán keresztül, napi 24 órás működés mellett 10 napon át. A kutatásból kiderült, hogy a személyes felszerelés, ami mindenki számára elengedhetetlen a teljes költség közel 1/5-ét alkotja. A teljes mentőszervezet négy mentőosztatot tartalmaz, melyből mindegyik külön tiszttel és öt mentési szakemberre van ellátva. A mentő osztatok így képesek 12 órás váltott műszakban

---

<sup>21</sup> Mathew Barlow, Heidi Cullen, Brad Lyon, and Olga Wilhelmi *Natural Disaster Hotspots Case Studies* The World Bank

<sup>22</sup> [http://www.wolfpackgear.com/uploads/FRM\\_07\\_07\\_USAR\\_Gear.pdf](http://www.wolfpackgear.com/uploads/FRM_07_07_USAR_Gear.pdf)

folyamatosan menteni. Az eszközöket mindig a mentés jellegétől függően válogatják össze. Elsődleges szempont a méret és az eszköz súlya.

#### Általános eszközök

pneumatikus eszközök	6%
elektromos eszközök	1,30%
hidraulikus eszközök	4%
üzemanyag hajtású eszközök	0,80%
egyéb hajtású eszközök	0,50%
kézi szerszámok	0,80%
elektromos eszköz kiegészítők	0,50%
emeléssel kapcsolatos eszközök	0,30%
technikai kötelek	0,80%
biztonsági eszközök	4%
teljes százalék:	19%

A felszerelések az orvosi berendezéseken és egyéb eszközökön alapulnak, melyekkel az áldozatokat és a mentő egységek embereit kezelik szükség szerint. Egy orvosi alcsoport felszerelése és létszáma megközelítőleg 10 kritikus, 15 mérsékelten és 25 könnyebben sérült áldozat ellátására elegendő. Minden orvosi berendezésnek rendelkeznie kell könnyű, hordozható áramforrással.

#### Műszaki mentőcsapatok

A műszaki mentőcsapat műszaki berendezéssel támogatja a mentés folyamatát és a műszaki keresést. Minden műszaki eszköznek képesnek kell lenni az akkumulátoros működésre, újratölthető Ni-Cad akkumulátorral vagy megfelelő mennyiségű eldobható elemmel. Műszaki csoport eszközeinek kompatibilisnek kell lennie a menedzsment a kommunikáció a logisztika és az orvosi munkacsoport számítógépes rendszerével.

építő egység	0,80%
műszaki információs eszközök	0,20%
veszélyes anyaggal foglalkozó egység	3%
kereső / felderítő egység	6%
kereső / felderítő szállás egyéb	0,10%
teljes százalék	10,10%

### Kommunikációs csoport

Ez a csoport felelős a teljes kommunikációért a mentés időtartama alatt. Feladatuk továbbá a helyi erők és az állami, kormányzati kommunikáció fenntartása, rádiófrekvenciás kommunikáció kiépítése, üzemeltetése és karbantartása.

hordozható rádiózás eszközei	9%
telekommunikációs eszközök	7%
szereleési eszközök	0,30%
számítástechnikai eszközök	1,50%
teljes százalék	18%

### Logisztikai csoport

Táplálkozással, szállással, személyi védelemmel és más hasonló igények kielégítésére szerveződik és jár el a teljes mentés ideje alatt. A csoport feladatai közé tartozik a teljes mentőalakulat számára szükséges egyéni (alcsoporttól független) eszközök szállítása és rendelkezésre állása, valamint a teljes alakulat minimum 72 órán át tartó, önálló működésének biztosítása.

szállítás / raktározás	
víz / folyadék	0,30%
étel	0,50%
ideiglenes szállás	5%

tisztálkodás	0,80%
biztonsági eszközök	2%
teljes százalék	8,60%

## Egyéni eszközök

Egyéni eszközök alatt azokat az eszközöket értjük, melyeket minden egyes, a mentésben részt vevő katasztrófa elhárító rendelkezésére bocsájtanak, függetlenül attól, hogy melyik alcsoportba tartozik. Ezek az eszközök a következők: sapka, csizma, elem, lámpa (akkumulátor + izzó), hallásvédő fül dugó, védősisak, védősisak-lámpa, kombinált kés, bőrkesztyű, ajakbalzsam, esőruha, biztonsági szemüveg és tok, egység nadrág, póló, ing, egység overál, egység kabát, gyapjú sapka, vízálló kesztyű, rövidnadrág, pulóver, hideg időre kabát, fehérenemű, zokni, rövid ujjú ing, higiénias szett, személyi szerszámok tokban.

személyes eszközök (60 fő)	12%
adminisztrációs egység	0,60%
szállítással kapcsolatos eszközök	22%
általános karbantartás	0,30%

## Katasztrófa orvostan

A katasztrófa orvostan az orvostudomány viszonylag új területe. Megjelenése a katasztrófák nagyszámú pusztító hatásának köszönhető. 1970-1990 között a természeti és civilizációs katasztrófák száma és velük együtt az áldozatok száma szinte megduplázódott.<sup>23</sup>

Ahogy a múlt században a számos háborús helyzetnek köszönhetően kialakult a katonakorvostan (egyre nagyobb számban megjelenő sérültek egy időben), úgy lett egyre nagyobb szükség katasztrófában, egyszerre, nagy számban megsérült emberek azonos idejű ellátására. A katasztrófákban megsérült emberek ellátásának körülménye igen hasonlít a

<sup>23</sup> Keith Smith and David N. Petley *ENVIRONMENTAL HAZARDS* Taylor & Francis, 2008

háborús sérültek ellátásának elvi modelljéhez. A rendelkezésre álló idő, eszköz, és szakértelem aránytalanul kevés, a katasztrófában megsérült emberek számához képest.

„a katasztrófa orvostan multidiszciplináris, az orvostudomány valamennyi ágának eredményeit felhasználva a katasztrófák egészségügyi következményeinek felszámolásával foglalkozik.”<sup>24</sup>

Sajnos a háborúk alatt szerzett katonatorvosi tapasztalatok azt bizonyították, hogy (idő, eszköz, szakértelem) valamennyi sérült ellátása nem lehetséges, ezért született meg a „kompromisszumos medicina” fogalma, ami használatos a katasztrófa helyzet során is. Csak és kizárólag a megmenthetőnek ítélt esetekre koncentrálnak a katasztrófaorvosok és a súlyos eseteket kizárólag tüneti kezelésben részesítik. A betegek ellátásának kiválasztási módszerét „Triage” szemléletnek nevezik. Sokban hasonlít ez a kiválasztási folyamat a hagyományos értelemben vett sürgősségi ellátással, csak a katasztrófa helyszínén a súlyos sérülteket nem kezelik tovább. (általában ez 20%)

Nyugati országok többsége szerint az orvosi ellátási kapacitásuk még katasztrófa helyzetben is elegendő, ezért általában nem kerül sor a Triage<sup>25</sup> módszer alkalmazására, de ahol a legtöbb katasztrófa szedi áldozatát (a fejlődő országokban) ott ez a módszer általánosított a mentések folyamán. A százalékok megközelítő adatok, néha az osztályozásnál a „piros” színnel jelzett kategória, két színre van osztva, sárga és piros. Ez azt jelenti, hogy a beavatkozásra várók sürgősségi sorrendben három kategóriára vannak osztva és a szerint kerülnek ellátásra.

### Egészségügyi osztályozás katasztrófa mentés során

Katasztrófa bekövetkezésekor a mentés során soha nem áll annyi eszköz vagy orvosi szaktudás rendelkezésre, amire valójában szükség lenne ezért az életmentés egyik velejárója a gyors döntés hozatal az egészségügyi ellátásban. Annak érdekében, hogy megkönnyítsék a katasztrófában résztvevő mentőegységek, orvosok munkáját, egy Triage nevű döntési eljárást alkalmaznak a sérültek szelektálásánál. A szó francia eredetű jelentése az alma piacra

---

<sup>24</sup> Dr. Major László *A katasztrófa felszámolás egészségügyi alapjai* Semmelweis Kiadó 2010  
6.4. A katasztrófa-orvostan szakterületei

<sup>25</sup> katonatorvossal készített riport alapján (személyes elbeszélgetés)

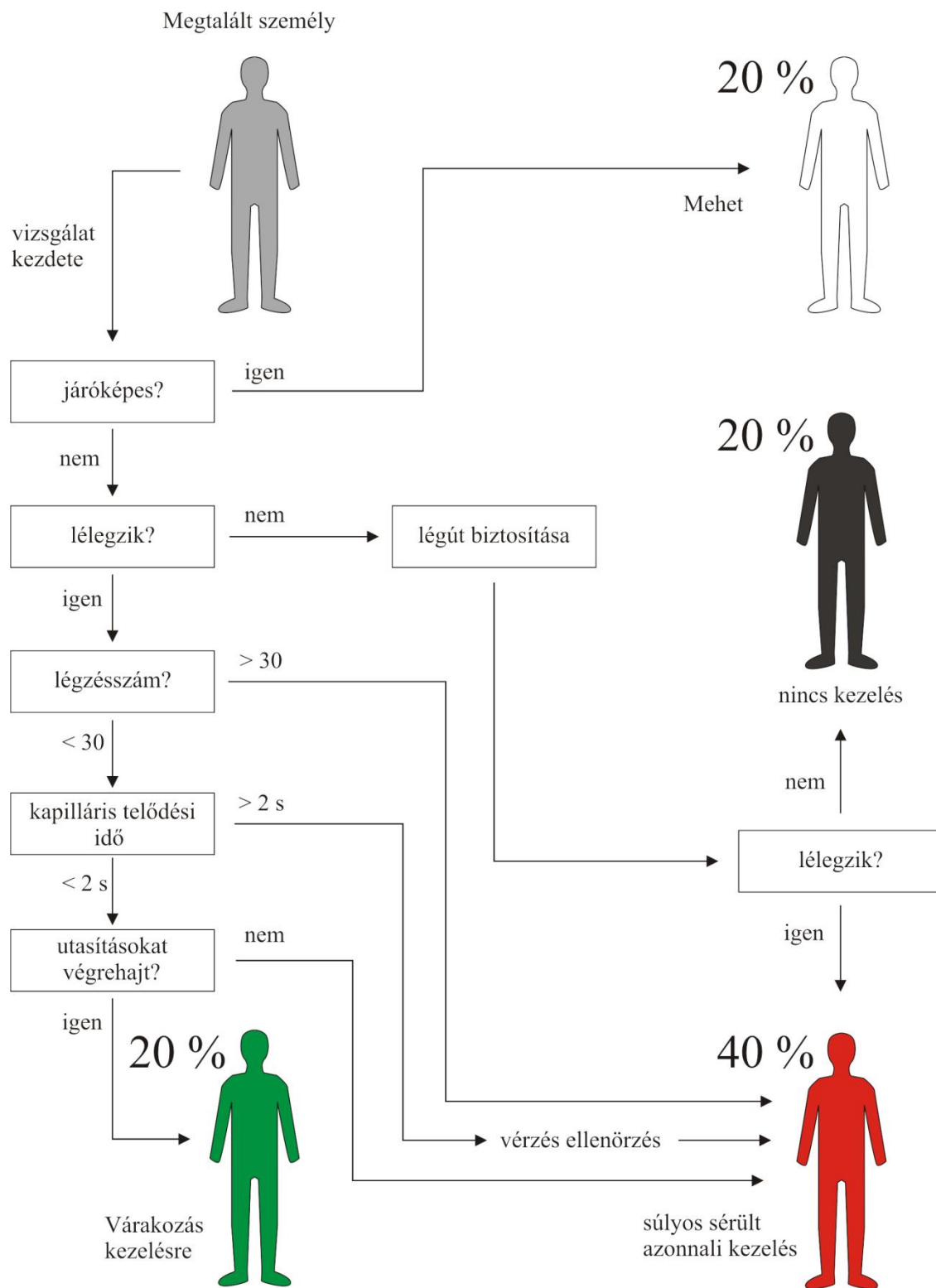
kerülése előtti válogatásra utal. Az almákat a szerint csoportosították, hogy mennyire volt sérült (fonnyadt). A rendszert Napóleon katona orvosa alkalmazta először sérültek osztályozására.<sup>26</sup> A katonai orvostanból terjedt el számos területen, mint például a sürgősségi baleseti eljárás vagy a katasztrófa mentés. A Triage rendszer egyfajta gyors osztályozási, állapot felmérési rendszer a sérülés mértékéről, mely figyelem beveszi, hogy milyen technikai felszerelés, kapacitás és szaktudás áll rendelkezésre. Bekövetkezett katasztrófa utáni mentésnél ezek a módszerek nagyban eltérnek a sürgősségi ellátástól mivel az áldozatok száma jóval magasabb és a rendelkezésre álló eszköz, kapacitás és szaktudás jóval kevesebb. Katasztrófában sérült emberek mentésénél több rendszert használnak, melyek alapja megegyezik. Ezek a módszerek többnyire szimulált forgatókönyvekre épülnek. Ugyan léteznek bekövetkezett katasztrófákról és azok során végrehajtott mentésekről jegyzőkönyvek, de nincs szilárd bizonyíték a Triage módszer eredményességét illetően: a véletlenszerű vagy az érkezési sorrendben való ellátási módszerrel szemben egyáltalán nem egyértelmű a Triage módszer nagyobb hatékonysága vagy eredményessége. Számos rendszert használnak a világban a mentések során, azonban néhány alaptézisben ezek megegyeznek. Az első ilyen az, hogy amennyiben egy beteg mozgásképes, akkor az adott beteget zöld jelzéssel látják el és elküldik a helyszínről. Ez nem jelenti azt, hogy a hétköznapi értelemben vett sérülése nem súlyos, de abban a helyzetben, ha képes járni, akkor képes várni is a sérülése ellátására.

A következő osztályozási kategória, ami szintén minden rendszerben megtalálható az a „menthetetlen” besorolás. Ezt általában fekete színű szalaggal vagy "várakozás" felirattal jelölik. A zöld és fekete kategóriákon kívül a többi sérültet a sérülés mértékétől függően osztályozzák. Ismertebb rendszerek: START, Homebush, Careflight, Sacco, Salt, Katonai/NATO triage valamint a Jump start.

---

<sup>26</sup> Dan Hanfling, Bruce M. Altevogt, Kristin Viswanathan, and Lawrence O. Gostin, *Crisis Standards of Care*, 2012 by the National Academy of Sciences.

## Triage módszer:



## Start

Ez a módszer egy gyors és egyszerű kezelésem alapul. Az osztályozási rendszernek járóképes sérülteket is alkalmaznak a mentésben egyszerűbb feladatokra (pl. légutak tisztítására). Ebben az esetben képzetlen emberek is részt vesznek az életmentésben.<sup>27</sup> A rendszer alapja egy kód jelosztályozás. Zölddel jelölik meg a járó képes sérülteket, pirossal a súlyos, feketével pedig a menthetetlen áldozatokat. Ezt a módszert alkalmazták számos ismert terrorista támadás után, mint például a World Trade Center elleni támadásnál, illetve az Oklahoma Cityben történt robbantás utáni mentésnél. Pontos dokumentált feljegyzés nem található a módszer eredményességéről.

## Homebush Triage

Ausztráliában fejlesztett rendszer, ami egy másodlagos értékelést tartalmaz a menthetetlen kategórián belül az többi elterjedt rendszerrel ellentétben. A rendszerben a plusz kategória a "haldokló", melyet fehér színnel jelölnek. Lényege az, hogy a haldoklókat elkülönítik a halottaktól (feketével jelölt kategóriától), tiszteletben tartva a haldokló utolsó perceit. Vannak olyan rendszerek melyekben a menthetetlen kategóriába (fekete szín) beletartozik éppúgy a haldokló, mint az elhunyt áldozat. E két osztályozás mellett megtalálható még a zöld kategória, ami a járóképes, valamint a piros, ami a sürgősségi ellátásra szoruló áldozatot jelöli. Homebush osztályozási rendszert használtak több esetben az indonéz szigetvilágban elkövetett robbantásos merényletsorozatok mentésénél, de arról nincs információ, hogy ez a módszer mennyire volt eredményes más módszerekkel szemben.

## Careflight Triage

Ausztrál rendszer, mely hasonló a start rendszerhez. Légzés, tudat és pulzus meglétére alapozza a sérültek szűrését. Eltérese a start módszertől abban merül ki, hogy ez a rendszer elő értékelés tart az áldozat mentális státuszával kapcsolatban (páciens képes-e valamilyen módon reagálni a mentőszemély utasításaira). A Careflight Triage egy négy szintű

---

<sup>27</sup> Dan Hanfling, Bruce M. Altevogt, Kristin Viswanathan, and Lawrence O. Gostin, *Crisis Standards of Care*, 2012 by the National Academy of Sciences.



osztályozási rendszert: (1) menthetetlen, (2) azonnali ellátásra szorul, (3) sürgős ellátásra szorul és (4) késleltetett kategória. Egyes tanulmányok szerint ez a módszer eredményesebb a súlyos sérültek ellátására.

## Sacco Triage

Ez egy számítástechnikai alapokra épített adatbázis elemző rendszer. Rendelkezésre álló információkat és erőforrásokat összehasonlítja a sérültek alapvető testi funkcióival majd a mentés megvalósulásának valószínűségének meghatározása alapján sorolja a rendszer a sérülteket három kategória egyikébe: (1) menthetetlen, (2) sürgős, (3) várható. A módszer képes figyelembe venni a sérült szállításának időigényét, az ellátás helyszínének meghatározását, ha szükséges, a helikopter leszállási pozícióját, valamint képes értesíteni az ellátásra kiválasztott intézményt. A kategóriába sorolás mérőműszer segítségével 45 mp alatt megtörténik, de ez a módszer technikai háttér hiánya miatt nem alkalmazható mindenhol.

## Mass Triage

Egy bekövetkezett katasztrófa mentésénél használatos módszer, melyet az amerikai hadsereg használ. A módszer nagyszámú áldozatok gyors osztályozására képes. Ez a rendszer alapjaiban megegyezik a start alaplépéseivel. Zöld osztályozásba kerül az aki képes járni, késleltetett csoportba az aki képes végtagjait mozgatni. Ha a sérült nem képes mozogni, akkor a sürgősségi vagy a menthetetlen kategóriába sorolják. A rendszer egy negyedik kategóriákat is alkalmaz melybe a biztos halálra várókat sorolja (pl. halálos dózissú sugárzás vagy nagymértékű bőrfelszín égés)

## Katonai Triage / NATO Triage

Ennél a módszernél az elsődleges szempont az, hogy a katona lehető leggyorsabban kerüljön vissza a frontvonalra. Azoknál a sérülteknél, akik nem képesek a frontvonalra visszatérni, a gyors életmentésre koncentrál a módszer. Ha kell, a biztos életmentést végtagok amputálásával érik el. Ez a módszer a gyors és legrosszabb esetben is életmentésre törekszik, de nem veszi figyelembe a végtagvesztéssel járó társadalmi, szociális következményeket. Az

osztályozási rendszer fontossági sorrendben: T1, T2, T3, T4 és a halott kategória. Az ellátás célja még a súlyos sérülteknél is a stabilizálás. Ez a módszer szubjektív tapasztalati alapokra épül.

## Salt Triage

Viszonylag új módszer. Célja a létező rendszerek vizsgálatából leszűrt pozitív tulajdonságok alkalmazása. A használt osztályozási rendszer mellett figyelembe veszi az egyéni elbírálás lehetőségét is. Megkülönbözteti a felnőtt, gyerek és idős korú sérültek ellátását.

## Másodlagos Triage módszer

A módszer alapvető osztályzás mellett figyelembe veszi a sérültek szállításának lehetőségeit és a szerint alakítja sérültek osztályozását. Ez a másodlagos rendszer csak akkor jöhet szóba, ha megoldható a sérültek szállítása.

## Save Triage

A start rendszer alapjaira épül, de különös figyelmet fordít az egészségügyi dolgozók és egyéb különleges sérültek részére. Az ellátásnál szerepet kap a különböző végtag sérülések szakszerű módon történő rögzítése.

## Jumpstart módszer

Start rendszer osztályozását követi a nyolc évnél fiatalabb sérülteknél. Más a besorolás módszere, mert a fiatal sérültek nem mindig képesek követni a mentő személyzet utasításait, valamint az ezek az áldozatok gyakrabban szenvednek légzésleállással együtt járó sérülést. Ellentétben a többi módszerrel, ebben a rendszerben, ha egy sérültnek van pulzusa, de nem lélegzik, akkor a légutak biztosítása után megkísérik a mesterséges lélegeztetést. Öt befújás után, ha továbbra sem lélegzik a sérült, akkor fekete kategóriába sorolják. Amennyiben a lélegeztetés következtében vagy egyébként is lélegzik, akkor a beteg piros osztályozást kap.

## Katasztrófa által kiváltott reakciók és maradandó sérülések, 3.tézis

A katasztrófák által okozott sérülések adatainak összegzéséből kiderült, hogy szinte függetlenül a katasztrófa típusától (az áldozatok száma alapján elkészített listán) a végtagsérülések igen jellemzőek a túlélőknél. A katasztrófában érintett emberek ellátása minden esetben az életmentésre koncentrál. Egy törött, zúzódott végtag nem számít súlyos sérülésnek, ezért az ellátásnál nem cél a pontos re pozíció, (a törött csont eredeti állapotának visszaállítása) csak kizárólag a gyors rögzítés. Általában a végtagsérülések ellátása párhuzamosan történik a súlyosabb sérülésekkel együtt. A legstabilabb rögzítés külső rögzítő (fixateur externe) eszközzel érhető el. A katasztrófa helyzetben jellemzően erre nincs mód, ezért szinte mindig valamilyen idegen (deszka, előre készített nem speciális formájú rögzítő) testet használnak a törött végtag stabilitására. A katasztrófa orvostan anyagából idézve: „a NATO katonai egészségügyi szolgálatánál is kívánatos lenne egységesített, kompatibilis fixateur externe rendszerek bevezetése”.<sup>28</sup> Jól látható, hogy a katonai orvostudományban is gondot jelent a végtagsérülések szakszerű ellátása. Következés képen jóval nagyobb problémát jelenthet a katasztrófa-helyzetekben. Könnyen elképzelhető, hogy a sok amputáció egy része a végtagsérülések kezelésének problémáival van összefüggésben. Ahogy azt a harmadik tézisben is megfogalmaztam, a megfelelő probléma feltárásával lehetőség nyílna a tervezésre és rajta keresztül a probléma megoldására.

### Válság

Válságnak tekintjük az olyan érzelmileg túlterhelő állapotot, ami lelki egyensúlyból billenti ki az érintett személyt. Ha ebből a helyzetből az egyén új probléma megoldási módok alkalmazásával tud az egyensúlyba visszakerülni, akkor a válsághelyzet megszűnik és az érintett személyiség problémamegoldó képessége gazdagodik, ha az egyensúlyi állapot huzamosabb ideig megbomlik, a személyiség kisebb - nagyobb mértékben károsul.<sup>29</sup> Elsőként a Harvard Egyetemen tanító Caplan G. fektette le és definiálta a válsághelyzetet, mint fogalom a pszichológia tudományában. Caplan G. a válságot az egyén olyan problémákkal

---

<sup>28</sup> Dr. Major László A katasztrófa felszámolás egészségügyi alapjai Semmelweis Kiadó 2010

<sup>29</sup> Hajduska, M.: (2008): Krízislélektan. ELTE Eötvös Kiadó Kft., Budapest

történő szembesüléseként definiálta, amelyet nem tud megoldani. Az ilyen megoldatlan problémák belső feszültséghez, a pánikhoz, majd ebből következően érzelmi diszharmóniához, viselkedészavarokhoz és végül a cselekvőképesség hosszú távú megsemmisüléséhez vezet.

Roberts A. R. (Ed) 2000-ben a következőképpen határozta meg a válság fogalmát: „ A pszichológiai egyensúly megbomlott állapota, melyet olyan veszélyes események vagy szituációk eredményeznek, amelyeket az egyén az általa ismert módszerekkel és stratégiákkal képtelen megoldani”. James és Gilliland 2005-ben a válságot olyan események vagy szituációk összességékként definiálta, melyekről az egyén úgy gondolja, hogy azok megoldásához nem állnak rendelkezésre a szükséges erőforrások és megoldási mechanizmusok.<sup>30</sup> Egy ember életében számos válsághelyzet következik be. Ilyen például amikor valakinek gyereke születik, elveszít egy családtagot, megházasodik, elveszíti az állását, vagy épp diploma munkáját kell összeállítania. A különböző élethelyzetek okozta válság, egyénre gyakorolt hatása és súlyossága különböző szintű lehet. (1-100-AS Holmes és Rahe skála)

## Holmes és Rahe skála

Életesemény	érték
Házastárs halála	100
Válás	73
Különélés	65
Börtön	63
Közeli családtag halála	63
Baleset vagy betegség	53
Házasság	50
Állás elvesztése	47
Nyugdíjazás	45
Családtag betegség	44
Terhesség	40
Anyagi helyzet változás	38

<sup>30</sup> A Practical Approach to Trauma: Empowering Interventions, 2007, Dr. Priscilla Dass-Brailsford, Associate Professor in the Division of Counseling and Psychology at Lesley University

Közeli barát halála	37
Új munkaterület	36
Új beosztás a munkahelyen	29
Iskola kezdete vagy vége	26
Vita a főnökkel	23
Költözés	20
Iskolaváltoztatás	20
Alvási szokások változása	16
Étkezési szokások változása	15
Üdülés	13
Karácsony	12
Apróbb szabálysértések	11

Holmes és Rahe skála alapján, ha a válságtényező mértéke meghaladja a 300 pontot az minden bizonnyal maradandó mentális sérülést okoz az emberi szervezetben.<sup>31</sup>

A válságot és a traumát az időzítés és a megoldásáig eltelt idő különbözteti meg. Amikor egy válság megoldatlanul marad, akkor a válság szinte kivétel nélkül traumává változik. Fordítva is igaz: a legtöbb trauma válsággal kezdődik. Az egyén társadalmi és gazdasági státusza, a rendelkezésre álló lelki támogatás, valamint a válságot kiváltó esemény típusa határozza meg, hogy a válságot milyen rövid idő alatt tudja megoldani az ember és tud visszatérni a „normális működéshez”.<sup>1</sup>

Egy katasztrófa szituációban azonban halmozott azok a faktorok, melyek válságot alakítanak ki. Egy természeti katasztrófa egyszerre okozhatja egy családtag (vagy akár több) elvesztését, az ingatlanunk, ingóságaink megsemmisülését, valamint saját magunk és hozzátartozóink maradandó egészségkárosodását.

Egy átlagember élete során több alkalommal kerül válság helyzetbe, de ezek általában izoláltan, egyenként jelennek meg. A „halmozott válság helyzetek”, amit egy katasztrófa szituáció eredményez, csupán az emberek nagyon kis részét érinti élete során.

<sup>31</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Holmes\\_and\\_Rahe\\_stress\\_scale](http://en.wikipedia.org/wiki/Holmes_and_Rahe_stress_scale)

Amennyiben egy esemény izolált, nem halmozott válságot okoz, azt könnyebb megoldani, kezelni. Mivel több válságot élünk meg életünk során, tapasztalatainkra tudunk támaszkodni ezek megoldásakor. Azonban a katasztrófa által okozott halmazati válság kezelésére nem vagyunk felkészülve és lényegesen nagyobb a veszélye annak, hogy azt nem tudjuk megoldani, feldolgozni és kezelni és traumává fejlődik.

Egy válsághelyzetben eltöltött idő hosszától függően, a válság okozta tünetek lehetnek elhanyagolhatóak vagy maradandóak. Egy természeti katasztrófa áldozatainál általában a válságkezelés meghaladja az erőforrásokat és ez által egy tartós stressz állapot következik be, ami a mentális sérüléshez vezet. Ezek a pszichés hatások nem csak az áldozatokra vannak hatással, hanem a mentésben résztvevőkre is komoly pszichikai terhelés hárul. Válság mértékétől függően az emberi szervezet, különböző módon reagál. A negyedik tézis alapjait a Holmes és Rahe skála alapozta meg. Ezek mentén vizsgáltam egyre alaposabban a katasztrófa során fellépő mentális hatást, aminek köszönhetően egyre átfogóbb képet kaptam a különböző mentális problémákról.

## A vészhelyzeti magatartásra jellemző reakciók

Ezeket a reakciókat a következő kategóriába lehet sorolni <sup>32</sup>:

1. Fiziológiai reakció
2. Kognitív reakció
3. Érzelmi reakció
4. Viselkedésbeli reakció

Válsághelyzetre az emberi szervezet mindig valamilyen védekező mechanizmussal reagál. Ez általában a stressznek valamilyen formája. A vegetatív idegrendszeren keresztül a stressz segítségével növeli a pulzusszámot, a vérnyomást, a koleszterint. Csökkenti a vér áramlását a szervezet különböző területein, mint a bőr, az emésztőrendszert vagy a vese. Ebben az

---

<sup>32</sup>Katasztrófa és Kríziskommunikáció Lélektani Alapjai, Elektronikus Jegyzet a Védelmi Igazgatás Szereplői Számára, 10. oldal. 2009, Professzor Dr. Bolgár Judit NYÁ. MK. Ezredes, Szekeres György MK. Alezredes, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem – Kossuth Lajos Hadtudományi Kar

állapotban testi reakcióink az életben maradást segítik, testünket felkészíti a menekülésre, illetve a támadásra.

„Fiziológiai reakciók:

- feszültség: fájdalom, sajgás, remegés, rossz koordináció,
- készültség: ugrik minden hirtelen hangra vagy mozgásra,
- hideg verejték, szájszárazság, sápadtság, a szemeket nehéz fókuszálni,
- azt érzi elfogyott a levegő, hiperventilláció, míg az ujjak el nem zsibbadnak, össze nem rándulnak,
- feszült gyomor, hányinger, szorulás, gyakori vizelés,
- kimerültség: fáradtság érzés, nyomottság, minden mozdulat erőfeszítésbe kerül,
- távoli tekintet, mintha mérföldekre nézne.”<sup>33</sup>

Kognitív képességeink kihatással vannak szinte minden cselekedetünkre. Ezt a szellemi kapacitást erősen befolyásolja a mentális erőlet. Ez a képesség válsághelyzet hatására képes olyan szintre csökkenni, ami akár meggátolhat a hétköznapi eszközök használatában. Stresszes állapotban például okos telefonunk akár kezelhetetlennek bizonyulhat a több lépcsős menü rendszernek és a különböző vizuális ingerek együttes működése következtében.<sup>34</sup>

Kognitív képességek alap típusai:

- Emlékezet (vizuális memória, tér memória)
- Logika (logikus döntés hozatal)
- Térbeli gondolkodás (tájékozódás, térlátás)
- Reakcióidő
- Figyelem (vizuális keresés, vizuális szelektálás)

Kognitív reakciók:

- nehéz döntést hozni,
- összezavarodottság,

---

<sup>33</sup> Katasztrófa és Kríziskommunikáció Lélektani Alapjai,

<sup>34</sup>Human Cognitive Abilities in Theory and Practice, Psychology Press, 1998, John J. Mc Ardle, Richard W. Woodcock

- dezorientáltság,
- rossz koncentráció,
- memória romlik, különösen a közelmúlt eseményeire nézve,
- képtelen több feladatot ellátni egyszerre,
- flashback jelentkezhethet (vizuális és hanginger formájában egyaránt).<sup>35</sup>

Az amerikai National Institute of Mental Health (Nemzeti Mentális Egészség Központ) egykori igazgatója, Dr. Steven E. Hyman behatóan foglalkozott az katasztrófa helyzet által okozott érzelmi és lélektani hatásokkal. Az érzelmi reakciókról megállapította, hogy azok hamar átterjednek egyik egyénről egy másikra. Ezt az emberi faj evolúciós kialakulásával magyarázza: „a félelem és pánik érzéseinek egyénről egyénre történő átterjedése az emberi faj a közös fenyegetettségre kialakított védekező mechanizmus.<sup>36</sup>

„Érzelmi reakciók:

- gyász,
- bűntudat,
- depresszió,
- harag,
- zaklatottság,
- szorongás/félelem,
- bénultság,
- tehetetlenség érzés,
- önhibáztatás,
- azt érzi, ki van szakítva a valóságból.”<sup>3</sup>

Katasztrófahelyzetben az áldozatnál a pszichikai zavar szinte minden esetben megjósolható. Tapasztalattól és előképzéstől függetlenül, ha a bizonytalanság túlzottan eluralkodik, az felülírja a racionális döntéshozatalt. A katasztrófákat közvetlenül megelőző időszakban, ha a veszély előre jelzett, vannak, akik alul becsülik a kockázatot, vannak, akik túlzott félelemmel

---

<sup>35</sup>Katasztrófa és Kríziskommunikáció Lélektani Alapjai, Elektronikus Jegyzet a Védelmi Igazgatás Szereplői Számára, 11. oldal. 2009, Professzor Dr. Bolgár Judit NYÁ.MK. Ezredes, Szekeres György MK. Alezredes, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem – Kossuth Lajos Hadtudományi Kar

<sup>36</sup>Managing Emotional Fallout: Parting Remarks from America’s Top Psychiatrist, Steven Hyman, Diane L. Coutu, Harvard Business Review 2002



néznek szembe a katasztrófával. Viszonylag kevés a normális ésszerű viselkedés a katasztrófát megelőzően. A katasztrófa első szakaszában az emberek könnyen befolyásolhatóak érzelmi alapon, sok esetben itt alakul ki a pánik, illetve tömegpánik. Ezt követően jön a kritikus időszak vagy más néven a sokk szakasz. Ilyenkor az emberek nagy része tehetetlen. A legtöbb katasztrófa az áldozatok szemszögéből egyfajta késlekedéssel indul, amit számos túlélő viszonylag hosszú időszaknak él meg. Személyiségtől függően ez a szakasz a pár perctől tarthat akár több óráig is. Ezt az időszakot egy olyan állapot követi, amit veszély tudati állapotnak neveznek. Áldozatok többsége ekkor döbben rá, hogy élete veszélybe került. Veszély tudati állapot megítélése tapasztalati alapú. Agyunk a múltba keres hasonló eseményeket, szituációkat és ahhoz mérten dönti el a veszélyhelyzet mértékét. Ezért lehetséges az, hogy nagyon ritkán mérjük fel a valós veszélyhelyzetet. Az utolsó szakasz a cselekvés. Itt a stressz mellett megnő a bizonytalanság, ami a menekülést zavarodottá teszi. E miatt a bizonytalanság miatt a legtöbb áldozat ebben a szakaszban menekülés helyett gyűjtögetésbe kezd. Erre egy nagyon jó példa, ami több túlélővel előfordult az World Trade Center terrortámadás alatt. A gépek becsapódása után a két toronyban dolgozók legtöbbször nem kezdte meg a menekülést azonnal. Túlélők elbeszélései alapján mikor rádöbbenek arra, hogy veszélybe vannak az után percekét töltötték azzal, hogy irodáikban minél több eszköz, dolgot összegyűjtsenek. Ez a reakció annak tudható be, hogy mikor egy biztonságos helyről esetükben a munkahelyükről a bizonytalanba kell menekülni, az elme az diktálja, hogy minél több mindent vigyenek magunkkal.<sup>37</sup>

Viselkedés reakciók:

- teljes inaktivitás
- elvonulás a szociális térből
- érzelmi kitörések (sírás, nevetés),
- indokolatlan intolerancia, agresszió
- feltűnő beszédesség, vagy hallgatagság,
- hiperaktív viselkedés.”<sup>38</sup>

---

<sup>37</sup>The unthinkable: who survives when disaster strikes – and why, Amanda Ripley, Crown Publishers, New York, 2008

<sup>38</sup>Katasztrófa és Kríziskommunikáció Lélektani Alapjai, Elektronikus Jegyzet a Védelmi Igazgatás Szereplői Számára, 11. oldal. 2009, Professzor Dr. Bolgár Judit NYÁ.MK. Ezredes, Szekeres György MK. Alezredes, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem – Kossuth Lajos Hadtudományi Kar

## A katasztrófák pszichés következményei, 4.- 6. tézis alapjai

Közvetlen a katasztrófa alatt bekövetkezett pszichés hatásokon kívül, akár a segítőknél, akár az áldozatoknál, a katasztrófák következtében lehetnek maradandó pszichés következmények. Ilyenek a depresszió, a fóbia, a poszttraumás stressz zavar, és ritkán, de előforduló öngyilkos hajlam. Az első ilyen pszichés állapot a félelem. A katasztrófával kapcsolatban, mint érzés jelenik meg. Félelem a stresszel együtt karöltve indítja el a fiziológiai változásokat, ami elengedhetetlen a túléléshez. Katasztrófa helyszíneken a mentőcsapatoknál éppúgy jelen van a félelem, mint az áldozatoknál ez az érzés egészen a halálfélelemig fokozódhat, de a munkára való összpontosítás viszonylag gyorsan feloldja ezt az érzést. A halálfélelem kialakulásának esélye nem csökken a szolgálatban eltöltött idő növekedésével arányosan, sőt a tapasztalatok alapján ez a félelem megy át stresszbe és onnan poszttraumás stressz zavarba.

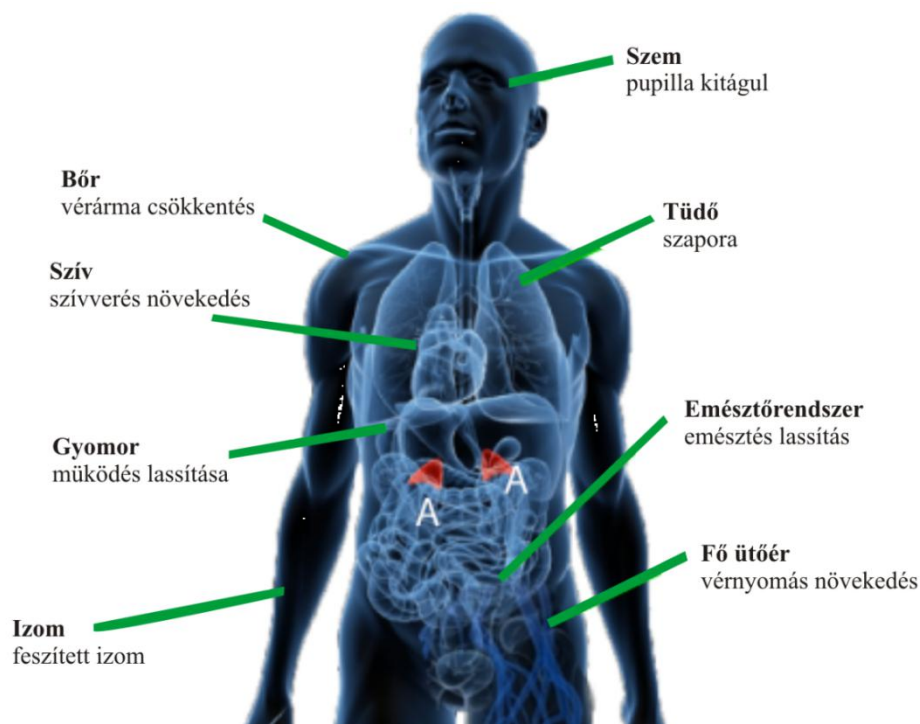
A stressz típusát illetően lehet pozitív (Eustressz) vagy negatív (Distressz) hatású. A veszélyhelyzet mértékétől és időintervallumától függően alakul a stressz által okozott károsodás mértéke. Általában egy katasztrófahelyzetben az áldozatot több negatív inger éri, mint amivel a szervezet megtud birkózni. Stressznek azt az állapotot tekintjük, amikor az emberi szervezet külső ingerek hatására testi vagy lelki megpróbáltatásnak van kitéve. A nyugalmi állapotból való kitérés egy olyan folyamatot indít el, ami a védekező rendszereink segítségével a nyugalmi állapot visszaállítására törekszik. Stressz különböző fokozatai:

1. A szervezet felkészül a veszélyre
2. A szervezet alkalmazkodik a külső eseményekhez és egyúttal megteremti a nyugalmat.
3. Tartós és túlzottan nagy hatásnak kitett emberi szervezet nem képes az egyensúly megteremtésére ezért a stressz állapot nem szűnik meg. A védekezést elősegítő hormonok nem képesek lépést tartani a védekezés mértékével, a szervezet feladja és ezen a ponton kezd el károsodni.<sup>39</sup>

---

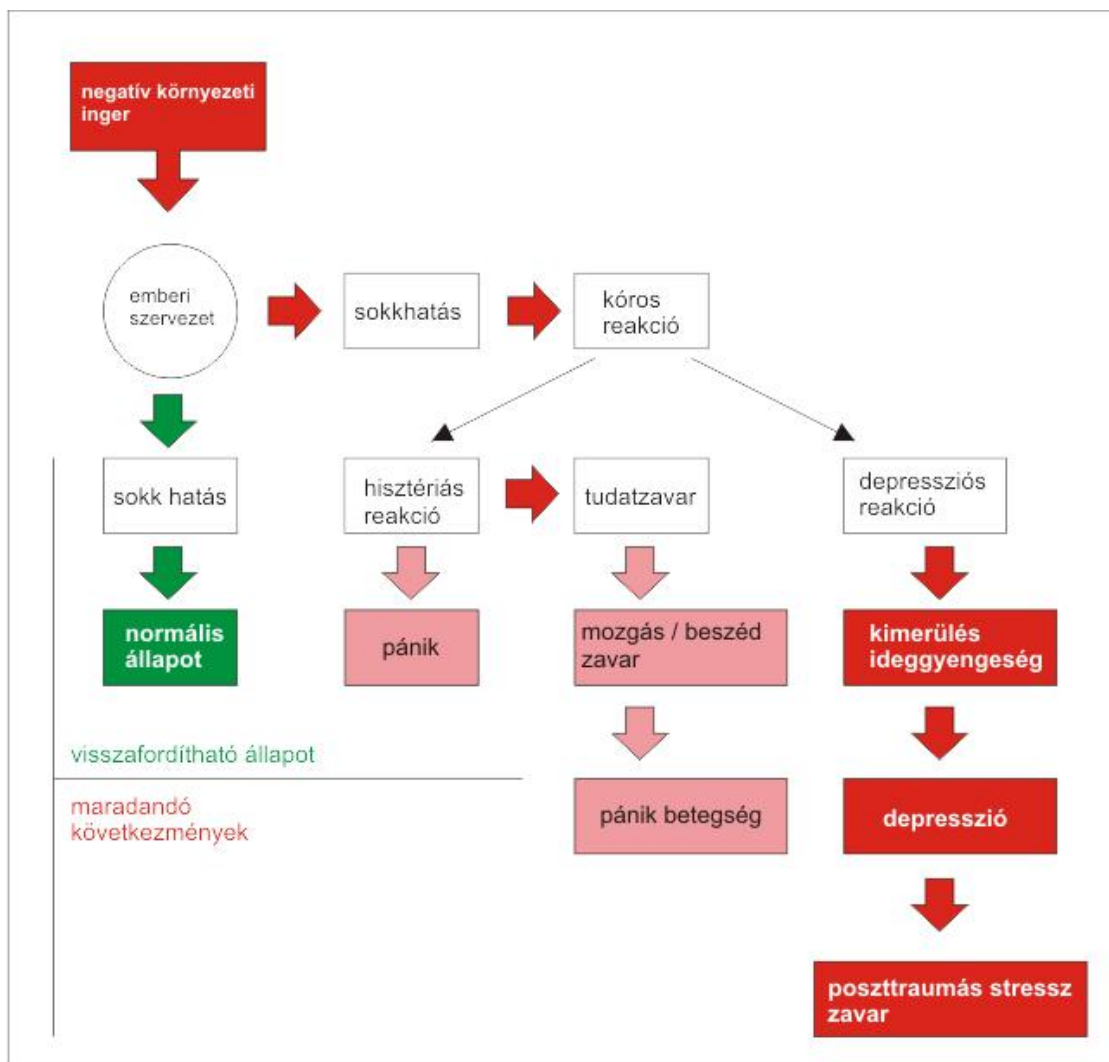
<sup>39</sup> SELYE J. Életünk és a stressz. Akadémiai Kiadó, Budapest. 1964, old. 240-261.

## Stressz fizikai tünetei



A veszélyhelyzetet általában negatív inger, illetve negatív ingerek sorozata kíséri. Ideális esetben a veszély megszűnésével a szervezet visszaállhat a normális állapotba. A károsodás mértéke az 1. ábrán látható, a sokkhatásból következően kóros reakció mentén. Ezek a maradandó károsodások figyelhetők meg a katasztrófák áldozatainál. Károsodás mértéke a hangulat zavartól terjedhet egészen a poszttraumás stresszig. A regenerálódási idő az egy-két hetes időszaktól a két- három éves periódusig elhúzódhat.<sup>40</sup> Ahogy azt a 4. és 5. tézisben is megfogalmaztam, nagyon fontosnak tartom a mentális állapot változás vizsgálatát, nem csak az áldozatoknál, hanem a mentésben résztvevő szakembereknél is. A vészhelyzeti magatartás épp úgy igaz a szakemberekre, mint az áldozatokra és az esély a mentális terhelés növekedésére is jelentős. A negatív környezeti inger, az emberi szervezetre gyakorolt hatásának bármelyik szakasza negatívan befolyásolja a munkavégzést, ami problémaként jelentkezik.

<sup>40</sup> Robert J. Ursano, M.D. Ann E. Norwood, M.D. Trauma and Disaster Responses and Management, American Psychiatric Publishing, Inc. old. 1.-4.



1. ábra

Hangulatunk egy mindent átható érzelmi jelenség, ami erősen kapcsolódik a közvetlen környezeti megítélésünkhöz. Érzelmünk, mint a szomorúság vagy az öröm a mindennapi élet része. A túlzott érzelmi reakciónak kitett emberi szervezet egy idő után képtelen értékelné a mindennapi örömeit. A hangulati zavarok megjelenésével egyre jobban megfigyelhetővé válik a szomorúság és a bűntudat jele. Álmatlanság vagy a túlzott hangulatingadozás egy bizonyos idő elteltével diagnosztizálható betegségé fejlődik. Időben észrevett és kezelt hangulatzavar a normális állapotra visszafordítható.

A stressz tartós meglétének egyik súlyos következménye lehet a depresszió vagy mély depresszió. Ennek a legsúlyosabb formája a bénító depressziós zavar. Depresszió ezen, formája akár pszichotikus tüneteket is produkálhat. Velejárója az öröm mindennemű elvesztése, kognitív károsodások (koncentráció, memória zavar) öngyilkossági gondolatok.

A stressz megjelenése egy katasztrófahelyzet következtében hetekig is eltarthat, klinikai segítség nélkül az állapot poszttraumás stressz zavarba mehet át.<sup>41</sup>

Súlyos trauma esetén, ami a testi és lelki létet egyaránt veszélyezteti, poszttraumás stressz zavar alakulhat ki. Az áldozatok ebben az állapotban teljesen kiszámíthatatlanul viselkednek. Céltalanul bolyonganak, hisztérikusan sikoltoznak vagy elveszítik eszméletüket. Poszttraumás stressz zavar jellemzője, hogy akár több évig is elhúzódhat. Az ilyen embereknél előfordulnak rémképek, rémálmok vagy a megtörtént esemény újra élése flashback formájában. Egyes kutatók úgy becsülik, hogy a különböző mentőcsapatok dolgozóinak közel 60%-os esélye van egy poszttraumás stressz zavar kialakulására a túlzott lelki megpróbáltatások miatt. A poszttraumás stressz zavar a depresszió legsúlyosabb formája. Gyógyítása terápiás és gyógyszeres kezelést igényel. Poszttraumás stressz zavarban szenvedők több mint 50% a választ valamilyen tudatmódosító anyagot, mint az alkohol vagy a drog, ami rövid időn belül a depresszió mellé függőséggel párosul.<sup>42</sup>A veszélyhelyzetben igen jellemző a pánik kialakulása. „A pánikállapot hirtelen támadó félelem, rémület, amely váratlan ijesztő környezeti hatások, események következtében jön létre, és a lelki folyamatok összehangolását súlyosan megzavarja.

A katasztrófák igen gyakran okoznak pánikállapotot, de fordítva is történhet; a pánikállapot is idézhet elő katasztrófa helyzetet. „<sup>43</sup>A pánik egy személynek vagy személyekből álló csoportnak a menekülésre adott reakciója a külvilág hirtelen negatív változása miatt. Pánik csak úgy alakul ki, ha van a menekülésre lehetőség. Például, ha egy szórakozóhelyen tűz keletkezik és van mód a menekülésre valamilyen vészkijáraton, akkor abban az esetben a kijáratról távolabb lévő embereknél, ha látják a kiutat, de nincsenek abban a helyzetben, hogy azonnal távozzanak, nagy a valószínűsége a pánik kialakulásának. Ellentétben azzal, ha egy tengeralattjárón, mélyen a víz alatt, valamilyen üzemzavar lép fel, igen kicsi az esélye egy pánik kialakulására, mert nincs lehetőség a menekülésre. A tömeg pánik nem más, mint a pánikban lévő személyek együttes reakciója. Pánik tömeges méreteket öltve sokszorosára

---

<sup>41</sup> Robert J. Ursano, M.D. Ann E. Norwood, M.D. Trauma and Disaster Responses and Management, American Psychiatric Publishing, Inc. old. 46.

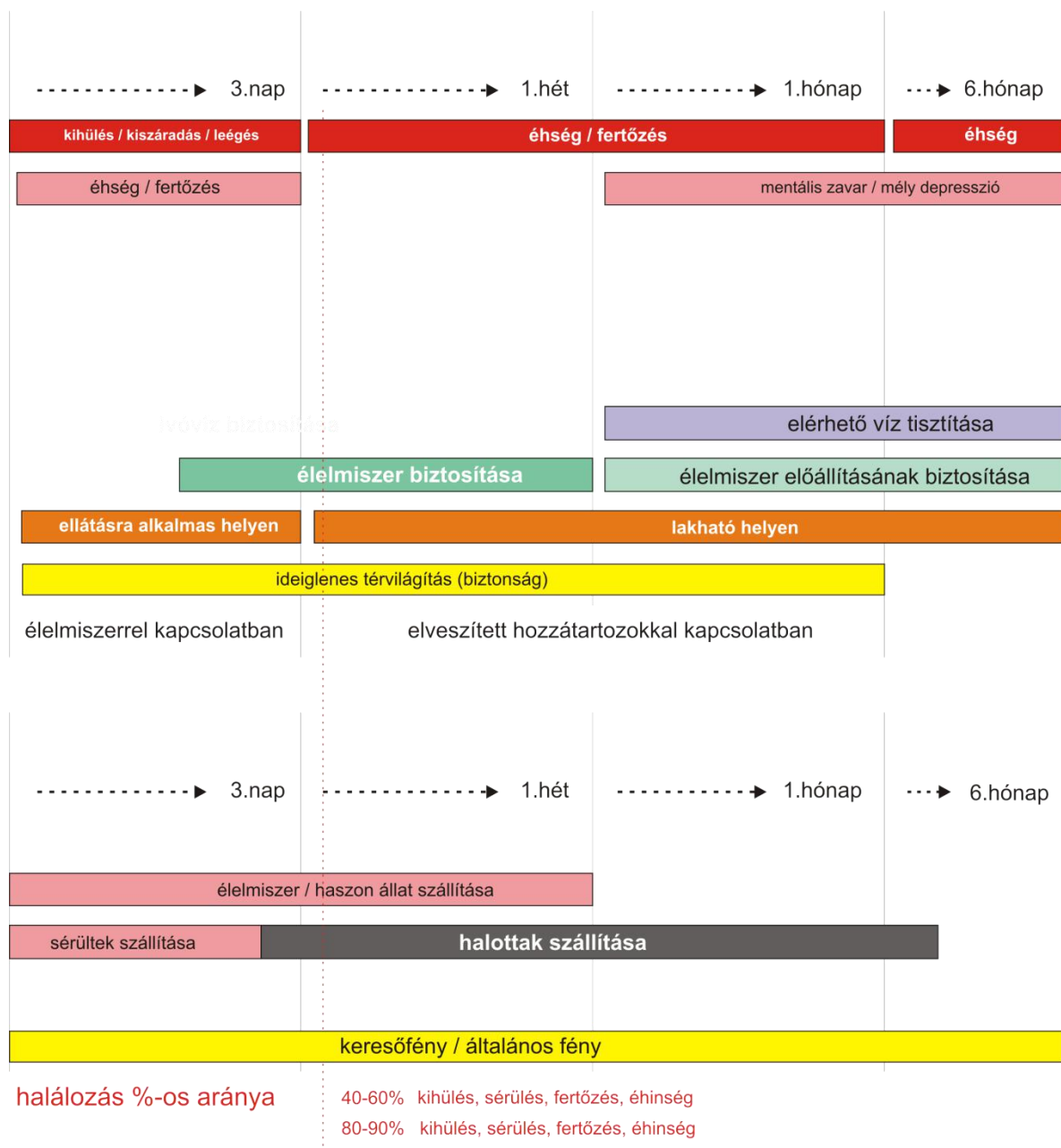
<sup>42</sup> Robert J. Ursano, M.D. Ann E. Norwood, M.D. Trauma and Disaster Responses and Management, American Psychiatric Publishing, Inc. old. 4.-15.

<sup>43</sup> Katasztrófa és Kríziskommunikáció Lélektani Alapjai, Elektronikus Jegyzet a Védelmi Igazgatás Szereplői Számára, 8. oldal. 2009, Professzor Dr. Bolgár Judit NYÁ.MK. Ezredes, Szekeres György MK. Alezredes, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem – Kossuth Lajos Hadtudományi Kar

növeli a valós veszély kockázatát. Nagymértékben rontja a veszélyhelyzetben érintett emberek túlélési esélyét és nehezíti a mentő egységek munkáját. A tömeg pánik kialakulásának valószínűsége erősen függ az érintett közösség összetételétől. Egy vezetővel ellátott és kontrollált embercsoportnál, egy tömeg pánik kialakulásának az esélye jóval csekélyebb, mint egy véletlenül összeverődött ember tömegnél.

## Katasztrófával kapcsolatos események időrendi sorrendje





A fenti ábra számtalan bekövetkezett katasztrófa és az azokat követő mentési folyamatok vizsgálatának eredményeképpen született.<sup>44</sup> Különböző típusú katasztrófák lezajlásának hossza eltérő lehet, azonban a katasztrófák utáni történések, a mentési és helyreállítási folyamatok időrendi sorrendisége nagyon hasonló.

A diagramon látható, hogy egy katasztrófa bekövetkezése számos különböző igényt támaszt és folyamatot indít el. Ezek közül a fény iránti igény és annak biztosítása az egyik legalapvetőbb és szükséges ahhoz, hogy a mentésen és helyreállításon dolgozó csapatok

<sup>44</sup> <http://www.fema.gov/plan-prepare-mitigate>

hatékonyan tudják ellátni tevékenységüket. A sárga színnel jelöltem a fényigény megjelenését, mely a katasztrófa bekövetkezése után minden esetben az első 24 órában megjelenik. A sötétedés beálltával megjelenik a minimális megvilágítást biztosító jelző fény igénye. Ezzel azonos időben a túlélők után kutató mentőalakulatoknál fellép a kereső fény használatára irányuló igény. Ez utóbbi igény akár 9-10 napig is tarthat, mindaddig, amíg a kereső csapatok túlélőket keresnek. „Általában igen nagy a biztonság és védelem iránti igény a válságot közvetlenül követő időszakban”<sup>45</sup>. Így igen hamar jelentkezik az általános térvilágítás iránti igény, például ideiglenes kórházakban és a túlélők számára ideiglenesen felállított táborokban és azok környékén.

## Golden day

Bekövetkezett katasztrófa esetén az áldozatoknál, a mentést illetően minden perc számít. Az első 24 óra a legfontosabb periódus egy bekövetkezett katasztrófát követő mentési időszakban. Ezt a katasztrófa kutatás területén „Golden Day”-ként tartják számon. Azoknál az áldozatoknál, akik sérülten, beszorulva várják a mentő egységeket ott az első 24 órában 80 % az esély az életben maradásra. Ez az esély ivóvíz nélkül, három nap eltelte után szinte a 0%-ra csökken.

Az ebből következő probléma a mentéssel kapcsolatban, hogy egy nagyobb katasztrófa esetén, komoly és összetett szervezést igényel a mentés megkezdése és a mentőcsapatok eljuttatása a kárterületre. Sokszor ez a folyamat időben túllépi az első 24 órát, ami nagyban rontja a katasztrófa következtében segítségre szoruló sérültek túlélési esélyét. Erre egy példa, ha a NATO-n keresztül igényel valamelyik ország katonai mentőcsapatokat és mentő eszközöket, azoknak 2 lépcsős jóváhagyási rendszeren kell keresztül mennie, mielőtt eljuthatna a katasztrófa sújtotta kárterületre: központi és nemzeti (az országos parancsnokság) szervezet engedélye szükséges minden ilyen jellegű munkához. Ezzel a felesleges idő pazarlással csökkentve a katasztrófa áldozatainak túlélési esélyét.<sup>46</sup> Ebből következik az, hogy aki az első 24 órában a kárterületen van az nem más, mint maga a katasztrófa által okozott károkat elszenvedő közösség.

<sup>45</sup> Sáfár Brigita: A pszichoszciális segítségnyújtás gyakorlati szerepe – az EURESTE program. 5. oldal.

<sup>46</sup> The Effectiveness of Foreign Military Assets in Natural Disaster Response, Stockholm International Peace Research Institute, 2008, Sharon Wiharta, Hassan Ahmad, Jean-Yves Haine, Josefina Löfgren és Tim Randall



A katasztrófa mentésével kapcsolatban a legfontosabb időszak az első 24 óra. E periódusban a civil lakosság van a kárterületen. Ebből a közösségből kerülnek ki a sérültek és az áldozatok, ezek az emberek kezdik meg a mentést is elsődlegesen. Ezért a mentők és áldozatok kapcsolata sokkal szorosabb és érzelemmel teli. Az első 24 órából a mentés minimum 50%-a rossz látási viszonyok között zajlik, néha teljes sötétségben, korlátozott kognitív képességgel rendelkező személyek, stresszel telített környezetben, mentőeszközök és mentési tapasztalat nélkül kísérik meg a mentést. Eddigi kutatásaimnak köszönhetően a tervezői munka folytatását abban láttam, hogy az első 24 órában a helyszínen lévő, önként mentésbe kezdő személyeknek van nagy szükségük valamilyen mentést elősegítő eszközre, amit még korlátozott kognitív képességgel is eredményesen tudnak használni mind saját, mind a többi személy mentésére egyaránt. Ebben a kutatási szakaszban olyan eszköz tervezésében gondolkodtam, ami a hétköznapi környezet része és katasztrófa helyzetben válik mentő eszközzé. Az általánosabb eszköz igényfelmérésén kívül foglalkoztam az emberi környezeti érzékeléssel mind biológiai, mind neuropszichológiai megközelítésből. Célom a különféle tudományos területek vizsgálatával az volt, hogy más megvilágításba tudjam helyezni a mentéssel kapcsolatos eseményeket és így multidiszciplináris alapon jussak el bizonyos konklúziókhoz. E kutatás szakasz végén még is visszatértem a mentőcsapatok eszköz igényéhez és ezen dolgoztam tovább.

## Mestermunka fő irányának kiválasztása

A kutatás ezen szakasza volt a legkritikusabb a mestermunka jellegét illetően. Az előző kutatási szakaszokban több olyan problémára rátaláltam, ami kellő alapot nyújthatott volna a mestermunka létrehozásához, illetve az ezzel kapcsolatos tervezéshez. A kutatásból egyértelműen következett, hogy a víz, mint olyan nagyon sok esetben nagy szerepet játszik a természeti katasztrófáknál. Vízzel kapcsolatosak a legtöbb emberéletet követelő katasztrófák. A víz mind az áldozatok, mind a mentőcsapatok szempontjából felmerült lehetséges tervezési irányként. A vízzel szorosan összefüggő végtag sérülések is számos lehetséges tervezési megoldást vetettek fel és ezek mellett a harmadik nagy kutatási terület a mentéssel kapcsolatos első 24 óra volt.

## Katasztrófa első 24 óra mint kiindulási alap

Ezekből a területekből az első 24 órát választottam, mert úgy éreztem, hogy itt tudok a legtöbbet tenni, mint tervező. E mellett számos dokumentum rámutatott arra, hogy a legtöbb áldozat sorsa az első 24 órában dől el. Megvizsgáltam az első 24 órát a mentőegységek és az áldozatok szemszögéből is, és arra a következtetésre jutottam, hogy függetlenül a katasztrófa jellegétől, minden esetben jelen van valamilyen rossz látási viszonytal kapcsolatos probléma. Az első 24 órában minden esetben jelen van korlátozott látási körülmény a napszak jellegéből adódóan, függetlenül a helyrajzi adottságoktól. Ezért egyértelmű volt számomra, hogy a mentést elősegítő mesterséges fény tervezés megfelelő téma lehet a design a katasztrófa helyzetben történő válaszadásában. A mentés során nagyon sok emberélet azon múlik, hogy az áldozat mikor jut hozzá az ellátáshoz. Ha valakit az első 24 órában nem találnak meg, azután rohamosan csökken az életben maradás esélye. A mentés során, a mentőcsapatoknál nagy hangsúly helyeződik a vizuális információra és vele együtt a mentális terhelésre. Az emberi látás egy összetett és bonyolult folyamat. Minden bizonnyal az emberi érzékelés hatással van a mentés eredményességére és úgy gondolom, hogy ezt pozitívan lehet befolyásolni a mesterséges fény jellegével. Ahogy azt az előzőekben már írtam, a környezeti negatív inger negatívan befolyásolja az emberi szervezetet. Az általam kiválasztott negatív inger, az érzékeléssel szorosan összefüggő, fényhiány.

## Érzékelés

Az érzékelés nem más, mint egy összetett fiziológiai, biológiai és pszichológiai folyamat. Az ember az érzékszervei segítségével érzékeli a körülötte lévő világot. Az érzékelés jellegét, azaz a befogadott információ mértékét, az érzékszerveink működése és az információt szállító, tároló és értelmező rendszerünk határozza meg. Az érzékelés egy közvetett folyamat, melyben az érzékszerveink az elsődleges érzékelők, melyek közvetlen kapcsolatban állnak a külvilággal és a beérkező ingerekkel. A külvilágból érkező ingereket (látás, hallás, tapintás, szaglás, ízlelés) a megfelelő érzékszervünk fogja be és az ingert elektromos jellé alakítja. Az

érzékszervünkben generált elektromos jel az idegpályákon jut el abba az agyi részbe, melyben az adott érzékszerv által küldött információt interpretálni vagyunk képesek. Az agyunkban végbemenő interpretáció, kiértékelés, avagy valóság formálás annál pontosabban közelíti meg a tényleges külvilág leképezését, minél több hasonló ingert észleltünk és dolgoztunk fel. Mindehhez egyfajta agyi memória és tapasztalat tud segítséget nyújtani. Ez a „memória”, vagy tudáshalmaz ingerek feldolgozásának millióiból táplálkozik, melyet életünk során folyamatosan szerzünk meg és bővítünk. A külvilágból érkező ingerek valósággá alakítása soha nem tökéletes, mert agyunk soha nem érintkezik közvetlenül a külvilággal. A külvilág (realitás) közvetítők (érzékszervek, idegek és idegpályák) útján, elektromos jelek formájában jut el abba az agyközpontba, ami képes az adott érzékszervből érkező elektromos jeleket felfogni és az addig felhalmozott tapasztalatokra és memóriára építve az idegpályákon érkező elektromos jeleket értelmezni, egyfajta vélt valósággá alakítani. Így csupán a külvilágban zajló történések bizonyos szintű leképezését kapjuk, de soha nem a tökéletes realitást. A valóság tőlünk függetlenül, önmagában létezik. Az azonban, hogy egy ember milyen pontossággal képes érzékelni az „objektív” valóságot, azaz milyen pontosan képes azt fejében leképezni és a valóságról képet formálni eltérő minden egyénnél. Ilyen értelemben az emberi érzékelés szempontjából csak „szubjektív” valóságról beszélhetünk. Az objektív valóságot 100% pontosan akkor tudnánk érzékelni, ha agyunk közvetlen kapcsolatban állna azzal. Az általunk érzékelt valóság nem más, mint egy közelítő valóság. A pontosság útjában érzékszerveink érzékelési küszöb, azok elektromos jel generáló képessége és pontossága, idegpályáink és idegsejtjeink állapota, valamint addig megszerzett tapasztalataink, memóriánk pillanatnyi mentális állapotunk szabnak határt.<sup>47</sup>

A bejövő ingerek közel 80 százaléka vizuális eredetű. Az alábbiakban a látás biofizikáját szemléltetem.

## Látás

Látásunkat összetett fizikai és fotóbiológiai folyamatok, valamint adottságok befolyásolják. Érzékszerveink érzékenységi határaikon kívül eső ingereket nem fogják fel. Az érzékelhető

---

<sup>47</sup> Ellen Pastorino Susann Doyle-Portillo, *What Is Psychology? ESSENTIALS*, 2010 Wadsworth,

ingereket felfogjuk ugyan, azonban Stevens érzékelés függvénye kimutatta, hogy érzékszerveink a környezetből érkező ingereket vagy felerősítik, vagy csökkentik (érezkszervtől függően).

A látáshoz alapvetően környezet és fény szükséges. A két tényező közül, ha hiányzik az egyik, nem látunk semmit. Ha rendelkezésre áll elégséges fény és egy adott környezet, akkor sem tökéletesen érzékeljük a valóságot. Ennek több oka van. Az egyik az, hogy az ingert a tökéletlen emberi szem csak akkor fogja fel, ha az inger amplitúdója eléri a szemünk ingerküszöbét. Az ingert a szem több millió érzékelő receptora fogja fel (csapocskák és pálcikák), majd az inger elektromos impulzusok generálásával jut el idegsejtről idegsejtre haladva agyunk látóközpontjába, ahol képet alkot agyunk az elektromos jelekből az agyban vizuális memória formájában letárolt információk segítségével.<sup>48</sup>

Így kijelenthetjük, hogy valóság látása nem valós idejű (nem „real-time”), mert az minden esetben egy késleltetett felfogást és képalkotást hordoz magában. Időbe telik a környezetünkben levő tárgyakról visszavert fénynek eljutni a szemünk érzékelő receptoraiba, valamint időre van szüksége idegpályáinknak az agy látóközpontjába eljuttatni a generált elektromos impulzusokat és végül agyunknak is idő kell a képalkotáshoz.

Tovább nehezíti a valóság vizuális érzékelését az a tény, hogy valójában nem a környezetünkben levő tárgyakat érzékeljük, hanem az azokról szemünkbe visszaverődő fényt. További problémát vet fel mesterséges megvilágításnál (a napfényel történő megvilágítással szemben), hogy a környezetünkben levő tárgyak csak azokat a hullámhosszokat reflektálják, amelyek megfelelnek az adott tárgy színének. Így például egy felfújott állapotban levő piros színű luftballonra, ha ráirányítjuk egy megfelelő teljesítményű kék lézer fényt, a lufi elnyeli az összes fényt és kidurran, azonban, ha ugyan azt a kék lézer nyalábot egy kék színű lufira irányítjuk, az visszaveri a fénysugarakat és nem fog kidurranni.

Mesterséges világítás alkalmazásánál a látható spektrum teljes vertikumán létre kell hozni elektromágneses kisugárzást (fényt) ahhoz, hogy a környezetben levő tárgyakat valós színhűségükben lássuk. A színvisszaadási index (mértékegysége CRI, mely a color rendering index rövidítése) jelöli a fényforrások által kibocsájtott fény által előidézett színhűséget.

---

<sup>48</sup> Martin J. Tove é, *An Introduction to the Visual System*, Cambridge University Press, 2008.18.-21.o.

Mivel a Nap minden hullámhosszon sugároz, ezért a Nap által megvilágított tárgyak színét érzékeljük szín hű módon. A mesterséges fényforrások közül csak a wolfram szál izzó CRI-je 100-as, azonban hatásfoka igen alacsony.

A körülöttünk lévő világból jövő ingerek feldolgozásában látásnak jut a legtöbb szerep. Ezeket a vizuális eredetű ingereket a szemünk, mint az egyik fő érzékszervünk közvetíti az agyunkba. Ez a vizuális inger egy elektromágneses hullám, aminek a látható tartománya 380nm és 750nm hullámhosszúságú, melyet az emberi szem fényként képes érzékelni. Ezeket az ingereket a retinán lévő fotó receptorok dolgozzák fel. Ezek a receptorok pálcikákból és csapokból állnak melyek segítségével érzékeljük a fény kontrasztot és a színeket.<sup>49</sup>

Megközelítőleg 130 millió pálcika található a retinában. Eloszlásukat tekintve a pálcikák a retina szélén helyezkednek el, ami azt eredményezi, hogy a pálcikák a perifériás látásért felelősek. A pálcikák fényérzékenysége lényegesen nagyobb, mint a csapok fényérzékenysége. A pálcikák érzékelési tartománya azonban lényegesen szűkebb (490nm és 550nm között, a fény színét illetően kékeszöldtől a sárgás zöldig terjed) a csapok érzékelési tartományánál. Öt-nyolc pálcika kapcsolódik egy idegsejthez. A pálcikák a perifériás látáson keresztül biztonsági funkciót látnak el, lehetővé téve a gyors reakciót egy esetleges oldalról jövő veszély ellen.

Kb. 7 millió csap található a retinában, legtöbbjük a retina sárga foltján található. A csapok felelősek a szín- és éleslátásért. Jellegüket tekintve három típust különböztetünk meg: (1) hosszú hullámhosszt érzékelő, (2) közepes hullámhosszt érzékelő, (3) rövid hullámhosszt érzékelő. A csapok által küldött ingerek révén képes az agy színes képet alkotni a környezetünkről.

A különböző hullámhosszúságú fénysugarak szemünknek más-más elektromos jeleket generálnak a látó érzékszervünkben. Fehér fényben, ideális esetben, a látható tartományba eső hullámhossz mindegyike megtalálható. Ezért vagyunk képesek színeket érzékelni. Erről az érzékelésről több elmélet született. A legismertebb Young és Helmholtz elmélete, mely szerint a csapok három típusa más és más hullámhossz tartományban érzékelnek és ezek

---

<sup>49</sup> Prof. Dr. sc. nat. Christoph Schierz, Dr.-Ing. Cornelia Vandahl *Biological effects of light* TU Ilmenau FG Lichttechnik

együttes aktivitásának köszönhető a színlátás. Kijelenthető, hogy az éleslátásért felelős retina részére, ahol a sárga folt található, az ideális fény a megfelelő inger számára a látható tartományba eső hullámhosszok összege, azaz a fehér fény. Ezzel ellentétben a perifériás mező részére, ahol a pálcikák helyezkednek el, az ideális elektromágneses hullámhossz nem a teljes látható fény tartomány.<sup>50</sup>

Közvetlen láthatatlan tartomány alatt található (300nm-400nm) az ultraibolya fény. Annak ellenére, hogy ez a tartomány láthatatlan az emberi szem számára, mégis felmerült a vizsgálata a kutatásom során (baktérium ölő/germicidlámpa). A természetben előfordulnak olyan mesterséges és természetes anyagok, melyek UV fény hatására fényt bocsátanak ki és ezzel a látható tartományba kerülhetnek. Az emberi testnedvek legtöbbje rendelkezik ezzel a tulajdonsággal. A vér nem képes saját fény kibocsátásra, de megfelelő hullámhossznál történő megvilágítása esetén a jellegzetes mélyvörös színét elveszíti, sötétebbnek látszik és megjelenésében kontrasztos képet ad. Ezt az eljárást már használják a bűnüldözés egyes területein. Az ultraibolya tartományhoz közeli, 415nm-es tartományban a bőr alatt található törések zúzódások láthatóvá válnak.<sup>51</sup>

Az idegpályák közvetítik az érzékszervünk által generált elektromos jeleket az agy látóközpontjába, ahol a képalkotás létre jön. Az emberi szervezetben végbemenő fény érzékelés folyamata meglehetősen összetett, azonban az eredmény lényegesen pontatlanabb egy fénymérő műszerrel összehasonlítva. Mind az 5 érzékszervünkhöz köthető egy minimálisan meghatározható inger szint, melyet képes detektálni. Ezt hívjuk abszolút küszöbnek. Az abszolút küszöb egyénenként változó, mivel érzékszerveink nem egyformán érzékenyek. Az abszolút küszöböt el nem érő, annál alacsonyabb inger nem indukál elektromos jelet, így semmilyen információ nem jut el az agyba. Egy átlagos embernél a szem abszolút küszöbé az 5 km távolságban elhelyezett gyertyaláng a tiszta és teljesen sötét éjszakában.

---

<sup>50</sup> Prof. Dr. sc. nat. Christoph Schierz, Dr.-Ing. Cornelia Vandahl *Biological effects of light* TU Ilmenau FG Lichttechnik

<sup>51</sup> <http://www.infectioncontrolday.com/news/2013/10/narrowspectrum-uv-light-may-reduce-surgical-infections.aspx>

## Weber-Fechner féle pszichológiai alaptörvény

Úgy ahogy az észlelésnek szüksége van egy minimális ingerre az abszolút küszöbre, úgy a két eltérő nagyságú inger közötti különbség is meghatározható. Két inger magnitúdója közötti legkisebb különbséget, melyet egy adott érzékszervünkkel képesek vagyunk detektálni, legkisebb érzékelhető különbségnek (LÉK) nevezzük (éppen észrevehető különbség). Minél nagyobb intenzitású egy inger magnitúdója, annál nagyobb pozitív irányú eltérés szükséges a két inger között ahhoz, hogy a két inger közötti különbség érzékelhető legyen (LÉK).

### Ernst Heinrich Weber (1795-1878)

Német orvos, őt tartják a kísérleti pszichológia megalapítójának. Az 1840-es években Weber felfedezte, hogy a stimulus magnitúdójában bekövetkezett változás (mint például kicsiny súlyoknak a kezünkben tartása) „éppen észrevehető különbsége” a stimulus magnitúdójával arányos (pl. 5%), nem pedig egy abszolút érték (pl. 5 gramm). Gustav Fechner az 1850-es években újból elővette ezt az összefüggést, és Weber arányos jnd-it integrálva felfedezte a fizikai és a pszichológiai (vagy érzékelt) magnitúdó közötti logaritmikus kapcsolatot. E törvényszerűség (melyet Fechner Weber-törvénynek nevezett, de ennek ellenére általában Fechner-törvényként vagy Weber-Fechner törvényként él a köztudatban) képezte az alapját a Fechner által létrehozott új tudományágnak, a pszichofizikának.<sup>52</sup> Alaptörvényében meghatározta, hogy minél erősebb a kezdő inger annál nagyobb változás kell ahhoz, hogy a személy észrevegye. Különbségi küszöb és az inger intenzitás konstans törtet képez.<sup>53</sup>

### Gustav Theodor Fechner (1801-1887)

Német fizikus és természetfilozófus. Élete kései éveiben a teljes univerzum lelkesítését képviselte, és ezáltal a pánpszichizmus (világlélek) világnézet egyik legfontosabb képviselője volt. Fechner a pszichofizika alapítójának számít, mely az objektum, a fizikai inger és az érzékszervi ingerület (percepció) közti összefüggésekkel foglalkozik. Két inger közt a

<sup>52</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Ernst\\_Heinrich\\_Weber](http://en.wikipedia.org/wiki/Ernst_Heinrich_Weber)

<sup>53</sup> S. S. STEVENS, THE PSYCHOPHYSICS OF SENSORY FUNCTION, Author(s): American Scientist, Vol. 48, No. 2 (JUNE 1960), pp. 226-253

különbséget, például színek vagy hangok esetén, csak akkor ismerjük fel, ha a különbség a két inger között egy alapértéket, az úgynevezett különbözőségi küszöböt meghaladja.

Megkülönböztethetünk abszolút és relatív különbözőségi küszöböt, ez a következtetés a Fechner–Weber-féle pszichofizikai törvény része lett.<sup>54</sup> Kísérletekkel bizonyította, hogy a műszerrel mért kétszeres fényerősség nem duplázza meg az észlelt fényerősséget.

Weber törvényt általánosította és továbbfejlesztette. Kimondta, hogy az inger intenzitásának növekedésével együtt az érzékelés először gyorsan nő aztán egyre lassabban. Tehát az ingereket, ha megnöveljük a várt észlelés csupán logaritmikusan növekedik.

## Stanley Smith Stevens (1906-1973)

Kísérleti pszichológiával foglalkozott. A legismertebb huszadik századi pszichéfizikus. Neki köszönhető a pszichofizikai energia törvény. Jelentősen hozzá járult a különböző érzékelés mérésének megértéséhez a pszichológián keresztül.

Stevens tovább dolgozta a Weber által felállított elméleteket. Bevezetett egy újabb összetevőt, ami az érzékelés típusára függvényében változtatja a képletet. És ezzel együtt az érezhető fényerősség eredményét. Megállapította, hogy nagyon szélsőséges értékeknél az agy kompenzál, vagyis egy gyengébb ingerből származó eredményt felerősít egy erős ingert legyengít.<sup>55</sup>

## Színlátás

Az emberi szemben háromféle színérzékelő receptor sejt van, ezek az L, az M és az S csapok. A különböző hullámhosszú fény ezek a csapokat más és más mértékben stimulálja. A sárgászöld (555nm) egyformán erősen stimulálja az L és M csapokat, azonban az S csapokat kevésbé aktiválja. A vörös fény az L csapokat sokkal inkább aktiválja, mint az M csapokat, és az S csapokat a legkevésbé; a kék-zöld az M csapokat erősebben, mint az L csapokat, és az S csapokat egy kicsit erősebben.<sup>56</sup>

---

<sup>54</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Gustav\\_Theodor\\_Fechner](http://en.wikipedia.org/wiki/Gustav_Theodor_Fechner)

<sup>55</sup> S. S. STEVENS, THE PSYCHOPHYSICS OF SENSORY FUNCTION Author(s): American Scientist, Vol. 48, No. 2 (JUNE 1960), pp. 226-253

<sup>56</sup> Wyszecki, Günther, Stiles, W.S.. The Reproduction of Colour, 6th ed., Chichester UK: Wiley–IS&T Series in Imaging Science and Technology, 11–12. o. ISBN 0-470-02425-9 (2004)



Típus	Érzékenységi tartomány	Érzékenységi csúcs
S	400–500 nm	420–440 nm
M	450–630 nm	534–545 nm
L	500–700 nm	564–580 nm

Az agy ezekből az információkból rakja össze és alkotja meg a különböző színeket a különböző hullámhosszokhoz.

Ha egy személy egy vagy több szín látására képes csapsejtje hiányzik vagy kevésbé érzékeny, akkor színérzékelési hiányosságok fordulhatnak elő. Ha valaki kevesebb színt lát, akkor színtévesztő, ha pedig csak a szürke árnyalatait érzékeli a fehértől a feketéig, akkor színvak.

Nagyon fontos különbség, hogy míg a csapok nagyrészt középen helyezkednek el és az éleslátást, valamint a színérzékelést szolgálják ki, addig a pálcikák a retina szélén helyezkednek el és a periférikus látásunkban töltenek be nagy szerepet.<sup>57</sup> A pálcikák jelentősége főleg gyenge fényviszonyoknál fontos. Azt gondolhatnánk, hogy az éleslátásé a főszerep életünk során, de ez egyáltalán nem igaz. Vizuális képalkotásban a periférikus látás szerepe sokkal nagyobb, mint amennyi figyelmet kap a világítástechnika területén.

Látószögek tekintetében megkülönböztetjük az éles és perifériás látást. A szem optikai szempontok alapján négy területre osztható. Az első az éleslátásért felelős terület, amely megközelítőleg 3-5°-os szöget zár be. Kijelenthető, hogy az emberi szem viszonylag kis területen lát élesen. Körülbelül 1°-os területen egyáltalán nem található pálcikák, melyek ezerszer érzékenyebbek a fényre, mint a csapocskák. Ebből adódóan az éleslátásért felelős terület fényigénye lényegesen magasabb, mint a periférikus látásé. Személyesen is sokunk tapasztalhatta már, hogy mikor egy sötét környezetben egy apró, de viszonylag fényes pontot kell megfigyelnünk (mondjuk egy csillagot az égen) akkor az éleslátásért felelős

<sup>57</sup>Malgorzata Perz, *Flicker perception in the periphery*, Master of Science in Human Technology Interaction, Eindhoven, May 13, 2010

területnél elképzelhető, hogy nem képződik vizuális kép mivel a fény túl gyenge a csap receptorok részére. Ebben az esetben, ha egy kicsit kimozdítjuk a nézőpontot ebből a 1°-os tartományból akkor a pálcikák segítségével megvalósulhat a képalkotás agyunk látásközpontjában.

A második a 3-5° és a 25° közé eső terület. Itt vegyesen találhatók csapocska és pálcika receptorok, ezért ennek a területnek a fényigénye hasonló, mint a 3-5°-os tartomány a tekintetben, hogy mind két terület fehér fényt igényel. A két terület fényigénye megvilágítási értékben tér el: az éleslátásért felelős terület magasabb megvilágítási értéket igényel az érzékenyebb pálcika receptorok hiánya miatt. Az ember szín látása túlnyomórészt a 25°-ba beleeső területre koncentrálódik.

A harmadik területet közép perifériás látómezőnek hívják, melyet 25° és 50° között lehet meghatározni. Ebben a tartományban szűnik meg a színlátás, azonban az átmenet fokozatos, ahogy elindulunk a 25°-tól és haladunk az 50°-ig. A külső perifériás receptorok az 505nm-es hullámhosszra a legérzékenyebbek, ami színét tekintve kékeszöld.<sup>58</sup>A negyedik optikai tulajdonságok alapján elkülöníthető terület 50°-tól körülbelül 200°-ig terjed. Ezt a területet tekintjük a széles perifériás látómezőnek.

Az éles látás a szem középtengelyétől (0°) számított 3-5°-os szögben valósul meg. A szög egyén és egyén között eltér ezért nincs pontosan meghatározva az éleslátás egzakt szöge.

## Periferikus színlátás

A színek érzékelése attól függ, hogy a környezetben „látott” tárgyól beérkező fény a retinánk melyik területére esik. Kimutatták, hogy az éleslátás és periferikus látásnak jellege eltér egymástól. A színeket legpontosabban fókuszált éleslátással ismerjük fel, azonban ahogy elkezdünk kifelé haladni a szem középpontjától, úgy egyre kevésbé tudjuk felismerni a színeket. A periferikus színlátásnak óriási jelentősége van, különösen abban, hogy gyorsabban megtaláljunk valamit, amit keresünk (Kayser and Boynton, 1996). Abramov és Gordon (1977) kimutatta, hogy a periferikus látásunk sokkal érzékenyebb rövid hullámhosszú

---

<sup>58</sup>Malgorzata Perz, Flicker perception in the periphery, Master of Science in Human Technology Interaction, Eindhoven, May 13, 2010

fényekre, mint a hosszú hullámhosszúakra.<sup>59</sup> Továbbá, Moreland (1972) kimutatta, hogy a periférikus mezőben is fel tudjuk ismerni a színeket egész nagy pontossággal, ha megfelelően nagy tárgyról (ingerről) van szó. Moreland kísérleteiben bebizonyosodott, hogy a színfelismerés majdnem állandó (nem romlik és nem javul), ha az éleslátás területéről kifelé haladva egyre növeljük az inger (a vizsgált tárgy) méretét. Ugyan ezt a végkövetkeztetést erősítették meg Kayser és Boynton (1996) vizsgálatai, melyekben kiderült, hogy a periférián elhelyezkedő kisebb tárgyak színét kevésbé, míg a nagyobb tárgyak színét jól felismerjük, ha azok kellően világosok (azaz elég mennyiségű fény jut el a tárgyról szemünkbe). Nagy és Wolf (1993) szintén bebizonyították, hogy az éles- és periférikus hullámhossz megkülönböztetés képesség hasonló, ha a periférikus látómezőben nagy amplitúdójú inger érkezik szemünkbe. Ebből az következik, hogy a színek megfejtésének (kikódolásának) mechanizmusa ugyan úgy működik az éles- és a periférikus látómezőben, azonban más méretű inger szükséges az egyikben, illetve a másikban. Murray 2006-os tanulmányában megerősítette, hogy a periférikus látás színfelismerő képességét növeli, ha a tárgy méretét növeljük, azonban a különböző színárnyalatok közötti felismerésre a periférikus látás képtelen, mivel az árnyalatok felismerése és a tárgyak mérete között nincs összefüggés. A fenti és más kísérletekből kiderült, hogy a színérzékelés megőrzésére a tárgy mérete és a periférikus szög között egy exponenciális függvényt leírható az összefüggés mely a hosszú hullámhosszokra igaz.<sup>60</sup>

Nagy és Wolf kimutatta, hogy a vörös-zöld színvariációkra (melyeket az L és M csapocskák érzékelnek legjobban) való érzékenység sokkal gyorsabban csökkent a periféria felé haladva, mint a kék-sárga színek esetében (melyekre az S csapok érzékenyek). 20°-nál a vörös-zöld színekre való érzékenység 85%-kal nagyobb, mint a kék-sárga színekre való érzékenység. Ez a meglehetősen nagymértékű csökkenés a színfelismerő képességünkben nem csak az érzékenység csökkenésének, hanem retinán elhelyezkedő receptorok elhelyezkedésének is köszönhető. Mullen 2005-ben kimutatta, hogy egészen 50°-ig lehetséges a színek közötti különbségek felismerése amennyiben legalább 8°-ot kitesz a látott tárgy mérete.

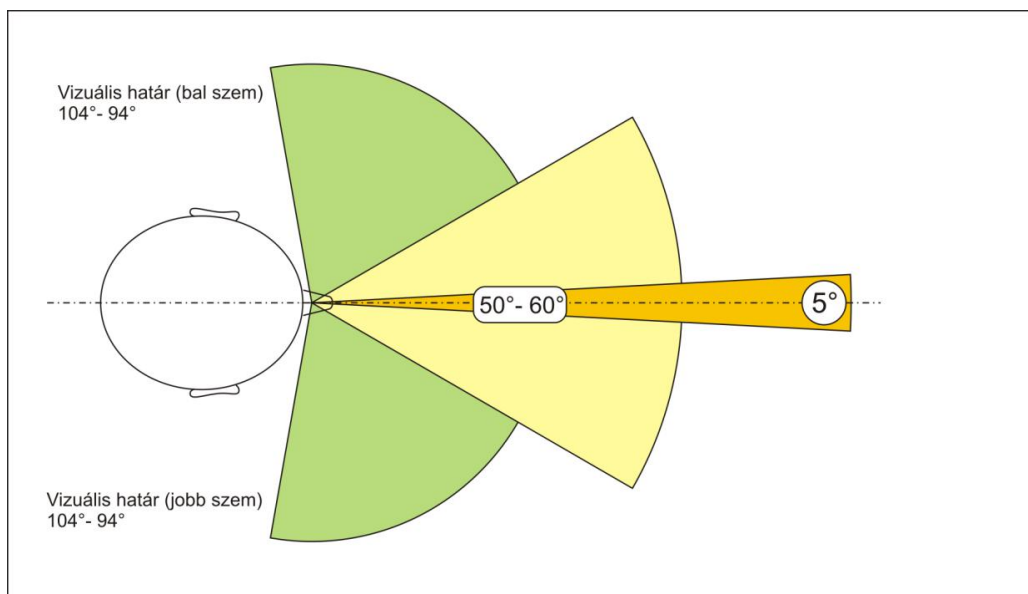
---

<sup>59</sup>Kayser, P. and Boynton, R. (1996). Human color vision, Optical Society of America, Washington, DC, 524.-534.

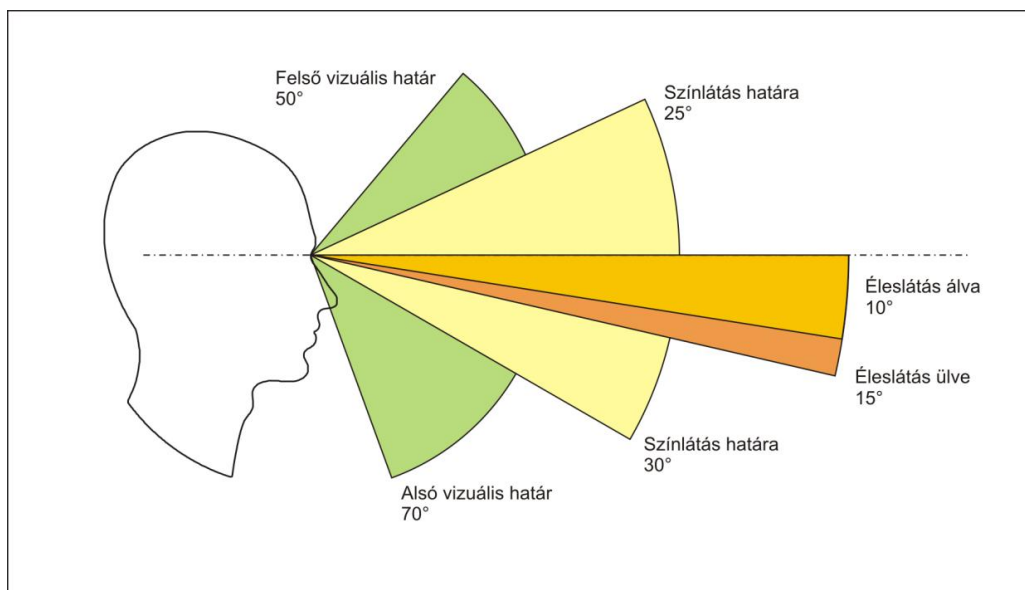
<sup>60</sup> Kathy T. Mullen, Frederick A.A. Differential distributions of red-green and blue yellow cone opponency across the visual field, Visual Neuroscience (2002), 19, 109–118.

## Emberi látótér szögei

Látás horizontális szögei és az emberi szem határai



Látás vertikális szögei és az emberi szem határai



## Adam Larson kísérletek

Adam M. Larson Ph.D. pszichológiai professzor a Findlay egyetemen. A pszichológia mellett az emberi látás is foglalkoztatja, ezen belül a perifériás látásra végzett kísérletek, ami az én érdeklődésemet is felkeltette. Állítása szerint a perifériás látás fontosabb, mint az éles látás, a teljes vizuális kép megalkotásához.

Adam M. Larson kísérletei alátámasztották, hogy egy teljes vizuális képalkotásnál nagyobb szerepet kap a periférikus képalkotás, mint az éleslátás. Kísérlete során két képet mutatott az alanyoknak. Mindkét képen ugyanaz a belső tér volt látható, de az első képen a periférikus látással látható részlet, a másik képen pedig az éleslátással érzékelhető részt takarta ki. A kísérleti alanyok a periférikus látómezőből alkotott kép alapján előbb felismerték a képen látható belső tér jellegét, mint azt tették a kép középső részéből származó részletekből.<sup>61</sup>

Ebből azt a következtetést vontam le, hogy a fénytervezésnél figyelembe kell venni az éleslátás mellett a periférikus látást is és ezzel együtt a szem különböző részeinek hullámhossz és fényteljesítmény igényét, ugyanis a szemben található receptorok számára nem minden esetben a fehér fény az ideális fényforrás és a receptorok fényigénye széles határok között változik. Ez különösen igaz arra az esetre, amikor mi magunk a fényforrás mögött helyezkedünk el, (mentőegység által kézben tartott kereső lámpa egy megvilágítatlan környezetben) mert abban az esetben igen nagy jelentőséget kap az éleslátás mellett a perifériás látás a képalkotásban, a tájékozódásban és nem utolsósorban a biztonságérzet megteremtésében. A retina közepén elhelyezkedő csapok fényigénye merőben eltér a szem szélén elhelyezkedő pálcikákétól. Ezt mesterséges fényforrások tervezésénél is figyelembe kell vennie.

Ebből következően egy kereső lámpa fénye közepesen hosszú, közepes és rövid hullámhosszú fényt is kell, hogy tartalmazzon. Ez lényegében a fehér fény és ezt a követelményt a jelenleg létező kereső lámpák részben kielégítik. Ezzel együtt a kereső lámpának ki kellene szolgálnia szemünk perifériás érzékelő rendszerét is, ami színek érzékelésére kevésbé alkalmas és az érzékelési tartománya 505nm (ez a hullámhossz színét tekintve kékeszöld).

---

<sup>61</sup>Susan Weinschenk, Ph.D. *100 Things Every Presenter Needs to Know About People*, 2012, USA. 108.o.

## Fény hullámhossz és fény teljesítmény, 7.- 8. tézis alapjai

Összességében egy jól megalkotott kereső lámpa jellegét tekintve minimum két eltérő fényspektrummal kell, hogy rendelkezzen. A különböző fényeket más és más erősségben kell, hogy előállítsa és azokat más szögben kell szórnia ahhoz, hogy a szem biológiailag determinált érzékelő funkcióit a lehető legjobban elősegítse.

E három összetevő ((1) megfelelő hullámhossz, (2) megfelelő fényerő, (3) megfelelő kisugárzási szög) adatainak pontosításához nélkülözhetetlen a perifériás látás működésének pontos ismerete. Világítástechnikai szakmérnökökkel folytatott konzultációm alapján a rendelkezésre álló technológiák közül a Led technológia képes a fenti három feltételt egyidejűleg megvalósítani.

Az emberi szem egy összetett optikai rendszer, kissé eltolódott lencsékkel vetít fordított képet a környezetből bejövő fény segítségével. A megközelítőleg 24 mm átmérőjű szegolyó fénytörő részei: szaruhártya (1,37 törésmutató), csatornavíz (1,33 törésmutató), szemlencse (1,4 törés mutató), üvegtest (1,33 törés mutató). A négy közeg egységes törésmutatója átlagosan 1,4.<sup>62</sup>

A szem optikai szempontok alapján négy területre osztható. Az első az éleslátásért felelős terület, amely megközelítőleg 3-5°-os szöget zár be. Körülbelül 1°-os területen egyáltalán nem találhatók pálcikák, melyek ezerszer érzékenyebbek a fényre, mint a csapocskák. Ebből adódóan az éleslátásért felelős terület fényigénye lényegesen magasabb, mint a periférikus látásé.

A második a 3-5° és a 25° közé eső terület. Itt vegyesen található csapocska és pálcika receptorok, ezért ennek a területnek a fényigénye hasonló, mint a 3-5°-os tartomány a tekintetben, hogy mind két terület fehér (spektrálisan telített) fényt igényel. A két terület fényigénye megvilágítási értékben tér el: az éleslátásért felelős terület magasabb megvilágítási értéket igényel az érzékenyebb pálcika receptorok hiánya miatt. Az ember szín látása túlnyomórészt a 25°-ba beleeső területre koncentrálódik.

---

<sup>62</sup> Martin J. Tove é, An Introduction to the Visual System, Cambridge University Press, 2008. 19.-30.

A harmadik területet közép perifériás látómezőnek hívják, melyet 25° és 50° között lehet meghatározni. Ebben a tartományban szűnik meg a színlátás, azonban az átmenet fokozatos, ahogy elindulunk a 25°-tól és haladunk az 50°-ig. A negyedik optikai tulajdonságok alapján elkülöníthető terület 50°-tól körülbelül 200°-ig terjed. Ezt a területet tekintjük a széles perifériás látómezőnek.

A szem paraméterei jelentős eltérést mutatnak különböző típusú és korú emberek között. Az éleslátás, a Pupilla reakció ideje az életkor előrehaladott állapotában csökken. Ezenkívül romlik a szem spektrális továbbítása, különösen a rövid hullámhossz tekintetében.<sup>63</sup> Ennek tudatában az emberi szem fényérzékenysége csak hozzávetőleges lehet. Nem lehet általánosítani, és a mérés során kapott értékek igen nagy szórással illenek minden emberre.

Az embernek két szeme van, amik a fej első részén helyezkednek el. Ez a pozíció klasszikusan jellemző a ragadozókra. A két szem látóterében jelentős terület van átfedésben, ezért jó az ember tér és mélység érzékelése. Viszont korlátozott a perifériás látása, azokhoz az élőlényekhez képest, amikre jellemzően vadásznak, ugyanis azoknál az élőlényeknél a szem a fejük két oldalán helyezkedik el és ezáltal a perifériás látásuk és vele együtt a teljes látóterük is sokkal nagyobb.<sup>64</sup> Alapvetően, mivel vadászok vagyunk, a látásmódunk ennek fényében fejlődött. Ebből következően kerülhetünk olyan helyzetbe, amikor a szem elhelyezkedésünk nem ideális. Minél bizonytalanabb érzést vált ki belőlünk, annál nagyobb stressznek leszünk kitéve.

## Csőlátás miatt emelkedő stressz-szint

Periferikus érzékelés lecsökkenését nevezzük csőlátásnak. Ez a jelenség számos esetben betud következni. Az orvosi értelemben vett csőlátás, mint jelenség okozója általában valamilyen testi elváltozás. Ebben az esetben a látás (vizuális képalkotás) maradandó elváltozásokkal jár. A páciens elveszíti a perifériás érzékelést, amit semmilyen külső segédeszköz segítségével nem lehet visszaállítani a normális állapotban. Ezenkívül ideiglenes

---

<sup>63</sup> Kenneth Knoblauch a,b,\*, Francis Vital-Durand a, John L. Barbur. (2001). Variation of chromatic sensitivity across the life span, *Vision Research* 41 (2001) 23–36.

<sup>64</sup> Peter R. Boyce, 2003, *Human Factors in Lighting*, 11 New Fetter Lane, London, 44.

csőlátást kiválthat stresszhelyzet is. Ebben az esetben vizuális érzékelés mezője szűkül le. Ez a szűklátókörűség arányosan változik a stressz mértékével. Minél nagyobb a stressz mértéke annál szűkebb a látómező.<sup>65</sup> Csőlátás definíciója szerint a perifériás látómezők csökken le. A legtöbb esetben ez a jelenség az agyunkban zajlik, de mi van akkor, ha ezt valamilyen külső tőlünk független esemény váltja ki. Például egy rosszul megtervezett bűvárszemüveg vagy egy olyan kézi lámpa, ami csak az éleslátás területét látja el fénnel, de a perifériás látómező teljes mértékben fény nélkül marad. A csőlátást, mint orvosi jelenséget általában mellékhatások is kísérik. A páciensek ingerültté bizonytalanná válnak és nem egy esetben a mellékhatások között megtalálható a stressz is. Csőlátás esetén nem ritka a nem valós, az agyunk által generált kép megjelenés a perifériás mezőben.

Suzanne N., Angel Lopresti, John H. Lee és Carmen N. Barnhardt a kaliforniai Optometriai egyetem közreműködésével azt vizsgálta<sup>66</sup>, hogy a Jégkorongozásnál használt védősisakon lévő arcvédő hogyan befolyásolja sportolók teljesítményét. Az arc védője elsődlegesen a biztonság miatt van a sisakon, de negatív hatásként nagy százalékban rontja a perifériás látást. A kísérletekkel azt vizsgálták, hogy ugyanazon körülmények között hogyan teljesített sportoló védőmaszkban és védő maszk nélkül. A kísérletek igazolták sejtésüket. A maszk nélküli sportolók reakcióideje minden esetben gyorsabbnak bizonyult.

Az emberi szem spektrális érzékenységet a biológiailag érzékelt fényerősség tekintetében mérik különböző hullámhosszoknál a látható fény tartományon belül. A méréssel meghatározható az a hullámhossz, ahol a legnagyobb a fényerő. Az emberi szem számára nem létezik egységes spektrális érzékenységi görbe, mert mindenki máshogy reagál a fényre, de közelítő érték létezik.<sup>67</sup>

Az emberi szem érzékenységének mérése alapvetően két csoportra bontható, ami alapján a szabvány is meg van különböztetve. (CIE szabvány)<sup>68</sup>

---

<sup>65</sup> Edward C. Godnig, O.D., 2003, Tunnel Vision Its Causes & Treatment Strategies, Journal of Behavioral Optometry Volume 14/2003/Number 4/page 95.

<sup>66</sup> Suzanne N. Tran O.D., 2005, The Effect of An Icehockey Faceguard On Peripheral Awareness and Reaction Time, Journal of Behavioral Optometry Volume 16/2005/Number 5/Page 115

<sup>67</sup> Andrew Stockman, Lindsay T., 1999, Sharpe, The spectral sensitivity of the human short-wavelength sensitive cones derived from thresholds and color matches, Vision Research 39 page 2901–2927

<sup>68</sup> Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) (2005) CIE 10 CIE 165:2005.



## Fény adaptált<sup>69</sup>

Fotopikus, azaz fény adaptált, nappali világossághoz alkalmazkodó látásmód. Ennél az érzékelésnél a láthatósági görbe csúcspontja 555 nm, vagyis napfényben ez a legjobban érzékelhető hullámhossz, színét tekintve sárgászöld.

## Sötét adaptált<sup>70</sup>

Szkotopikus, azaz sötét adaptált szürkületi látásmód. Ennél a maximális érzékenység hullámhossza 507 nm.

A nappali fényviszony és az éjszakai fényviszony között helyezkedik el a szürkületi, ahol a szem fényérzékelése a fotopikus és a szkotopikus látásmód közös működéséből áll össze. Ezt a szakaszt mezoptikus látásnak nevezzük. Ebben a szakaszban nincs meghatározott fényérzékelési maximum.

Ahhoz, hogy megértsük a szemünk és a modern világítástechnikai eszközök kapcsolatát, mind a két területet ismernünk kell és az ismeretünk alapján össze kell hasonlítanunk a találkozási pontokat ahhoz, hogy rátaláljunk a problémára.

Bizonyíthatóan a világítás minősége, a különböző emberi tevékenységeken belül, erősen befolyásolja a munka teljesítményt és ezzel együtt az életminőséget. Kulcsfontosságú tényező a helyesen megvilágított környezet megtervezése, különösen olyan esetben, ahol erre igény merül fel. Ebbe a kategóriába tartoznak a különféle veszély helyzetek is, ahol szakemberek mentik az arra rászorulókat életét. A világítás tervezés alapvetően a fényt kibocsájtó fényforráson és a fényforrás jellegét és irányát meghatározó optikán alapul. Sajnos a legtöbb esetben a fényforrást és annak világítási eloszlását az energiafogyasztás és energia hatékonyságról szóló szabványok alapján tervezik. Általában a legnagyobb probléma a fénytervezés általános módszerével, hogy nem veszik figyelembe az emberi tényezőt és azzal együtt az emberi szem valós igényét. Szinte végtelen kombináció létezik a LED

---

<sup>69</sup> Tran Quoc Khanh, 2015, LED Lighting Technology and Perception, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. Germany, 40.-47.

<sup>70</sup> Tran Quoc Khanh, 2015, LED Lighting Technology and Perception, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. Germany, 40.-47.

technológiában elérhető fényforrás típusára és a különböző optikákkal való fény szabályozásra. Amikor egy gyártó új reflektort tervez és hoz létre egy kívánt fény eloszlás megtervezésével, akkor egy olyan folyamat indul el, ami a legtöbb esetben empirikus módon zajlik. Vagyis nagy általánosságban nincs megalapozott mérnöki folyamat a végleges optikák alakjának véglegesítésében. Mai technológiáknak köszönhetően a számítógépes fénytervezés lehetővé teszi a világítás szimulációs próbáját, nem kell fizikai modellt létrehozni, de még így sem lehet a szem valós igényeit figyelembe venni a szimuláció alatt. Ezért ez az úgy nevezett inverz tervezés sem mondható 100 % pontosnak, de segítheti a tervezési folyamatot. Ezért ajánlott lenne minden esetben a valós fizikai teszteléssel egybekötött tervezés.

Már a legelső fizikai lángot használó mesterséges fényforrások használatánál felmerült a fény terelés igénye, a biztonságos szállítás és tárolás mellett. A gáz és a különböző éghető anyagok lángja által létrehozott fényforrás szabályozása elég nehézkes volt, ezért igazán fénytervezésről csak az elektromos lámpák elterjedése után beszélhetünk. Az elektromos lámpák elterjedésével egyre nagyobb hangsúlyt kapott a fény szabályozása. Kezdetben a lámpatestek tervezésénél viszonylag kis figyelem jutott a fény veszteségre, ami a mai napig okozhat problémát egy nem megfelelően megtervezett lámpatestnél.<sup>71</sup> A szinte gömb sugárzó villany izzóknál kezdetben a lámpatest belső felére érkező fény, megfelelő tükrös felület hiányából adódóan, veszteségként jelentkezett. Ezenkívül a káprázás miatt diffúz búrára is szükség volt, ami tovább rontotta a fény hasznosulást.<sup>72</sup> Jól megfigyelhető a világítás technikában általánosan megtalálható fénytervezés hiánya, mivel a mai napig létezik olyan lámpatest, napi használatban, ami igen rossz fény hasznosulást produkál, igen nagy fényvesztéssel. Az első valóban szabályozott fényforrással rendelkező lámpatestek a PAR (Parabolic aluminized reflector light)<sup>73</sup> lámpák voltak. A név itt a belső tükrös anyagára és kialakítására utal. Ezek a lámpatestek belső fényvisszaverő felülettel irányították a fényt. Ennek a technológiának köszönhetően egyre hatékonyabban lehetett irányítani a fényt és valahol ennek a típusú lámpának köszönhető a világítás optikai fejlődése. A hatékony és célirányos fény szabályozás alapjaként különféle optikai jelenségek lettek meghatározva, ezek a mai napig befolyásolják és megfelelő irányba alakítják a fény szabályozását és azzal

---

<sup>71</sup> Peter Paul Bunge Prize of the Hans R. 2003. A History of Light and Colour Measurement, Jenemann Foundation for the History of Scientific Instruments

<sup>72</sup> M. Nisa Khan, Understanding LED Illumination, 2014. CRC Press Taylor & Francis Group page 3.-15.

<sup>73</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Parabolic\\_aluminized\\_reflector\\_light](https://en.wikipedia.org/wiki/Parabolic_aluminized_reflector_light)

együtt a világítótestek tervezését. A fény létrehozás után az első lépés a fény terelés. A fény terelést majdnem minden esetben valamilyen tükröződést jelent.

Tükröződés egy fénnel kapcsolatos optikai tulajdonság. Jellegét tekintve a felszínre első fény teljesen vagy részben visszaverődik, attól függően, hogy a tükröződő felület milyen technikai adottságokkal rendelkezik.<sup>74</sup> A lámpatestek kialakításánál kulcsfontosságú szerepet kap a tükröződés. A fény célirányos vezérléséhez elengedhetetlen a tükröződő felületek pontos tervezés és kialakítása. Az általam kutatók által körvonalazódni látszó mestermunka fénnel kapcsolatos részénél is igen nagy szerep jut a tükröződő felületek pontos meghatározására és kialakítására. Különösen a szűk, megközelítőleg 10°-os fényzöggel rendelkező, az éles látást kiszolgáló fénnel lefedett terület létrehozásánál látom előzetesen nagy jelentőségét. Optikai céllal használt tükröződő felületnek nagyon nagy szerepe van a fényhasznosulásban. Az éleslátást kiszolgáló területre kell a legtöbb fény, ezért az ott használt optika tükröződési mértéke is a jellegesebb.

A mesterséges fény létrehozásához számos, a fénnel kapcsolatos optikai tulajdonságot kell vizsgálni, illetve a tervezés során figyelembe venni a tükröződés mellett, mind például a fény elnyelő vagy a fény átengedő tulajdonság.

A Transzmissziós tényező azt mutatja meg, hogy egy anyagba lépő fény hány százaléka megy át, illetve nyelődik el. Továbbá meghatározza a fény diffúziójának mértékét. Teljesen transzparens anyagoknál nincs diffúzió és az elnyelődés mértéke is minimális.<sup>75</sup> Ez az elnyelődés esetek igen nagy százalékában nem kívánatos fényvesztésként jelentkezik. Ez a tényező jellemzően az elülső burkolati elemekre vonatkozik és a világítástechnikában mindig kell vele számolni. Ez eredményesen akkor használható, amikor kifejezetten az a cél, hogy a fényforrás által keltett káprázást csökkentsük. Abban az esetben az első burkolati elem általában valamilyen opál vagy félopál műanyag vagy üveg anyag felhasználásával készül. Ha a káprázás csökkentésére nincs igény, akkor arra kell törekedni, hogy ez a tényező ne okozzon veszteséget, vagyis a használt anyagon minél több fény menjen át elnyelődés nélkül. Az általam tervezendő eszköz első burkolati eleme esik a transzmissziós tényező kategóriába.

---

<sup>74</sup> Rüdiger Ganslandt, An 1992. Handbook of Lighting Design, ERCO Leuchten GmbH, page 85.

<sup>75</sup> Rüdiger Ganslandt, An 1992. Handbook of Lighting Design, ERCO Leuchten GmbH, page 86.

Jó minőségű, átlátszó, optikai szempontból tökéletes anyaggal, ez a tényező minimalizálható. Ezt a tulajdonságot a különböző burkolatoknál kell figyelembe venni.

A másik hasonló optikai tulajdonság az abszorpciós tényező, ami azt mutatja meg, hogy egy felületen milyen mértékű a fény elnyelődés, de ez nem azonos az átteresztési értékkel.<sup>76</sup> Ezt a legtöbb esetben vizuális kényelmi szempontból használjuk, mivel minden eset veszteséggént fog jelentkezni. Lámpatest azon részei, amik az abszorpcióban részt vesznek, általában matt fekete színűek és a szabályozható káprázás mentesítést szolgálják. Mestermunkát illetően az abszorpciós felületek használatát lehetőség szerint kerülni kell, mivel a hordozható világító eszközöknél a korlátozottan rendelkezésre álló energiaellátás miatt, minden olyan tényezőt minimalizálni kell, ami fényvesztést okozhat.<sup>77</sup>

Ezen kívül minden bizonnyal kell számolni a fénytöréssel. Fénytörés akkor jelentkezik, ha fénysugarak különböző sűrűségű, átlátszó közegen haladnak át, például a fény levegőből megüvegbe, illetve különböző sűrűségű anyagokba. Ebben az esetben a fény iránya megtörik, vagyis megváltozik. Párhuzamos felületek esetében párhuzamos fény eltolódás következik be. Ezzel szemben prizmak vagy lencsék használatánál optikai kép torzulás jön létre, ami a fény tekintetében sugárzási szög és fény sűrűség változást eredményez. Ez a jelenség sűrűn tapasztalható, amikor egy mesterséges fényt előállító lámpatestben a tükrök mellett prizmakat vagy optikai eszközöket használnak. Mivel a mestermunka nagy valószínűséggel összetett optikát fog tartalmazni, ezért a fénytörés, mint fénnel kapcsolatos jelenség, jelen lesz a keresőlámpa tervezése és kivitelezése során. A megfelelő minőségű optikák használatánál ez a tényező nem jelent túlzott fényvesztést. Ha optikai értelemben, hibátlan lencsét használok és az előzetesen megállapított LED fényforrásnak az eredetileg 120°-os vetített fényszögét szűkítem keskeny fényszögre, hogy közben a fénysűrűséget növelem, akkor ebben az esetben a fénytörést pozitívan használom és nem kell különösebb fényhasznosulási veszteséggel számolni.

Több fényforrás használatakor interferencia léphet fel, ami egyes esetekben negatívan befolyásolhatja a mesterséges fény létrehozását. Az interferencia tényező egy jellemzően kombinált színű fényforrásban léphet fel, amikor a különböző fény hullámhosszok egymáson

---

<sup>76</sup> Rüdiger Ganslandt, An 1992. Handbook of Lighting Design, ERCO Leuchten GmbH, page 87.

<sup>77</sup> Kai Wang, Sheng Liu, Xiaobing Luo, Dan Wu, 2017. Freeform Optics for LED Packages and Applications, John Wiley & Sons

helyezkednek el és vagy felerősítik, vagy kioltják egymást. Világítás szempontjából ez azt jelenti, hogy bizonyos frekvencia tartományok visszatükröződnek, bizonyos frekvencia tartományok átmennek a különböző szűrőkön, vagyis valamilyen színes fény jön létre. Bár az általam felvetett speciális világításnál szerepel egyszerre több hullámhossz, de a LED-es technológiának köszönhetően erre a fényszűrésre nincs szükség. Az esetben az interferencia jelenséggel csak a különböző fényszögű és hullámhosszú mesterséges fény találkozásánál kell számolni, amelynek a hatása igazán a fizikai kísérletek alatt fog kiderülni.<sup>78</sup> Ha egy kívánt színű fény eléréséhez színszűrőt használunk, akkor az általában fényvesztéshez vezet, mivel az interferencia révén visszatükröződő hullámhossz nem vesz részt a hasznos világításban. Ez szerencsére már nem igaz a LED technológiára, mivel a meghatározott fény elérését speciális LED-el, nem pedig szűrővel érik el. Ezért esetben, a zöldes fénytartományánál nem kell interferencia veszteséggel számolni.

## Fény szabályozás fizikai eszközei

A fény szabályozás alapját képező optikai jelenségek közül a tükröződési tényező az egyik legfontosabb. Ehhez a területhez szorosan köthetőek a reflektorok, ami fontos részét képezi a kutatásom ezen szakaszának és minden bizonnyal fontos alkotóeleme lesz a mestermunkámnak is. A reflektorok minden bizonnyal a legfontosabb elemek között szerepelnek egy mesterséges világításra tervezett lámpatest konstrukciójában. Ezek a fényvisszaverők lehetnek fényes vagy matt kialakításúak, illetve színes vagy tükrös felületűek a fény igény alapján. A reflektorok eredetileg tükör felületű üvegből készültek, amelyeket a technológiai fejlődésnek köszönhetően manapság alumíniumból vagy műanyagból gyártanak. A fény eloszlás mértékét a legtöbb esetben a reflektor formája határozza meg. A körtől a parabolán át egészen az ellipszisig minden formájú reflektor elérhető és számos LED-es alkalmazásban használható.

---

<sup>78</sup> L. William Zahner, 1995. Architectural Metals: A Guide to Selection, Specification, and Performance, John Wiley & Sons. page 233.-240.

## Reflektorok és lencserendszerek

A legszélesebb körben használt reflektor típus a parabolikus reflektor. A fény igen szeléskörű szabályozását teszi lehetővé. Keskeny, nyalábos fény szabályozástól egészen az aszimmetrikus fény terelésig minden különleges megvilágítási megoldásra alkalmas. Parabolikus reflektorok esetében, ha a fényforrást a Parabola fókuszpontjában helyezzük el, akkor a Fényforrás által kibocsájtott fénynyalábok párhuzamosak lesznek a parabolikus tengellyel. A PAR lámpák nevében lévő „P” betű is a parabolikus alakzatra utal.<sup>79</sup>

Minél inkább eltér a fényforrás pozíciója a parabola fókusz pontjától, annál jobban elfog térni a kibocsájtott fénysugár iránya a parabolikus tengelytől. A legtöbb állítható fényszögű lámpatestnél ezt a tulajdonságot használják ki. Ha Reflektor kontúrját egy parabola vagy parabolikus szegmens forgatásával alakítják ki és a fényforrást a fókuszpontjában helyezik el, akkor eredményként egy keskeny fénysugarú, egyenletes fény eloszlású, fénysugárzó lámpatestet kapunk. Lineáris fényforrások esetében hasonló hatás érhető el, ha téglatest alakú reflektor keresztmetszete parabola. Ennek ismeretében a sugárzási szögek alapvetően könnyen meghatározhatóak, ami lehetővé teszi a lámpatest kialakítását, a kívánt fényszögek alapján. A parabolikus reflektorok jellege részben átalakult a LED-es technológiának köszönhetően. A LED-es világítótest alapesetben 120 °-ban sugároz, ami jelentősen eltér a hagyományos izzószálas világítótestekhez képest, ahol a világítótest gömb sugárzó. (~ 260 fok) Ebből az következik, hogy a hagyományos izzókhoz készült reflektorok nem teljesen alkalmasak a LED-es technológiára. Természetesen már elérhető számos fényszögben parabolikus reflektor kifejezetten LED-es fényforráshoz is. LED-es fényforrásnál érdemes a lámpatestet is lecserélni, különösen akkor, ha valamilyen optikával van ellátva. Számos kísérletnek meg kell előznie az általam tervezett speciális keresőlámpa prototípusának elkészülését, de nagy valószínűséggel az éleslátásra szánt fény terület létrehozására a parabolikus reflektor a legalkalmasabb technológia.

A gömb alakú fényvisszaverők esetében a gömb középpontjában helyezkedik el a fényforrás. Ezt a megoldást általában parabolikus reflektorokkal vagy lencserendszerekkel együtt használják, úgyhogy a fényáramot előre irányítják a parabolikus reflektora.

---

<sup>79</sup> Rüdiger Ganslandt, An 1992. Handbook of Lighting Design, ERCO Leuchten GmbH, page 86.-92.

Az ellipszis fényvisszaverők esetében az ellipszis első fókuszpontjában elhelyezett fénykibocsátó lámpatest által sugárzott fény tükröződik a második fókuszpontba. A fénynyaláb kijut a reflektorból, de a fény kibocsátó test közvetlenül nem látszódik, így a káprázás minimálisra csökkenthető. Ez a reflektor megoldás általában a belső építészetben terjedt el.

A lencserendszereket előszeretettel használják a LED-es technológiáknál. Egy összetett optikai rendszer általában úgy áll össze, hogy egy reflektort kombinálnak egy vagy több lencsével. A lencsék anyagát tekintve lehetnek üvegből, műanyagból, illetve szilikonból. Számos lencse elérhető a kiméretű power LED-ekhez, amivel egyszerre megoldható az optikai szabályozás és a fizikai védelem. Ez a megoldás igen népszerű a LED-es világítástechnika területén és minden bizonnyal az általam későbbiekben tesztelendő optikai megoldások között is fog szerepelni a lencse, mint optikai megoldás. A gyűjtőlencsék a fókuszpontba kibocsátott fénysugarakat alakítják át párhuzamos fénysugárrá. A visszaverődő fénysugarakat koncentrálja egy irányba. A gyűjtő lencse és a fényforrás közötti távolság általában szabályozható, úgy a kilépő fénysugár szöge állíthatóvá válik. Ez a technológia igen hasonló a parabolikus reflektorokhoz, de itt az optikai lencse akár a külső burkolat szerepét is betöltheti és úgy optikai szempontból pontosabb fény szabályozást tesz lehetővé. Ez a technológia szintén igen elterjedt a LED-es világítás területén.

A Fresnel lencsék koncentrikusan összehangolt gyűrű alakú lencse szegmensekből állnak. Hatásukat tekintve szinte megegyeznek a gyűjtő lencsékkel, viszont lényegesen kisebb helyet foglalnak el és ebből adódóan könnyebbek és olcsóbbak. Mivel egy síkban található az összes szegmens, ezért a szegmensek közötti átfedésnél az optikai teljesítmény gyengébb. Ezt a technológiát elsősorban színpadi világításnál, illetve építészeti világítási rendszereknél használják. A lencse távolság itt is variálható, ezért a fénysugár kilépő szöge itt is változtatható, úgy ahogy gyűjtő lencsénél. Ennek a technológiának köszönhetően a szabályozott LED-es fényforrások súlyát igen eredményesen lehet befolyásolni. Ennek a technológiának az optikai adottságai megfelelőek, de a különböző prizmatikus gyűrűk fény átfedési felületeinél vetített fénykörök jöhetnek létre, melyek az általam tervezett speciális keresőlámpa használatát talán negatívan befolyásolhatja, ezért én ezzel a technológiával nem kívánok foglalkozni.

## Fénytervezési alapok

Az eddigi kutatásokkal meghatároztam a kívánt fény mennyiséget a keresőlámpa által, fényvel lefedendő különböző területekre. Ahhoz, hogy a végeredmény pozitív hatással legyen a keresőlámpa használójára, ahhoz a különböző területekre jutó fény mennyiségek viszonya, egymáshoz képest is meg kell, hogy feleljen. Az eddigi kutatások alapján én a fényerő alapú tervezésre koncentráltam úgy, hogy nem vettem figyelembe a különböző zónákban található fény sűrűségek egymáshoz képesti viszonyát.<sup>80</sup> A kiindulási alapom a világítással kapcsolatban az volt, már a koncepció megfogalmazásától kezdve, hogy nem csak az éleslátás területét szeretném ellátni megfelelő fényvel, hanem a perifériás zónába tartozó területeket is. Mivel külön kezeltem a különböző területeket, ezért nem is merült fel nálam a fény sűrűség alapú tervezés. Illetve az éleslátás területén kívül található fényvel lefedett területeknek nem tartottam fontosnak a fény sűrűséget, csak a minimális fényerőt az adott helyzethez. Az aktuális kutatásnak köszönhetően most már tisztán látom, hogy a fény sűrűség figyelembevétele nélkül nem lehet eredményes fénytervezést készíteni.<sup>81</sup> Az utolsó kutatási szakasz mutatott rá arra, hogy habár egy kereső lámpát tervezek, akkor is elengedhetetlen a fény sűrűség szintjének figyelembevételére alapuló fény tervezés a teljes fényvel lefedett területre kiterjesztve, nem elég a középső zónára koncentrálni. Ahhoz, hogy bizonyítani tudjam a fény sűrűség jelentőségét, ahhoz ismertetnem kell mind a fényerő alapú, mind a fény sűrűség alapú tervezést.

Fényerő alapú tervezés a mennyiségi világításra épülő koncepció, ami elsősorban az ajánlott megvilágítási szintekre irányul.<sup>82</sup> Ezek a szintek az aktív területekre vonatkoznak és az egész teret nem vizsgálják. A Fényerő alapú tervezés általában a maximális fényerőre koncentrálni. A legtöbb esetben ez elegendő, mert a munkavégzéshez pozitívan járul hozzá, de az esetemben ez a tervezési módszer nem jó megoldás. A belsőépítészetben található világítástechnikai területen a mai napig olyan rossz a helyzet, hogy ha valahol egyáltalán figyelembe veszik a fényerő alapú fénytervezést, az általánosságba véve nagyon jónak számít. A legnagyobb problémát még mindig a nem elegendő fény mennyiség jelenti, ezért a fényerő

---

<sup>80</sup> Tran Quoc Khanh, 2015, LED Lighting Technology and Perception, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. Germany, page 133.-170.

<sup>81</sup> Rüdiger Ganslandt, An 1992. Handbook of Lighting Design, ERCO Leuchten GmbH, page 110.-113.

<sup>82</sup> M. Nisa Khan, Understanding LED Illumination, 2014. CRC Press Taylor & Francis Group page 150.-183.



alapú tervezés alapvetően nem egy rossz módszer, csak nem tökéletes. A fénysűrűség fontosságának megértése után érthetőbb lesz az, hogy miért nem tartom a fényerő alapú tervezést tökéletesnek és miért nem ez a tervezési alapja az általam tervezendő speciális keresőlámpának.

A fény sűrűségén alapuló tervezés nem a referencia kritériumok egyszerű megváltoztatásának kérdése, hanem inkább a tervezés kiterjesztés az egész térre. A fényerő alapú tervezésnél a tér teljes világítási szint igényére koncentrálunk, de ezzel szemben a helyes tervezési szemlélet az, ha a teljes területre a fény sűrűségét is figyelembe vesszük a fényerő mellett.<sup>83</sup> Ez azt jelenti, hogy a fény tervezés nem kizárólag csak a vizuális feladatok területének megvizsgálására irányul, hanem a vizuális feladatokra és a hozzá tartozó környezeti fénysűrűségek közötti fényerő különbség arányra is építi a fénytervezést. Figyelembe véve az összes zónában lévő fénysűrűség egyensúlyát és kontraszt arányát. Ez azt jelenti, hogy a különböző zónákból álló világítási rendszer csak akkor biztosítja az optimális érzékelést, ha a zónák közötti fénysűrűségek kontraszt aránya nem haladja meg, vagy nem megy egy bizonyos szint alá. Ellentétben a fényerővel, ahol csak a legtöbb fényvel lefedett terület számít, ennél a tervezési módszernél az árnyékos területek viszonya a világos részekhez épp olyan fontos. A kutatás folytatásaként a tesztelhető prototípussal elsődlegesen az volt a cél, hogy létrehozzak egy olyan konstellációt, amellyel fizikailag lehet modellezni a különböző világítási területeket és az azokon belüli fények egymáshoz képesti viszonyát.

A legtöbb fénynek az éleslátás tartományt lefedő területre kell kerülnie, ami az én esetemben megközelítőleg 10°. Ezzel biztosítva a kereső lámpa fő funkcióját. Mind azt az előzőekben említettem, a környezeti fény sűrűség kontrasztaránya igen fontos. A következő terület, ami közvetlen kapcsolatba van az éleslátáshoz tartozó fényvel lefedett területtel, az a 10°-tól 60°-ig. Ehhez a területhez tartozó fényerősséget úgy kell kialakítani, hogy minden esetben az éles látáshoz tartozó fényhez képest alacsonyabb értéket mutasson. A harmadik, fényvel lefedendő terület, az emberi szem perifériás látótere. Ebből adódóan a perifériás fényvel lefedett területnek szintén alacsonyabb fényerőjűnek kell lennie, mind két előbb említett területnél. Ez azt jelenti, hogy a fényvel lefedett terület három funkcióját tekintve

---

<sup>83</sup> Rüdiger Ganslandt, An 1992. Handbook of Lighting Design, ERCO Leuchten GmbH, page 110.-113.

más fény kontrasztaránya meghatározott tartományon belül kell, hogy legyen és a használat közben ez az arány meg is maradjon.

A három terület közötti fénysűrűség kontraszt arányát az emberi szem adaptációs állapota határozza meg. Addig amíg ez a környezeti kontraszt stabil és az optimális értéken belül van, addig az emberi szem megtartja az adaptációs állapotot. Ha a környezeti fényerő mértéke túl alacsony vagy túl magas, akkor az emberi szem folyamatosan változtatja az adaptációs állapotát, ami a szem elfáradásához vezethet.

Első pillantásra logikus koncepciónak tűnne az, hogy ha egy keresőlámpát tervezünk akkor az éles látás területre fókuszálva, juttassuk a legtöbb fényt. A közvetlen környezethez képest, viszonylag nagy fénysűrűség kontraszttal. Erre a megoldásra számos példa található, lényegében a kereső lámpák igen nagy százaléka ilyen optikai tulajdonsággal rendelkezik. Sajnos a legtöbb lámpa tervezésnél nem veszik figyelembe a környezeti fény sűrűségének kontraszt arányát, ami negatívan befolyásolja a lámpa használatát.<sup>84</sup>

Ahogy azt az előző szakaszokban már megfelelően körbejártam, az észlelés pszichológiája jóval bonyolultabb attól, mint hogy ahova fókuszálunk arra a területre kerüljön a legtöbb fény. Joggal tehetjük fel a kérdést, hogy vajon a fénysűrűség eloszlásának vizsgálata valóban alkalmas e, egy az emberi érzékelésen alapuló fény tervezésre. Mi a fontosabb a fénysűrűsége eloszlása vagy a fényerő?

A fény maga láthatatlan. Csak akkor észlelhető, ha visszaverődik az objektumok felületéről. Ahogy az előzőekből kiderült, a fényerő nem azonos azzal a fényerővel, amelyet valójában észlelünk. A fény erőssége csak az észlelésünk alapját képezi, amelyből az agy hoz létre látható képet. Ez vonatkozik a fénysűrűsége is, amely folyamatosan alakul, a fényerő egyenlőtlenségéből adódóan a szem adaptációja alapján. Nincs közvetlen összefüggés az agyunk által létrehozott kép fényerőssége és a retinára érkező fénysűrűség és erőssége között. Az általunk érzékelt fényerősség jelentősen eltérhet a teljes területen érzékelhető fény sűrűségén belüli kontraszt értékektől. Ezt összegezve, a szükséges fényerősségnek van jelentősége, de a fényerősség növelésével nem javul az agyunk által vizuálisan feldolgozott információ minősége. Sőt, ha az igen erős fényvel lefedett területünk környezeti fénysűrűsége nagyon alacsony, akkor az negatív hatással van a szemünkre.

---

<sup>84</sup> Peter R. Boyce, 2003, *Human Factors in Lighting*, 11 New Fetter Lane, London, page 60-94.

Az emberi szem számára az ideális fény­sűrűség kontraszt értéke valahol az 1:3 és 1:10 között van.<sup>85</sup> Ez nem azt jelenti, hogy az ez alatti vagy e fölötti értékeknél nem megfelelően látunk, hanem azt, hogy a szemünk sokkal könnyebben elfárad. A világítási koncepciók minőségének értékeléséhez gondoljunk az emberi szem nagy fokú alkalmazkodóképességére. Az emberi szem használható vizuális eredményt tud produkálni, mind a tiszta éjszakában mérhető 0,1 luxnál és mind a nyári napon mérhető 100.000 luxnál. Ezenkívül az emberi szem teljes mértékben képes kiegyenlíteni egy 1:100-as kontrasztot.<sup>86</sup> Ezért van az, hogy a legtöbb esetben egy nem megfelelően kialakított világításterv fel sem tűnik a használónak. Ha valahol készül fényterv, akkor is általában a fényerősségre alapuló, ami a vizuális feladat teljesítési zónára összpontosít. Ez ugyan megfelelő fényt biztosít a munkavégzéshez, de nem veszi figyelembe a környezeti fény­sűrűséget. A fény központi és sokrétű szerepet játszik a vizuális környezet kialakításában. Különösen nagy szerepet tölt be a mentőcsapatok munkája folyamán, gyenge látási viszonyok között. Ahogy nem érzékeljük a különböző fénnel lefedett területek túl nagy fényerő különbségét egy belsőtérben, úgy a mentőcsapatok által használt, nem megfelelően működő keresőlámpa hatása sem lesz érzékelhető. Addig amíg a lámpa szűk fény­sög­gel létrehozott keresőfénye kellően erősnek bizonyul, addig a keresőlámpát a legtöbb felhasználó jónak ítéli meg. A szem hihetetlen nagy alkalmazkodóképességének köszönhetően a minimális vagy akár az optimális megvilágítási szint megítélése a legtöbb esetben téves.

A kvantitatív világítástervezés, avagy a fény­sűrűség mértékén alapuló világítási koncepciókkal létrehozott világítással szembeni elégedetlenségünk fő oka az, hogy kizárólag az emberi érzékelés élettani meghatározható adataira támaszkodik. Az embert, mint mozgó lényt kalkulálja a vizuális képek feldolgozását illetően. A vizuális környezetet pusztán a vizuális feladatra fókuszáló szűk fény tartományra redukálja. Ezekből az adatokból kiindulva a komplex észlelésnek csak egy kis részét lehet elemezni. A szem mögött lévő személyre és a teljes látott tartományban észlelt tárgyak jelentőségére nem fordít kellő figyelmet. Ha a szem fiziológiai működésén túlmutatva, megvizsgáljuk az észlelés pszichológiáját, akkor tudjuk megérteni a vizuális információk feldolgozásához szükséges feltételeket. A vizuális észlelés egy információ kezelési folyamat, nem csupán egy optikai idealizált konfiguráció. A világítás

---

<sup>85</sup> Rüdiger Ganslandt, An 1992. Handbook of Lighting Design, ERCO Leuchten GmbH, page 114.

<sup>86</sup> Peter R. Boyce, 2003, Human Factors in Lighting, 11 New Fetter Lane, London, page 57.-63.

tervezésének fő kritériuma sohasem a fénymérő berendezéseken megjelenő érték, hanem az ember. Fő alkotó nem a fény mennyiség, hanem a fény minőség, figyelembe véve a látó személy vizuális igényét.

Ahhoz, hogy érthető legyen a mestermunka koncepciójaként definiált fényszögek értéke, ahhoz meg kell érteni a fény eloszlási érték értelmezésének alapját. A világítástechnikában nagyon fontos szerep jut az úgynevezett fény eloszlási görbe alakjára. A fény eloszlási görbe a teljesítmény kétdimenziós diagramja, ami megmutatja a maximális fényerőt, az ehhez tartozó szögeket és az esetleges árnyékos részeket. Egy Optika szögének meghatározása (FWHM)<sup>87</sup> úgy történik, hogy a középén mért fény intenzitás mértéke, ahol lecsökken ennek az értéknek a felére, ott található az a szög, ami alapján az optika be lesz sorolva. Tehát ez azt jelenti, ha egy optika 30°-os, akkor 0°-nál merőlegesen megmérjük a fényerősséget, majd elindulunk ettől a ponttól sugár irányban kifelé és ahogy elérjük az elsődlegesen mért maximális fény intenzitás értékének a felét ott lesz az optikát meghatározó fényszög értéke. 30°-os optikánál a közép tengelytől sugár irányba 15°-ra mérhetjük a középtengelyen mért fényerő 50 %-át. Az (FWHM) érték csupán megközelítőleg adja meg egy Optika fényszöget és fény sűrűségére vagy a fény mennyiségére nem következtethetünk ebből az értékből.

Egyre több gyártó készít igen jó minőségű műanyag optikákat, kifejezetten LED-es világításokhoz. Az orvosi minőségű PMMA-ból vagy a polikarbonátból gyártott optikák igen hosszú, akár 15-20 éves élettartamot garantálnak egy-egy terméknek.

Számos cég kínál már általános optikákat különböző LED típusok számára, amik az egyes típusokhoz a magasság változtatásával állíthatóak be. Ez azt jelenti, hogy ha az optika nem a megadott magasságra kerül beszerelésre, akkor a fény hasznosulás, illetve fényszög értéke erősen eltérhet. Ez eredményezheti a nem megfelelő fényszöget vagy akár a túlzott fény veszteséget. Mennyire csökken a hatás az attól függ, hogy mekkora az eltérés az eredetileg tervezett fényforráshoz képest.<sup>88</sup>

---

<sup>87</sup> [http://ledil.fi/sites/default/files/Documents/Technical/Articles/Article\\_1.pdf](http://ledil.fi/sites/default/files/Documents/Technical/Articles/Article_1.pdf)

<sup>88</sup> LED professional Review | Sept/Oct 2009 | page 32

Ennek a hibának a kiküszöbölésére az a megoldás, ha olyan gyártótól szerezzük be az optikát, amely specifikálja a fényforrást is. Természetesen a legpontosabb optika úgy készíthető, ha minden optika a hozzátartozó konkrét fényforráshoz készül. Ez ugyan a legdrágább megoldás, de ezzel a módszerrel 90 %-os hatásfok fölé lehet menni.

Általánosságban elmondható, hogy minél nagyobb az optikának a hasznos felülete, annál pontosabb a teljesítmény, fényszög, fényűrűség értéke. Viszont a nagy alkatrészek általában drágábbak, illetve számos LED-es alkalmazásban a legfőbb előny a méretcsökkentésből származik. Évek során egyes alkatrészek méretei ipari szabványokká váltak. Az egyik legismertebb méret példa erre 21 mm-es kerek lencse. Egyre több jel mutat arra, hogy ez a méret igen optimális a modern kis fényforrású LED-hoz. Ha ezt a 21 mm-es optikát 16 mm-re csökkentjük, a hatásfok ugyan 90% körül marad, de a kibocsájtott lumenhez képesti fény hasznosulás csökken. Ha ezt az optikát tovább csökkentjük egészet 10 mm-re, akkor a hatásfok lemehet akár 80% alá is. Számos kutatás mutatott rá erre a tényre, mégis nem egy gyártó, az árcsökkentés miatt, csökkenti az optika méretét, nem foglalkozva a fény teljesítmény csökkenésével. Itt jegyezném meg, hogy ezt sok gyártó azért teheti meg, mert a felhasználó nem érzi a különbséget egy jól megtervezett és egy rosszul megtervezett világítástechnikai eszköz között. Jellemzően a 21 mm-nél nagyobb optikát csak speciális esetben használnak, pl. a 3- 4 ° körüli fényszögnél vagy az összetett optikáknál.

Minden modern kiméretű fényforrásokhoz elsődlegesen a lencse az ajánlott technológia. A lencsék esetében egy minőségi anyagból készült lencse hatásfoka megközelíti vagy akár meg is haladhatja a 90%-ot. A reflektorok esetében nagyon precíz gyártással megközelíthető a 85%-90%-os hatásfok, de ha egy másodlagos búrára is szükség van, például egy általános fizikai védettség miatt, akkor az tovább ronthatja a hatásfokot. Abban az esetben, ha a fényforrás fizikai mérete növekszik, mint például a COB LED-nél, akkor értelemszerűen a lencse méretét is növelni kell. Mivel egy nagy méretű tökéletesen előállított optikai lencse költsége jóval magasabb, ezért a nagy méretű fényforrásoknál gyakrabban használnak reflektorokat.<sup>89</sup> Illetve a az optikai lencsék tömörek, ezért a méret növekedéssel a tömegük is jelentősen növekedhet, ami negatívan befolyásolhatja egy termék gyártását és ár képzését.

---

<sup>89</sup> Tran Quoc Khanh, 2015, LED Lighting Technology and Perception, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. Germany, page 465.-477.

Előfordulhat, hogy egy adott fény minta iránti igényt egyszerűbb elérni több különböző szabványos optikai lencse használatával. A legegyszerűbb példa erre egy modem személygépkocsi lámpája, ahol külön fényerőjű és fényzögű fény kell a távolsági fény, a helyzetjelző fény és a nappali fény használatára.<sup>90</sup> Nem érdemes ezt a három rendszert megpróbálni beletenni egy optikába, mivel valószínű, hogy túl bonyolult és túl drága megoldás lenne. Erre a megoldásra számos egyéb példa található. Akár egy belső térben meg lehet világítani konkrét témát, úgy egy spot lámpával, hogy a lámpatestben található második fényforrás a környezetet világítja meg szórt fénnel. A kutatás ezen szakaszában jól látható, hogy a mestermunkám összetett fényének eléréséhez nagy valószínűséggel szintén különböző optikák együttes használatára lesz szükség, amivel pontosan ki lehet majd alakítani a megfelelő területre kívánt fény mennyiséget, fény minőséget, fény hullámhosszt és a fényűrűségek közötti különbségek megfelelő arányát.

A gyors és pontos képalkotáshoz nem elég az éles látást kiszolgálni. Az akkurátus képalkotáshoz a perifériás látás kiszolgálása legalább olyan fontos, mint az éles látásé. Más hullámhosszú fényt igényelnek a csapocskák (központi látás, színérzékelés) és a pálcikák (perifériás látás, mozgásérzékelés). A világítástechnikában használt technológiák közül a LED-es technológia a legmegfelelőbb egy a mentésben használható lámpa megalkotásához.

Adam Larson kísérletei segítettek közelebb kerülni a megoldáshoz. Optimális mesterséges fény létrehozása egy igen bonyolult feladat és jóval nagyobb szerep jut a perifériás fénykeltésnek, mint ahogy azt a kereskedelmi forgalomban lévő kézi lámpák megvalósítják. Az eddigi kutatás összegzéséből számos olyan alap származtatható, amely teljesen más szemléletű mesterséges fény létrehozását diktálja. A fény létrehozásnál a látómező teljes egészét kell összefüggésében figyelembe venni és a fény teljesítményét a teljes fényzögre kell elosztani, optimalizálva az emberi látáshoz. Nem az a cél, hogy az éles látómezőbe minél erősebb fényt hozzunk létre, hanem az, hogy a különböző látómező fényűrűsége megfelelő arányban álljon egymáshoz képest. Ha túl sok fényt hozunk létre azt az agyunk lefelé kompenzálja, vagyis veszteséggént jelentkezik. Ha valamelyik látómező területe túl kevés fényt kap akkor a szemünk gyorsabban fárad, ami szintén valamilyen veszteséggént jelentkezik. Ezért az optimális mesterséges fény az egy rendszer eredményéből keletkezhet.

---

<sup>90</sup> Allen Burkard Wördenweber, Jörg Wallaschek, Peter Boyce, Donald D. Hoffman, 2007. Automotive Lighting and Human Vision, Springer Science & Business Media. page 160.-185.

## LED technológia<sup>91</sup>

Szakkönyvek Solide State Lighting-ként tartják számon a ma LED néven elterjedt világító diódákat. Már az 1900-as években kísérleteztek szilíciumkarbiddal, amiből a mai LED-es technológia származik. 1962-ben született meg az első kifejezetten a világitásra fejlesztett dióda. Ez 1967-ben kereskedelmi forgalomba is került. A termék a Texas Instruments termékpalettáján közel ötven éve szerepel. Az eltelt évtizedek alatt a LED fénytani paraméterei hihetetlen nagy fejlődésen mentek át. A kezdeti időszakban még a hagyományos wolfram szálás égőkkel sem tudta felvenni a versenyt, mára egy-egy típus közel 20 szoros fényteljesítményre képes a hagyományos égőkkel szemben. LED-eket megjelenésüket tekintve eleinte csak jelzőfényre használták különböző elektrotechnikai készülékeknél. Az alapanyagok fejlődéséhez mérten, piros, zöld, sárga majd kék színben voltak jelen. Csak a kilencvenes évek elején jelentek meg a fehér fény kibocsátásra alkalmas LED-ek és ekkor vált alkalmassá a világitástechnikai használatra. Ezek a kezdetekben kékes-lilás fehér fényt sugároztak, ami nagyban nehezítette az elterjedését, mert az emberi szem számára ez a színtartomány nem természetes.

A LED egy fajta elektrolumineszcens sugárzó, ami elektromos áram hatására energia áramlás kölcsönhatásaként fényt produkál. A LED különböző rétegekből áll, melyben egy pozitív-negatív átmenet található. Nyitó feszültség hatására vezetővé válik, ekkor a negatív rétegből elektronok szabadulnak fel és lépnek át a pozitív rétegbe, ami energia felszabadulást eredményez. Ebből az energia felszabadulásból származtatható a fény. A kristály anyagában lévő elektronok gerjesztett állapot hatására magasabb energiaszintű pályára kerülnek, majd visszatérésük alatt fotonokat hoznak létre, ami nem más, mint maga a fény. A sugárzás által kibocsátott fény hullámhossza igen széles határok között változtatható, ami az infravöröstől egészen az ultraibolyáig terjedhet (teljes mértékben lefedi az emberi szem által látható tartományt) annak függvényében, hogy milyen anyag összetételű a diódában található félvezető kristály és milyen egyéb szennyező anyagot tartalmaz. A legismertebb kristály alapanyag a szilícium és germánium.

---

<sup>91</sup> Andreas Beck, EBV Elektronik, Business Development Manager, interjú alapján

A fényforrások egymáshoz képesti összehasonlításának egyik alapszabálya a befektetett munkára (teljesítményre) eső fényáram, lumen/watt. A LED megjelenésének időszakában nem igazán volt értelme lumen/wattról beszélni, mert a befektetett munkához képest igen kicsi volt a kibocsátott fényáram. Ez mára olyan mértékben fejlődött, hogy egy-egy LED típus képes elérni a 200 lumen/watt hatásfokot, míg a hagyományos wolframszálas izzó hatásfoka 10 lumen/watt körül van. Egyes előrejelzések szerint a LED technológia még fejlődési tendenciát mutat, ami radikális változást fog eredményezni a világítástechnika területén.

A félvezető alapokra épülő fényforrások, ellentétben a hagyományos izzószálas fényforrásokkal szemben, igen szűk hullámhossz tartományban bocsátanak ki fényt. A LED-ek kibocsátott fénye megközelítőleg monokromatikus. Ezért a LED-es fényforrásnál a fehér fény létrehozása mindig összetett technológiát követel meg. Általában ezt valamilyen kék LED-el érik el, aminél sárga fényport alkalmaznak és a két szín együttes hatásának eredménye a fehér fény. A szem érzékenységéhez igazodva a legnagyobb fényhasznosulási hullámhossz az 555nm-es sárgászölden sugárzó monokromatikus világító dióda.<sup>92</sup>

Hullámhossz [nm]	Szín	LED anyag
700	vörös	GaP:Zn-O/GaP
660	vörös	GaAl <sub>0,3</sub> As/GaAs
650	vörös	GaAlAs; GaAs
630	vörös	GaAs <sub>0,35</sub> P <sub>0,65</sub> :N/GaP
610	narancs	GaAs <sub>0,25</sub> P <sub>0,75</sub> :N/GaP
590	sárga	GaAs <sub>0,15</sub> P <sub>0,85</sub> :N/GaP
565	sárgás zöld	GaP:N/GaP
555	sárgás zöld	GaP/GaP
520	zöld	InGaN; SiC
500	kékeszöld	InGaN
450	kék	InGaN, GaN
440	kék	GaN; SiC

<sup>92</sup> Interjú Szabó Gergellyel, világítástechnikai szakmérnök, Budapesti Műszaki Egyetem, Építész Szak, Tanár



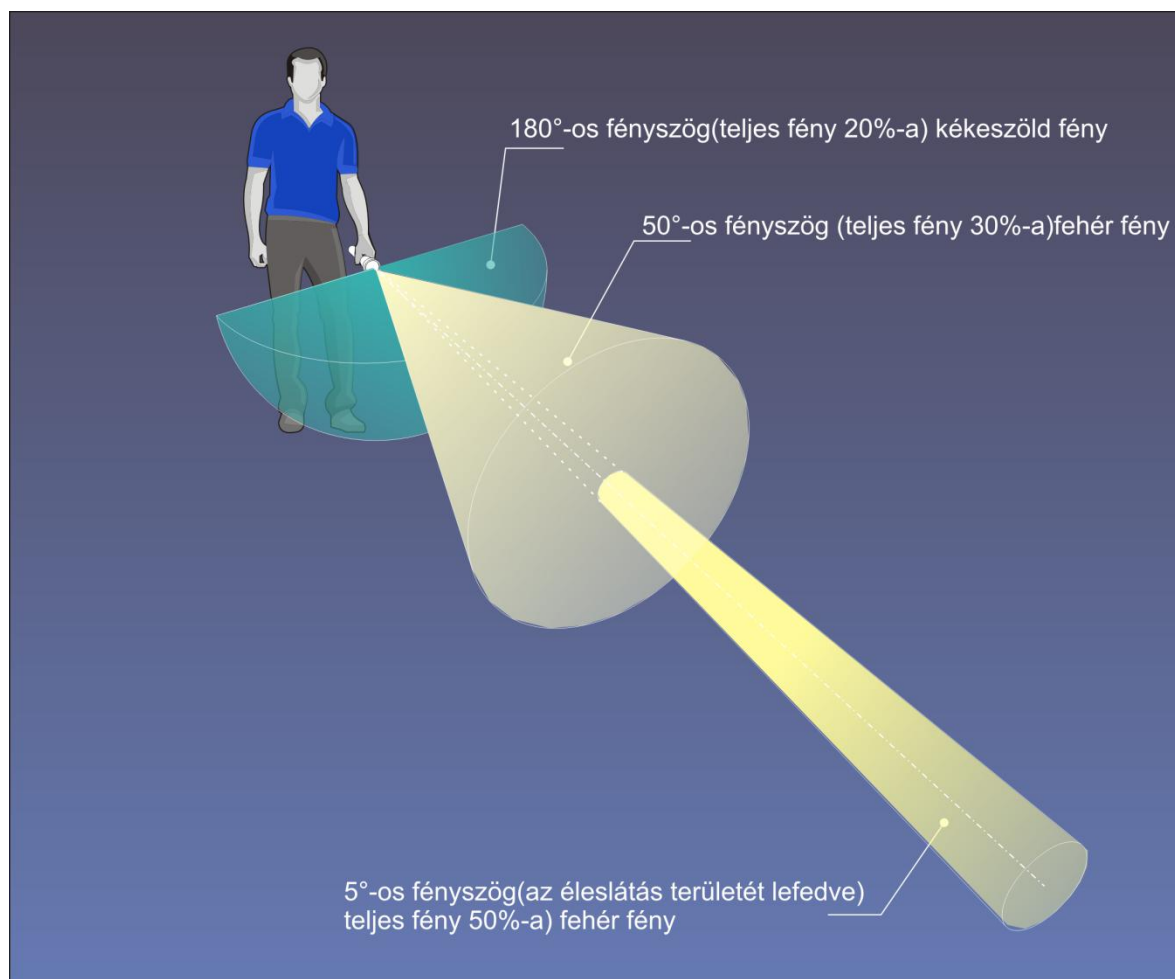
A kutatásból megszerzett ismeretek összegzése alapján kialakult egy ideális, de fénytömeg és fény teljesítményét tekintve igen összetett elméleti alap. A dolgozat hátralévő részében ismertetem a konklúziót, ami a mestermunka alapját fogja képezni. Az eddigi kutatásból kiderült, hogy a fény elengedhetetlen az embernek a vizuális képalkotáshoz, de nem mindegy, hogy milyen hullámhossz és milyen teljesítményű fényről beszélünk. Ha a teljes vizuális képalkotáshoz szükséges fényigényt 100 %-nak vesszük akkor az első zónában, ami az éleslátás szolgálja ki a teljes fényigény 50 % ot kell alkalmazni. Ennek a zónának a fénytömegét az elméleti szakaszban 5 - 10 ° körülre helyezem. Vetítési terület tekintetében az első zóna kör szimmetrikus. Fénye fehér fény. A második zóna, ami magába foglalja a belső perifériás területet (10 °-tól 25 °-ig) és a közép perifériás területet (25 °-tól 50 °-ig) 5 °-tól 50 °-ig tart. A százszázalékos fény teljesítményből erre a területre 30 % jut. Vetítési szöge szintén kör szimmetrikus. A fény hullámhosszának tartalmaznia kell az ember által látható tartományt, vagyis e zóna fénye szintén fehér fény. Harmadik zóna, ami kifejezetten a széles perifériás látómezőt látják fényel az 50 °-tól a 180 °-ig terjed. Fénytömegét tekintve a 100 %-ból erre a területre 20 % jut. Fényt által lefedett terület ennél a zónánál merőben más, mint az előző két esetben. Két alapvető ténytet kell figyelembe venni és ezekből származtatni a vetítési területet mind vertikális, mind horizontális paraméterek figyelembevételé alapján. Horizontálisan a széles perifériás terület követendő, vagyis 50 °-tól 180 °-ig terjed.

Ellenben a vertikális irányban az emberi szem jóval kisebb területet fed le. Felfelé megközelítőleg 50 °-ot lefelé kb. 70°-ot. Ha azt is figyelembe vesszük, hogy egy kereső lámpa létrehozása a cél, akkor a felfelé eső fokot figyelmen kívül hagyhatjuk, mert az első két zóna kör szimmetrikus és lefedettsége 50 °-ig tart. A szem adottságaiból fakadóan felfelé egyáltalán nincs szükség az 505 nm-es hullámhosszú fényre. Lefelé a szem korlátai valahol 70 ° körül vannak, ez azt jelenti, hogy a második zóna véget ér 50 ° körül tehát marad 20° aminél az 550 nm-es fényt már pozitívan befolyásolhatja a vizuális képalkotást. A vetítési terület több mint valószínű, hogy egy csonkolt ellipszis, ezt a fizikai kísérletet részben vissza is igazolták. A harmadik zóna területén a szemben túlnyomórészt pálcika receptorok vannak, aminek érzékenysége megközelítőleg ezerszerese a csapokéhoz képest, ezért ez a 20%-os fénytömeg hasonló hatást eredményezhet a vizuális képalkotásban, mint az éleslátásra szánt 50 %. Ennek a területnek a hullámhosszigénye merőben más, mint az előző két zónaké. Addig, amíg az első két zónában fehér fényt kell alkalmazni itt a legideálisabb fényt a

kékeszöld, hullámhosszát tekintve 505 nm. Összehasonlításképpen a lumen / watt értékeket nézve, ebben a zónában a fény hatásfokát tekintve is nagy lehet a különbség.

Még a fehér fénynél a mai technológiai állás ismeretei alapján az általános hatásfok 110- 140 lumen / watt között van, addig az 505 nm-es hullámhosszú kékeszöld világító dióda hatásfoka meghaladja a 600 lumen / wattot, a legjobb minőségű ledeknél. Ezekből következően a csupán 20 %-os fény teljesítménnyel rendelkező területen a valós hatásfoka a fénynek sokkal több. Egyrészt a széles perifériás mezőben pálcikák találhatóak, amiknek a fényérzékenysége sokkal magasabb, mint a csapoké, emellett az ebben a zónában alkalmazott fény hullámhossza maximálisan kiszolgálja pálcikák fényigényét, ezzel tovább növelve a vizuális képalkotás esélyét. Végezetül az itt alkalmazott világító dióda hatásfoka közel ötszöröse a fehér fény diódának. Ezek tudatában azonos villamos energia befektetés mellett sokszorosára nőhet a hasznos fény és általa drasztikusan javulhat a vizuális képalkotás a kézi világító eszközök használatakor.

## Elvi modell a kutatás alapján, zónákra, fényszögekre és fényteljesítményre lebontva



Miközben azt gondoljuk, hogy tudatában vagyunk mindennek, ami a közvetlen környezetünkben történik addig az igazság az, hogy a történések elég nagy százalékát nem észleljük. Vizuális információhoz a szemünk segítségével jutunk. Látásra szolgáló érzékszervünket folyamatosan elektromágneses sugárzás bombázza, de a látható tartomány, a szemünket elérő sugárzáshoz képest igen kis részt képvisel. A látható tartomány, mint azt az előzőekben már részletesen bemutattam, körülbelül 380-700 nm ezen a tartományon belül beérkező elektromágneses sugárzásból állít elő elektromos jeleket a szemünk, amit az agy felé továbbít, és az eredményként kialakul a látás. Természetes fénytől mentes, rossz látási viszonyok között, igen nagy szerep jut a mesterséges fénynek. Számos világításra

szolgáló technológia létezik, de a XXI. Század egyik, ha nem a legmeghatározóbb technológiája a LED.

A LED technológia dinamikus fejlődése jelentős hatással bír a világ számottevő részére, mind az ipari szereplőkre, mint a társadalmi gondolkodásra. A LED technológia létjogosultsága nem kérdőjelezhető meg, de vannak még nem teljesen tisztázott kérdések a technológiát illetően. A technológia gyors növekedése új anyagokat és gyártási folyamat hozott létre. A mai társadalmi lét energiahatékonyságának növelésében kulcsszerepet kaphat a jövőt illetően. A LED rendszerek tervezéséhez és létrehozásához konkrétan a technológiára alapuló világítástechnikai tudományágakat kell létrehozni. Ami a korreált színhőmérséklet, az intenzitás eloszlás, az abszolút fényáram, fotometria és kolorimetria mellett az emberi szem fiziológiai és Pszichofizikai tulajdonságait, illetve az emberi vizuális információ feldolgozásával, beleértve a fény, a színek és térbeli formák feldolgozásával egyen értékben foglalkozik. E kérdést illetően számos kutatás-fejlesztési projekt indult Európában, Észak-Amerikában és Ázsiában, de túlnyomórészt a kutatások nagy része a technológiára irányul és jóval kisebb százaléka szól a humán élettani hatásairól és az ezzel együtt járó kockázatokról. A LED-es világítástechnikán belül a különösen nagy teljesítményű LED igen gyorsan fejlődik. Az tisztán látszik, hogy energia-hatékonyság szempontjából a LED a járható út, de vajon mi rejlik a technológiában ezenkívül. Egyre több legenda kering a LED technológia fejlődésével kapcsolatban, amit érdemes tisztán látni. A számítástechnikából ismert Moore törvény szerint, amit Moore ezeken 1965-ben alkotott, a mikroprocesszorok teljesítménye két évente megduplázódik. Az elmúlt 40 évben meglepően pontos következtetésnek bizonyult.

Ez a fejlődés lassulni látszik, mivel az IC technológia elérte a fizikai határait, ezért a mikroprocesszoroknak sebessége nem valószínű, hogy hasonló iramban tovább fog növekedni. Hasonló előrejelzés készült 2006-ban a LED technológiával kapcsolatban is Roland Haitz részéről. A LED-el kapcsolatos előrejelzés a LED-el szerelt készülékek terjedésével és a behajtott egységes teljesítményből kijövő lumen árának csökkenésére irányult. A 2006-os előrejelzés szintén valószínűnek bizonyul a mikroprocesszorokhoz hasonlóan, de a folyamat jóval előbb el fogja érni a fizikai korlátait. Haitz már az ezredfordulón kijelentette, hogy körülbelül 10 évente a LED lumenenkénti előállítási költsége tizedére csökken és a fény kibocsátás egységnyi LED-re lebontva exponenciálisan nőni fog. Haitz jóslatát levezetve a LED világítás hatékonysága 2020-ra kellene, hogy elérje a 200 lumen per wattot. A technológia olyan

mértékben fejlődött, hogy az előre jelzett hatékonyság bekövetkezett 2015-re. Ahhoz, hogy megértsük a Haitz törvényt, meg kell vizsgálni a lumen jelentését. Lumen nem teljes mértékben mérhető, mint fény mennyiség inkább az mérhető vele, hogy az emberi szem mennyi fényt érzékel.

„A lumen (jele: lm) fotometriai mennyiség, a fényáram SI-származtatott mértékegysége; egy sugárzó forrás által kibocsátott látható fény "mennyiségének" az integrálja (összege). Definíció alapján a fényáram teljesítmény-jellegű mennyiség, mértékegysége watt kellene, hogy legyen.”<sup>93</sup>

A lumen kapcsolatát keresni az emberi szemmel erősen szubjektív, mert függ a szem biológiai adottságától, a mesterséges fényt körülvevő környezettől és természetesen a vizuális képalkotáshoz szükséges hullámhossztól. Az emberi szem a zöldes fényre a legérzékenyebb (500-550 nm közötti tartomány). Ebben a tartományban egy watt behajtott teljesítménnyel 683 lumen állítható elő. Ezt a lumen határt a tudomány jelenlegi állása szerint nem lehet túllépni. Ha tehát 1 W teljes mértékben fény formájában hasznosul (hővesztés nélkül) akkor érvényes a 683 lumen.<sup>94</sup>

A termodinamika második törvénye értelmében még ez az érték sem érhető el, de ezt lehet venni a maximális lumen határértéknek. Alapvetően a világítás technikában fehér fényre van szükségünk. Az én esetemben nem teljesen igaz, mert a korábbi kutatásaim bebizonyították, hogy a periférikus látásnál a zöldes fény előnyösebb lehet a részleges vizuális képalkotásban, de a LED technológia fejlődésének intenzitását illetően a fehér fényt kell alapként tekinteni.

A legtöbb mesterséges világításnál fehér fény előállítására van szükség, viszont a kutatásaim során kiderült, hogy a szemet maximálisan kiszolgáló mesterséges fény, amit eredményesen lehetne használni a katasztrófa mentés során, az nem feltétlenül fehér fényű, vagyis nem kizárólag fehér fényből áll. A fehér fény a jelen tudomány állása szerint, a LED technológián belül, közvetlenül még nem is állítható elő, ami az én esetemben hasznos is lehet. Az egyik módszer, amikor egy 435 nm-es kék LED-el fényt generálnak és ezt a fényt módosítják fehér fénné foszfor segítségével. Ebben az esetben a kibocsátott fény kék színű, ami elnyelődik a foszforrétegben és újra kibocsátódik egy szélesebb spektrumú fehér fényként.

---

<sup>93</sup> <https://hu.wikipedia.org/wiki/Lumen>

<sup>94</sup> Tran Quoc Khanh, 2015, LED Lighting Technology and Perception, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. Germany, 49.-64.

A folyamat során a behajtott energia nagy része hővé alakul, ami veszteség formájában jelentkezik. Ennek a technológiának a felső fizikai korlátja 240 lumen / watt körül van.

A másik technológia, amikor a fehér fényt különböző színű Led diódákkal, fénykeveréssel érjük el. Ebben az esetben nincs olyan nagymértékű hő veszteség, de az érzékenységet figyelembe véve így sem közelíthető meg a 683 lumen / watt hatásfok. Az RGB rendszernél a maximális érték 350 lumen / watt körül határozható meg.

Haitz jóslatát követve és a LED fizikai korlátait figyelembe véve a LED technológia fejlődésének fizikai határ eléréséhez csupán néhány évet kell várunk. Ez nem jelenti azt, hogy a fejlődés megáll, mert a technológia egyre olcsóbb lesz, és ezáltal egyre jobban tud terjedni, de LED által kibocsátott fény területén nem várható nagy változás a hatásfokot illetően. A mai technológia alkalmazása nem fog elavulni olyan gyorsan, mint amit tapasztalhatunk a számítástechnika területén. A sok jó mellett a lednek vannak nem kívánatos tulajdonságai is. Össze hasonlítva a napfényel vagy akár a halogén izzóval, spektrális lefedettsége sokkal gyengébb. Ez a terület eléggé vitatott, számos legenda kering a LED-el kapcsolatban, miszerint a LED fénye nem természetes, annak ellenére, hogy fehér fénynek érzékeljük. Nagyon sok hír ezek közül csak városi legenda, de az tény, hogy van olyan fény hullámhossz tartomány, ahol minimális a LED kibocsátása. Ezt a területet hívjuk "green gap"-nek, mivel ez az 500 nm-es tartományba esik és színét illetően zöld. Érdemes ezt az információt összehasonlítani az emberi szem érzékenységével.

Hagyományos LED világító diódák jelentős fény hasznosulási esést mutatnak 500 nm körüli tartományban. Itt szeretném megemlíteni, hogy az általam kutató és Koncept szinten felvetett „extra fényt adni” a perifériás látást elősegítően, ugyan abba a fény hullámhossz tartományba esik. Ez azt jelenti, hogy egy hagyományos LED-el szerelt fényforrás, amit mentés esetén használatba lehet venni, nem tud olyan hullámhosszt kibocsátani, ami kiszolgálná a perifériás látást. A jelenleg kereskedelemben lévő LED-nél olyan foszfor réteget használnak, ami az alap esetben kékes fényt előállító dióda fényét úgy alakítja át, hogy abban nincs zöldes tartomány. A végeredményt az emberi szem fehér fénynek érzékeli, de ez igen messze van a teljes spektrumú napfénytől. A fény porok előállítása bonyolult és költséges. Még a jobb minőségű LED sem tudja ezt a zöldes tartományt produkálni, nem beszélve az olcsóbb LED típusokról, ahol a színvisszaadási index igen alacsony. Számos cég a megoldást a

különböző színű LED együttes használatában látja. A javasolt kombinációk: 459 nm (kék), 535 nm (zöld), 573 nm (sárga) és 614 nm (narancs).<sup>95</sup> A kutatásom alatt az általam felvetett koncept, miszerint több hullámhosszú fény kibocsájtásra van szükség ahhoz, hogy az emberi szemet maximálisan ki lehessen szolgálni, egyre több irányból kezd összeállni. Ellenben az én elméletem valamelyest eltér, mert én külön kezelem a centrális látás fény hullámhosszát és külön a perifériás látás fény hullámhosszát, de az alapgondolatom hasonló, több fény hullámhossz együttes használatára van szükség a LED technológiát illetően.

A különböző kutatási területekből kialakult mesterséges fény alap több irányból igazolja felvetéseimet. Az általam javasolt 505 nm-s hullámhossz a "green gap"ből fakadó hiányt pótolja, e mellett optimális fénnel látja el a periférikus látómezőt. Ez már önmagában kellően innovatív megoldás egy keresőlámpa fénytervezésének alapjaihoz, de ezt kiegészítve a különböző fénnel lefedett zónát fényűrűségének megfelelő kontraszt arányával, lesz a mestermunkám optimális kereső lámpa.

## Hordozható technológia, energiaellátás

A hordozható technológia, mint új alkalmazási terület, a legkülönbözőbb elektronikus és számítástechnikai eszközök révén számos új kihívást jelent a tervezőknek. A hordozható eszközök nagy potenciállal rendelkeznek számos alkalmazási területen, az orvosi és biztonsági alkalmazásokon át egészen a szabadidős és szórakoztató alkalmazásokig bezárólag. A 90-es évek óta számos kutatás született ezen a területen, azonban a legtöbb megvalósult terv egyedi megoldásokra összpontosít. Hordozható technológia területén az akadémiai szintű kutatások során a társadalmi elfogadhatóság, a fizikai kényelem vagy akár a felhasználói elvárások gyakran háttérbe szorulnak, főként azért, mert a legtöbb koncept kiindulási alapja a funkcionalitás.<sup>96</sup>

A hordozható technológia kezdeti fejlődését eredményező kutatási területek nem rendelkeztek megfelelő mennyiségű információval az emberi test és emberi elme együttes

---

<sup>95</sup> Tran Quoc Khanh, 2015, *LED Lighting Technology and Perception*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. Germany, page 63-68.

<sup>96</sup> Holland, Janet. 2016. *Wearable Technology and Mobile Innovations for Next-Generation Education*, IGI Global, chapter 1.

működéséről és kapcsolatáról. A hordozható készülékek csúcs technológiájának köszönhetően a tervező vagy kutató gyakran helyezi a hangsúlyt a csúcstechnológiás, tudományos fantasztikumra, mint esztétikai eszközre és közben figyelmen kívül hagyva a fogyasztói elvárásokat. A készülékek és a ruhák nagyon különböző kulturális szerepet töltenek be, a felhasználás időtartamától, a használat gyakoriságától, a felhasználási helyzetek széles körétől, a termék életciklusától és más egyéb tényezőktől függően. Természetesen vannak olyan területek, ahol a felhasználói követelmények nem függenek a ruházat kulturális szerepétől, mint például az orvostechikai eszközök, valamint az ipari és rendvédelmi alkalmazások. Ezek a speciális alkalmazások lehetővé teszik az öltözködéssel kapcsolatos kulturális normák ideiglenes felfüggesztését és ezzel lehetővé téve a felhasználói igények és az emberi test-elme kapcsolatának figyelembevételét, kompromisszumok nélkül.

Hordozható technológia olyan kifejezés, amelyet a testre szerelt technológia sokféle formájának leírására használnak, beleértve a hordozható számítógépeket, az intelligens és funkcionális ruházatot. Hordozható technológia célja, hogy elősegítse valamilyen eszköz használatát, hogy szorosan kapcsolódik az emberi testhez. Sajnos minél jobban kapcsolódik valamilyen eszköz fizikailag valamelyik testrészhez, annál több korlátozást jelenthet a potenciális felhasználók körében. Negatívumként jelentkező tényezők leggyakrabban a mozgást és a látást és vele együtt a látómezőt érintik. A készülék és a test kölcsönhatása igen fontos. A súlyok eloszlása, mint statikus helyzetben, mint pedig mozgás közben igen fontos. Az eszköz súlyközéppont helyének, pozíciójának a testre gyakorolt hatása jelentősen befolyásolhatja az eszköz által keltett terhelést.<sup>97</sup> Csökkentheti a felhasználó fizikai kényelmét és megakadályozhatja az eszköz helyes használatát. Nagyon fontos azt megérteni, hogy maga az eszköz súlya nem elég információ a használat pontos megtervezéséhez. A legtöbb probléma ezzel a tervezési területtel kapcsolatban abból adódik, hogy a testen elhelyezett plusz súllyal a tervezők nem számolnak a konceptek kialakításánál.

A súly pozíciójának testre gyakorolt hatása jelentősen befolyásolja a felhasználó által érzelt súlyt. Az emberi test tömegközéppont közelében vagy annak közepén, elhelyezett súlyok a legkevésbé észlelhetőek. A Tömegközépponttól való távolság növekedésével általában növekszik a súly érzet. Emellett a lengő súlyok súlyosabbnak tűnnek, mint a testhez szorosan

---

<sup>97</sup> <http://fortune.com/2014/06/20/2014-not-year-wearables/>



kapcsolódó súlyok. Ez a végtagokon elhelyezett súlyokra vonatkozik leginkább, ennek ellenére a hordozható számítógépek mégis a legtöbb esetben az alkarra kerülnek. Az a tény, hogy a tömegközéppont közelében található súlyok könnyebben hordozhatóak, annak köszönhető, hogy az ezen területre került terhelésért a lábak erősebb izmai a felelősek. A mobil eszközöknél igen nagy százalékban az energiaellátásért felelős rész teszi ki az egész eszköz súlyának nagy százalékát. Az általam tervezett eszközöknél a mestermunka energiaellátása is az eszköz súlyának minden bizonnyal a legmeghatározóbb része. Ebből következően az eszköz részben vagy teljes egészében az emberi testhez valamilyen módon kapcsolódik a funkcionális használatban aktívan nem résztvevő egységekkel, mint például az energiaellátás vagy az elektronika. Ezeket a test azon részén szándékozom elhelyezni, ahol fizikailag a legkisebb terheléssel jár a viselése és nem korlátozza vagy esetleg akadályozza a felhasználót semminemű mozgásban. Ezzel a megoldással a kézben használható, világításra szánt eszköz súlyának igen nagy százalékát el lehet különíteni magától a világító eszköztől.<sup>98</sup>

Lehetséges, hogy a hordozható technológiákkal szembeni legnagyobb kihívás a méretét tekintve kicsi, kapacitását tekintve nagy és biztonságos akkumulátor rendszerek fejlesztése. A hordozható technológiák jelenlegi generációja nagymértékben függ az akkumulátorok fejlesztésétől. Különösen az újratölthető Lítium-ion akkumulátorok voltak a legnagyobb hatással a mobil eszközök fejlődésére az elmúlt években. A ma ismert legfejlettebb Lítium-ion akkumulátorok, számos eszköz számára előnyös megoldást jelenthetnek, de ez a technológia valószínűleg nem a legmegfelelőbb a testre szerelt hordozható eszközök számára. Elsődleges problémát az egyre növekvő biztonsági előírásoknak való megfelelés jelent és természetesen a túlzott súly.<sup>99</sup> Az akkumulátorokkal kapcsolatban a legnagyobb probléma az, hogy az energiaellátás teljesítményének növekedése nem tart lépést a más mobil technológiák fejlődésével. Az akkumulátornak kisebbnek és könnyebbnek kell lennie, mint a jelenlegi Lítium-ion akkumulátorok, hogy megfeleljenek az új hordozható technológiai és ruházati termékek méretének és súlyának. Az energia és az energiasűrűség követelményeinek egy kisebb formátumban történő létrehozása egyszerűen lehetetlen kihívást jelent a ma létező legfejlettebb Lítium-ion akkumulátoroknak a technológiai adottságai miatt. Ezenkívül a Lítium-ion akkumulátorok olyan aktív vegyi anyagot

---

<sup>98</sup> <http://clintzeagler.com/WhereToWearIt.pdf>

<sup>99</sup> L. Ashok Kumar, C. Vigneswaran, 2016. Electronics in Textiles and Clothing Design, Products and Applications, CRC Press Taylor & Francis Group, page 48.-52.

tartalmazznak, amelyek termikus instabilitást mutatnak helytelen használat esetén, ami túlmelegedést, egyes esetekben robbanást okozhatnak.

Láthatóan tovább kell, hogy fejlődjenek az akkumulátorok és egyéb energia tárolóeszközök a hordozható technológiai eszközök fejlődéséhez. Ahhoz, hogy megfelelő mennyiségű energiát tudjak tárolni, újra tölteni és a kellő fény előállítására felhasználni a mestermunka prototípusánál, ahhoz folyamatos kutatásra van szükség, kifejezetten az új energiatárolás területén belül.

A tárolt energia jellegének nagy szerep jut egy hordozható készüléknél. Nagyon sok módja van az energia tárolásának, de egy hordozható világítástechnikai eszközknél az újratölthető akkumulátor a legjobb választás.

A kutatás e szakaszának másik célja a lehetséges akkumulátorok megismerése, elemzése és a technológia körbejárása volt. Az egyszerűbb mobil világítástechnikai eszközöknél az akkumulátorok képezik a bekerülési költség nagy részét. Az akkumulátorokon múlik a készülék fizikai mérete és a nem elhanyagolható súlya. Az energiaellátás egy igen összetett alkotó elem. A kutatási szakaszban többször újra kellett méreteznem mindent a változó (növekvő) méretű akkumulátor miatt.

## Akkumulátorok

Számos akkumulátor típus létezik, de három technológiailag eltérő, irány jöhető számításban. Pb-sav, Ni-MH, Li-ion. Mindhárom típusú akkumulátornak hasonló a működési elve. Összehasonlítást illetően, össze kell vetni a szóba vehető akkumulátorokat a tömeg / teljesítmény, a tömeg / ár, biztonsági tényezők és élettartam összefüggését illetően. Akkumulátorok szinte minden formában és méretben léteznek. Megkülönböztetni őket a szabványos méreteken kívül a feszültségük, a fajlagos energiájuk (kapacitásuk), kémiai összetételük alapján lehet. Az akkumulátorok határozzák meg a Mobilitás fejlődését, mivel hordozható energiaforrásként vesznek részt. A hétköznapi használati tárgyainál sajnos az akkumulátorok fejlődése nem olyan intenzív, mint az ipari technológiák más területe. Az akkumulátoroknál a megjósolt kapacitásnövekedés miszerint két évente megduplázódik (ami a mikroprocesszoroknál megjósolt és be is következett) most úgy látszik, hogy a

kétszereződés inkább tízévente következik be. Ezzel együtt egyre sűrűbben merül fel meg biztonsági kérdés a különböző akkumulátor típusokkal kapcsolatban.<sup>100</sup> A technológia egyre több energiát szeretne egyre kisebb helyre bezsűfolni. A legtöbb problémát a túlmelegedés okozza. Érdeemes feltenni a kérdést, hogy melyik az ideális akkumulátor egy fényképezőgépbe, egy telefonba, egy felderítő dronban vagy egy napelemes háztartási áramellátó rendszerbe? A válasz nem is olyan egyszerű. Ugyanis nincs olyan, hogy univerzális akkumulátor. Amíg egy típus tökéletes egy alkalmazáshoz, addig lehetséges, hogy egyáltalán nem felel meg a másik alkalmazási területen. Elektromos energia tárolásra két nagy csoportot különítünk el a legelterjedtebb akkumulátorok jellege szerint. A primer, vagyis egyszer használatos akkumulátorok és a másodlagos, vagyis újratölthető akkumulátorok. Az öko-tudatos gondolkodás megkövetelné, hogy lehetőleg kerüljük a primer akkumulátorok használatát és helyezzük előtérbe az újratölthető akkumulátorokat, de sajnos a valóságban erre még nincs mindenhol mód. A primer akkumulátor kisülése alacsonyabb, akár 10 évig is képes működni minimális veszteséggel. Ellentétben ezzel az ólom, Nikkel vagy lítium alapú akkumulátorokat időszakosan fel kell tölteni, illetve némelyik típus karbantartást igényel. Lítium és Nikkel alapú akkumulátorok a legalkalmasabbak a hordozható készülékek működtetésére.<sup>101</sup> Ólom akkumulátort a súlya miatt vagy fixen telepített rendszerben vagy kerekeken mozgatott eszközöknél használnak. Az újratölthető akkumulátorok élettartama viszonylag rövidnek mondható.

Az egyik legrégebbi akkumulátor rendszer. Robusztus, gazdaságos és szinte minden körülmények között megállja a helyét. 1895-ben Gaston Plante találta fel. Az 1970-es években jelentek meg a karbantartást nem igénylő modellek ebből a típusból. Van folyadékos és zselés változata. Az elavult technológiának köszönhetően biztonságos, de tömeg / kapacitás arányát tekintve nem ideális mobil eszközök energia tárolására.

Energiatárolás hasznosulása 30-50 W óra / kilogramm

Töltési ciklus (élettartam) 200-300 alkalom

Gondozást igényel és a környezetre igen mérgező

---

<sup>100</sup> Isidor Buchmann, 2011, Batteries in a Portable World, Cadex Electronics Inc. Page 66-68.

<sup>101</sup> Isidor Buchmann, 2011, Batteries in a Portable World, Cadex Electronics Inc. Page 49-61.

A másik szintén elterjedt fajta a Nikkel Cadmium (NiCd) Viszonylag régóta létező akkumulátorfajta. 1899-ben Waldmar Junger találta fel. A korai szakaszban igen drágának bizonyult, ezért a fejlesztések vártak magukra egészen 1932-ig. Majd 1947-ben lett kidolgozva a végleges típus, ami a mai napig használatban van. A szabványos NiCd továbbra is az egyik legmegbízhatóbb akkumulátor típus a hosszú élettartamának köszönhetően.

A következő akkumulátor típus a NiCd. A kutatás ezen a területen 1967-ben indult, de csak a 80-as években sikerült stabil, megbízható típust kifejleszteni. Ennél a típusnál érték el nagy áttörést a fajlagos energiát illetően. A legnagyobb előnye a NiCd-vel szemben, hogy egyáltalán nem mérgező a környezetre. A Li-ion akkumulátor megjelenése vetette vissza az NiMH népszerűségét. Az ismertebb akkumulátor gyártó cégek mint a Sanyo, Energizer, Duracel, vagy a GP meglátták a technológiában rejlő lehetőségeket és elkezdtek az NiMH gyártását szabvány méretekben, mint az AA és az AAA akkumulátorok. A siker mégsem következett be, mert ezek az akkumulátorok nem tartják az energiát sokáig és a felhasználók nem honorálták azt, hogy egy készüléket nem lehet egy hét után használni töltés nélkül.

Energiatárolás hasznosulása 60-120 Wh / kilogramm

Töltés ciklus (élettartam) 300-500 alkalom

Gonдозást igényel, nem mérgező a környezetre.

## Lítium alapú akkumulátorok

Ezek a típusok lényegesen újabb akkumulátorok. Ennek a típusú akkumulátornak a fejlesztése 1912-ben kezdődött, de csak az 1970-es években került forgalomba az első még nem újratölthető lítium akkumulátor. Ebben az időszakban voltak már kísérletek az újratölthető verzióra is, de nem jártak sikerrel. 1991-ben egy japán telefonkészülékbe használt újratölthető lítium akkumulátor meghibásodott, a felmelegedés következtében meggyulladt és égési sérüléseket okozott egy férfi arcán. Ennek okán nagy számban visszahívták a készülékeket. Ez esemény kapcsán és számos más eset miatt a különböző szervezetekben és a felhasználókban kialakult egy negatív érzés a lítium akkumulátorokkal kapcsolatban, ami a mai napig tart. Ennek ellenére ez a technológia kap a legtöbb figyelmet a

fejlesztést illetően. A Sony cég 1991-ben hozta kereskedelembé az első lítium ion akkumulátort saját készülékében és ma is ez a típus a meghatározó akkumulátor a piacon az elektronikai eszközökben.

A Sony cég mutatott rá arra a problémára, hogy a lítium ion cellás akkumulátoroknál a gyártás során szennyeződésként bekerült mikroszkopikus fém részecskék érintkezhetnek az akkumulátor celláival és sejten belül rövidzárlatot okozva veszélyessé teszik az akkumulátort. A gyártók igyekeznek ezeket a szennyeződések elkerülni, de mivel a technológia olyan mértékben előrehaladott, hogy a sejteket elválasztó ultra vékony lapok nemritkán 20-25 Mikron vastagságúak. Egy olyan helyen, ahol a labor körülmények nem adottak az összeszerelésre, a kockázat is nagyobb a hibás akkumulátorok gyártására. A lítium akkumulátorok lassan közelednek az energiatárolás fizikai határához. A legnagyobb probléma a biztonsági kérdés, ami egyes esetekben igen nehezen kontrollálható jelenség. Joggal merül fel bennem az a kérdés, hogy melyik energiatárolási technológia a megfelelő számomra. A biztonságos, elavult, nagytömegű vagy a veszélyes, korszerű, kis tömegű. Célom egy olyan rendszer létrehozása, ahol az eszköz súlya nem befolyásolja a használatot ugyanakkor teljesítménye elegendő elvárásaimnak, de természetesen nem jelent biztonsági kockázatot a felhasználónak. A viszonylag nagy energia igény miatt a Lítium alapú akkumulátor mellett döntöttem, amit a megfelelő elektronikával teszek a legbiztonságosabbá.

## Mestermunka

Mestermunka előkészítése a kutatás alatt kezdődött. Az előkészítés három terület figyelembevételével indult el. Ez a három terület az optika, fényszögek, fényteljesítmény területe, a működési és töltési idő és a súly, méret optimalizálása.

Nem létezik egyezményes fényteljesítmény a kereső lámpáknál. Sőt a most megfigyelhető tendenciák sok esetben kifejezetten a minél nagyobb fény elérését tűzik ki célul, közben figyelmen kívül hagyják a működési időt. Nem egy olyan kereső lámpa kapható kereskedelmi forgalomba, aminél a maximális fény 1-2 percig áll fent és utána a fényteljesítmény több mint negyedére csökken. Ebben a versenyben, miszerint nagy fényteljesítmény létrehozása viszonylag rövid ideig, nem szerettem volna részt venni. A célom az volt, hogy minél

optimálisabb mesterséges fényt hozzak létre, amit megközelítőleg egyenletesen fent tudok tartani akár 6-8 órán keresztül.

## Fényteljesítmény, működési idő, súly

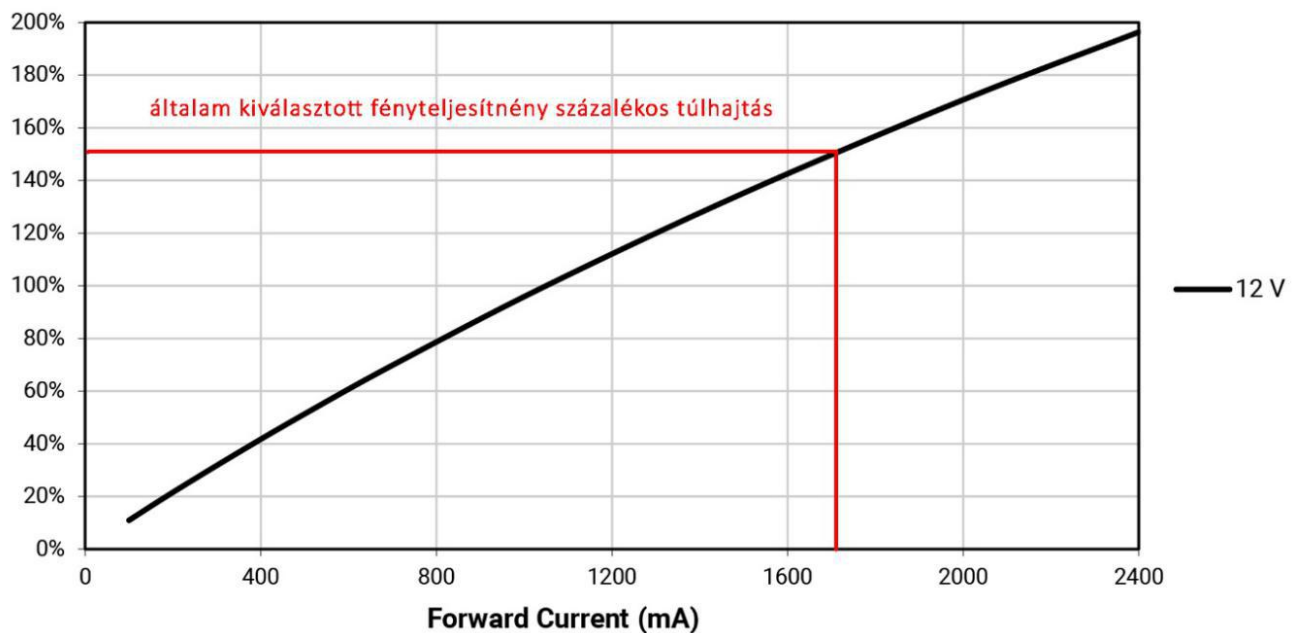
A fényteljesítmény, működési idő, súly egy olyan egyenlet, aminél minden változtatás befolyásolja a többi tényezőt is. A három területnél különböző módon határoztam meg a technológiákat és az összetevőket. A fény létrehozásánál kutattam az aktuálisan elérhető LED-et és kiválasztottam a legnagyobb fény teljesítménnyel rendelkező LED chipet, ami szóba jöhet egy kereső lámpánál. A választásom a Cree XHP 70 LED chipre esett. Számos cég használja ezt a típust. A kutatás és a mestermunka előkészítés több évet vett igénybe, ezért nem egy összetevő változott a mestermunka előkészületének idején alatt. Ez alól nem kivétel a LED sem. Az XHP 70 a kutatás ideje alatt lecserélődött az XHP 70,2 lett chipre, ami egy fejlettebb modell. Kimerem jelteni, hogy a munka kezdő lépése a LED chip kiválasztása volt. A kereső lámpát alkotó három összetevőből ekkora lett meg az első alkotó.

## Cree XHP 70,2 C1-P2 6500K

A Főfény LED kiválasztása után mindent ehhez kezdtem optimalizálni. Egy mai LED nagyon széles határok között működhet. A cég ajánlása egy működési tartomány, de ezen belül tág határok között mozoghat. Egy hagyományos izzó szálás fényforrásnál megvan adva a kívánt feszültség és ahhoz tartozik egy adott fényteljesítmény, amitől nem igazán lehet eltérni. Ezzel szemben a LED-nél van egy nyitófeszültség, ami azt jelenti, hogy egy bizonyos feszültség elérésénél elkezdi világítani a LED. A feszültség növelésével nő a leadott fény mennyiség. A cégek legtöbbször arra nem biztosít adatot, hogy milyen mértékben lehet a feszültséget és vele együtt a fény teljesítményt növelni.

A fény mennyiség növelése a működés közben létrejövő hőmérséklet emelkedéssel jár, ami hozzájárulhat a LED élettartalmának csökkenéséhez. Míg a hagyományos Fényforrásnál a hő keletkezésnek nincs nagy jelentősége, addig a LED-es fényforrás bizonyos hőmérséklet felett tönkre is mehet. Elméletileg ez azt jelenti, hogy ha egy LED-et megfelelően el hűtünk, akkor a

fényteljesítmény sokszorosára növelhető a gyári adatokhoz képest. Ez a valóságban 200-250% százalékos maximum túlhajtást jelenthet.



A kutatás ezen szakaszában már rendelkezésre állt egy elvi modell az akkumulátort illetően. Akkumulátornál meghatároztam, hogy valahol a 15 és 20 amperórás tartományban lesz az energiaellátás, ami azt jelenti, hogy fényveszteségekkel együtt a maximum 3 A áll rendelkezésre óránként az összes fény előállítására. Ezzel a mesterséges fény 6 h-n át tud működni. Ezek az adatok alapján kezdtem el a fő fényforrás kísérleteket. Különböző méretű hűtő felületekkel mértem a hőmérséklet különbségeket a különböző fénytéljesítményeknél. Viszonyítási alapként rendelkezésre állt a Cree által megadott maximális működési hőmérséklet, illetve mivel mestermunkám egy kézben hordható eszköz, ezért ergonómiai szempontból is volt egy maximális hőmérséklet a lámpatest külső felületét illetően. (Cree mag hőmérséklet: max. 85 °C, lámpatest max. 50 °C.)

Ezután kiválasztottam két optikai tükröt a fő fényhez, majd az optimalizálás után véglegesítettem az optikát. Ezen a ponton rendelkezésre állt a szükséges felület a hőleadáshoz és megvolt a kívánt méret a fő fényt és optikát illetően. Ezen adatok függvényében elkezdődött a mesterséges fény létrehozására szolgáló fejegység formatervezésre. Több próbadarab elkészült ebben a fázisban, amivel tovább tudtam

pontosítani az értékeket. Ezzel párhuzamosan folytak a fény kísérletek a perifériás látás kiszolgáló mesterséges fényvel kapcsolatban is. Mint ahogy a fő fénynél, úgy a perifériás fénynél is eljutottam arra pontra, ahol a rendelkezésre álló adatok alapján kísérleteket végeztem, majd az eredményeket egyesítve elkészült a végleges fejegység formaterve.

### Epiled 3535 cyan (495-505nm)

Míg a fő fénynél a Cree LED kiválasztása után egyértelmű volt a LED típus használata, addig a zöld fénynél igen sok kísérletre volt szükség a véglegesítéshez. Erre a speciális hullámhosszú fény használatra nem állt rendelkezésre kutatási anyag, ezért ezt tesztek alapján lehetett pontosítani és véglegesíteni. A kutatás során meghatározott zöld LED fényteljesítménye a tesztek folyamán kevésnek bizonyult, ezért azon drasztikusabb változtatást eszközöltem, vagyis a zöld LED kezdeti szakaszához képest négyszeresére növeltem a fényteljesítményt. Ez a változtatás szinte minden összetevőt érintett.

### Mestermunka energiaellátása

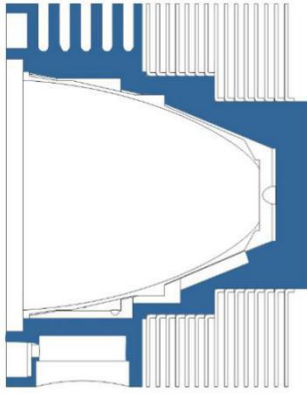
Az akkumulátortechnológiát illetően nem volt olyan sok opció, mert a ma piacon elérhető akkumulátor típusok ebben a teljesítmény tartományban, a lehető legkisebb súly figyelembevételével, a Lítium ion akkumulátor technológiára korlátozódnak. A mester munka elvi modell meghatározásnál tudtam, hogy az akkumulátort nem az eszközben, hanem az emberi testen szeretném elhelyezni, a megfelelő súlyelosztás miatt és ez a kialakítási elv végig kísérte a mester munka megalkotását. Mint a legtöbb műszaki komponensnél úgy az akkumulátorok világában is folyamatos fejlődés figyelhető meg. Az akkumulátor a kutatás és tesztelési szakaszban, a LED-hez hasonlóan szintén változott. A fejlesztés kezdetekor az akkumulátor egy 12V 20 amperórás volt, ami a mester munka véglegesítésénél 12V 25 amperórás teljesítményűre lett növelve. Ebben a változtatásban a perifériás látómező fényigényének növekedése játszott nagy szerepet. A végleges akkumulátor mérete 1495 gramm az akkumulátor házzal együtt, ami elsőre soknak tűnhet, de az emberi testen van elhelyezve, ezért a súlyának még sincs számottevő hatása.



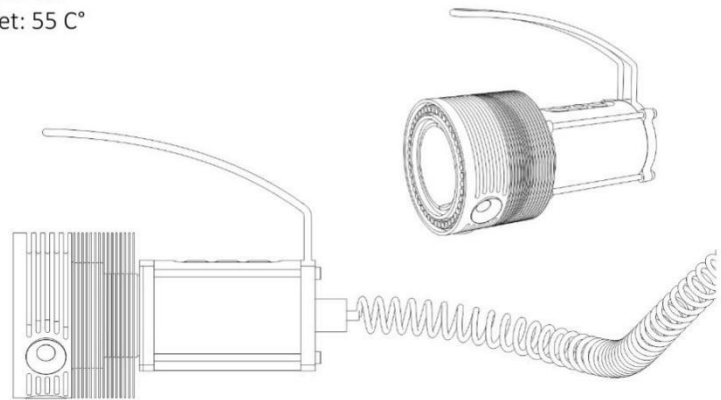
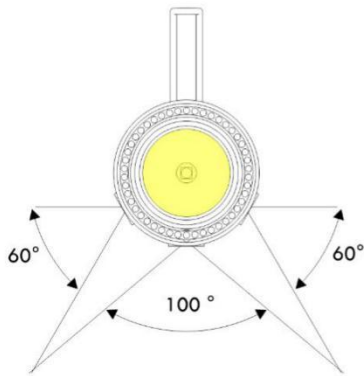
## LED fény teljesítmény és hőleadás tesztek

A mestermunka előkészítése fizikai tesztekkel kezdődött. A kiválasztott főfényre használt Cree LED és a periféria világításhoz használt zöld LED először külön lett tesztelve, majd az így rendelkezésre álló adatok alapján, közös hűtő felületen egyszerre lett beüzemelve. Az első fejegység öntött alumíniumból készült, ami ezen az oldalon is látható. A teszteket minden esetben kontrollált külső hőmérséklet mellett végeztem.<sup>102</sup> A kezdeti terveknél viszonylag gyorsan kiderült, hogy passzív hűtéssel ezt a konstrukciót nem tudom a kívánt szint alá hűteni. Az első tesztelési szakaszban a LED-eket 100%-os áramfelvétellel hajtottam, ami jóval lejjebb van a maximális értéktől, de így is viszonylag nagy hőmérsékletre emelkedett a fejegység külső felülete. Ezeknek a kísérleteknek köszönhetően a teljes fejegység konstrukció újra lett méretezve. Az új tervnél, a hőleadó felület növelése mellett, új technológia és új anyag használata volt kitűzve célul. A belső konstrukció nem változott, ezért továbbra is az volt a kiindulási alap. A Cree XHP 70 hez, a mestermunka kezdeti szakaszában ki lett választva egy optikai tükör, ami továbbra is biztosította a kiindulási méretet. A hőmérsékleti mérésekből az is kiderült, hogy a LED chip alatti felület minimális vastagsága 10mm körül van optimális esetben. Ezek az információk alapján ment tovább a fejlesztés.





Felület: 2118 cm<sup>2</sup>  
hőmérséklet: 55 C°



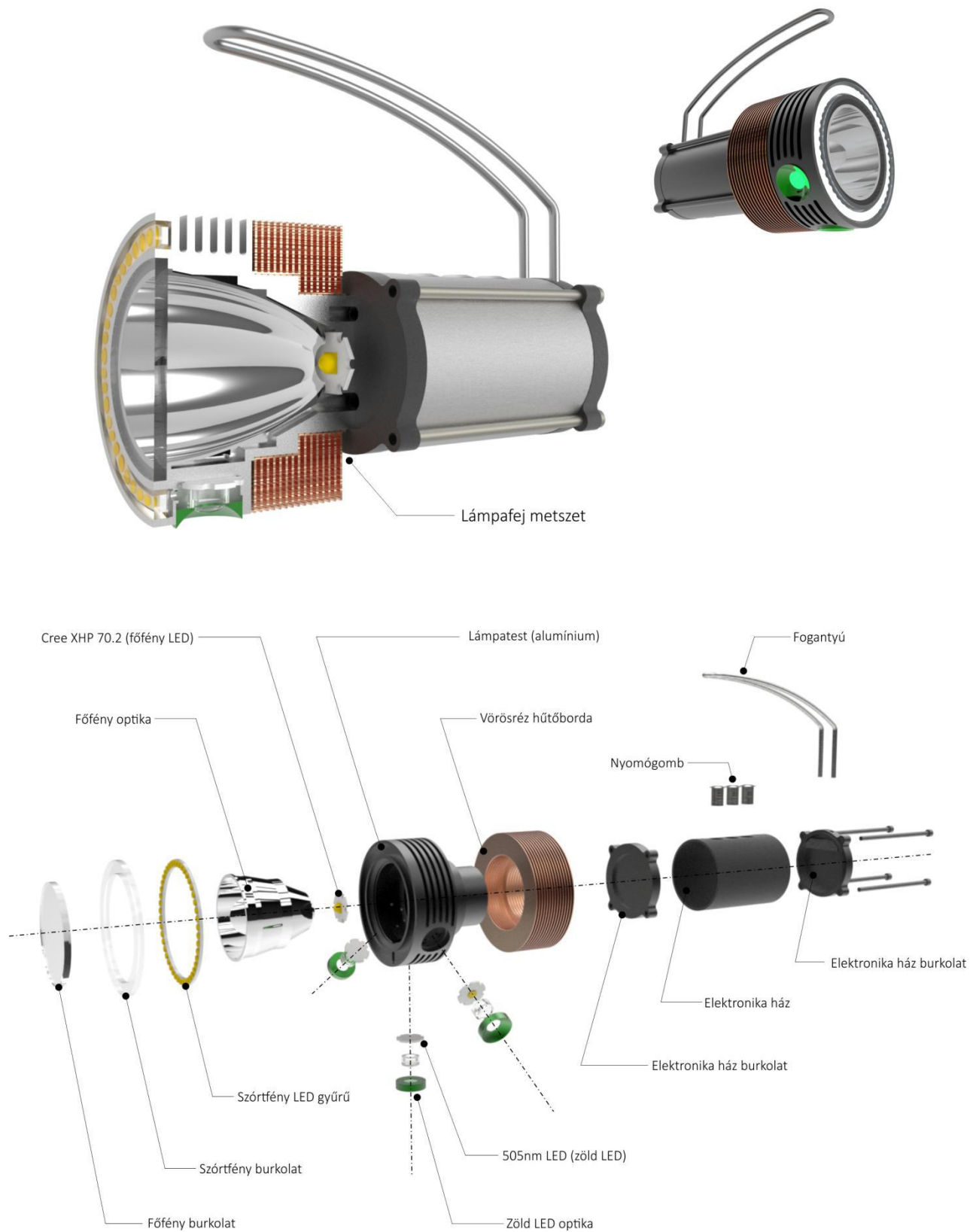
A felület növelésre a legegyszerűbb megoldás a fej arányos tömegnövelése. Ez a megoldás számos esetben működhet, de itt a súly növekedése miatt nem a legeredményesebb módszer. Ezért anyag és technológia változtatása mellett döntöttem. A fémöntésnél mindig van egy minimális anyag vastagság, ami alapvetően korlátozza az egy térfogatra létrehozható bordák számát. Ezt a technológiát és vele együtt az anyag minőséget váltottam fel CNC megmunkálásra és magasabb minőségű alumínium használatra, illetve egy olyan alap szerkezetet hoztam létre, amely a kialakításának köszönhetően vörösréz bordázattal látható el. Ezeknek a bordáknak a segítségével sokszorosára nőtt a hőleadó felület és a hőleadás hatásfoka. Ezeknél a tesztekénél pontosabban be tudtam állítani az optimális külső hőmérséklet figyelembevételével a maximális fény mennyiséget. Megközelítőleg 150% ra lehetett növelni a behajtott áramerősséget, amivel a főfény fény mennyiségét 3200 lumen értékhatárra növeltem.<sup>103</sup>

<sup>103</sup> <https://www.cree.com/led-components/products/xlamp-leds-arrays/xlamp-xhp70-2> (gyári adatok alapján)

## Mestermunka formai variációk



# Mestermunka formaterv\_metszet, robbantott ábra



# Mestermunka látványterv



## Racoon Tac (mestermunka prototípus) kereső lámpa alkotó elemei

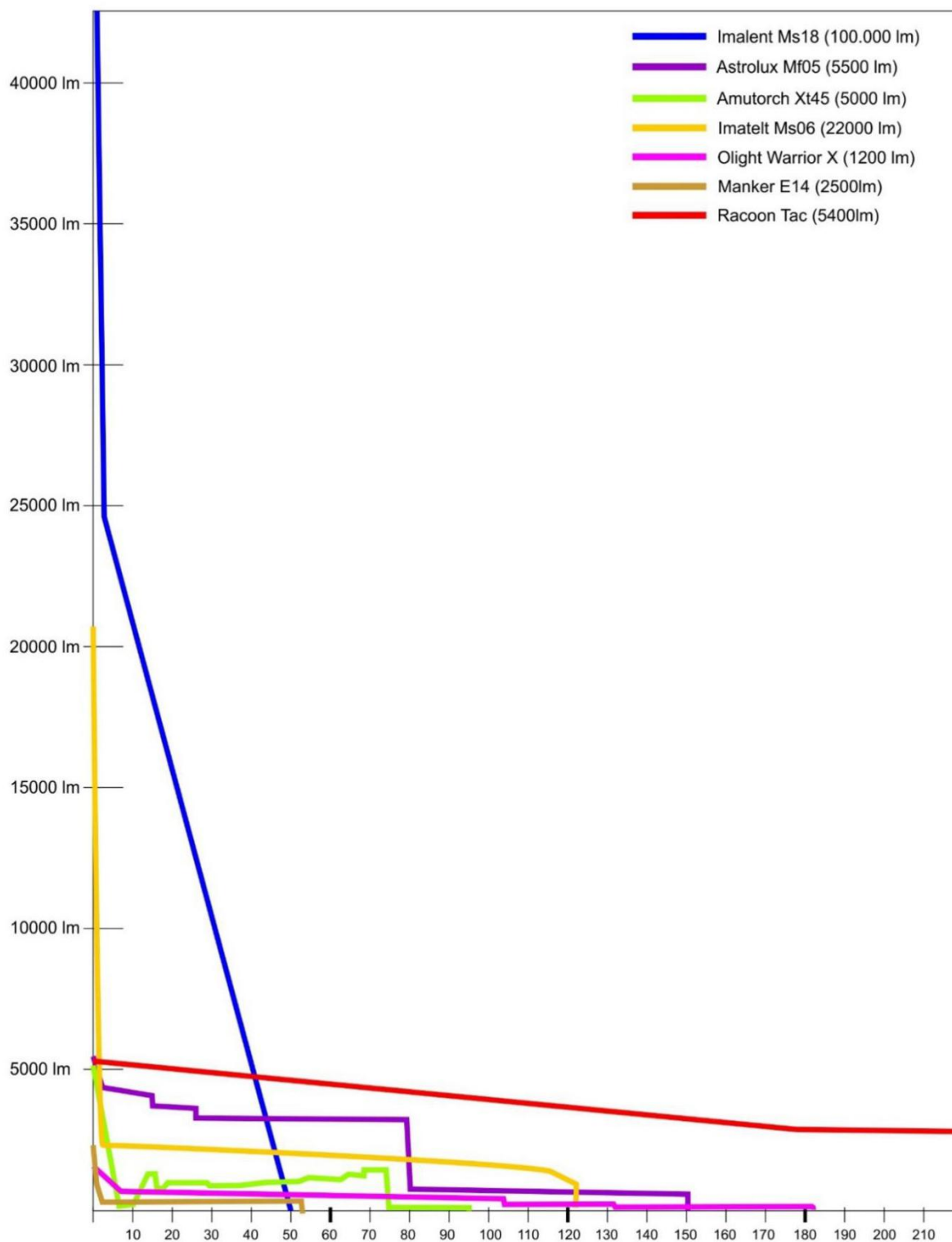
A kereső lámpa három részből áll. A fejegység, amiben megtalálható három területet lefedő mesterséges fény. A fejegységben van elhelyezve a három nyomógomb, amivel külön ki-be kapcsolható az összes különböző fényszögű fényforrás, illetve a nyomógomb segítségével szabályozható a fő fényforrás az előre beállított programok segítségével. A kereső lámpa másik fő eleme az akkumulátor, ami egy műanyag házban van elhelyezve és tépőzár segítségével csatlakozik az emberi testre, egy erre kialakított taktikai mellény segítségével. A rendszer harmadik alkotóeleme egy spirál kábel, amin keresztül az energia eljut az akkumulátorból a fejegységbe, ezen kívül szerepet játszik a súlyelosztásban. Az elkészült kereső lámpa prototípusával az elsődleges célom az volt, hogy rendelkezésre álljon az összes mesterséges fény az általam meghatározott területeken és az eszköz alkalmas legyen a legkülönbözőbb tesztek végrehajtására. Az elkészült mestermunka nem egy kész termék, hanem egy prototípus a tézisek vizsgálatához és bizonyításához.



## Kereskedelmi forgalomban kapható kézi lámpák

A LED technológia fejlődésének köszönhetően egyre több cég gyárt mesterséges fényt előállító eszközöket, ezért a kézi lámpákból is igen nagy a választék. A kereskedelmi forgalomban kapható kézi lámpa kutatásom arra irányult, hogy milyen módon kommunikálják a cégek a különböző műszaki adatokat és mire helyezik a hangsúlyt. Manapság egyre többen foglalkozunk a lumen-el, pedig sok esetben ez az adat nem igazán ad összevethető információt. Az elfogadott módszer a gyártóknál, hogy a lument, mint LED chipből származtatott adatot tüntetik fel, vagyis a gyártók által vásárolt LED adatait kommunikálják, nem az elkészült termék, laborban kimért valóban előállított fény mennyiségét. Ez azt jelenti, hogy van egy adat, ami kizárólag arra utal, hogy a LED chip, labor körülmények között, 25 °C-on, egy bizonyos teljesítménynél, egy gömbfelületre kivetítve, mennyi fényt bocsájt ki. Ennek az adatnak, sok esetben nincs köze a valós fényérzékeléshez. Ez a probléma oda vezetett, hogy már a hétköznapi ember is szinte csak ezzel az egy adattal foglalkozik, annak ellenére, hogy sokan nem is tudják mi az a lumen. A kutatási és tesztelési szakaszban számos esetben beszéltem különböző területekről szakemberekkel, akik viszonylag sok kézi lámpát használnak és minden esetben az volt az első kérdésük, miután röviden felvezettem a mestermunkámat, hogy hány lument tud a kereső lámpám. Ez a probléma egészen odáig fokozódott a kereskedelmi termékeknél, hogy nem egy cég gyárt olyan lámpát, aminél van „turbó” mód. Ami azt jelenti, hogy viszonylag rövid időre, sokszorosára túl hajtják a kézi lámpát, majd az így elért értékkel kommunikálják a lámpa maximális fényteljesítményét. Nem egy esetben a maximális fénnel a lámpa pár percig tud működni és utána a lumen érték töredékére csökken. Ennek összefoglaló diagramja látható a fényteljesítmény – működési idő diagramban a következő oldalon. Ez egy olyan versenyt teremt a piacon, ami miatt a funkció szinte háttérbe szorul. Ezért van egyre több olyan példa, hogy egy ismert cég által forgalmazott kézi lámpa adatai jóval alacsonyabbak, mint a frissen piacra kerülő ismeretlen cégek által gyártott termékeké. Mint például a Pelican 8600 kézi lámpa, 1072 lumen fényteljesítmény szembe helyezve az Amutorch Xt45 kézi lámpa, 5000 lumen adatával. Nem azt állítom, hogy valamelyik cég adatai nem valósak, hanem azt, hogy ez a fajta kommunikáció nincs szabályozva, ezért ezeknek a lumen értékeknek nincs olyan nagy jelentősége, mint azt a felhasználó gondolja.

## Fényteljesítmény-működési idő összehasonlítás<sup>104</sup>



<sup>104</sup> <https://1lumen.com/review/>



## Kereskedelmi forgalomban kapható kézi lámpák adatai:

Larson Electronics HIDH-3550 Dual Mode Portable HID flashlight

Akkumulátor: újra tölthető Li-ion, 12V

Működési idő: 110 perc

Töltési idő: 180 perc

Lámpatest: IP68, passzív hűtéssel, 1900 gramm



Dualie waypoint spotlight

Akkumulátor: újra tölthető Li-ion

Fényteljesítmény: 1000 lumen (maximum fényerő)

Működési idő: 3 óra



Nitecore EA42

Akkumulátor: újra tölthető Ni-MH

Fényteljesítmény: 1800 lumen

Lámpatest: 128 gramm (akkumulátor nélkül)

Működési idő: 30 perc



Nitecore EA81

Akkumulátor: újra tölthető Ni-MH

Fényteljesítmény: 2150 lumen

Lámpatest: 282 gramm (akkumulátor nélkül)

Működési idő: 1 óra 45 perc



### Imalent MS03

Akkumulátor: újra tölthető Li-ion

Fényteljesítmény: 13000 lumen

Lámpatest: 193 gramm (akkumulátorral)

Működési idő: 1 perc (maximum fényerővel)



### Nightwatch NSX3

Akkumulátor: újra tölthető Li-ion

Fényteljesítmény: 9900 lumen

Lámpatest: 167 gramm (akkumulátor nélkül)

Működési idő: 1 perc (maximum fényerővel)



### Astrolux MF05

Akkumulátor: újra tölthető Li-ion

Fényteljesítmény: 9900 lumen

Lámpatest: 3989 gramm (akkumulátorral)

Működési idő: 1 óra 35 perc (maximum fényerővel)



### Manker E14

Akkumulátor: újra tölthető Li-ion

Fényteljesítmény: 4000 lumen

Lámpatest: 109 gramm (akkumulátorral)

Működési idő: 55 perc (maximum fényerővel)



### Imalent MS18

Akkumulátor: újra tölthető Li-ion

Fényteljesítmény: 100.000 lumen

Lámpatest: 1900 gramm (akkumulátorral)

Működési idő: 1 perc (maximum fényerővel)



### Amutorch Xt45

Akkumulátor: újra tölthető Li-ion

Fényteljesítmény: 5000 lumen

Lámpatest: 163 gramm (akkumulátor nélkül)

Működési idő: 1 óra 35 perc (maximum fényerővel)



### Pelican 9415i

Akkumulátor: újra tölthető Li-ion

Fényteljesítmény: 392 lumen

Lámpatest: 1400 gramm (akkumulátorral)

Működési idő: 4 óra 30 perc (maximum fényerővel)



### Pelican 8600

Akkumulátor: újra tölthető Li-ion

Fényteljesítmény: 1072 lumen

Lámpatest: 658 gramm (akkumulátorral)

Működési idő: 3 óra 45 perc (maximum fényerővel)



## Racoon Tac keresőlámpa alapadatai:

Akkumulátor: újra tölthető Li-ion, 12V, 25 Ah, 1495 gramm

Fényteljesítmény: 5460 lumen (fő fény/zöld fény/szórt fény) 25°C-on

Működési idő: 6 óra (főfény + zöldfény) 50% fényteljesítmény csökkenésig

töltési idő: 5 óra

súly: 1265 gramm



## Mestermunka fotók



## Mestermunka tesztelése és értékelése

A kutatási szakaszban felvettem a kapcsolatot több mentő szervezettel és a mentésben jártas szakemberekkel. A tesztelést három jól elkülöníthető területre bontottam, hogy minél pontosabb képet kapjak a mestermunkaként elkészült kézi lámpa használatával kapcsolatban. Az elsődleges tesztelési terület a mentőcsapatokkal és tűzoltókkal való interjú készítés volt. A mentésben résztvevő szakemberekkel való egyeztetésből számos olyan következtetést vontam le, ami áttételesen vissza igazolta a feltételezésemet a perifériás fényigénnyel kapcsolatban már a kutatás korai szakaszában.

A második tesztelési metódus a keresőlámpa hatásfokára irányult. Általam kijelölt éjszakai tesztpályán véletlen elrendezésű színes tárgyak megtalálásának százalékos arányát vizsgáltam a különböző fényszögű és fényteljesítményű mesterséges fény segítségével. Ezzel a teszttel kifejezetten a mentőcsapatok munkavégzés eredményességének növelését szerettem volna bizonyítani, ami véleményem szerint vissza is igazolódott.

A tesztelés harmadik lépése a stressz szint mérésre alapult. Hasonló terep és természetes fényviszonyok mellett azt vizsgáltam, hogy milyen hatással van az emberi szervezetre a perifériás látás megléte vagy hiánya. Éjszakai szimulált keresés közben változtattam a mesterséges fény viszonyt és okos óra segítségével mértem a stressz szint változását. A fény viszony változásnak két ciklusa volt. Kezdeti szakaszban a mesterséges fénynek része volt a perifériás világítás, majd egy bizonyos idő elteltével ez a mesterséges fény redukálva lett a szűk, az éleslátást kiszolgáló fényszögre.

A tesztek Pest-megyei erdős területeken hajtottam végre, különböző terepviszonyok között. Vizsgáltam sűrű fás és bozótos környezetben, sziklás domborzati terepen és vízen, (vízi teszt a Pest-megyei vízi mentőcsapat által használt mentőhajó segítségével). A tesztet alapvetően a találati arány százalékára és a stressz szint mérésére helyeztem, de a tesztelés közben bebizonyosodott, hogy a perifériás mesterséges fény használatával magabiztosabban közlekedhetünk a legtöbb terepen, ezzel növelve a munkavégzés eredményességét. A százalékos találati tesztnél nem helyeztem hangsúlyt az eltelt időre, de a tesztek után az is bebizonyosodott, hogy nem csak a találati százalék nőtt a perifériás mesterséges fény

használatánál, de a találati idő is lerövidült, ami a kereső csapatok munkájában azt jelenti, hogy az találati idő lerövidülésével nő a túlélési esély az áldozatoknál. Ahogy azt említettem, megpróbáltam minél szélsőségesebb terepen tesztelni és az egyértelműen látszik, hogy alapvető használata ennek a konstrukciónak inkább a szárazföldön van. A szárazföldön a kézben tartott kereső lámpa három fény szögének mesterséges fénye jól tud érvényesülni. Még egy kisebb keresőcsoportnál is eredményesen használható, ugyan is a perifériás fény közel 10-12 méteres sávot világít be, ami elegendő fényt biztosít egy csoportban dolgozó szakembereknek. Ez azért van mert a kézben tartott kereső lámpa egy bizonyos tartományon belül mindig a földet világítja meg az 505nm-es fénnel ezért az mindig segíti a munkavégzést. Ebben a periferikus fénnel lefedett területben csak a kereső lámpát tartó személy egyik lába által vetett árnyék kelt némi veszteséget, de ez a veszteség sem számottevő és csak akkor keletkezik, ha a kereső lámpát tartó személy közel tartja az eszközt a lábához.

Ezzel szemben a vízben való használat azért nem ideális, mert a lámpának a kialakításából adódóan az 505nm-es fény sáv a használójához közel keletkezik. A vízben való tesztelésnél kiderült, hogy a perifériás mező nagy része a hajó belseje, ami amúgy is el van látva minimális fénnel. Ez azt jelentette, hogy a zöldes fény jelentős része a hajó padlójának a belsejére érkezett, ami nem segítette a munkavégzést, sőt a szakemberek szerint inkább zavaró volt. Nem lehetett biztonságosan a hajó elejében úgy elhelyezkedni, hogy a fény nagy része a vizet érje, így a perifériás mesterséges fény nem tudott érvényesülni. Alapvetően a kereső lámpát szárazföldi keresésre fejlesztettem és arra maximálisan megfelel az elvárásaimnak, de mivel a kutatás első feléből kiderült, hogy a víz nagy százalékban jelen van a különböző természeti katasztrófák során, ezért úgy gondolom, hogy a későbbiekben lehetséges fejlesztési irány lehetne egy olyan kereső fény, ami kifejezetten a mentőcsónak keresésre van fejlesztve, a periferikus fényhasználat figyelembe vételével.



PMA - Pest Megyei Kutató Mentő Szolgálat / mentőhajó

## Szakértői tesztek és interjúk

A szakértői tesztek elkészítéséhez több szervezettel felvettem a kapcsolatot és az interjú készítés mellett számos esetben teszteltem gyakorlat közben a keresőlámpát. Az egyik ilyen szervezet a Pest Megyei Kutató Mentő Szolgálat volt, ahol a mentéseket vezető Balázs Lászlóval, a szervezet elnökével, több szakértői egyeztetést végeztem. E mellett felvettem a kapcsolatot Dr. Jackovics Péterrel, a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi főigazgatóság főosztályvezetőjével, aki a HUNOR Hivatásos Katasztrófavédelmi Mentőszervezet parancsnoka és Magyarország ENSZ Katasztrófa kárfelmérő és koordinációs (UNDAC) szakértője. Rajta keresztül több esetben találkoztam, interjút készítettem és tesztek végeztem a HUNOR Mentőszervezet szakembereivel, Tóth Kecskés Barnabással, Pósa Györggyel, Csiszár Andrással, Farkas Lászlóval és nem utolsó sorban a Fővárosi Katasztrófavédelmi Igazgatóság - Közép-Pesti Katasztrófavédelmi Kirendeltség - VIII. Kerületi Hivatásos Tűzoltó-parancsnokság főhadnagy parancsnokkal, Égető Szilárd Lajossal.

A fejlesztés alatt készített szakértői interjúk hozzájárultak a prototípus fényszögének pontosításához, a keresőlámpa tartó fogantyújának kialakításához és a működési időtartam



véglegesítéséhez. A prototípus elkészítése után a szakértőkkel való közös tesztelés számos tézist igazolt a fényteljesítménnyel, a fényszögekkel és a fényhullámhosszal kapcsolatban. A Pest Megyei Kutató Szolgálat szakértőivel a vízen való használatot vizsgáltam, a HUNOR Mentőszervezet szakértőivel a tesztek kültéren és beltérben, mesterséges épített belső környezetben hajtottam végre. A teszt alanyok önállóan, egyesével szimulált keresést hajtottak végre, rossz látási körülmények között, kizárólag az általam elkészített keresőlámpa prototípusának használatával. A teszt elsősorban a speciális fénnel ellátott perifériás látómező hatására irányult. A teszt minden esetben úgy zajlott, hogy a tesztalanyok a keresőlámpát maximális fényteljesítménnyel kezdték el használni, majd a teszt felénél mindenki saját maga redukálta a fényt, kizárólag az éleslátást kiszolgáló főfényre. Azután a tesztben résztvevő személyekkel interjút készítettem, ahol mindenki megosztotta velem a tapasztalatait a keresőlámpával kapcsolatban. A teszt alapján készítettem egy összefoglalót az elhangzott tapasztalatokból, ami jól szemlélteti a keresőlámpa pozitív tulajdonságait. A következőkben a mentőszervezetek szakembereinek visszajelzéseiből idézve:

Tóth Kecskés Barnabás:

“A keresőlámpáról azt gondolom, hogy nagyon innovatív. A perifériás megvilágítás tapasztalatom szerint nagyban növeli a látóteret és kellemes a szemnek. Nem találok még hasonlóval. A kézilámpa lehetne egy kicsivel könnyebb, de ha figyelembe veszem a működési időt és a fényteljesítményt, akkor érthető a súly. A további fejlesztésnél javasolnék valamilyen egyéb felfogatási opciót, hogy ne kelljen folyamatosan fogni. Az nagyon jó benne, hogy maximális fényteljesítménnyel több mint 6 órát működik. Ismerem a piacon lévő keresőlámpákat és a legtöbb lámpánál turbo mód van, ami azt jelenti, hogy rövid ideig tud nagy fényerővel működni. Ez nem túl hatékony egy mentés vagy keresés közben, mert egyetlen fényre van szükség több órán keresztül.”

Pósa György:

“Igen meggyőző volt a zöld fény, ami a perifériás látást világítja meg. El tudom képzelni, hogy a hosszútávú hatása miatt a szem később fárad el, mert ez alatt a teszt alatt is lehetett érezni, hogy a szem szinte megnyugszik tőle. Nagyon jó ötlet, hogy az akkumulátor a háton található, mert szinte egyáltalán nem érezni. Mentés közben, terepen, nagyon jól működhet. Tűzoltás alatt nem igen lehetne használni, mert a légzőkészülék van a háton, de ahogy az el is lett

mondva, alapvetően ez egy keresőlámpa mentőcsapatok részére és arra szerintem nagyon alkalmas.”

Csiszár András:

“A probléma amire ez a lámpa megoldást kínál, az előltem már régóta ismert. Nagyon sok olyan éjszakai kereső munkában vettem részt, ahol fejlámpát használtunk. Pár óra elteltével a fókuszált fény igen zavaró lesz, mert a területre ahova világít, ott nagyon fényes és ehhez képest a háttér nagyon sötét. A nagy fényűréség kontraszt aránya miatt gyorsan elfáradt a szemünk. Ezen úgy próbáltunk enyhíteni, hogy a fejlámpát egyre lejjebb helyeztük a testünkön. Pszichésen eléggé megterhelő, ha folyamatosan csak egy kis területet látni magunk előtt. Ez a jelenség különösen erős a sűrű erdőben. Nagyon jó megoldásnak találok a perifériás megvilágítást. Sokkal természetesebbnek tűnik a mesterséges fény tőle. Én ha itt bent dolgozok éjjel akkor is figyelek arra, hogy a monitor világítás mellett mindig legyen felkapcsolva egy olyan fény, ami a környezetet világítja meg, hogy ne fáradjon el a szemem olyan gyorsan és erre kínál megoldást ez a keresőlámpa természetes körülmények között. Egy hagyományos fejlámpánál azzal lehet csökkenteni a kontraszt különbséget, ha csökkentem a lámpa fényerejét, de azzal meg azt érem el, hogy egy idő után nem igazán látok vele semmit. Én majdnem mindig a legkisebb fényteljesítménnyel használtam a fejlámpámat, de hosszútávon az is nagyon fárasztó a szemnek.”

Farkas László:

“Mind a fő fény, mind a kiegészítőfény fényereje meggyőző volt. Beltérben is nagyon látszott a különbség. A zöld fénnel kapcsolatban annyit szeretnék mondani, hogy a lekapcsolásakor érezhető volt, hogy nagyon leszűkült a látótér.”

Égető Szilárd:

“Szimpatikus a keresőlámpa. Mind a szórt fénye, mind a fő fénye meggyőző a lámpának. A műszaki mentőfényről, (LED gyűrűről) azt gondolom, hogy nagyon sok szituációban elegendő lehet. Ez azt jelenti, hogy a lámpa jóval hosszabb működési időre képes. Amit talán hátrányként tudok említeni, hogy kézben tartva csak egyik kezünk szabad és ezt sok esetben

nem túl szerencsés. A háton lévő akkumulátor a mellényre való csatlakoztatás miatt abszolút nem vehető észre. Véleményem szerint ez a lámpa keresőcsapatoknak, illetve kutyás kereséshez teljesen ideális eszköz lehet. Egy ilyen keresőlámpa nagy segítség lehetett volna a Hableány hajóbaleset mentés során, jó lett volna egy pár ilyen lámpa akkor. A zöld fényrel kapcsolatban, jóval kellemesebb volt a világítás a zölddel együtt és amikor kivontam a zöld fényt a világításból, akkor hiányérzetem lett. Ezt akár nevezhetjük biztonság érzetnek is, de az biztos, hogy jobban látni tőle és az mindenképp az eredményességet növeli. Nagyon szimpatikus a lámpa és ha később úgy gondolod, hogy ide tudnád adni egy hosszabb próbára, annak nagyon örülnénk.”



Égető Szilárd, Tűzoltó főhadnagy parancsnok, HUNOR mentőszervezet

## Kereső lámpa hatáskörára irányuló teszt sorozat

Ezt a tesztet sík terepen hajtottam végre, mert a vizualitáson alapuló eredmény nagy százalékban függ a fényviszony alakulásától és kevésbé a domborzati viszonytól. A teszt alapját egy megközelítőleg 1km hosszúságú sík terep biztosította, ahol 100 darab tereptárgy lett elhelyezve. A teszt során végig kellett menni a területen, úgy hogy az oda úton csak a főfény volt beüzemelve, visszafele a perifériás látómező is ki volt szolgáltatva mesterséges fényvel. A tárgyak összetétele hasonló volt, de nem megegyező. A tárgyak fele textillel bevont fahasáb volt, a másik fele textillel részben bevont rúd anyag, ahol a textil a föld felett lett a farúdra applikálva. A tereptárgyak 10 cm és 50 cm közötti magasságban, véletlenszerű elszórással, egy 50 méter szélességű sávban kerültek a területre. A tereptárgy színei véletlen lettek kiválasztva, de kerültem a terepszín használatát és a fekete színű textilt.

A teszt végrehajtását illetően teljes sötétségben került megvalósításra. A megközelítőleg 1 km távolságot a telefonon követhető navigáció segítségével kellett megtenni. Ez megközelítőleg megfelel egy terület átfésülésének a módszerével, ahol meghatározott szakaszt vizsgálnak át. A teszt alany nem tudta, hogy hány tereptárgy van elhelyezve és nem is volt cél a tereptárgyak összegyűjtése, a teszt kizárólag a tereptárgyak megszámlálására irányult. A tereptárgyak úgy lettek a területre elhelyezve, hogy az 50 méter széles sávban nem volt ideális nyomvonal. Ha valaki követte a navigáció útvonalát (megközelítőleg 10 méteres szórással) akkor körülbelül 70 %-os találat volt lehetséges, feltételezve, hogy a keresés folyamán előre halad és a keresőfényt is maga elé irányítja. A teszt alanyoknak az is el lett mondva, hogy a keresést egy általuk meghatározott folytonos mozgással kell végrehajtani.

Több jellegű módszer volt megfigyelhető, de alapvetően a perifériás mesterséges fény használattal százalékosan nagyobb találati érték jött ki. A navigáció folyamatos ellenőrzése miatt, elég sok esetben a teszt alany nem pásztázta a területet a főfényvel és így sok tereptárgy mellett elhaladt, amikor csak a főfény volt használatban.

A teszt második szakaszában ugyan az az alany, megegyező útszakaszon (csak visszafelé), megegyező navigáció követésével, perifériás mesterséges fényvel több tereptárgyat

azonosított be. Ezt a tesztet öt személlyel végeztem el és mind az öt személynél hasonló eredmények születtek.

Alapvetően ez a teszt nem csak azt bizonyította, hogy a keresés eredményesebb lehet, ha a perifériás látótér is le van fedve mesterséges fénnel, hanem azt is igazolta, hogy a perifériás fény megléte miatt sokkal magabiztosabban mozgunk a terepen. Ez abból derült ki, hogy a visszaút ideje lecsökkent, annak ellenére, hogy a megtalált tereptárgyak száma növekedett. E mellett a teszt alanyok a perifériás fény használatáról egyöntetűen pozitívan nyilatkoztak. Véleményük szerint biztonságosabbnak érezték a tesztet és magabiztosabbak voltak a tesztpályán vissza fele.



A képen látható valós szimulációból kiderül, hogy az éles látásra fókuszáló fényben 4 darab tereptárgy látható (felső kép, piros körrel bekarikázva), míg a periferikus fénnel kiegészült világításnál (alsó kép) ez a szám 9-re bővül.

A teszt végeredményét egy táblázatban foglaltam össze, ami ezen az oldalon található. Úgy gondolom, hogy ez is sikeresnek mondható, de az esetleges további fejlesztés során végzett kísérleteknél, a tereptárgy megtalálásának kísérletét mindenképp együtt végezném a stressz szint mérés kísérlettel, mert biztosan még pontosabb eredményt adna a mentális terhelésre és a kereső munka eredményességére.

Ennek a tesztnek a fényképpel illetve filmmel való rögzítése elég nehézkes volt, ezért a fényképes dokumentációra készült kép egy olyan pálya, ami sűrítve tartalmazza a tereptárgyakat. Ezzel szemléltetve a periferiális fény meglétét illetve hiányát a tereptárgy vizualitását illetően.

A tereptárgy keresésre készült teszt eredményeként a találati érték 30% - 50%-os növekedést ért el a teszt alanyoknál, amikor az 505nm-es fény jelen volt a periferikus látótérben.

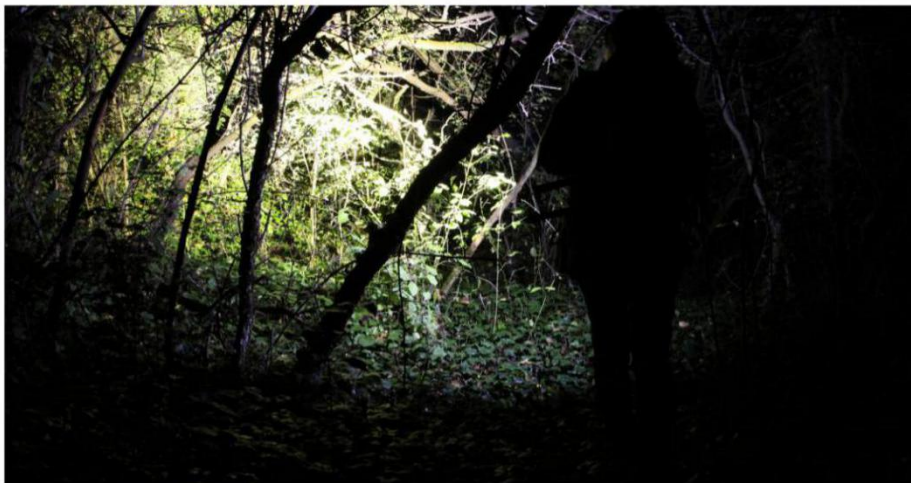
Teszt személy neve	Tereptárgy találat periferiális fény nélkül	Tereptárgy találat periferiális fényvel	Egyéb megjegyzés a fényvel kapcsolatban.
Nő	49	76	Miért nincs minden kézilámpán ilyen funkció.
Nő	43	61	Sokkal jobb érzés volt a zöld fényvel keresni a tárgyakat.
Férfi	61	79	Amikor előre néztem, akkor is láttam oldalt és ezt sötétbe még nem tapasztaltam eddig.
Férfi	53	69	Nem gondoltam volna, hogy egy plusz szín használata ilyen sokat számít.
Férfi	59	83	Én is szeretnék egy ilyen lámpát a házkörül.

## Tereptárgy teszt alapján leszűrt tanulság

A tereptárgy tesztelésnek köszönhetően megvizsgáltam egy-egy olyan szélsőséges terepet is, ahol nappali fényviszonyok között is nehézkes az előre haladás a sűrű növényzet vagy egyéb természetes akadályok miatt, nem hogy az éjszaka kellős közepén. A periférikus mesterséges fénynek köszönhetően az ember szinte elfelejtkezik arról, hogy kereső lámpával próbál előre haladni. Nem egy esetben, több órán keresztül használtuk a zöld fényt, mint kiegészítő fényt és utána tértünk vissza a hagyományos értelemben vett kereső lámpa jellegű fény használatra, ahol kizárólag az éleslátás van fénnel lefedve. Ezek a kísérletek alapján következtettem arra, hogy a stressz mérését is úgy érdemes tesztelni, hogy a teszt kezdeti szakaszában használjuk az 505 nm-es fényt, majd a teszt felénél redukáljuk a fényt kizárólag az éles látást kiszolgáló fényre. Azért döntöttem így, mert az általam előzetesen végzett kísérletek is azt az eredményt hozták, hogy kezdeti perifériás fény megszüntetése a kísérlet felénél nagyobb stressz fokozódással jár, mintha az ellenkező esetben, ha azt adnánk hozzá a kísérlet második feléhez vagyis a stressz csökkenést mérnénk. A sűrű növényzetben végzett kísérletek talán a legeredményesebbek, mert ott nagyon nagy a vizuális változás, illetve abban a situációban volt a legnagyobb eltérés az 505 nm-es fény megléte és megszűnése között. A másik tanulság az előző tesztek alapján az volt, hogy egy kisebb csoportos keresésnél is ugyan az a hatás szinte minden személy számára. A kisebb csoport ebben az esetben 4-5 személy. Ez azt jelenti, hogy ha egy csoportban csak egy ilyen keresőlámpa van használatban az akkor is hatással van a csoportban dolgozó minden személyre.



Főfény (10°)



Főfény + szórt fény



Főfény + szórt fény  
+ 505 nm fény (190°)

A fenti ábrán a három világítási opció látható. A felső, ahol kizárólag csak az éles látást kiszolgáló mesterséges fény van bekapcsolva. A középső képen a főfény és a szórt fény együttes használata látható, míg az alsó képen az összes fényforrás együttes használat van jelen. Ezen az fotón is jól látható az igen jelentős periferikus fény, ami nagy százalékban növeli a vizuális teret.



## Stressz szint mérésre irányuló keresőfény tesztek

Ennél a kísérletnél az általam elérhető eszközöket használtam a szívritmuson keresztüli stressz szint méréshez. Ezt a mérést egy okosóra segítségével valósítottam meg. Az okosóra technológia igen sokat fejlődött az elmúlt években. A karórában elhelyezett optikai szenzor valós időben méri a pulzust és a telefonnal való állandó kapcsolatnak köszönhetően, tárolja és összesíti a begyűjtött adatokat. Ezekből az adatokból kirajzolt diagram segítségével telefonunkon láthatóvá válik a szívritmus működésének jellege, illetve változása.

A tereptárgy kereső teszt kísérleteiből számos olyan következtetést levontam, ami pozitívan befolyásolta a stressz mérésére irányuló tesztet. Úgy gondolom, hogy az általam alkalmazott okosórás stressz szint méréséből lehet következtetni a mesterséges fény által kifejtett hatásra, de a mai technológiák ismerete alapján ez a módszer nem tökéletes<sup>105</sup>, annak ellenére, hogy a kereskedelmi forgalomba kapható okos órák közül az egyik legkiemelkedőbb cég által forgalmazott órával mértem a stressz szintet a kísérlet során.<sup>106</sup> Az okosórával a stressz szint mérés alapvetően a szívritmus mérésen keresztül történik. Ezek a rendszerek a szívritmus méréssel párhuzamosan ellenőrzik a fizikai aktivitást, illetve a pozíció meghatározással együtt az elmozdulás sebességét. Ezekből az adatokból kalkulált a stressz szint. Ez a szint egy napi átlag meghatározására alkalmas, de pár órán belül mért változásra nem feltétlenül tökéletes megoldás, ezért én a szívritmus mérést használtam a stressz szint emelkedés vagy csökkenés meghatározására. Ezt a tesztet kisebb léptékben tudtam elvégezni. Olyan teszt alanyt kellett keresnem, aki rendelkezett ezzel a rendszerű okosórával, plusz hajlandó volt közel 4 órás keresési szimulációban részt venni. Velem együtt ebben a kísérletben 3 teszt alany vett részt. Erre a kísérletre a törökbalinti erdőkből került sor. A kísérlet szürkületben kezdődött és a szimuláció alatt sötétedett be teljesen. Ezzel próbáltam fokozatosan rászoktatni az agyat a speciális helyzetre. A kereső lámpa a szürkülettől fogva, maximum fényerővel üzemelt. Mind a három fényterület le lett fedve, ide tartozik az 505 nm-es hullámhosszú fényvel megvilágított periferikus mesterséges fény is. Ilyen módon a szem fokozatosan szokta meg a szürkületből való átmenetet a mesterséges fény világításba. Ez az állapot volt fenntartva megközelítőleg 2 órán keresztül, majd minden előrejelzés nélkül

---

<sup>105</sup> Okosórával mért stressz szint, szívritmus mérés alapján

<sup>106</sup> Garmin fenix, garmin applikáció

redukáltam a fény jellegét kizárólag az éleslátást kiszolgáló területre. Ezután újabb 2 órát tartott a keresési szimuláció. A teszt befejezése után elemeztem az órák által kapott értéket. Az óra által biztosított adatok alapján a diagramon jelentkezett a szívritmus változás, közvetlen akkor, amikor megszűnt a perifériás fény és a szimuláció végéig egy jóval fokozottabb állapotban maradt minden teszt alany pulzusa.

Ezt a kísérlet sorozatot nem tartom olyan eredményesnek, mint a tereptárgy keresést vagy a szakértőkkel való tesztelést, de mindenképp hozzájárult a tézisek igazolásához. A pulzus változása egy igen összetett folyamat. Épp annyira függ a fizikai állóképességünktől, mint a külső környezeti adottságoktól. Viszont úgy gondolom, hogy a különböző teszt alanyoknál a hasonló szívritmus változást produkáló mesterséges fény hiánya mégis hozzájárul a kutatás eredményességéhez. Az itt látható diagram a tesztelés után, a tesztalanyok pulzus változás eredményeinek változásából átlagolva készült. Jól látható, hogy a perifériás fény megszűnése után a tesztalanyoknál megemelkedett a pulzus.



Garmin telefonos szoftver rögzített pulzus érték diagram / Garmin okosóra pulzus megjelenítés

## Összefoglalás

Az értekezésben a design szerepét vizsgáltam a katasztrófák által okozott problémákra adható válaszok lehetőségét illetően. A tervezési gondolkodás egy interdiszciplináris folyamat, amely esetemben látszólag nem szorosan a formatervezéshez tartozó szakterületekből mutatott rá olyan metszéspontokra, melyből kialakult a koncept elvi alapja. A kutatás jelentős részében az emberi test neuropszichológiai, biológiai illetve pszichofiziológia működését vizsgáltam, majd ezeknek a kutatásoknak az eredményeiből létrehoztam egy mesterséges fényt, amely maximálisan kiszolgálja az emberi szemet. A kutatás rámutatott az emberi szem különböző látómezőjének igényeire, figyelembe véve mind a fényűréség, mind a fény mennyiség szerepét és jelentőségét. A mestermunka a különböző kutatási területek következtetéseiből jött létre és a perifériás látótér megvilágításával, rendhagyó és innovatív megoldást kínál a kézilámpák területén. A célkitűzésem az volt a mesterséges fényvel kapcsolatban, hogy valamilyen módon csökkentsem a mentális terhelést a mentésben résztvevő szakembereknél, a mesterséges fény segítségével. A kísérletek rámutattak arra, hogy a mentális terhelés csökkentése szorosan összefügg a szem fáradásával, illetve a vizuális képalkotással. A fizikai kísérletek elsődleges célja az volt, hogy valamilyen módon a pszichés hatását vizsgáljam a perifériás látómező fényvel való kiszolgálásával, de e mellett egyértelműen bizonyították a határfok növekedését. Míg a mentális hatás vizsgálata elsődlegesen a tesztalanyok visszajelzéséből következtethető, addig a határfok, a fizikai tesztek alapján mérhető. Az elkészült mestermunka nem egy kész termék, hanem egy olyan prototípus, amely alkalmas az értekezésben felvetett problémákra adott válaszok igazolására. A keresőlámpa prototípus képes a valós fényerejű, valós fényűréségű és valós üzemidejű tesztek elvégzésére. Az újszerűséget, vagyis az innovációt a perifériás látómezőt kiszolgáló 505nm-es mesterséges fény létrehozása és az akkumulátor testen való elhelyezése jelenti. Az értekezésben megfogalmazott tézisek a mestermunkaként elkészült keresőlámpa prototípussal visszaigazolást kaptak. A mestermunka elérte az általam megfogalmazott célt, de látok lehetőséget a fejlesztésre a keresőlámpát illetően.

## Eredmények hasznosítása, Tovább fejlesztési lehetőségek

A legjelentősebb eredménynek az 505nm-es, perifériás mesterséges fény használatát tartom. Ezt az innovációt számos más területen lehetne alkalmazni, ami további fejlesztési lehetőségeket kínál fel. Az elkészült keresőlámpa prototípus pozitív visszajelzést kapott a különböző szakemberektől, ezért az elsődleges fejlesztési irány mindenképp a keresőlámpa tovább fejlesztése kereskedelmi termékké. Akár gyalogosan, akár vízi vagy szárazföldi járművel közlekedünk, korlátozott látási körülmények között minden esetben hasznos lehet a perifériás látótér megvilágítása, ezért az általam elképzelhető másik fejlesztési irány az 505nm-es fény külön lámpatestként való kezelése és kialakítása különböző szituációk figyelembe vételével.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönöm Koós Pál és Barcza Dániel témavezetőimnek, hogy szakmai segítségükkel és támogatásukkal sikerült elkészítenem a disszertációt.

Köszönettel tartozom Dr. Jackovics Péternek (Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi főigazgatóság főosztályvezetője, a HUNOR Hivatásos Katasztrófavédelmi Mentőszervezet parancsnoka) szakmai segítségért és a szakmai kapcsolatok biztosításáért közvetlen a mentőcsapatok szakembereihez.

Továbbá köszönöm Tóth Sándornak a prototípus elkészítésében nyújtott segítségét.

Köszönetem fejezem ki mindazoknak, akik a dolgozat elkészítésében és a kutatómunkában segítségemre voltak.

Köszönöm a Moholy-Nagy Művészeti Egyetem munkatársainak, hogy a mestermunka elkészítéséhez szükséges műhelyhasználatot és szaktudásukat rendelkezésemre bocsátották.

## Irodalomjegyzék

1. Allen Burkard Wördenweber, Jörg Wallaschek, Peter Boyce, Donald D. Hoffman, 2007.  
*Automotive Lighting and Human Vision*, Springer Science & Business Media
2. Allen L. Nagy and Jeffrey A. Doyal, Red-green color discrimination as a function of stimulus field size in peripheral vision, Vol. 10, No. 6/June 1993/J. Opt. Soc. Am. A 1147.-1149.
3. Andrew Stockman, Lindsay T., 1999, Sharpe, The spectral sensitivity of the human short-wavelength sensitive cones derived from thresholds and color matches, *Vision Research* 39 page 2901–2927
4. Allen L. Nagy and Jeffrey A. Doyal, Red-green color discrimination as a function of stimulus field size in peripheral vision, Vol. 10, No. 6/June 1993/J. Opt. Soc. Am. A 1147.-1149.
5. Amanda Ripley, *The unthinkable: who survives when disaster strikes – and why*, Crown Publishers, New York, 2008
6. A.W. Coburn R.J.S. Spence A. Pomonis *Disaster Mitigation* Cambridge Architectural Research Limited 1994
7. Cicerone and Nerger, 1989 C.M. Cicerone, J.L. Nerger The relative numbers of long-wavelength-sensitive to middle-wave-sensitive cones in the human fovea centralis *Vision Research*, 29 (1989), 115–128.
8. COMER, R. J. *A lélek betegségei*. Osiris Kiadó, Budapest, 2005.
9. Commission Internationale de l’Eclairage (CIE) (2005) CIE 10 Degree Photopic
10. Photometric Observer, Publication CIE 165:2005.
11. Dan Hanfling, Bruce M. Altevogt, Kristin Viswanathan, and Lawrence O. Gostin, *Crisis Standards of Care*, 2012 by the National Academy of Sciences.

12. Dr. Priscilla Dass-Brailsford, Associate Professor in the Division of Counseling and Psychology at Lesley University, *A Practical Approach to Trauma: Empowering Interventions*, 2007
  
13. Dr. ZELLEI G. *Katasztrófapszichológia*. Cedit Kft., Budapest, 2000.
  
14. Ernest Freeberg, 2013. *The Age of Edison: Electric Light and the Invention of Modern America*, Penguin
  
15. Edward C. Godnig, O.D., 2003, *Tunnel Vision Its Causes & Treatment Strategies*, *Journal of Behavioral Optometry* Volume 14/2003/Number 4/page 95
  
16. Ellen Pastorino Susann Doyle-Portillo, *What Is Psychology? ESSENTIALS*, 2010 Wadsworth,
  
17. Francesca C Fortenbaugh, Lynn C Robertson, When here becomes there: attentional distribution modulates foveal bias in peripheral localization. *Attention Perception & Psychophysics* 01/2011, 811.-826.
  
18. Gladson I. Nwanna *Natural Disaster and Other Emergencies what you should know* Frontline Publisher 2004
  
19. Gunn, Angus M *Encyclopedia of disasters : environmental catastrophes and human tragedies* Greenwood Press 2008
  
20. Hajduska, M., *Krizisléktan*. ELTE Eötvös Kiadó Kft., Budapest, 2008
  
21. Hamada, H. and Yujiri, A. 2004. Color Zone Map in peripheral vision at various illuminance levels. *Optical Review*, Vol. 11. No. 4. 240–248.
  
22. Harry T. Lawless, Ph.D. ,Professor Emeritus, Cornell University *Quantitative Sensory Analysis Psychophysics, Models and Intelligent Design*, 2013 by John Wiley & Sons, Ltd
  
23. Hecht, E., and A. Zajac. 1987. *Optics, 2nd Edition*. Reading, Massachusetts: Addison Wesley Publishing Company,
  
24. Holland, Janet. 2016. *Wearable Technology and Mobile Innovations for Next-Generation Education*, IGI Global
  
25. Isidor Buchmann, 2011, *Batteries in a Portable World*, Cadex Electronics Inc.

26. Israel Abramov and J. D. Moreland Gordon, Color vision in the peripheral retina. I. Spectral sensitivity, *Journal of the Optical Society of America*, vol. 67, No. 2 195–201.
27. James w. kalat, *Introduction to Psychology*, 2011 Wadsworth
28. John Tiefenbacher, *Approaches to disaster management-examining the implications of hazard, emergencies and disasters*, Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia
29. John J. Mc Ardle, Richard W. Woodcock, *Human Cognitive Abilities in Theory and Practice* Psychology Press, 1998,
30. Kai Wang, Sheng Liu, Xiaobing Luo, Dan Wu, 2017. *Freeform Optics for LED Packages and Applications*, John Wiley & Sons
31. Kathy T. Mullen, Frederick A.A. *Differential distributions of red–green and blue yellow cone opponency across the visual field*, *Visual Neuroscience* (2002), 19, 109–118.
32. Kara Rogers: *Senior Editor, Biomedical Sciences, The eye : the physiology of human perception*, 2011 *Encyclopædia Britannica, Inc.*
33. Kayser, P. and Boynton, R. (1996). *Human color vision*, *Optical Society of America*, Washington, DC, 524.-534.
34. Kenneth Knoblauch a,b,\* , Francis Vital-Durand a , John L. Barbur. 2001. Variation of chromatic sensitivity across the life span, *Vision Research* 41 (2001) page 23–36.
35. LAZARUS, R. S. *Psychological stress and the coping process*. McGraw-Hill. *Coping with aging*, Oxford University Press, New York. 1966.
36. LIHOREAU T. *Modern fíbiák*. Partvonal Könyvkiadó, Budapest, 2007.
37. L. Ashok Kumar, C. Vigneswaran, 2016. *Electronics in Textiles and Clothing Design, Products and Applications*, CRC Press Taylor & Francis Group
38. Martin J. Tove é, *An Introduction to the Visual System*, Cambridge University Press, 2008.



39. Małgorzata Perz, Flicker perception in the periphery, Master of Science
40. Mathew Barlow, Heidi Cullen, Brad Lyon, and Olga Wilhelmi Natural Disaster Hotspots Case Studies The World Bank
41. Mary Beth Williams, PhD, LCSW, CTS, Soili Poijula, PhD, The PTSD workbook, 2011, published by HarperCollins Publishers.
42. Mike McDonald, SAR Basic Equipment List Compilation, 28 October 2002
43. in Human Technology Interaction, Eindhoven, May 13, 2010
44. M. Nisa Khan, *Understanding LED Illumination, 2014. CRC Press Taylor & Francis Group*
45. Night Vision: Current Research and Future Directions, Symposium Proceedings National Academy Press, Washington DC. 1987.
46. Patrick L. Abbott, Natural Disasters, 2012 by The McGraw-Hill Companies, Inc.
47. Peter R. Boyce, 2003, Human Factors in Lighting, 11 New Fetter Lane, London, page 44.
48. Rainer Mausfeld, 2003, Colour Perception Mind and the physical world, Oxford University Press Inc., New York
49. Isidor Buchmann, 2011, *Batteries in a Portable World*, Cadex Electronics Inc.
50. Pedrotti, F., and L. Pedrotti. 1993. *Introduction to Optics, 2nd Edition. Englewood Cliffs*, New Jersey: Prentice Hall, Inc.,
51. Peter Paul Bunge Prize of the Hans R. 2003. *A History of Light and Colour Measurement*, Jenemann Foundation for the History of Scientific Instruments
52. Professzor Dr. Bolgár Judit NYÁ.MK. Ezredes, Szekeres György MK. Alezredes, Katasztrófa és Kríziskommunikáció Lélektani Alapjai, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2009
53. Prof. Dr. sc. nat. Christoph Schierz, Dr.-Ing. Cornelia Vandahl Biological effects of light TU Ilmenau FG Lichttechnik
54. Ray Gottlieb, O.D., Larry Wallace, O.D., *Syntonic Phototherapy*, Journal of Behavioral Optometry Volume 12/2001/Number 2/Page 31.

55. Robert J. Ursano, M.D. Ann E. Norwood, M.D. Trauma and Disaster Responses and Management, American Psychiatric Publishing, Inc
56. Rüdiger Ganslandt, An 1992. *Handbook of Lighting Design*, ERCO Leuchten GmbH,
57. Seçil Ugur, 2013. *Wearing Embodied Emotions*, Springer
58. SELYE J. Életünk és a stressz. Akadémiai Kiadó, Budapest. 1964
59. Sharon Wiharta, Hassan Ahmad, Jean-Yves Haine, Josefina Löfgren és Tim Randall The Effectiveness of Foreign Military Assets in Natural Disaster Response, Stockholm International Peace Research Institute, 2008,
60. Suzanne N. Tran O.D., 2005, *The Effect of An Icehockey Faceguard On Peripheral Awareness and Reaction Time*, Journal of Behavioral Optometry Volume 16/2005/Number 5/Page 115.
61. Susan Weinschenk, Ph.D.100 Things Every Presenter Needs to Know About People, 2012, USA. 108.
62. Tran Quoc Khanh, 2015, *LED Lighting Technology and Perception*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. Germany,
63. V. *Light Search And Rescue Operations CERT Training: Participant Handbook*
64. Walter G. Green, Integrated Medical Disaster Response: A Case Study of the Virginia Emergency Medical Services System, Las Vegas, Nevada 2001
65. Wyszecki, Günther, Stiles, W.S.. The Reproduction of Colour, 6th ed., Chichester UK: Wiley–IS&T Series in Imaging Science and Technology, 2004, 11–12.
66. <http://www.ledil.com/>
67. <https://www.forbes.com/sites/ewanspence/2013/11/02/2014-will-be-the-year-of-wearable-technology/#5fe87a>
68. <http://fortune.com/2014/06/20/2014-not-year-wearables/>
69. <http://clintzeagler.com/WhereToWearIt.pdf>

70. A védekező, elhárító mechanizmusok: <http://vitalitas.hu/konyvek/lelekegeszseg/lelekeg6-3.htm>

71. [http://en.wikipedia.org/wiki/Holmes\\_and\\_Rahe\\_stress\\_scale](http://en.wikipedia.org/wiki/Holmes_and_Rahe_stress_scale)

72. [http://www.asse.org/professionalsafety/pastissues/057/08/042\\_049\\_F1Gan\\_0812.pdf](http://www.asse.org/professionalsafety/pastissues/057/08/042_049_F1Gan_0812.pdf)

73. <http://www.led-professional.com/>

74. [http://www.theledlight.com/color\\_chart.html](http://www.theledlight.com/color_chart.html), LED color chart