

**RISK ASSESSMENT, EVALUATION AND  
MANAGEMENT IN LOW LEVEL LASER  
THERAPY (LLLT)****KOCKÁZATOK FELMÉRÉSE, ÉRTÉKE-  
LÉSE ÉS KEZELÉSE A LÁGYLÉZER  
TERÁPIÁBAN**MORVAY László<sup>1</sup> – SZÚCS Endre<sup>2</sup>**Abstract**

In the case of any activity using an ionizing radiation source, the protection and safety of workers must be optimized in order to keep the magnitude of individual doses, the number of persons exposed to radiation, and the probability of radiation exposure at the lowest reasonably achievable level. In addition to scientific and technical features, economic and social factors must also be taken into account during optimization. Occupational radiation exposure shall be considered any radiation exposure that the employee may receive during his or her work. Our study explores the risks of the therapy through a specific laser class 4 low-level laser therapy (LLLT) device, and deals in detail with the dangers that arise during the treatments and the risks arising from them. After explaining the basic parameters of low-level laser therapy, it presents the process of risk assessment and risk management step by step, which provides guidelines for institutions dealing with low level laser therapy to compile their own risk management documentation.

**Keywords:**

soft laser therapy, LLLT, dangers, risks, risk assessment, risk management

**Absztrakt**

Bármely ionizáló sugárforrást alkalmazó tevékenység esetében a munkavállalók védelmét és biztonságát optimalizálni kell annak érdekében, hogy az egyéni dózisok nagysága, a sugárzásnak kitett személyek száma és a sugárterhelés valószínűsége az észszerűen elérhető legalacsonyabb szinten maradjon. Az optimalizáláskor tekintettel kell lenni a tudományos és technikai adottságok mellett a gazdasági és társadalmi tényezőkre is. Foglalkozási sugárterhelésnek kell tekinteni bármilyen olyan sugárterhelést, amelyet a munkavállaló a munkavégzése során kaphat. Tanulmányunk egy konkrét 4. lézérosztályú lágylézer terápiás készüléken keresztül tárja fel a lágylézer terápia kockázatait, részletesen foglalkozik a kezelések során felmerülő veszélyekkel és az azokból fakadó kockázatokkal. A lágylézer terápia alapvető paramétereinek ismertetése után lépésről-lépésre mutatja be a kockázatértékelés és kockázatkezelés folyamatát, amely útmutatást ad a lágylézer terápiával foglalkozó intézményeknek a saját kockázatkezelési dokumentációjuk összeállításához.

**Kulcsszavak:**

lágylézer terápia, LLLT, veszélyek, kockázatok, kockázatértékelés, kockázatkezelés

<sup>1</sup> morvay.laszlo@phd.uni-obuda.hu | ORCID: 0009-0004-2064-8856 | doctoral student, Óbudai University Doctoral School on Safety and Security Sciences | doktorandusz, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola

<sup>2</sup> szucs.endre@bgk.uni-obuda.hu | ORCID: 0000-0003-2818-262X | senior lecturer, Óbudai University Doctoral School on Safety and Security Sciences | egyetemi oktató, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola

## BEVEZETÉS

A lézersugár és annak felhasználásával működő lézerberendezések széles köre a 20. század egyik legjelentősebb felfedezése. A lézersugár megvalósításának alapjait az elektromágneses indukció leírása (Michael Faraday 1831), a kvantumelmélet (Max Planck 1900) és a fénykvantumelmélet (Albert Einstein 1905) kidolgozása teremtette meg. Az áttörést Ernest Rutherford atomelmélete (1911), majd Albert Einstein indukált emisszióra vonatkozó felfedezése (1917) hozta meg. A kísérleti feltételek és a még hiányzó technológiák miatt az első működő lézersugarat 1960-ban készítette el Theodore Maiman. Magyarországon a Központi Fizikai Kutató Intézetben Jánossy Lajos vezetésével, Bakos József, Csillag László, Kántor Károly és Varga Péter közreműködésével 1963-ban született meg az első hazai lézerberendezés, amely egy He-Ne gáz-lézerforrás volt. [1]

## LÉZEREK ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

A lézersugár is fény. Fotonok alkotják, ezért anyag, ennél fogva egy másik anyaggal találkozáskor egyidejűleg három esemény lép fel: visszaverődés (reflexió), áthaladás (transzmisszió) és elnyelődés (abszorpció). Teljes értékű, 100%-os fénytelteljesítmény nem létezik, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy a kölcsönhatás során mindhárom jelenség egyszerre valósul meg. Az, hogy melyikről beszélünk, az egyes jelenségek teljesítményarányai alapján dől el. A lézersugár alkalmazási lehetőségeit is ez a három jelenség határozza meg. [2]

Három fő alkalmazási területe az ipar, a haditechnika és a gyógyászat. Az ipar területén a visszaverődés jelenségét használjuk ki a lézermutatók, lézeres szintezők, a lézermutatós daraboló gépek, a lézeres térképészeti távolságmérők, a rendőrségi traffipaxok, valamint a CD-, DVD-olvasók esetében. Az áthaladást elsősorban a telekommunikáció területén hasznosítjuk, ahol a lézersugár segítségével üvegszálban, megfelelő erősítőeszközök közbeiktatásával az információ gyakorlatilag tetszőleges távolságra juttatható el. Az elnyelődés jelenségével pedig a lézernyomatók, a fénymásolók, a CD-, DVD-írók, a félvezetőgyártás, a forgácsolás, a hegesztés, a gravírozás és a nanotechnológia terén találkozunk. [2]

A haditechnikai alkalmazását tekintve a lézersugár, illetve a lézerberendezések az alábbi célokat szolgálják:

- felderítés, távolságmérés, célmegjelölés;
- lézeres önirányítás (aktív és félaktív);
- vakítás, rongálás, megsemmisítés [3]

A lézersugár 1960-as években történő megjelenése egybeesett a 20. század második felére jellemző egészségügyi, szociális, tudományos és technikai fejlődéssel. A lézersugárra jellemző kis divergencia (kollimáció), a kis spektrális sávszélesség (monokromaticitás), a nagy spektrális energiasűrűség, a nagy teljesítmény, az extrém rövid impulzusok lehetősége (ps, fs), a polarizáció, a térbeli és időbeli koherencia kiválóan alkalmassá teszi a diagnosztikában és a terápiában történő alkalmazására. A legfontosabb alkalmazási területei a medicinaiban a klinikai és laboratóriumi diagnosztika, a rákos szövetek célzott, szelektív elpusztítása (photodynamias terápia), a lézersebészet és a lágylézer terápia. [4]

A fizioterápia alapvetése, hogy célzott kezelésekkel az emberi szervezet saját védekezőképességét erősítse, amivel csökkenti a fájdalomcsillapítást szolgáló gyógyszerkészítmények beviteli mennyiségét és fokozza a szervezet belső gyógyító erejét, ami betegség

esetén a harmonikus egyensúly helyrehozására és a természetes állapot mielőbbi visszaállítására törekszik. A fizioterápia a természetben előforduló energiákat (mechanikai, hő, fény, elektromágneses stb.) alkalmazza. A fizioterápián belül a lágylézer terápia a fototerápiák közé tartozik. [6]

Az elmúlt évtizedek gyors műszaki fejlődése a házilag is alkalmazható terápiás készülékeket sem kerülte el, amelyek az egyre csökkenő méretük és árszintjük miatt egyre többek számára elérhető. Öt hazai, egészségügyi terápiás készüléket forgalmazó vállalatot vizsgálva látható, hogy az árbevételük 2018-tól az 1. ábrán látható dinamikus növekedést vagy a korábbi években elért nettó árbevétel-szint megtartását mutatja. [5]



1. ábra Terápiás készülékek hazai forgalmazóinak nettó árbevétel alakulása 2001-2022 között (szerzők saját szerkesztése [5] alapján)

A közeli infravörös tartományban működő, diagnosztikai vagy terápiás céllal alkalmazott lézersugár esetében az elnyelődés jelenségét használjuk ki. Az optikai sugárzás a vizsgált vagy kezelt testfelülettel találkozik, melynek külső rétegei elnyelik azt, ezért a lézersugár biológiai hatásai a bőr és a szem esetében jelentkeznek. Az infravörös tartományt elsősorban a hőhatás jellemzi, de a szemet érő, rövid ideig tartó, nagy intenzitású vagy kis intenzitású, de 10 másodpernél hosszabb ideig tartó lézersugár – a szemlencse fókuszáló hatása miatt - súlyos látáskárosodást okoz. [3] A háztartásokban egyre nagyobb számban jelenlévő terápiás készülékek és azok helytelen használatából fakadó egészségkárosodások miatt kiemelten fontos a lágylézer terápia kockázatainak felmérése és kezelése.

## A LÁGYLÉZER KEZELÉSEK ALAPVETŐ PARAMÉTEREI

### Energia és teljesítmény

Az optikai sugárzás egyfajta anyagáramlás, ezért a lágylézer kezelés során kölcsönhatásba lép az emberi bőrszövetrel, amelynek állapota a kölcsönhatás következtében megváltozik (felmelegszik). A fizikai tudományok területén az állapotváltozást előidéző folyamatokat munkavégzésnek nevezzük, melynek mértékét az SI mértékegységrendszerben az

energia jellemez, mértékegysége a Joule (J). A teljesítmény pedig a munkavégzés sebessége, azaz az egységnyi idő alatt elvégzett munka, melynek mértékegysége a watt (W). A két származtatott fizikai mennyiség közötti összefüggés az alábbi képlettel írható le: [3]

$$P(t) = \frac{dE(t)}{dt}$$

A képlet minden időpillanatra megadja az energiaáramlás intenzitásának a mértékét (pillanatnyi teljesítmény függvény), azonban, ha az energia-idő függvény lineáris, akkor a teljesítmény az adott időegységhez tartozó munkavégzésre utal (lineáris időfüggvény deriváltja minden időpillanatban konstans), ezért a fenti képlet leegyszerűsödik: [3]

$$P = \frac{E}{t}$$

Mindezt a lágylézer terápia területére vetítve, ahol a munkát a fotonok végzik, a foton energiáját a foton frekvenciájának és a Planck-állandó szorzatával számítjuk ki: [7]

$$E_{foton} = h \cdot \nu$$

ahol a Planck-állandó  $h = 6,626196 \cdot 10^{-34}$  Js,  $\nu$  pedig a frekvencia.

### Teljesítményűrűség és energiasűrűség

Lágylézer terápia esetén a lézertérrel megvilágított felület adott pontjaira időegység alatt eltérő mennyiségű foton érkezik, ami azt jelenti, hogy az egyes pontokban a teljesítmény nem lesz állandó. E jelenség leírására vezették be a teljesítménysűrűség fogalmát, ami az adott felületen eloszló teljesítmény mértékét adja meg. [3]

$$Sp = \frac{P}{A} = \frac{\text{Lézersugár kimenő teljesítménye [W]}}{\text{Lézersugár keresztmetszete [cm}^2\text{]}}$$

A tetszőleges időtartam alatt az egységnyi felületen áthaladó fotonok összenergiáját pedig az energiasűrűség fejezi ki [3]:

$$Se = \frac{E}{A} = \frac{\text{Lézerenergia [J]}}{\text{Lézersugár keresztmetszete [cm}^2\text{]}}$$

### Behatolási mélység

A lágylézer terápia elsődleges célja, hogy az emberi szervezet jól meghatározott részébe lézertér formájában fotonokat juttasson a különböző okokból sérült és/vagy rendellenesen működő sejtekbe és molekulákba, hogy azokban a koherens elektromágneses tér hatására elinduló fotokémiai és fototermális hatások felgyorsítsák a rendellenes állapot megszűnését, azaz elősegítsék a mielőbbi gyógyulást. Ez a folyamat kizárólag abszorpcióval (elnyelődéssel) érhető el. [3]

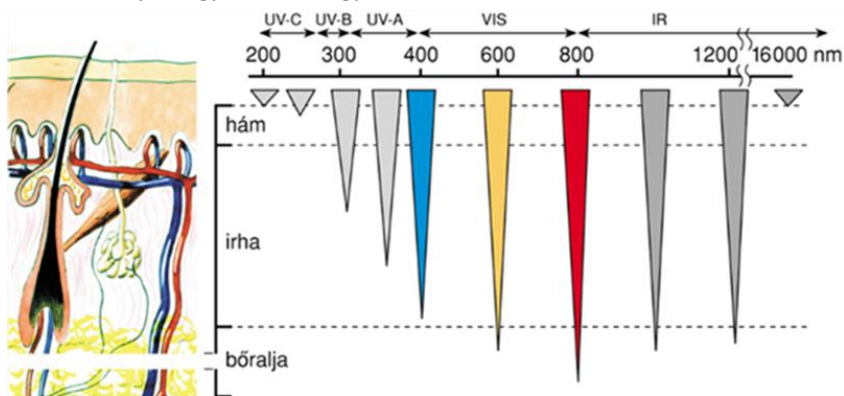
Nem feledkezhetünk el azonban a szóródás jelenségéről, amely abból fakad, hogy a testszövetbe belépő fotonok elektronokat gerjesztenek, amelyek a gerjesztett állapotból alapállapotba jutáskor újabb fotonokat bocsájtanak ki. Ezek mozgási iránya azonban a belépési felülethez viszonyítva már nem merőleges lesz, hanem véletlenszerű (spontán emisszió). A szóródás a besugárzott lézertér intenzitását fokozatosan, exponenciális függvény mentén csökkenti, azaz csillapítja. Biztonságtechnikai szempontból kiemelő, hogy míg általánosságban igaz az, hogy biológiai szövetek esetében a fény terjedését az elnyelő-

dés és a szóródás együttesen határozza meg, ez alól kivételt jelent a szem, melynek optikailag átlátszó részei (szaruhártya, szemlencse) a fényt szinte veszteség nélkül átengedik. [8]

A fényelnyelő anyagon áthaladó fény elnyelődésének mértéke a Lambert-Beer törvény szerinti abszorpciós egyenlettel írható le: [9]

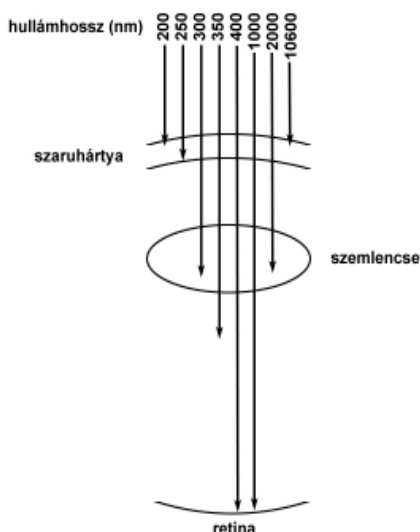
$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha x}$$

ahol  $I_0$  a beérkező fény intenzitása,  $x$  az anyag vastagsága,  $\alpha$  az abszorpciós együttható. A behatolási mélység függ a beérkező fény hullámhosszától is, melynek arányait az emberi bőr esetében a 2. ábra mutatja. [3] Látható, hogy a szövetekben a legmélyebbre a vörös és a közeli infravörös fény hatol. Fontos megjegyezni, hogy a szóródás miatt a szövetekben a fény terjedése nem nyílhegy, hanem egy felfordított tölcser alakra hasonlít. [3]



2. ábra Fény elnyelődése a bőr rétegeiben a hullámhossz függvényében [4]

A szem esetében szintén a látható vörös és a közeli infravörös fény jut a legmélyebbre, egészen a retinaig, bizonyos esetekben még azon túl is. Ezt szemlélteti a 3. ábra. [7]



3. ábra Különböző hullámhosszúságú fények behatolási mélysége a szemben [7]

## Dózis

A lágylézer terápiában az emberi szövetek változatossága miatt jelenleg nincsenek egzakt értékek arra vonatkozóan, hogy mekkora energiát kell közölni az adott felületre az optimális gyógyulás eléréséhez. A dózis általános mennyiségegyenlete:

$$D = \frac{E}{A}$$

ahol  $E$  az energia,  $A$  a felület, mértékegysége a  $J/cm^2$ .

Lágylézer kezeléseknél a megfelelő dózis adagolása kiemelten fontos, ugyanis a szükségesnél kisebb dózis esetén a gyógyulás nem, vagy csak nagyon lassan indul el (alulkezelés), míg túlzott dózis esetén a páciens a kezelés okozta fájdalomtól is szenvedni fog (túlkezelés). Megállapítható, hogy a lágylézerkezelések esetében a legnagyobb kockázatot a legnagyobb behatolási mélységű (nagy teljesítményű), közeli infravörös tartományban működő berendezések jelentik.

## LÁGYLÉZER TERÁPIÁS KÉSZÜLÉKEK BIZTONSÁGI OSZTÁLYOZÁSA

Az MSZ EN 60825-1:2015 szabvány a lézereket a hozzáférhető kibocsátás határértéke alapján hét osztályba sorolja. A magasabb számú osztály nagyobb kockázatot jelent a felhasználók számára. Minél magasabb osztályba tartozik egy lézer, annál magasabb szintű biztonsági óvintézkedéseket kell foganatosítani, pl. vészkapcsoló, kettős indítású készülékek, védőszemüveg, jelzőfény, a lézer felhasználási területének elkerítése, lezárása a lézer működési időtartamára stb. A szabvány 6. fejezete részletesen tárgyalja az egyes lézerosztályok leírását és a hozzájuk tartozó biztonsági intézkedéseket, amelyeket az 1. táblázat foglal össze.

		LÉZEROSZTÁLYOK						
		1	1M	2	2M	3R	3B	4
Veszélyek		ésszerű körülmények mellett biztonságos	szabad szemre biztonságos, optikai (nagyító) eszközök használata növeli a veszélyt	rövid expozíció esetén biztonságos, a szem védelméről az elkerülő reflex (pislogás) gondoskodik	szabad szemre rövid expozíció esetén biztonságos, optikai (nagyító) eszközök használata növeli a veszélyt	a sérülés kockázata alacsony, képzetlen személyre helytelen használat esetén veszélyes lehet	a lézer közvetlen szembe jutása veszélyes	a szemre és a bőrre is veszélyes + tűzveszély
Biztonsági intézkedések	Területvédelem	nem kell	lokalizált vagy zárt	nem kell	lokalizált vagy zárt	zárt	zárt + reteszelő berendezés	zárt + reteszelő berendezés
	Biztonsági kulcs	nem kell	nem kell	nem kell	nem kell	nem kell	kell	kell
	Egyéni védőeszköz	nem kell	nem kell	nem kell	nem kell	kockázatértékeléstől függően szükséges lehet	kell	kell

		LÉZEROSZTÁLYOK						
		1	1M	2	2M	3R	3B	4
Biztonsági intézkedések	Oktatás	gyártói utasítás szerint	javasolt	gyártói utasítás szerint	javasolt	kell	kell	kell
	Kockázatértékelés	nem kötelező, de lehet	nem kötelező, de lehet	nem kötelező, de lehet	nem kötelező, de lehet	kötelező	kötelező	kötelező
	Óvintézkedések	normál körülmények esetén nem kell	kerülni kell az optikai eszközök használatát	ne nézzen a lézersugárba	ne nézzen a lézersugárba, kerülni kell az optikai eszközök használatát	a szemet érő közvetlen expozíció kerülése	a szemet és a bőrt érő közvetlen expozíció kerülése, visszaverődés kivédése	a szemet és a bőrt érő közvetlen és szórt expozíció kerülése, visszaverődés kivédése
Alkalmazási területek		lézernyomtató  CD- és DVD író	száloptika	vonalkód leolvásó	szintező lézerek  lézeres távolságmérő	nagy teljesítményű lézermutatók	fizioterápiás lézerek  kutató-laborok lézerei	lézersebészet  fizioterápiás lézerek  lézerkivétel

1. táblázat Lézerosztályok, veszélyek és óvintézkedések (szerzők saját szerkesztése [3] és [11] alapján)

A kötelezően elvégzendő kockázatelemzés, a kiemelt veszélyesség és az átfogó biztonsági intézkedések miatt a továbbiakban a 4. lézerosztályba sorolt orvostechikai eszköz, nevezetesen a Zimmer Medizintechnik GmbH. OptonPro típusú lágylézer készülékét vizsgáltuk, amely 2 db 810 nm-es és 2 db 980 nm-es diódlézer párhuzamos működtetésével dolgozik. [13]

## SUGÁRBIZTONSÁGI KÖVETELMÉNYEK

A lágylézer alkalmazásával kapcsolatos munkahelyi sugárvédelmet a sugárzás természetének és a sugárterhelés mértékének ismeretére, a sugárvédelem optimalálásának végrehajtására kell alapozni. A sugárveszélyes munkavégzés feltételeit úgy kell megállapítani, hogy a munkavállalók és a környezetében tartózkodók sugárterhelése a vonatkozó dóziskorlátokat ne haladja meg, és a sugárvédelem optimalizált legyen. A munkáltatónak minden lehetséges intézkedést meg kell tennie annak érdekében, hogy a munkavállalók szabályos sugárterhelése, valamint az esetleges sugárterhelés kockázata – a gazdasági tényezők figyelembevételével – az észszerűen elérhető legkisebb legyen. A munkáltató köteles gondoskodni a biztonságos munkavégzés tárgyi feltételeinek teljesítéséről, a szükséges biztonsági berendezésekről, az ionizáló sugárzás elleni védőeszközökről, a berendezések és eszközök hatékonyságának ellenőrzéséről, valamint a sugárvédelmi műszerek működőképességéről, kalibrációjáról és hitelesítéséről. Minderről az Európai Unióban forgalmazott orvostechikai eszközökre vonatkozó 93/42/EGK irányelveket honosító 4/2009. (III. 17.) EüM rendelet az orvostechikai eszközökről részletesen rendelkezik. [3]

A lézersugárral közvetlen kapcsolatba kerülő munkavállalók esetében az expozíciós

határértékekről a 22/2010. (V. 7.) EüM rendelet a munkavállalókat érő mesterséges optikai sugárzás expozícióra vonatkozó minimális egészségi és biztonsági követelményekről 2. melléklete ad iránymutatást. A szem és a bőrfelszín esetében a 810 nm és 980 nm hullámhosszok esetében 100 másodperc feltételezett időtartammal kell számolni. [3]

## **KOCKÁZATOK FELMÉRÉSE, ÉRTÉKELÉSE ÉS KEZELÉSE A LÁGYLÉZER TERÁPIÁBAN**

A kockázatkezelés folyamatának első lépése a veszélyek azonosítása. A lágylézer kezelés lépéseit sorra véve meghatározzuk a kockázatokat, amelyek a páciens és a munkavállaló egészségét, a munkakörnyezet, valamint a terápiás készülék állapotát negatívan befolyásolhatják. [14]

### **A feladat elemzése (a lágylézer kezelés menete)**

- **Betegtájékoztató, adminisztráció**
  - Páciens tájékoztatása a kezelés menetéről, a lézerterápia lényegéről, előnyeiről, a kontraindikációk ismertetése.
  - Beleegyző nyilatkozat kitöltése és aláírása a páciens és a kezelést végző személy részéről.
  - A páciens kikérdezése, a rendelkezésre álló leletek ellenőrzése, szükség esetén konzultáció a kezelő orvossal.
  - A megállapított problémára vonatkozó kezelési terv kidolgozása, a kezelési lap kitöltése.
- **Kezelési környezet kialakítása**
  - A figyelmeztető lámpa bekapcsolása és elhelyezése a kezelő helyiség ajtajának külső részén.
  - A kezelő helyiség ajtajának becsukása, reteszelve.
  - A tükröződő felületek (tükrök, ablaktáblák) eltakarásának ellenőrzése.
  - Kezelő fej és a kezelő betétek fertőtlenítése.
  - Védőszemüvegek felvétele.
- **A kezelés műszaki feltételeinek biztosítása**
  - A biztonsági kulcs csatlakoztatása a készülékhez.
  - A vészleállító gomb ellenőrzése.
  - Készülék bekapcsolása.
  - A biztonsági kód megadása.
  - A kezelési tervben szereplő értékek beprogramozása.
- **Kezelés**
  - A kezelőfej elhelyezése a kezelendő területen.
  - Az érintőképernyőn lévő engedélyező START gomb megnyomása.
  - A lábkapcsoló működtetése.
  - Kezelés az érintett területeken a beállított üzemmód (folyamatos vagy impulzus-mód), az intenzitás (W) és a dózis ( $J/cm^2$ ) alapján.
  - A beállított dózis elérésekor az OptonPro készülék automatikusan lekapcsolja a lézersugarat.
- **Kezelést követő műveletek**



- A készülék kikapcsolása, a biztonsági kulcs eltávolítása, elzárása, a figyelmeztető lámpa kikapcsolása és elhelyezése a tároló állványban.
- A kezelő fej és a kezelő betétek fertőtlenítése.

### Veszélyek jegyzékének összeállítása

Ebben a lépésben előzetes veszély-analízissel az előző pontban felsorolt mozzanatokhoz hozzárendeltük a lehetséges veszélyeket. [14]

Feladat	Veszélyek
Betegtájékoztató, adminisztráció	Kezelés megghiúsulása. Hibás kezelési terv kialakítása.
Kezelési környezet kialakítása	Expozíciós határérték túllépése. Szemek károsodása. Fertőzésveszély.
A kezelés műszaki feltételeinek biztosítása	Kezelés megghiúsulása.
Kezelés	Expozíciós határérték túllépése. Szemek károsodása. Bőrfelszín károsodása. Tűzveszély. Terápiás készülék károsodása.
Kezelést követő műveletek	Illetéktelen használat. Tűzveszély. Fertőzésveszély.

2. táblázat Kockázatkezelés: veszélyek jegyzéke (szerzők saját szerkesztése)

### Okok hozzárendelése a veszélyekhez

A kockázatkezelési folyamat következő lépésében összeállítottuk a feladatokhoz rendelt veszélyek kialakulásának lehetséges okait. Ahol egy veszély kialakulásához több ok is vezet, ott kiemelt figyelmet fordítottunk az alapvető ok pontos felderítésére. [14]

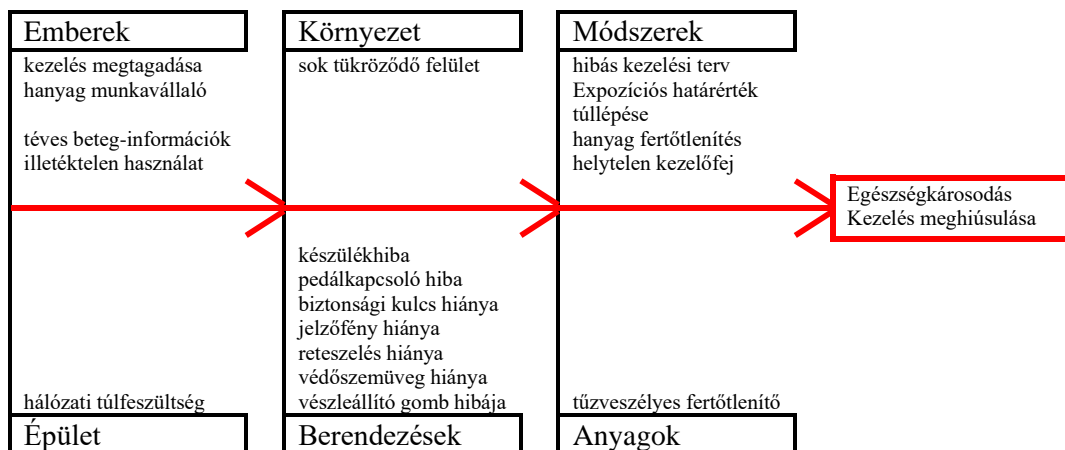
Veszélyek	Lehetséges okok
Kezelés megghiúsulása.	Páciens a kezelést megtagadja. Terápiás készülék meghibásodása. Szem- vagy bőrsérülés a nem megfelelő kezelés következtében. Biztonsági kulcs hiánya.
Hibás kezelési terv kialakítása.	Páciens hiányos és/vagy megtévesztő információkat ad.
Expozíciós határérték túllépése.	A terápiás készülék gyártója által megadott nominális veszélyességi távolságon belül (esetünkben 3 méter) a munkavállalót napi 8 órában a 22/2010. (V. 7.) EüM rendelet 2. mellékletében megadott expozíciós határértéknél több sugárzás éri.
Fertőzésveszély.	Kezelőágy, kezelőfej, védőszemüveg nem megfelelő fertőtlenítése.
Szemek károsodása.	Tükröződő felületek (pl. tükrök, ablakok, vitrinek) nem megfelelő eltakarása. Védőszemüveg hiánya. Az aktív lézersugárra figyelmeztető vörös

Veszélyek	Lehetséges okok
	jelzőfény meghibásodása vagy hiánya. Kezelőhelyiség ajtó reteszelésének meghibásodása vagy hiánya. Fáradt, hanyag munkavállaló.
<b>Bőrfelszín károsodása.</b>	Páciens a valós állapotát elhallgatja. Hibás kezelési terv miatt túl magas intenzitású, helytelen jelformájú vagy túl hosszú ideig tartó aktív lézersugárral történő kezelés. Vészleállító gomb meghibásodása vagy hiánya. Nem megfelelő kezelőfej használata. Terápiás készülék meghibásodása.
<b>Tűzveszély.</b>	A 4. lézersztályú készülék lézersugara keltette magas hőmérséklet miatt a fertőtlenítéshez használt vegyszerek lángra lobbannak.
<b>Terápiás készülék károsodása.</b>	A fertőtlenítéshez használt vegyszer a készülékbe ömlik. Helytelen használat miatt a készülék és a kezelőfej közötti összeköttetés megszakad. Helytelen használat miatt a készülék és a pedálos kapcsoló közötti összeköttetés megszakad. Hálózati túlfeszültség.
<b>Illetéktelen használat.</b>	Biztonsági kulcs nem megfelelő tárolása.

3. táblázat Kockázatkezelés: a veszélyeket kiváltó okok (szerzők saját szerkesztése)

### Stratégiai veszély-meghatározás

Az előzőekben felsorolt veszélyek és az azok kialakulásához vezető okokat Ishikawa-diagramban ábrázolva a veszélyforrások, így a kockázatok közép- és hosszútávon történő minimalizálása valósítható meg. Az ok-okozati diagram a kockázatkezelés következő lépéséhez, a kockázatbecsléshez is megfelelő alapot nyújtott. [14]



4. ábra Kockázatkezelés: veszélyek ok-okozat (Ishikawa) diagramja (szerzők saját szerkesztése)

## Kockázatbecslés

A kockázatbecslés szemléltetéséhez kockázatbecslési mátrixot készítettünk a feltárt veszélyek súlyossága és az azok kialakulásához vezető okok valószínűsége alapján. A veszélyek súlyosságát négy kategóriába soroltuk, nevezetesen: katasztrófális, kritikus, csekély, elhanyagolható. A bekövetkezésük valószínűségének becsléséhez pedig öt kategóriát állítottunk fel: gyakori, valószínű, eseti, ritka, valószínűtlen. Az elvégzett kezelések tapasztalati adatai alapján kialakult kockázati szintekhez a magas, közepes, alacsony és csekély kategóriákat alkalmaztuk. [14]

KOCKÁZATBECSLÉSI MÁTRIX		VALÓSZÍNŰSÉG				
		Gyakori (5)	Valószínű (4)	Eseti (3)	Ritka (2)	Valószínűtlen (1)
SÚLYOSSÁG	Katasztrófális (4)	20	16	12	8	4
	Kritikus (3)	15	12	9	6	3
	Csekély (2)	10	8	6	4	2
	Elhanyagolható (1)	5	4	3	2	1
Értékelés	1-3	csekély	Elfogadható (intézkedés nem szükséges)			
	4-6	alacsony	Vizsgálat szükséges (eredménytől függő intézkedés)			
	8-10	közepes	Vizsgálat után kockázatoscsökkentés szükséges!			
	12-20	magas	Kerülendő, haladéktalan kockázatoscsökkentés kell!			

4. táblázat Kockázatkezelés: kockázatbecslési mátrix (a szerzők saját szerkesztése [14] alapján)

## Veszélyek kockázati besorolása

Annak érdekében, hogy megfelelő intézkedési terv jöjjön létre a kockázatok csökkentésére, a korábban meghatározott veszélyeket kockázati szempontból rangsorolnunk kellett. Az 5. táblázatban látható kockázati besorolás a szerzőnek<sup>(1)</sup> az elmúlt tíz év lágylézer terápiás gyakorlata alapján készült.

Veszélyek	Súlyosság	Valószínűség	Kockázati besorolás
Kezelés meghiúsulása.	katasztrófális	eseti	magas
Szemek károsodása.	katasztrófális	valószínűtlen	alacsony
Bőrfelszín károsodása.	katasztrófális	ritka	közepes
Hibás kezelési terv kialakítása.	kritikus	ritka	alacsony
Expozíciós határérték túllépése.	kritikus	valószínűtlen	csekély
Fertőzésveszély.	kritikus	valószínűtlen	csekély
Tűzveszély.	csekély	valószínűtlen	csekély
Terápiás készülék károsodása.	csekély	valószínűtlen	csekély
Illetéktelen használat.	csekély	valószínűtlen	csekély

5. táblázat Kockázatkezelés: a veszélyek kockázati besorolása (Szerzők saját szerkesztése)

Az 5. táblázat alapján a kezelés meghiúsulását kiváltó okok esetében haladéktalan, ezt követően a szemek és a bőrfelszín károsodása tekintetében kell kockázatsökkentő lépéseket tenni. A hibás kezelési terv tekintetében az okok vizsgálatát követően, annak eredményétől függően szükséges a kockázatok csökkentése.

### Kockázatsökkentési lehetőségek és azok várható hatásai

A kezelés meghiúsulása megtörténhet akkor, ha a páciens a kezelést megtagadja. Ennek oka lehet a nem megfelelő betegtájékoztatás. Amennyiben ez előfordul, akkor felül kell vizsgálni a tájékoztatás tartalmát, valamint a munkavállalók hozzáállását. Intézkedésként a kezelést végző munkavállalók oktatása, motiválása jöhet szóba. A terápiás készülék meghibásodása esetén haladéktalanul gondoskodni kell a hibás készülék szakszervízbe történő elszállításáról és a mielőbbi javításáról. A kezelés meghiúsulása kivédhető egy alacsonyabb intenzitású, ezért alacsonyabb rendelkezésre állási költséggel bíró cserekészülékkel. A biztonsági kulcs hiánya úgy védhető ki, ha a lágylézer terápiás készülék használatára jogosultak a biztonsági kulcsot minden esetben a kijelölt, idegenek által nem hozzáférhető tárolóhelyen tartják. Amennyiben a helytelenül használt kezelőfej vagy a tükröződő felületek nem megfelelő eltakarása miatt szemsérülés, vagy a helytelenül megválasztott intenzitás/kezelési idő miatt bőrsérülés (égés) következik be, annak orvosi ellátásáról haladéktalanul gondoskodni kell. A páciens esetleges kártérítési igényének anyagi kihatásának kockázatát pedig szakmai felelősségbiztosítás megkötésével lehet csökkenteni.

A hibás kezelési terv kockázatának csökkentése úgy lehetséges, ha a beteg az első alkalommal bemutatja a körelőzményeit tartalmazó vizsgálati leleteket, hogy a kezelő személy objektív adatok alapján döntsön a kezelési paraméterekről. Lényeges, hogy a páciens rendelkezzen orvosi ajánlással. A lehetséges kontraindikációk miatt orvosi javallat hiányában meg kell kérni a beteget, hogy a kezelések megkezdése előtt kérjen szakorvosi véleményt. Az intézkedések megtételét követően az új protokoll betartását rendszeresen ellenőrizni kell, és az 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről 54. § (3) alapján „a munkáltató a kockázattértékelést, a kockázatkezelést és a megelőző intézkedések meghatározását – eltérő jogszabályi rendelkezés hiányában – a tevékenység megkezdése előtt, azt követően indokolt esetben, de legalább 3 évente köteles elvégezni.” [15] A kockázattértékelés alapján foganatosított intézkedések megtétele és azok maradéktalan betartása esetén a veszélyek kockázati besorolása a 6. táblázatban foglaltak szerint alakul.

Veszélyek	Súlyosság	Valószínűség	Kockázati besorolás
<b>Kezelés meghiúsulása.</b>	katasztrofális	valószínűtlen	alacsony
<b>Szemek károsodása.</b>	katasztrofális	valószínűtlen	alacsony
<b>Bőrfelszín károsodása.</b>	katasztrofális	valószínűtlen	alacsony
<b>Hibás kezelési terv kialakítása.</b>	kritikus	valószínűtlen	csekély
<b>Expozíciós határérték túllépése.</b>	kritikus	valószínűtlen	csekély
<b>Fertőzésveszély.</b>	kritikus	valószínűtlen	csekély

Veszélyek	Súlyosság	Valószínűség	Kockázati besorolás
Tűzveszély.	csekély	valószínűtlen	csekély
Terápiás készülék károsodása.	csekély	valószínűtlen	csekély
Illetéktelen használat.	csekély	valószínűtlen	csekély

6. táblázat Kockázatkezelés: a kockázatcsökkentő intézkedések várható hatásai (szerzők saját szerkesztése)

## KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A lágylézer kezelések esetében feltárt kockázatok többsége esetén intézkedésekre van szükség. A sugárbiztonsági szabályok betartásával az optikai sugárzást kibocsátó készülékkel történő munkavégzés úgy a munkavállalók, mint az azzal kapcsolatba kerülő környezet számára biztonságos kell, hogy legyen. A munkavállalók védelmét és biztonságát optimalizálni kell annak érdekében, hogy az egyéni dózisok nagysága, a sugárzásnak kitett személyek száma és a sugárterhelés valószínűsége az észszerűen elérhető legalacsonyabb szinten maradjon. Az optimalizáláskor tekintettel kell lenni a tudományos és technikai adottságok mellett a gazdasági és társadalmi tényezőkre is. Az intézkedések hatékonyságának ellenőrzésére a munkaadó részéről célszerű balesetelhárítási és cselekvési tervet lefektetni, amely tartalmazza azokat az általános és helyi műszaki, valamint adminisztratív intézkedéseket, amelyek a kockázatok csökkentését, minimalizálását szolgálják.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Varga B.: Lézerberendezések. [lasertanacsado.hu](https://lasertanacsado.hu/berendezes.html). <https://lasertanacsado.hu/berendezes.html> (letöltve 2024. március 27.)
- [2] J.E. Harry és I. Dr. Kertész I.: Ipari lézerek és alkalmazásuk. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979, ISBN 963-10-2594-2
- [3] Sandra S.: Lágylézer terápia I. San-Ergonómia Kft, Budapest, 2016, ISBN 978-963-12-5067-1
- [4] Damjanovich S. – Fidy J. – Szöllősi J.: Orvosi biofizika. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 2006, ISBN: 9632260244
- [5] Online Beszámoló és űrlapkitöltő Rendszer, Igazságügyi Minisztérium Céginformációs és az Elektronikus Cégeljárásban Közreműködő Szolgálat, <https://e-beszamolomol.im.gov.hu/oldal/kezdolap#> (letöltve: 2024. március 28.)
- [6] Csermely M.: A fizioterápia kézikönyve. White Golden Book, 2011, ISBN: 9799639476331
- [7] Dr. Hopp B. et al.: Lézerek az Orvostudományban. Szegedi Tudományegyetem, 2012, TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0005 projekt „Ágazati felkészítés a hazai ELI projekttel összefüggő képzési és K+F feladatokra”, [https://titan.physx.u-szeged.hu/tamop411c/public\\_html/Lézerek%20az%20orvostudományban/21\\_az\\_elektromgneses\\_spektrum.html](https://titan.physx.u-szeged.hu/tamop411c/public_html/Lézerek%20az%20orvostudományban/21_az_elektromgneses_spektrum.html) (letöltve: 2024.03.28.)
- [8] Hamblin M.R.-de Sousa M.V.P.-Agrawal T.: Handbook of Low-Level Laser Therapy. Pan Stanford Publishing Pte. Ltd., USA, 2017, ISBN 978-981-4669-60-3 (Hardcover), ISBN 978-981-4669-61-0 (eBook), (letöltve: 2024.03.28.)
- [9] R.I. Barbosa, E.C. de Jesus Guirro, L. Bachmann, et al., Analysis of low-level laser

- transmission at wavelengths 660, 830 and 904nm in biological tissue samples, *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology* (2020), <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2020.111914>
- [10] Dr. Horváth J.: *Lágylézer terápia. Lézer-Praxis*, Budapest, 2003, ISBN 9632063015
- [11] MSZ EN 60825-1:2015 *Lézergyártmányok sugárbiztonsági előírásai. 1. rész: Készülékosztályozás és követelmények (IEC 60825-1:2014) ICS: 31.260 Optoelektronika. Lézerberendezések; 13.110 Gépek biztonsága*, Megjelenés dátuma: 2015.04.01, <https://szabvanykonyvtar.hu/web/viewer.php?file=Standard/045XU3Y6OL33ORG4.pdf&name=RC5TLkMuIEh1bmdhcmlhIEtmdC4=> (letöltve: 2024.03.28.)
- [12] 22/2010. (V. 7.) EüM rendelet a munkavállalókat érő mesterséges optikai sugárzás expozícióra vonatkozó minimális egészségi és biztonsági követelményekről, *Net Jogtár*, <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1000022.EUM> (letöltve: 2024.03.28)
- [13] *Zimmer OptonPro Gebrauchsanweisung, Manualslib*, <https://www.manualslib.de/manual/661641/Zimmer-Optonpro.html> (letöltve:2024.03.28.)
- [14] Dr. Pokorádi L.: *Karbantartás elmélet, Elektronikus tansegédlet*, Debrecen, 2002 <https://dea.lib.unideb.hu/server/api/core/bitstreams/e00d0e40-8031-41de-b1af-61a869eeec99/content> (letöltve: 2024.02.16.)
- [15] 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99300093.TV> (letöltve: 2024. 04. 12.)