

## SZAKÉRTŐI VÉLEMÉNY NR. LE-G-0310-2/12

- Vizsgálati hatókör:** biztonsági elemzés egy az infravörös kabinokban használt teljes spektrumú infravörös emitterről annak optikai sugárzására tekintettel.
- Megrendelő:** Sentiotec GmbH  
Oberregauer Straße 48  
A-4844 Regau
- A teszt tárgya:** ECO 500G típusú infravörös emitter elülső ráccsal (szűrőüveg nélküli dizájn)

A szakértői vélemény az 1-15. oldalig terjed.

Hitelesített aláíró:

Szakértő:

---

Dr. Karl Schulmeister

---

DI Reinhard Gilber

Dátum: 2012. 10. 03.

**Megjegyzés:**

Ezen szakértői vélemény kizárólag a teszt tárgyára és annak kialakítására vonatkozik a teszt napján. A teszt tárgyának későbbi változtatásaira ezen szakértői vélemény nem terjed ki. Jelen szakértői vélemény kivonatainak bemutatása vagy továbbadása a tesztlaboratórium engedélyéhez kötött.

Lézer-, LED- és lámbabiztonsági tesztház  
Szakértői vélemény száma: LE-G-0310-2/12

## 1. Általános információk

### A teszt időtartama:

2012. június 26-27.

### A teszt helyszíne:

Lézer-, LED- és lámbabiztonsági tesztház, Seibersdorf Labor GmbH, Ausztria

### Vizsgálati hatókör:

Jelen szakértői vélemény egy az infravörös kabinokban használt teljes spektrumú infravörös emitter optikai sugárzásának potenciális veszélyeit rögzíti. Ez az emitterrácstól jellemző besugárzási távolság sugárzási méréseire támaszkodik. A kisugárzási értékek a nemzetközi határértékekkel kerültek összehasonlításra, a bőr megégésére, illetve a szem károsodására való potenciális veszély felbecsülésének érdekében. További potenciális hátrányos hatások a bőrön vagy az organizmuson (amint az továbbiakban felsorolásra kerül) nem volt kiértékelhető, mivel nem léteznek alkalmazható határértékek. Továbbá az infravörös sugárzás orvopszichológiai vagy gyógyászati hatásai sem kerültek kiértékelésre.

### Mérési felszerelés

- hőelemoszlop OPHIR L40 (150) A (MM-035/06)  
Mérési bizonytalanság:  $\pm 20\%$ , amely tartalmazza a sugármérő és a távolságmérés bizonytalanságát
- dupla monokromátor DTMc300V (MM-08/08)  
Kialakítás: 2 nm (részváltozó) sáv szélesség, léptetési méret: 2 nm,  
300 nm-től 399 nm-ig  $\rightarrow$  2400 sor/mm-es rácsozat,  
401 nm-től 1200 nm-ig  $\rightarrow$  1200 sor/nm-es rácsozat  
Bemenő optika: UPK 150F integrálgömb 7 mm-es nyílással  
Szoftver: BenWin+
- hűtött fotoszorzó DH-30-Te (MM-08/05)
- apertúra 7 mm (MM-11/08)
- színképmérő USB 2000 (MM-034/01), sáv szélessége körülbelül 2 nm  
Kialakítás: NIR-diffúzor, 1 méter hosszú szál, DG 550 LP-szűrő  
Szoftver: SpectraSuite v1.6.0\_03
- színképmérő NIR 256 (MM-039/01), sáv szélesség körülbelül 4 nm  
Kialakítás: NIR-diffúzor, 2 méter hosszú szál  
Szoftver: Spec32 2001 v1.6.0.2
- mérőszalag MM-26/01

### Tesztfeltételek

Valamennyi mérés 30 perces melegítést követően, hőmérséklet szempontjából stabil állapotban került végrehajtásra (megjegyzés: az infravörös emitter foglalata és sugárvetője idővel felmelegszik és sugárzást bocsát ki a közepes hullámhosszú infravörös hullámhossz tartományban). Az emitter vízszintes pozícióban került rögzítésre. Az emitter eleje és hátulja hozzáférhető volt. A tesztelt infravörös emitter közvetlenül a fő áramellátásra csatlakozott (230 VAC, 50Hz). További áramforrást nem használtunk.

### Használt dokumentáció

- ICNIRP "A széles sávú inkoherens optikai sugárzásnak (0,38-3  $\mu\text{m}$ ) történő kitétel határértékeinek irányelvei", Health Physics, 73. kötet, 539-554. oldal, 1997

Lézer-, LED- és lámbabiztonsági tesztház  
Szakértői vélemény száma: LE-G-0310-2/12

- ICNIRP "ICNIRP vélemény a távoli infravörös sugárzásnak való kitételről", Health Physics, 91(6), 630-645. oldal, 2006
- IEC TR 60825-9 technikai jelentés "Válogatás az inkoherens optikai sugárzásnak való maximálisan megengedhető kitételről" (1999)
- EN 62471:2008 "A lámpák és lámparendszerek fotobiológiai biztonsága"

## 2. A határértékek megvitatása

A 780 nm-en felüli hullámhossztartományú optikai sugárzást hőszugárzásnak hívjuk, mivel egyrészt meleg vagy forró testek bocsátják ki, másrészt a sugárzásnak kitett testek hőmérsékletét megemeli, ahogy azok a sugárzást elnyelik.<sup>1</sup> A hőmérséklet emelkedése számos egyéb dolgon túl a kitétel időtartamától és a sugárzás erejétől (egységnyi területre eső erő) függ. Az emberek esetében a jelentős hőmérséklet növekedésnél baleseti jellegű hatások sem zárhatóak ki. Nevezetesen a bőr megégése, a szaruhártya sérülése az 1400 nm feletti hullámhossztartománynak való kitétel során vagy a retina égési sérülése a látható és/vagy infravörös-A tartományú sugárzás esetében potenciális veszélynek számíthatnak. Továbbá lehetséges a szürkehályog gyorsabb kifejlődése a szemlencsében is a sugárzásnak való hosszútávú, magasszintű kitétel folytán. Valamennyi fentebb említett veszélyek miatt a Nem-Ionizáló Sugárzás Nemzetközi Bizottsága (ICNIRP) kitételi határértékeket publikált. Ezeket a kitételi határértékeket a Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság IEC TR 60825-9-es technikai jelentéséből származtatták. Mindezeket túl, megállapították a rizikócsoportok alapjait is az IEC 62471-es szabványban, amely egy Európában harmonizált szabvány az Alacsony Feszültségről szóló Irányelv "Low Voltage Directive" alatt. Ha a kitételi határértékeket túllépik, a bőr megégésének vagy a szem sérülésének veszélye nem zárható ki. Hogy mindez valódi sérüléshez vezet vagy sem a határérték túllépésének mértékétől függ (ha a határértéket csak kis mértékben lépik túl, a valódi sérülés veszélye alacsony, mivel a határértékekbe biztonsági faktor is beszámításra került), valamint a kitétel időtartamától. Meg kell hogy említsük, hogy a kitétel szintje, amely az aktuális sérüléshez szükséges, nem kerül kiértékelésre ezen szakértői vélemény keretrendszerében. Az itt mért értékek az ICNIRP által jelölt értékekkel kerültek összehasonlításra. Ennek folytán ha a megfelelő értékek nem kerülnek túllépésre, a bőr égésének veszélye (a kitételi határérték határain belül a természetes védelmi választ illetően) vagy a szem sérülése az infravörös sugárzás folytán kizárható.

### Bőr

A kitételi határérték a bőr égésére vonatkozóan  $3550 \text{ W/m}^2$  10 másodperces kitételi időtartammal. Az ICNIRP Irányelvek szerint ez a határérték összehasonlítandó azzal a sugárzási értékkel, amely a 380 nm-től 3000 nm-ig terjedő ( $\leq 3 \mu\text{m}$ ) hullámhossz tartományban van. Habár az is megállapításra került, hogy a 3000 nm-nél magasabb hullámhosszok is bele foglalhatóak egy sokkal szigorúbb becslés megállapításához. Ennek folytán a teljes észlelt sugárzás a 380 nm-től 1 mm-ig terjedő hullámhossz tartományban került összehasonlításra a vonatkozó határértékekkel ezen szakértői vélemény keretrendszerében. Amint az az ICNIRP részéről megállapításra került, a határérték csak akkor alkalmazható, amennyiben a kitételi időtartam kevesebb, mint 10 másodperc, mivel önvédelmi reakciók a hő okozta fájdalom révén kitérő reakciót vált ki (a forrástól való elfordulás), még a bőr megégésénél kisebb szintű kitételnél. A kitételi határérték csak az optikai sugárzásból származó kitételre vonatkozik. Nem érvényes közvetlen érintkezés (kapcsolat) révén egy forró tárggyal. Továbbá a bőr megégésére vonatkozó kitételi határérték nem tartozik az "Erythema ab igne" vagy a felgyorsult bőröregedés potenciális hatásaihoz. Habár mindezen hatások nem zárhatóak ki a tudomány és technológia jelen állapota szerint, a veszély viszonylag alacsonynak mondható. Habár az elfogadott határértékek nem

<sup>1</sup> Az emittált sugárzás spektrális energiájának terjedése a test hőmérsékletétől függ. 100 Celsius-fokon a maximum  $7,8 \mu\text{m}$ -nél (Infravörös-C), 800 Celsius-fokon a maximum  $2,7 \mu\text{m}$ -nél (Infravörös-B) van. 5700 Celsius-foknál (amely a Nap hőmérsékletével egyezik meg) a maximum  $0,5 \mu\text{m}$  körül (a látható hullámhossz tartomány) van.

Lézer-, LED- és lámbabiztonsági teszt ház  
Szakértői vélemény száma: LE-G-0310-2/12

elérhetőek ilyen esetre. A felgyorsult bőröregedés esetében nincs is bizonyított káreset infravörös sugárzásnak való kitétel összefüggésében (megjegyzés: a bőr öregedő hatásait csak ultraviola sugárzás esetében bizonyították, amelyet azonban a megvitatott infravörös emitter nem bocsát ki). Hosszú időtartamú kitétel esetében a test mag túlmelegedése (hőstressz) is mérlegelendő. Habár ez az eset nincs ezen szakértői vélemény vizsgálatán belül, mivel a levegő hőmérséklete, a légmozgás és a páratartalom is megfontolandók. Továbbá az is megjegyzendő, hogy a hőstressz gyengébb formáját is figyelembe lehetne venni. Ez az eset azonban szintén nem kerül ezen szakértői vélemény látókörébe.

### A szemlencsék

Az 1400 nm-es hullámhossz tartomány feletti optikai sugárzást mind a szaruhártya, mind a szemlencsék elnyelik. Az 1400 nm-nél alacsonyabb hullámhosszú sugárzást a szem retinája nyeli el. Továbbá az 1400 nm-nél alacsonyabb hullámhosszakat a szem írisze is ugyancsak elnyeli. Ennek folytán a szem hőmérséklete a hővezetés révén megemelkedhet. Infravörös emittereknél a szemlencsék károsodása a szemre gyakorolt potenciális fő veszélyforrás. Ha a megfelelő határérték krónikusan túllépésre kerül, a szürkehályog (a szemlencsék ködösödése) idő előtti kifejlődése nem zárható ki. Ahogy azt az ICNIRP előírja, csak a 3000 nm-nél alacsonyabb sugárzás került összehasonlításra a vonatkozó határértékkel ezen szakértői vélemény keretrendszerén belül. Ahogy az ICNIRP megállapította, az infravörös sugárzás okozta, szem károsodására vonatkozó határérték  $100 \text{ W/m}^2$ , nem több mint 1000 másodperc (több mint 16 perc) kitételi időtartam esetén. Rövidebb kitételi időtartam esetében a határérték arányosan magasabb (pl.  $835 \text{ W/m}^2$  1 percnél vagy  $3200 \text{ W/m}^2$  10 másodpercnél)

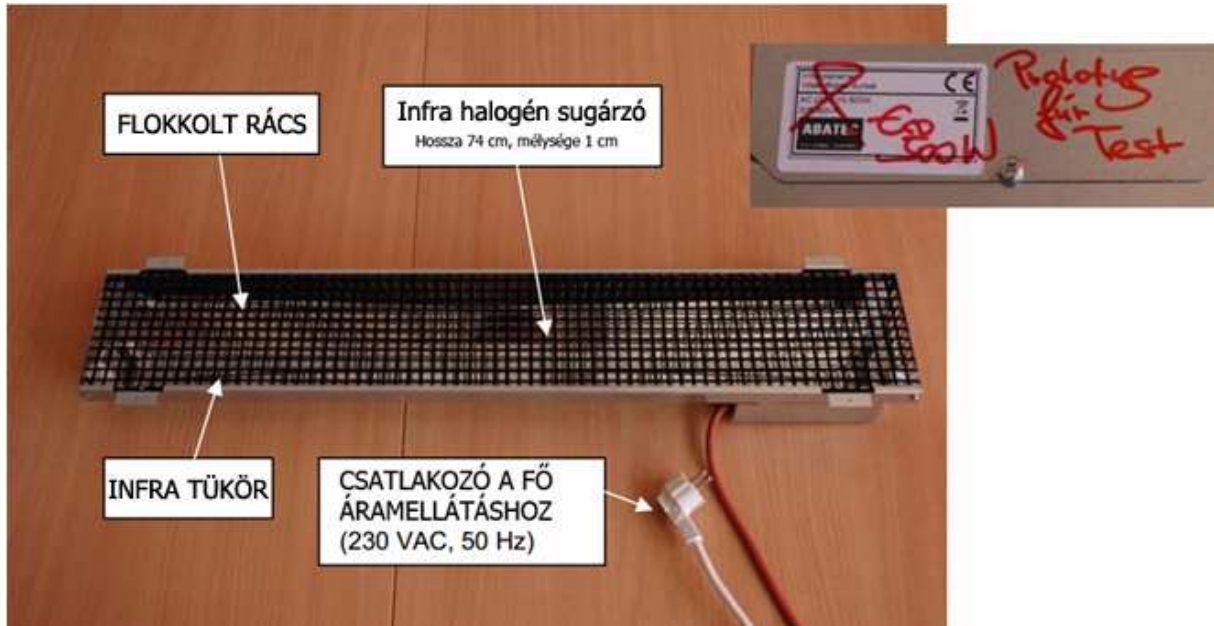
### Szemretina

Az 1400 nm-nél alacsonyabb hullámhossz tartományú optikai sugárzást a szem retinája nyeli el és ennek folytán hőléziót okozhat magas intenzitás (sugárzás) esetén. Az ICNIRP szerint a 380 nm és 1400 nm közötti hullámhossz tartományú sugárzást kell figyelembe venni. A vonatkozó határérték  $281171 \text{ W/m}^2 \text{ sr}^{-1}$  (sugárzás) 10 másodperces kitételi időtartam és 100 mrad nyílásszög (legrosszabb eset felbukkanása) esetén. Ha a sugárzás a 300 nm és a 700 nm-es hullámhossz értékek között kerül kibocsátásra, a retina fotokémiai károsodása is megvitatandó ("kék-fény" veszély). Ahogy azt az ICNIRP meghatározta, a vonatkozó határérték  $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$  (sugárzás) 10000 másodperces (több mint 2,7 óra) esetén.

## 3. Az emitter technikai leírása

A tesztelt infravörös emittert infravörös kabinokban történő használatra szánják. A hőelem hossza körülbelül 74 centiméter. Az emitter elején egy rács került felszerelésre (az optikai sugárzás szűrés nélkül kerül kibocsátásra).

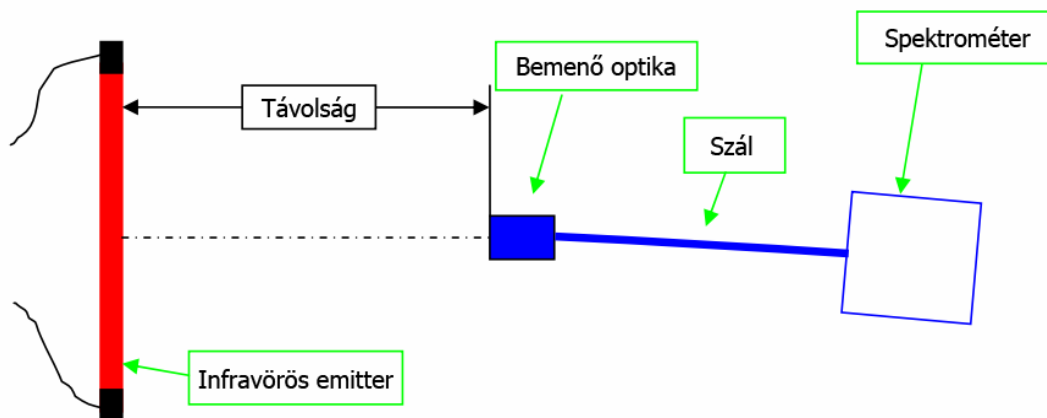
Lézer-, LED- és lámbabiztonsági teszt ház  
Szakértői vélemény száma: LE-G-0310-2/12



1. ábra: A tesztelt infravörös emitter ECO 500G (hossza 82 cm, magassága 15 cm, mélysége 6 cm)

#### 4. Mérési beállítás

A spektrális kisugárzás 300nm-től 700nm-ig a DTMc300V spektroradiométerrel, 700 nm-től 1020 nm-ig az USB2000-rel és 1220 nm-től 2070 nm-ig a NIR256-tal került mérésre 5, 30, 60 és 80 centiméteres távolságból. A spektrométerek érzékelője axiálisan került elhelyezésre a hőelem közepében. A DTMc300V méréseknél 8 mm-es nyílású integrálógömböt alkalmazunk. A minispektrométerek VIS-NIR diffúzerrel működtek 3,9 mm-es átmérővel. Az 1020 nm-től 1220 nm-ig terjedő hullámhossz tartományban a spektrális kisugárzást Planck törvénye szerint interpoláltuk. A 2071 nm-nél magasabb hullámhosszakot Planck törvénye szerint extrapoláltuk.



2. ábra: Mérési elrendezés a spektrális kisugárzási mérésekhez

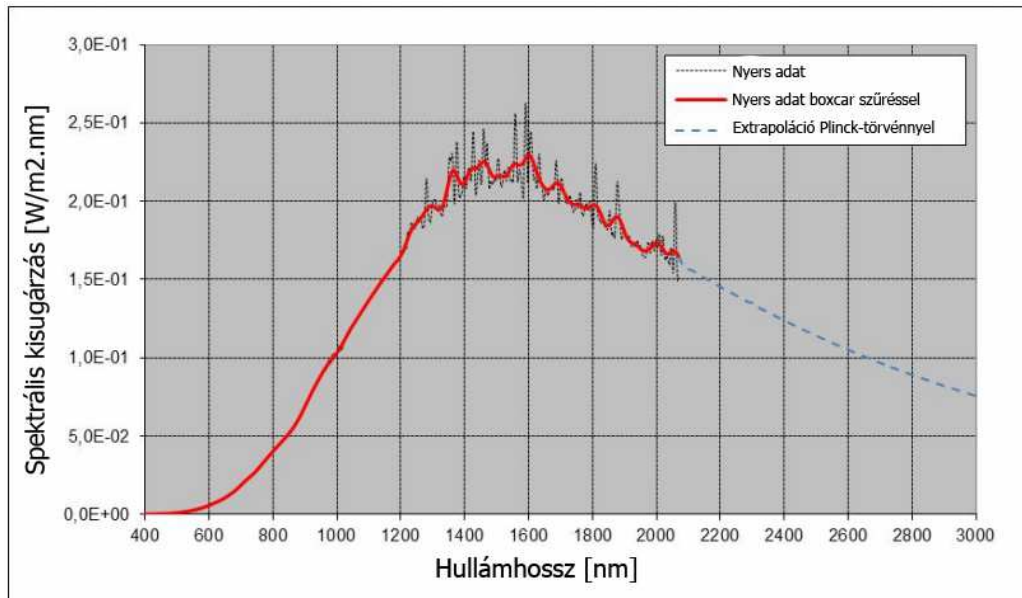
Az integrál sugárzás (hullámhossz felett integrálva) az L40-es hőelemmel került mérésre. Az érzékelő elülső részén egy mérési nyílás 35mm-es átmérővel került rögzítésre



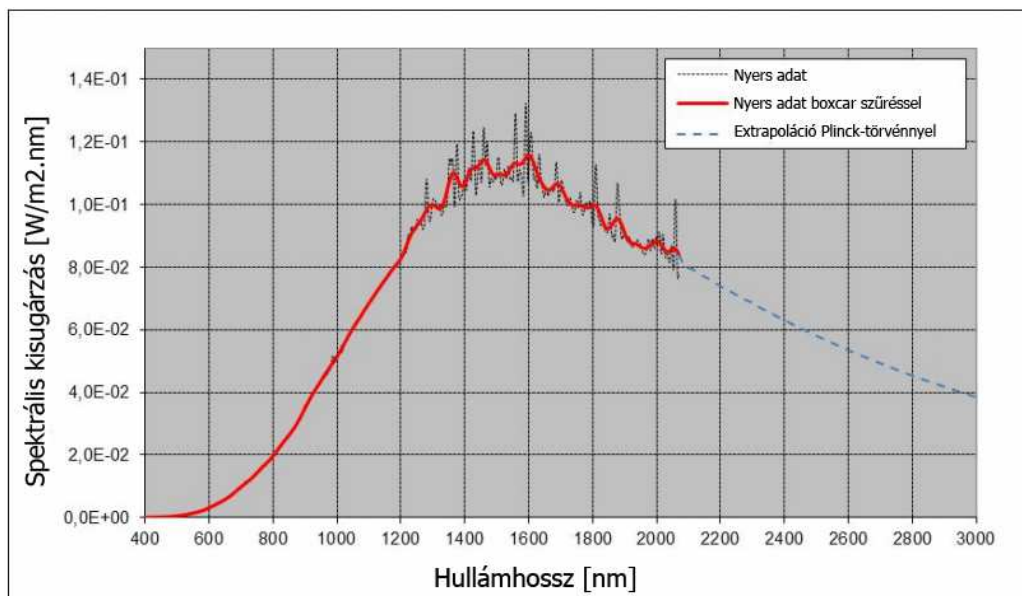
Lézer-, LED- és lámbabiztonsági tesztház  
Szakértői vélemény száma: LE-G-0310-2/12

(a távolság az elülső érzékelő és a nyílás között körülbelül 5 mm volt). A sugárzás a mért érték és a nyílás területe arányában került meghatározásra. Hogy meghatározhassuk 3000 nm alatti hullámhossz esetében a sugárzást, egy Schott gyártmányú, Borofloat típusú short-pass szűrőt alkalmaztunk. A szűrő elnyelése  $0,92^2$  faktorú (két szűrőlemez) volt.

## 5. Spektrális kisugárzás, spektrum

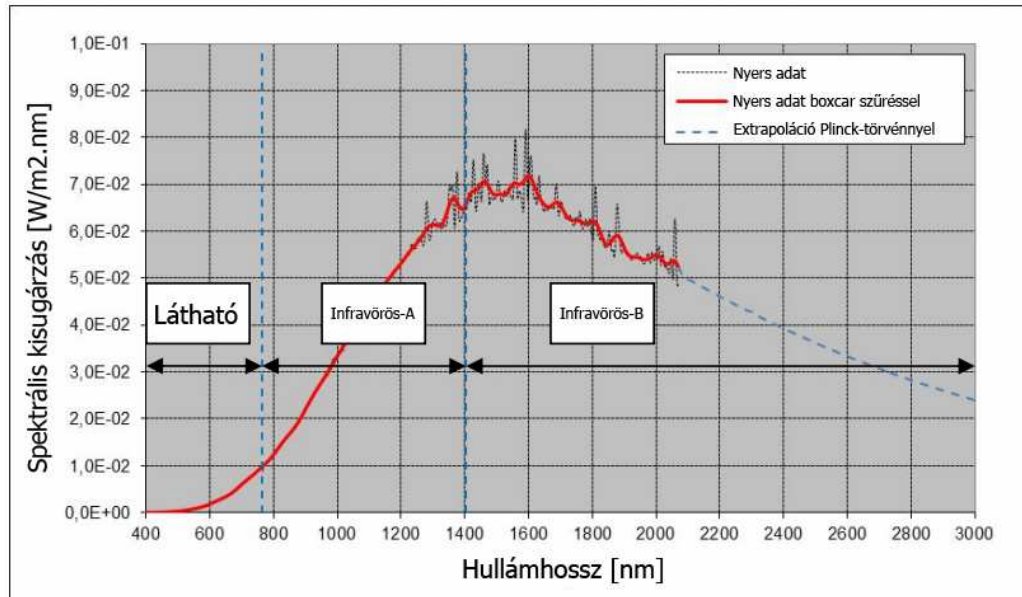


3. ábra: Spektrális sugárzás 30 centiméter távolságból. Az érzékelő axiálisan és középre igazítva (maximum) lett elhelyezve.



4. ábra: Spektrális sugárzás 60 centiméter távolságból. Az érzékelő axiálisan és középre igazítva (maximum) lett elhelyezve.

Lézer-, LED- és lámbabiztonsági teszt ház  
Szakértői vélemény száma: LE-G-0310-2/12



5. ábra: Spektrális sugárzás 80 centiméter távolságból. Az érzékelő axiálisan és középre igazítva (maximum) lett elhelyezve.

A spektrális adatokra alapulva az integrál sugárzás a látható fény, az infravörös-A és infravörös-B hullámhossz tartományokon belül került kalkulálásra. A kisugárzás az infravörös-C régióban az L40 hőoszlop érzékelő integrál mérései révén került meghatározásra, amely integrál energiát a 20 µm-es hullámhosszig mér. A vonatkozó értékek az 1-3. táblázatban kerültek kilistázásra. Ebben az összefüggésben meg kell hogy jegyezzük, hogy a hőelem környező területei ugyancsak bocsátanak ki sugárzást a távoli infravörös-C hullámhossz tartományban mikor felmelegedett állapotban vannak. Ennek folytán a teljes kisugárzás (a kisugárzás felintegrálásra került 1 mm-re) nő, az idővel és a kibocsátott sugárzás százalékarányával az egyes hullámhossz régiókban megváltoztat valamit (lásd a két megfelelő oszlopot az 1-3. táblázatban).

1. táblázat: színképi terjedés 30 cm-es távolságból százalékban kifejezve

Leírás	Hullámhossz tartomány	Integrál kisugárzás százalékban [%]	
		Pár perccel bekapcsolás után	Stabil hőállapotban (t>>)
Ultraviola	< 400 nm	0	0
Látható fény	400 nm – 780 nm	0,8	0,6
Infravörös-A	780 nm – 1400 nm	18,6	13,7
Infravörös-B	1400 nm – 3000 nm	54,8	40,3
Infravörös-C	3000 nm – 1 mm	25,8	45,4

2. táblázat: színképi terjedés 60 cm-es távolságból százalékban kifejezve

Leírás	Hullámhossz tartomány	Integrál kisugárzás százalékban [%]	
		Pár perccel bekapcsolás után	Stabil hőállapotban (t>>)
Ultraviola	< 400 nm	0	0
Látható fény	400 nm – 780 nm	0,8	0,7
Infravörös-A	780 nm – 1400 nm	18,4	15
Infravörös-B	1400 nm – 3000 nm	54,8	44,8
Infravörös-C	3000 nm – 1 mm	25,9	39,4

Lézer-, LED- és lámbabiztonsági teszt ház  
Szakértői vélemény száma: LE-G-0310-2/12

3. táblázat: színeképi terjedés 80 cm-es távolságból százalékban kifejezve

Leírás	Hullámhossz tartomány	Integrál kisugárzás százalékban [%]	
		Pár perccel bekapcsolás után	Stabil hőállapotban (t>>)
Ultraviola	< 400 nm	0	0
Látható fény	400 nm – 780 nm	0,8	0,6
Infravörös-A	780 nm – 1400 nm	18,6	14,5
Infravörös-B	1400 nm – 3000 nm	54,7	42,6
Infravörös-C	3000 nm – 1 mm	25,9	42,3

## 6. Összehasonlítás a kitélteli határértékekkel

A kisugárzást spektrálisan (spektrométerrel) és integrálisan (L40 hőoszlop érzékelő) mértük. A sugárzás árnyékolása a szemhéjon keresztül (80 fokos látómező a méréshez) nem került mérlegelésre (legrosszabb eset analízis). A "bőrt érő hő" veszélyét tekintve a vonatkozó mérések az emitter rácsától szemben 5 cm-re történtek. A maximum kisugárzás az emitter központjában volt kimutatva, körülbelül 2,5 cm-rel a hőelem tengelye felett. Mivel az emitter előtt a terméken belül nem került szűrőüveg elhelyezésre, a spektrális kisugárzást ugyancsak a DTMc300V dupla monokromátorral mértük 5 cm-es távolságból 300nm és 700nm közötti hullámhossz tartományban. Így a szem károsodásának veszélye az ultraviola sugárzásnak való kitétel folytán megállapítható lehet. A szem infravörös fény miatti veszélyét tekintve a vonatkozó méréseket 30, 60, 80 és 90cm-es távolságból végeztük el. A maximum kisugárzást az emitter közepénél a fűtőelem tengelyének magasságában mértük. Ha az emittert magas levegőpáratartalom mellett használják (például szaunában) a sugárzott infravörös-B és infravörös-C spektrum egy részét a levegőben lévő kis vízcseppek elnyelik, mielőtt elérnék a testet. Azonban a legrosszabb-eset megközelítés értelmében ezt az esetet nem értékelhettük ezen szakértői vélemény keretrendszerében.

### 6.1. A "bőrt érő hő" veszélye (a bőr megégése)

A 4. táblázatban a "bőrt érő hő" veszélyével kapcsolatban mért értékek különböző kitélteli forgatókönyvek szerint került listázásra. Továbbá a maximálisan megengedett kitélteli időtartamot  $t_{max}$  is meghatároztuk.

4. táblázat: a "bőrt érő hő" veszélyében különböző távolságból mért integrál méréseinek eredményei. Továbbá a maximálisan megengedett kitélteli időtartamot ( $t_{max}$ ) is meghatároztuk.

Pozíció	Hullámhossz tartomány	Maximum integrál kisugárzás [ $W m^{-2}$ ]	Maximálisan megengedett kitélteli időtartam
5 cm-rel a rács előtt, érzékelő axiálisan, középre helyezve	380nm - 1mm (380nm - 3 $\mu$ m)	1684 (1007)	> 10 másodperc (> 10 másodperc)
5 cm-rel a rács előtt, érzékelő középre helyezve, de 2,5 cm-rel a hőelem tengelye felett	380nm - 1mm (380nm - 3 $\mu$ m)	2016 (1216)	> 10 másodperc (> 10 másodperc)





5 cm-rel a rács előtt, középre helyezve, de 2,5 cm-rel a hőelem tengelye alatt	380nm - 1mm (380nm - 3µm)	1912 (1216)	> 10 másodperc (> 10 másodperc)
---	------------------------------	----------------	------------------------------------

Megjegyzés: Annak érdekében, hogy bevezessünk egy biztonsági faktort, a teljes integrál érték 1 mm-es értéket használtuk a határértékkel történő összehasonlításra. Habár a kisugárzás a 380 nm-től 3000 nm-ig terjedő hullámhossz tartományú integrálása is meghatározásra került ezen felül. Ezek az értékeket borofloat szűrővel mértük.

Több, mint 5 cm-es távolságból, az ICNIRP 3550 W/m<sup>2</sup> alkalmazható határértéke 10 másodperces kitéli időtartamnál nem került túllépésre (függetlenül attól, hogy 3µm-ig vagy 1 mm-ig terjedő hullámhossz tartományt használtunk). 5 cm-nél kisebb távolságoknál nem volt lehetséges mérni a kisugárzást és így nem zárható ki teljesen, hogy nagyon kis távolságoknál - közelről érintkezésnél - a határérték túllépésre kerülhet. Habár mivel a kisugárzás távolsággal történő összefüggése szerint nagy emitterek esetében közelről nem magas a kisugárzás (a csökkenési törvény a távolság négyzetével csak pontforrásoknál számít), nem valószínű, hogy a határérték nagyon közeli távolságból túllépésre kerülhet. Meg kell hogy jegyezzük, hogy a megállapított határérték nem érvényes közvetlen érintkezésnél (érintésnél).

Meg kell hogy jegyezzük továbbá azt is, hogy a határérték nem veszi számításba a növekvő érzékenységet, amely a bőr megégésének potenciális veszélyét érinti, amely kezeléseknél is bevezetésre kerülhet, amely így stimulálja a vérkeringést (például erős mechanikai dörzsölés után).

Tíz másodpercnél hosszabb kitéli időtartamoknál az ICNIRP által nem került határérték meghatározásra, mivel önvédelmi reakciók a megjelenő fájdalom miatt a bőr megégését gátolják. Normális esetben a hőmérséklet lassan emelkedik (több másodpercet vesz igénybe). Ennélfogva van elég idő hogy ezek alapján cselekedhessünk. Habár ha a hőérzet és/vagy a fájdalom érzékenysége sérül, az önvédelmi reakció előfordulhat, hogy nem lép érvénybe. Ebben az összefüggésben gyógyszer bevétele (pl. fájdalomcsillapító), alkoholos vagy drogos befolyásoltság, álmoság, eszméletlenség vagy egyéb betegségek esetén meg kell hogy említsük mindezt. Bizonyos esetekben a bőr megégése nem zárható ki teljesen hosszú kitéli időtartam esetén, nagyon közeli távolságból. Fizikai cselekvőképtelenség esetén az önvédelmi reakciók (paralízis) vagy szándékos időtartami túllépés a sugárzásnak kitélt területen ugyancsak a bőr égéséhez vezethetnek, több mint 10 másodperces kitéli időtartamnál. Meg kell jegyezni azt a hatást is, hogy a bőr színének változása is végbemegy, amelyet hőszugárzásnak való kitétség okoz fájdalomszinten vagy kevéssel az alatt. A dózis-válasz arány nem ismert és ennek folytán nem lehetséges, hogy ezt a hatást kizárjuk a bőr égésével kapcsolatos kitéli határérték alatt. A hőforrásokról, mint például a tűz tüze nem ismert, hogy a neki való ismételt kitétel megváltoztathatja a bőr kozmetikailag. A hálószerű, vörösesbarna változások "Erythema ab Igne" vagy hőmelanózis néven ismeretesek. Ha a neki való kitétel megszakad a megjelenés első fázisában, a hőmelanózis eltűnik. Habár ha a kitétel folytatódik, a változások maradandóak lesznek. Jelenleg nem létezik jelentés, amely az "Erythema ab Igne" fejlődését megállapítaná az infravörös kabinokban használt infravörös emitterek kapcsán. Ennek folytán az "Erythema ab Igne" kifejlődése viszonylag alacsonynak becsülhető. Továbbá a felgyorsult bőröregedés vagy a sejtkultúra in-vitro DNS-változásait az infravörös sugárzás miatt nem támasztja alá egyetlen másodlagos tanulmány sem. Efféle hatások nem zárhatóak ki általánosságban. Ez a kockázat azonban nagyon alacsony (mikor összehasonlítjuk a nap UV sugárzásának hatásaival).

## 6.2. A szem infravörös sugárzás okozta károsodásának veszélye (a szem elülső részeinek infravörös sugárzás okozta potenciális károsodása)

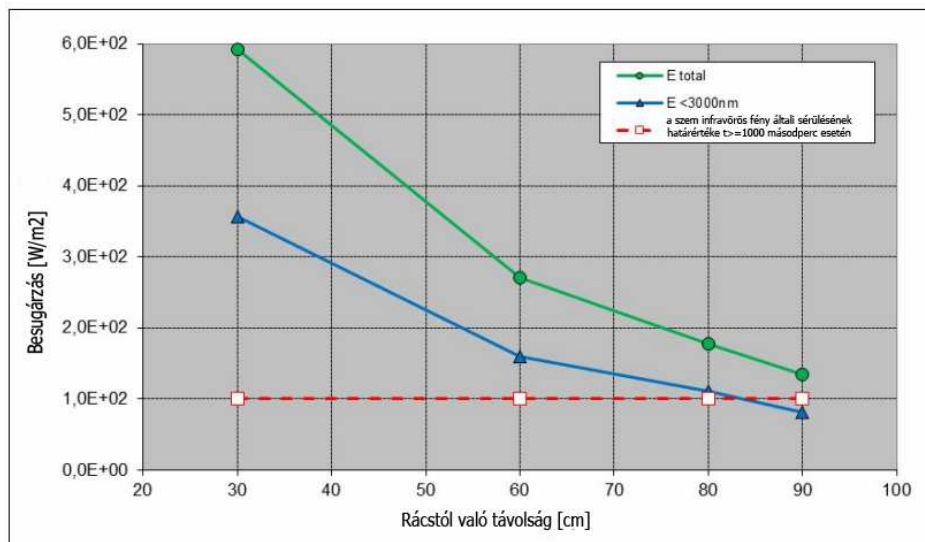
Az 5. táblázatban a szem infravörös sugárzás okozta károsodásának veszélyét érintő mért értékek különböző kitéli forgatókönyvek szerint kerültek kilistázásra. Továbbá a maximálisan megengedett kitéli időtartam  $t_{max}$  is meghatározásra került.

Lézer-, LED- és lámbabiztonsági tesztház  
Szakértői vélemény száma: LE-G-0310-2/12

5. táblázat: Az infravörös fény szemre gyakorolt káros hatásának integrál méréseinek eredménye különböző távolságokból. Továbbá a maximális sugárzásnak kitett időtartamot is tartalmazza.

Pozíció	Hullámhossz tartomány	Maximum integrál kisugárzás [ $\text{W m}^{-2}$ ]	Maximálisan megengedett kitételi időtartam
30 centiméterrel a rács előtt, középre igazítva	300nm - 1mm (300nm - $3\mu\text{m}$ )	(592) 356	(94 másodperc) 186 másodperc
60 centiméterrel a rács előtt, középre igazítva	300nm - 1mm (300nm - $3\mu\text{m}$ )	(270) 160	(270 másodperc) 544 másodperc
80 centiméterrel a rács előtt, középre igazítva	300nm - 1mm (300nm - $3\mu\text{m}$ )	(177) 111	(475 másodperc) 889 másodperc
90 centiméterrel a rács előtt, középre igazítva	300nm - 1mm (300nm - $3\mu\text{m}$ )	(135) 82	(680 másodperc) nincs határolva

Megjegyzés: Az ICNIRP előírásának megfelelően, a határértékkel való összehasonlítás során csak a sugárzásnak csak a 780 nm és 3000 nm közé eső részét kell figyelembe venni. Ugyanakkor, a jelen szakvélemény keretében a 300 nm és 3000 nm hullámhossz közé eső sugárzás került felhasználásra. Érdekes megemlíteni, hogy a különbség elhanyagolható a sugárzás szinkép eloszlása miatt. A megegyező értékek mérése a Borofloat szűrő eljárásával történt. Ezen felül a 300 nm és 1 mm hullámhosszú sugárzás is a felsorolásra került.



6. kép: Besugárzás E (teljes = integrálás 300 nm-től 1 mm-ig, < 3000 nm = integrálás 300 nm-től 3000 nm-ig) és a szem infravörös sugárzás miatti károsodása a távolsággal összevetve.

Ahogy a 6. képen is látható, az infravörös fénynek a szemre gyakorolt veszélyének hosszú távú limitje (egyenlő  $100 \text{ W m}^{-2}$  1000 sec-nél hosszabb hatásának kitétel után) körülbelül 85 centiméternél rövidebb távolságban emelkedik a limit fölé. Emiatt, a maximális sugárzásnak kitett hatás nincs limitálva 85 centiméternél nagyobb távolság esetén. Kisebb távolságoknál, a maximálisan megengedett sugárzásnak kitett idő az 5-ös táblához hasonló módon csökken. Az infravörös kabinokban, ahol normális körülmények között jó pár sugárzó van elhelyezve. Emiatt a szem egyszerre van kitéve több sugárzó hatásának. A kitétt hatás végső mértéke függ a kabin geometriáitól és a hatásnak való kitétel mikéntjétől. Ha például, kettő, vagy több sugárzót használunk elülső sugárzóként a kabinban, nem lehet kizárni, hogy a maximálisan megengedhető sugárzás hatásának kitétt idő az átlagosnál lejjebb csökken, annak ellenére, hogy egy sugárzó esetén ennek az értéknek jóval felette van. Emiatt javasolt egy megfelelő szűrő

Lézer-, LED- és lámbabiztonsági tesztház  
Szakértői vélemény száma: LE-G-0310-2/12

üveggel ellátni a tesztelt infravörös sugárzót amikor elülső sugárzóként használjuk az infravörös kabinban (lásd a 8-as képen).

### 6.3 Az UV-A veszélyessége, és az UV sugárzás bőrre és szemre gyakorolt káros hatása (a szem elülső részének sérülése UV sugárzás hatására; a bőr sérülése UV sugárzás hatására)

A dupla monokromátor által végzett mérések alapján a tesztelt infravörös sugárzók 380 nm-nél nagyobb hullámhosszú sugárzást bocsátanak ki. 5 cm-es távolságból  $5,0E-04 \text{ W m}^{-2}$  kisugárzást mértünk a 380 nm és 400 nm közötti hullámhosszon. Ez az érték jóval alacsonyabb az EN 62471:2008 által megszabottnál ( $10 \text{ W m}^{-2}$  az 1000 sec-nél hosszabb sugárzásnak kitett idő esetén). Továbbá a szigma súlyozott kisugárzás ( $5,0E-06 \text{ W m}^{-2}$ ) jóval az EN 62471:2008 által megszabott határ alatt van. ( $1,0E-03 \text{ W m}^{-2}$  a 30000 sec-nyi sugárzásnak kitett idő esetén). Emiatt a bőr vagy a szem sérülésének veszélye kizárható akár közeli távolság, és hosszú sugárzásnak kitett idő esetén is.

### 6.4 A retina hősrülés miatti veszélye

A retina hősrülés miatti veszélyének felmérése 30 cm-ről történt. Az analízishez a legrosszabb lehetséges helyzetet feltételeztük. A nem súlyozott kisugárzás a következő formula alapján került megállapításra:  $L = 4 \times E / (\gamma^2 \times \pi)$ . Látószögeként 11 mrad-ot használtunk (FOV-ként vagy  $\gamma$ -ként került hivatkozásra). Az E kisugárzás esetében nyílt látószöget használtunk (megjegyzendő, hogy ez egy eléggé súlyos legrosszabb lehetőség). Az effektív sugárzás megállapítása az  $R(\gamma)$ -funkció által súlyozottan történt, ahogy azt az EN 62471:2008 előírja.

6-os táblázat: A retina hősrülési vizsgálatának eredménye (távolság = 30 cm, látószög = 11 mrad, idő: 10 másodperc)

Távolság [cm]	Hullámhossz tartomány	Idő [másodperc]	FOV $\gamma$ [mrad]	effektív sugárzás [ $\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ ]	határérték idő = 10 mp-hez [ $\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ ]
30	380 nm -1,4 $\mu\text{m}$	10	11	$1,5E+05^{+)}$	$2,8E+05^{#)}$

Megjegyzés +): A jelzett effektív sugárzás mérésekor a legrosszabb lehetőséget feltételeztük. A valódi értéknek  $7,0E+02 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$  körülnek kellene lennie (A 11 mrad-os látószög teljes ereje nem volt mérve, és csak becsülni lehet)

Megjegyzés #): A retina hősrülés miatti veszélyének határértéke függ a retina közepének méretétől. Az érték minimalizálásának érdekében (a legrosszabb lehetőséget feltételezve) a maximális szög ívszelőt használtuk (100 mrad).

Ahogy a 6-os tábla mutatja, az effektív sugárzás a vonatkozó határérték alatt van 10 másodperc esetén még akkor is, ha a legsúlyosabb lehetőségeket használjuk a méréshez. Így, a retina hősrülésének veszélye kizárható.

### 6.5. A „kék fény” veszély (a retina fotokémikus sérülésének veszélye)

A „kék fény” veszély felmérését 30 cm-es távolságból végeztük. Az analízishez a legrosszabb lehetséges helyzetet feltételeztük. A nem súlyozott kisugárzás a következő formula alapján került megállapításra:  $L = 4 \times E / (\gamma^2 \times \pi)$ . Látószögeként 100 mrad-ot használtunk. Az E kisugárzás esetében nyílt látószöget használtunk (megjegyzendő, hogy ez egy eléggé súlyos legrosszabb lehetőség) Az effektív sugárzás megállapítása az  $B(\gamma)$ -funkció által súlyozottan történt, ahogy azt az EN 62471:2008 előírja.

Lézer-, LED- és lámbabiztonsági teszt ház  
Szakértői vélemény száma: LE-G-0310-2/12

7-es táblázat: A „kék fény” veszélyességi vizsgálatának eredménye (távolság: 30 cm, látószög = 100 mrad, t = 10000 másodperc).

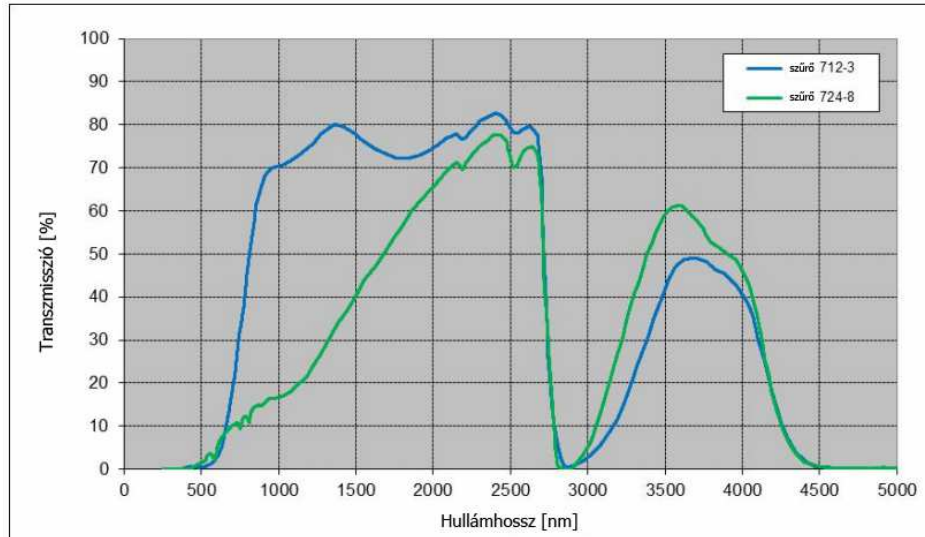
Távolság [cm]	Hullámhossz tartomány	Idő [másodperc]	FOV $\gamma$ [mrad]	effektív sugárzás [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ ]	határérték idő = 10 mp-hez [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ ]
30	380 nm -700 $\mu\text{m}$	10000	100	2,7E+00 <sup>+</sup> )	1,0E+02

Megjegyzés +): A jelzett effektív sugárzás mérések a legrosszabb lehetőséget feltételeztük. A valódi értéknek  $1,1\text{E}-01 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$  körülnek kellene lennie (A 11 mrad-os látószög teljes ereje nem volt mérve, és csak becsülni lehet)

Ahogy a 7-es táblázat mutatja, az effektív sugárzás a megegyező érték alatt van 10000 másodperc esetén még akkor is, ha a legsúlyosabb lehetőségeket használjuk a méréshez. Így, a retina fotokémikus sérülésének veszélye kizárható.

## 7. ECO 500G infravörös emitter szűrőüveggel

Az ECO 500G infravörös emitter elérhető SCHOTT RESISTAN 712-3 és RESISTAN 724-8 szűrőüveggel is. Hogy megállapíthassuk a sugárzás hatását abban az esetben, ha egy szűrőt szerelünk a sugárzó elé, a szűrőüveg transzmisszióját hozzászámoltuk a szűrőüveg nélküli vizsgálat eredményéhez. A transzmissziós együtthatót a gyártó biztosította.



7. ábra: A transzmisszió és a hullámhossz viszonya SCHOTT RESISTAN 712-3 és RESISTAN 724-8 szűrőüveggel (az információt a gyártó biztosította)

### 7.1. A „bőr hősrülés miatti” veszélye

Ha a tesztelt infravörös emitter SCHOTT RESISTAN 712-3 és RESISTAN 724-8 szűrőüveggel működne, a 4-es táblázatban jelzett összes mért érték csökkenne. Így, a bőr égési sérülésének veszélye is csökkenne.

Lézer-, LED- és lámbabiztonsági tesztház  
Szakértői vélemény száma: LE-G-0310-2/12

## 7.2. A „szem infravörös sugárzás” miatti veszélye (a szem elülső részének sérülése infravörös sugárzás következtében)

Ha a tesztelt infravörös emitter SCHOTT RESISTAN 712-3 és RESISTAN 724-8 szűrőüveggel működne, az 5-ös táblázatban jelzett összes mért érték csökkenne. A 712-3-es szűrő esetében, a vonatkozó kisugárzási értékek a 3000 nm-nél kisebb hullámhossz esetén körülbelül 1,4-es faktossal csökkennének, A 724-8-as szűrő esetében, a vonatkozó kisugárzás értékek 2,2-es faktossal csökkennének. Ugyanakkor nem megállapítható az érték 3000 nm feletti kisugárzás esetén, mivel a szűrő szintén az IR-C hosszban bocsát ki.

8. Táblázat: Az infravörös fény szemre gyakorolt káros hatásának belső méréseinek eredménye különböző távolságokból, 712-3-as szűrő használatával. A maximális sugárzásnak kitett időtartamot ( $t_{max}$ ) is tartalmazza.

Pozíció	Hullámhossz tartomány	Maximum integrál kisugárzás [ $W m^{-2}$ ]	Maximálisan megengedett kitévelési időtartam
30 centiméterrel a rács előtt, középre igazítva	300nm - 3 $\mu$ m	249,3	300 másodperc
60 centiméterrel a rács előtt, középre igazítva	300nm - 3 $\mu$ m	111,7	876 másodperc
80 centiméterrel a rács előtt, középre igazítva	300nm - 3 $\mu$ m	77,4	nincs határolva
90 centiméterrel a rács előtt, középre igazítva	300nm - 3 $\mu$ m	57,3	nincs határolva

Megjegyzés: Az ICNIRP előírásának megfelelően, a határral való összehasonlítás során csak a sugárzásnak csak a 780 nm és 3000 nm közé eső részét kell figyelembe venni. Ugyanakkor, a jelen szakvélemény keretében a 300 nm és 3000 nm hullámhossz közé eső sugárzás került felhasználásra. Érdemes megemlíteni, hogy a különbség elhanyagolható a sugárzás színkép eloszlása miatt.

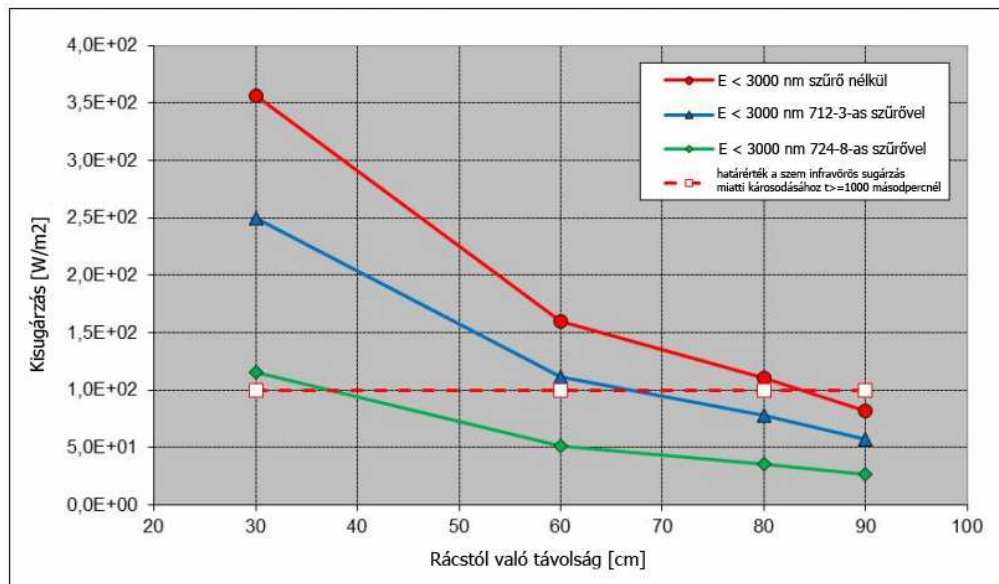
9. Táblázat: Az infravörös fény szemre gyakorolt káros hatásának belső méréseinek eredménye különböző távolságokból, 724-8-as filter használatával. A maximális sugárzásnak kitett időtartamot is tartalmazza.

Pozíció	Hullámhossz tartomány	Maximum integrál kisugárzás [ $W m^{-2}$ ]	Maximálisan megengedett kitévelési időtartam
30 centiméterrel a rács előtt, középre igazítva	300nm - 3 $\mu$ m	115,0	843
60 centiméterrel a rács előtt, középre igazítva	300nm - 3 $\mu$ m	51,6	nincs határolva
80 centiméterrel a rács előtt, középre igazítva	300nm - 3 $\mu$ m	35,7	nincs határolva
90 centiméterrel a rács előtt, középre igazítva	300nm - 3 $\mu$ m	26,4	nincs határolva

Megjegyzés: Az ICNIRP előírásának megfelelően, a határral való összehasonlítás során csak a sugárzásnak csak a 780 nm és 3000 nm közé eső részét kell figyelembe venni. Ugyanakkor, a jelen szakvélemény keretében a 300 nm és 3000 nm hullámhossz közé eső sugárzás került felhasználásra. Érdemes megemlíteni, hogy a különbség elhanyagolható a sugárzás színkép eloszlása miatt.



Lézer-, LED- és lámbabiztonsági tesztház  
Szakértői vélemény száma: LE-G-0310-2/12



8. kép: E kisugárzás (< 3000 nm = az integráció 300 nm-től 3000 nm-ig) és a szemet érő infravörös sugárzás károssága szerinti határérték a távolság függvényében.

Ahogy a 8. képen is látható, az infravörös fénynek a szemre gyakorolt veszélyének hosszú távú limitje (egyenlő  $100 \text{ W m}^{-2}$  1000 másodpercnél hosszabb hatásának kitétel után) körülbelül 68 centiméternél rövidebb távolságban emelkedik a limit fölé 712-3-as szűrő használata esetén. 724-8-as szűrő esetén ez a távolság 38 cm.. Kisebb távolságoknál, a maximálisan megengedett sugárzásnak kitett idő a 8-as és 9-es táblázathoz hasonló módon csökken.

Az infravörös kabinokban, ahol normális körülmények között jó pár sugárzó van elhelyezve. Emiatt a szem egyszerre van kitéve több sugárzó hatásának. A kitett hatás végső mértéke függ a kabin geometriáitól és a hatásnak való kitétel mikéntjétől. Ha például, kettő, vagy több sugárzót használunk elülső sugárzóként a kabinban, nem lehet kizárni, hogy a maximálisan megengedhető sugárzás hatásának kitett idő az átlagosnál lejjebb csökken, annak ellenére, hogy egy sugárzó esetén ennek az értéknek jóval felette van.

### 7.3. Az UV-A veszélyessége, és az UV sugárzás bőrre és szemre gyakorolt káros hatása (a szem elülső részének sérülése UV sugárzás hatására; a bőr sérülése UV sugárzás hatására)

Ha a tesztelt emittert a RESISTAN 712-3-as vagy RESISTAN 724-8-as szűrőüveggel ellátjuk, a 6.3-as fejezet mérési eredményei tovább csökkennek. Ennek köszönhetően az UV sugárzás hatására történő bőr és a szem elülső részének sérülésének veszélye kizárható akár kicsi távolságból, és a sugárzásnak hosszú ideig kitéve is.

### 7.4. A „retina hő miatti sérülésének” veszélye

Ha a tesztelt sugárzót a RESISTAN 712-3-as vagy RESISTAN 724-8-as szűrőüveggel ellátjuk, a 6-os táblázat mérési eredményei tovább csökkennek. Így, a retina hősrülésének veszélye kizárható.

Lézer-, LED- és lámbabiztonsági tesztház  
Szakértői vélemény száma: LE-G-0310-2/12

### 7.5. A „kék fény” veszély (a retina fotokémikus sérülésének veszélye)

Ha a tesztelt sugárzót a RESISTAN 712-3-as vagy RESISTAN 724-8-as szűrőüveggel ellátjuk, a 7-es táblázat mérési eredményei tovább csökkennek. Így, a retina fotokémikus sérülésének veszélye kizárható.

## 8. Véggövetkeztetés

A mérési eredmények és az ICNIRP határértékeinek (melyek megegyeznek az EN 62471 határértékeivel) összehasonlítása alapján a bőr égési sérülésének illetve a szem (úgy mint a szem elülső része és a retina) sérüléseinek veszélye kizárható a tesztelt ECO 500G infravörös emitter esetében, ameddig a bemutatott minimum távolságok betartásra kerülnek (bőr esetében körülbelül 5 cm, szem esetében 85 cm szűrőüveg nélkül, 68 cm SCHOTT RESISTAN 712-3-es szűrőüveg használata esetén, és 38 cm 724-8-as filter üveg használata esetén).

Kisebb távolságok esetén az infravörös sugárzásnak a szemre gyakorolt hosszú távú veszélyénél (úgy mint 16 percnél hosszabb ideig történő nézése) a határérték fölé kerülünk (lásd a 6-os és a 8-as képet). A hozzá kapcsolódó maximálisan megengedett időtartamok az 5-ös, 8-as és 9-es táblákban kerülnek bemutatásra. Továbbá meg kell említeni, hogy a minimális távolság mértéke növekedik, ha a szemet több mint egy infravörös sugárzó hatásának tesszük ki. Azonban, mivel a pontos értékek függenek mind a geometriától, mind a hatásnak való kitétel mértékétől, a hozzá kapcsolódó kitételi értékek, illetve megengedett értékek nem pontosan meghatározhatóak.

Ki kell emelni, hogy a test túlmelegedése (hőstressz) és az infravörös sugárzások általános orvos-pszichológiai és kezelési szempontok szerint nem kerültek kiértékelésre ebben a tanulmányban. A hőstressz bekövetkezése szintén függene a levegő hőmérsékletétől, a páratartalomtól, és a kabinban lévő személy energiafelhasználásától is. Szintén ki kell említeni, hogy a hőérzékelés, hő miatti fájdalom érzékelésének tompulása vagy hiánya esetén (például drogok hatása alatt vagy alkoholos befolyásoltság esetén) vagy speciális, a bőr vérkeringését élénkítő tevékenység (pl. erős dörzsölés) esetén a bőr égési sérülésének veszélye nem zárható ki.