Dr. Szabó Ferenc, Dr. Csuti Péter

Méréstechnika

http://vision.uni-pannon.hu

Tartalom

- Megvilágítás mérés, E_v
  - beltéri és kültéri megvilágításmérések,
  - közvilágítás megvilágításmérése (MSZ EN 13201)
- Fényáram mérés, Φ_v
- Fénysűrűség mérés L_v, fényeloszlás mérés
- Etalonok a fotometriában
  - Izzó vs. LED
- LED stabilitása – hőmérséklet függés
- LED-normálok, etalonok –
  Fénysűrűség,Fényáram,Fényerősség(eloszlás)
- Fotometriai alkalmazások
  - Fotométer gömb,
  - Goniofotométer,
  - Fényforrások fénysűrűség mérése,
  - Villamos paraméterek.

Megvilágítás mérés

E_V

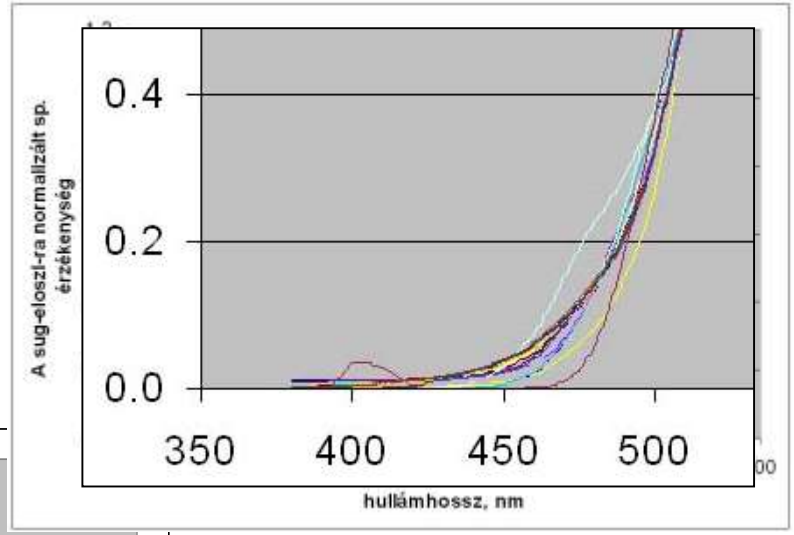
- Megvilágítás (lux-)mérők detektorának színképi illesztése soha nem tökéletes
  - Színképi illesztés jósági index: f_1',
  - $f_1' < 2$ %: laboratóriumi mérésekhez,
  - $f_1' < 3$ %: A osztályú műszer,
  - $f_1' < 6$ %: B osztályú műszer,
  - $f_1' < 9$ %: C osztályú műszer.
- Hagyományos fehér fényű fényforrásoknál az f_1' érték és a várható hiba jól korrelál.
- Színes LED-ek esetén az f_1' nem ad jó hibabecslést!

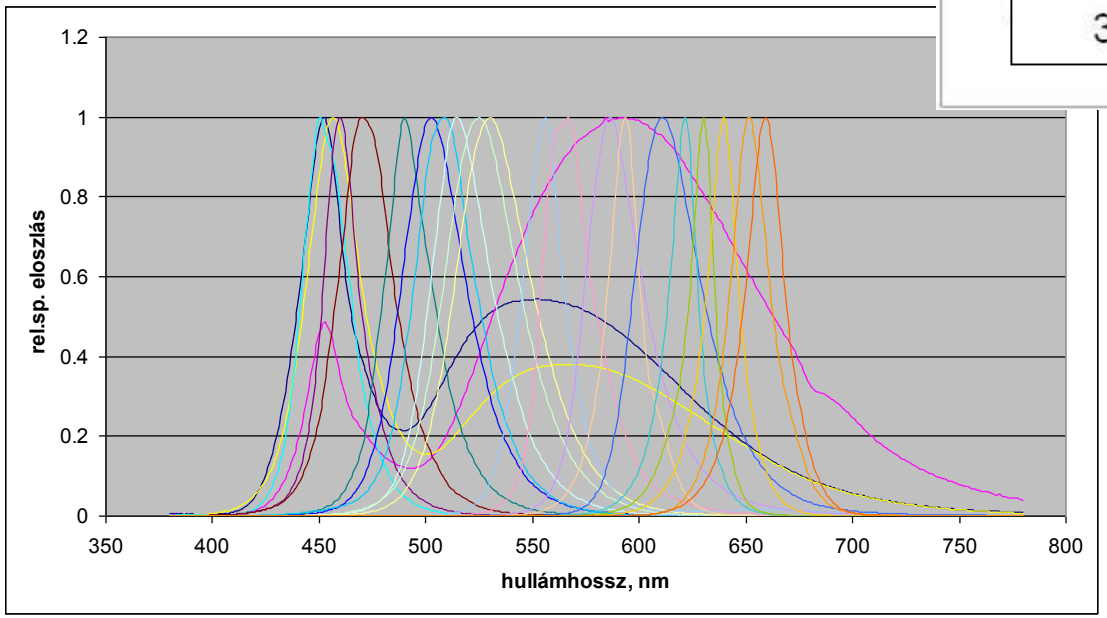
Megvilágítás mérés hibájának ellenőrzése

E_v

Vizsgálatok:

- 7 féle különböző minőségű detektor
- 92 db különböző színű LED
- Megoldás: hőmérséklet stabilizált LED normál





Megvilágítás mérés (fehér LED-ek)

E_V

7 féle detektor (D1-D7) és 13 db fehér LED mérésének legkisebb és legnagyobb hibái

osztály:	Laboratóriumi			A	B	C	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
f_1'	1,30%	1,33%	1,43%	2,55%	5,98%	7,26%	7,93%
min	0,2%	0,2%	0,0%	0,3%	2,9%	0,1%	1,8%
max	0,4%	0,3%	0,2%	1,4%	4,0%	5,2%	5,4%

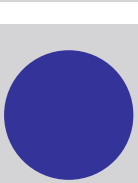
Megvilágítás mérés (színes LED-ek)

E_v

osztály	Laboratóriumi			A	B	C	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
f_1'	1,30%	1,33%	1,43%	2,55%	5,98%	7,26%	7,93%
	5,0%	4,3%	3,9%	3,1%	21,1%	22,0%	10,9%

Megvilágítás mérés (színes LED-ek)

E_V

osztály	Laboratóriumi			A	B	C	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
f_1'	1,30%	1,33%	1,43%	2,55%	5,98%	7,26%	7,93%
	5,0%	4,3%	3,9%	3,1%	21,1%	22,0%	10,9%
	3,2%	3,6%	3,8%	3,0%	4,9%	4,5%	10,2%
							

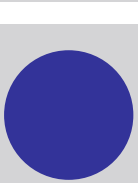
Megvilágítás mérés (színes LED-ek)

E_v

osztály	Laboratóriumi			A	B	C	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
f_1'	1,30%	1,33%	1,43%	2,55%	5,98%	7,26%	7,93%
	5,0%	4,3%	3,9%	3,1%	21,1%	22,0%	10,9%
	3,2%	3,6%	3,8%	3,0%	4,9%	4,5%	10,2%
	0,8%	1,0%	1,3%	9,6%	4,2%	14,7%	11,0%

Megvilágítás mérés (színes LED-ek)

E_V

osztály	Laboratóriumi			A	B	C	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
f_1'	1,30%	1,33%	1,43%	2,55%	5,98%	7,26%	7,93%
	5,0%	4,3%	3,9%	3,1%	21,1%	22,0%	10,9%
	3,2%	3,6%	3,8%	3,0%	4,9%	4,5%	10,2%
	0,8%	1,0%	1,3%	9,6%	4,2%	14,7%	11,0%
	3,7%	2,9%	2,3%	9,8%	34,1%	37,6%	49,8%

Maximális és minimális hibák

E_V

- Fehér LED: 0% … 5,4%
- Színes LED:
  - vörös: 3,1% … 22%
  - sárga: 3,0% … 10,2%
  - zöld: 0,8% … 14,7%
  - kék: 2,3% … 49,8%
- Parciális f_1' értékek használata:
  - $f_{1\,\mathrm{BL}}', f_{1\,\mathrm{GR}}', f_{1\,\mathrm{YL}}', f_{1\,\mathrm{RD}}'$
- Színes etalon LED-ek használata.

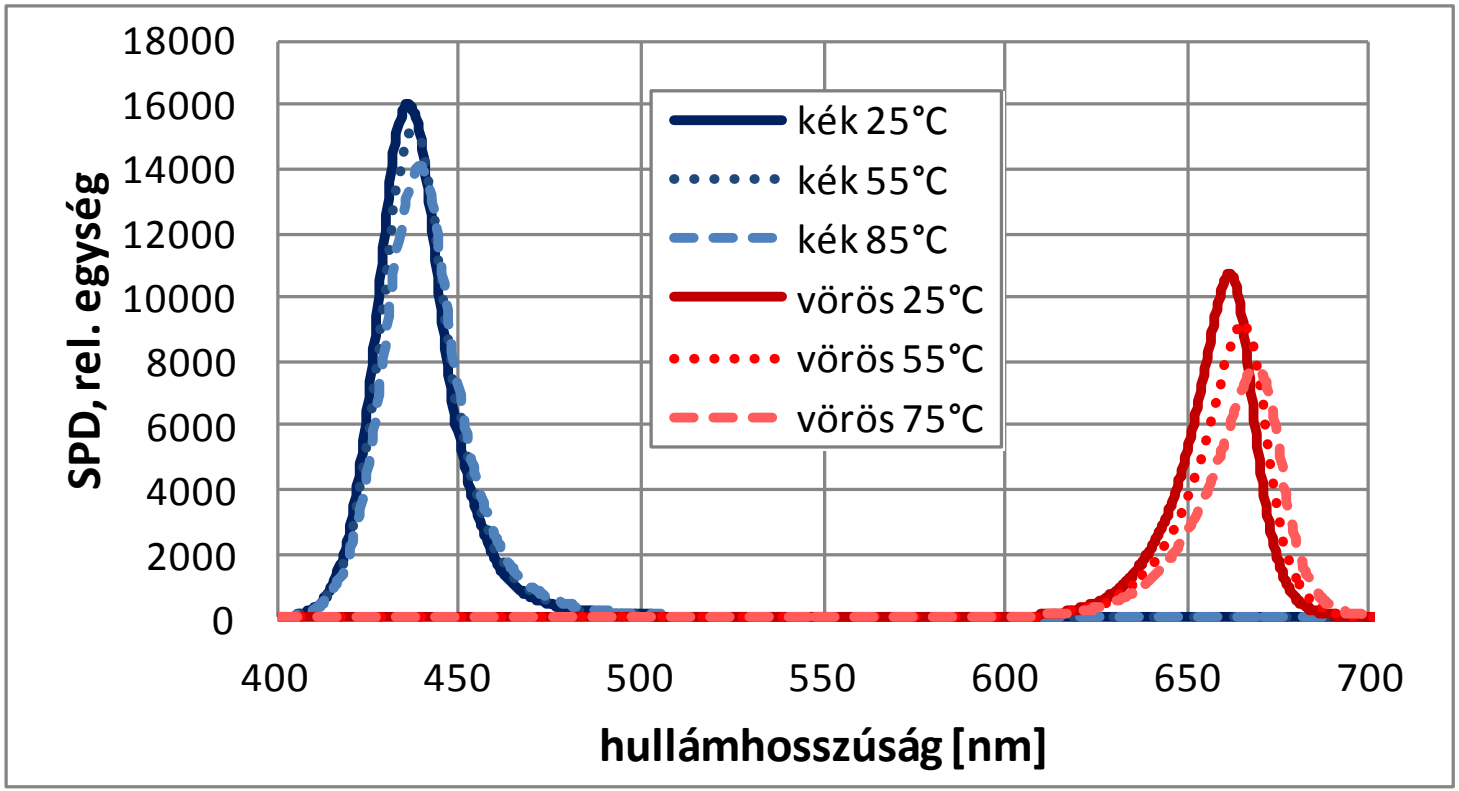
Etalonok a fotometriában

- Kalibráláshoz ismert fényerősségű etalonlámpát vagy kalibrált fotométert alkalmaznak ($1{,}6\% < f_1' < 1{,}9\%$).
- Az integráló fotométerekben használt fényáram normálok beméréséhez goniofotométert használnak.
- Nemzeti etalonok (MKEH):

Képek forrása: MKEH

LED hőmérsékletfüggés

- Különböző színképben sugárzó LED-ek hőmérsékletfüggése eltérő!



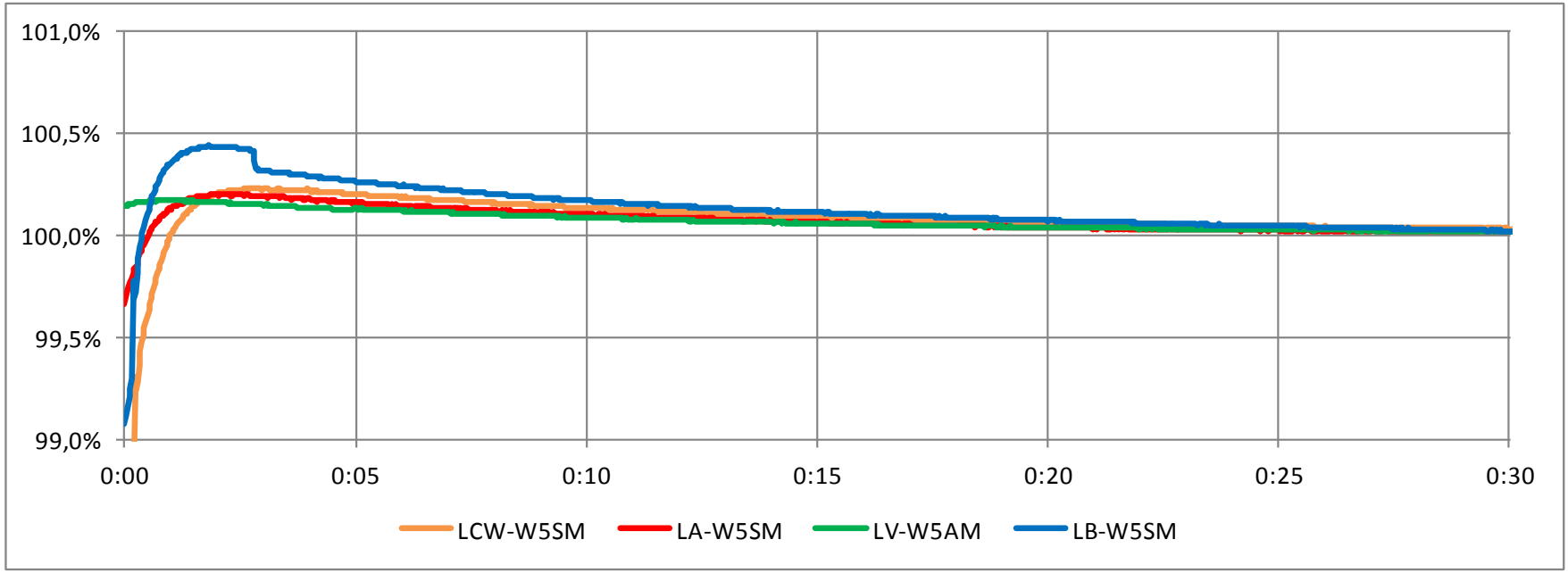
Műszergyártók bemutatása 1.

- TechnoTeam GmbH, Németország
  - Képi felbontású
    - Fénysűrűségmérők (VTT kamera, bérelhető)
    - Színingermérők
  - Közeltéri goniofotméterek
  - L3 normálok:
    - Leuchtdichte (fénysűrűség)
    - Lichtstrom (fényáram)
    - Lichtstärke(verteilung) fényerősség(eloszlás)

Műszergyártók bemutatása 2.

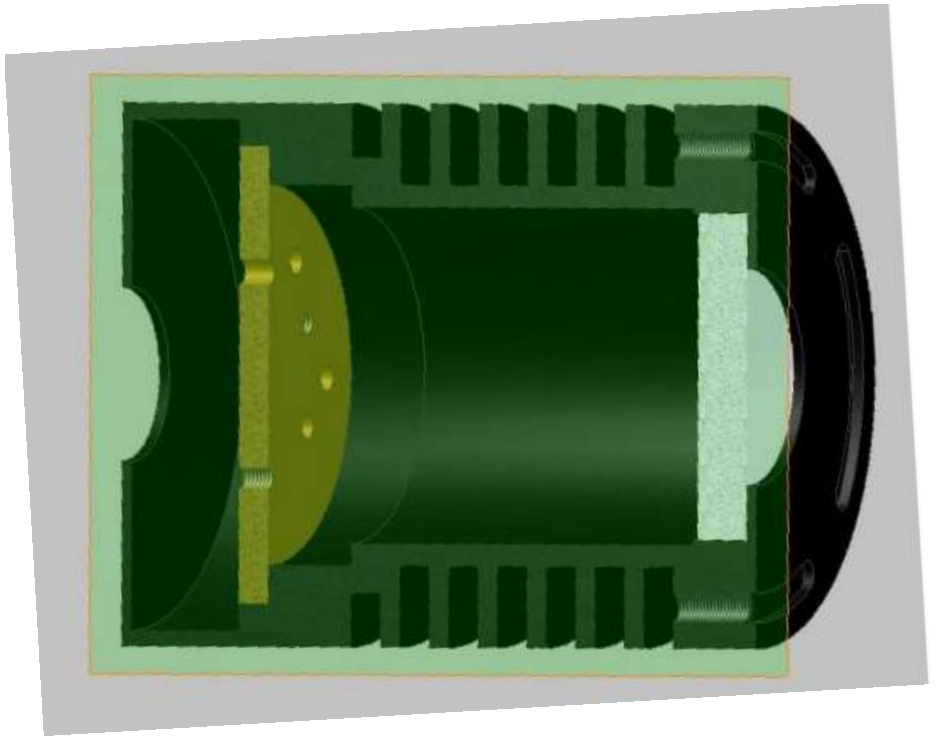
- LightingMetrics Kft., Magyarország
  - Nagy pontosságú, hőmérséklet stabilizált V(λ) érzékelő fejek (f_1'<1,3%),
  - Rétegelt szűrőcsomagok színingermérő készülékekbe,
  - Fotométer gömbök,
  - Goniofotométerek,
  - Stabilizált LED-források

LED fotometriai stabilitása



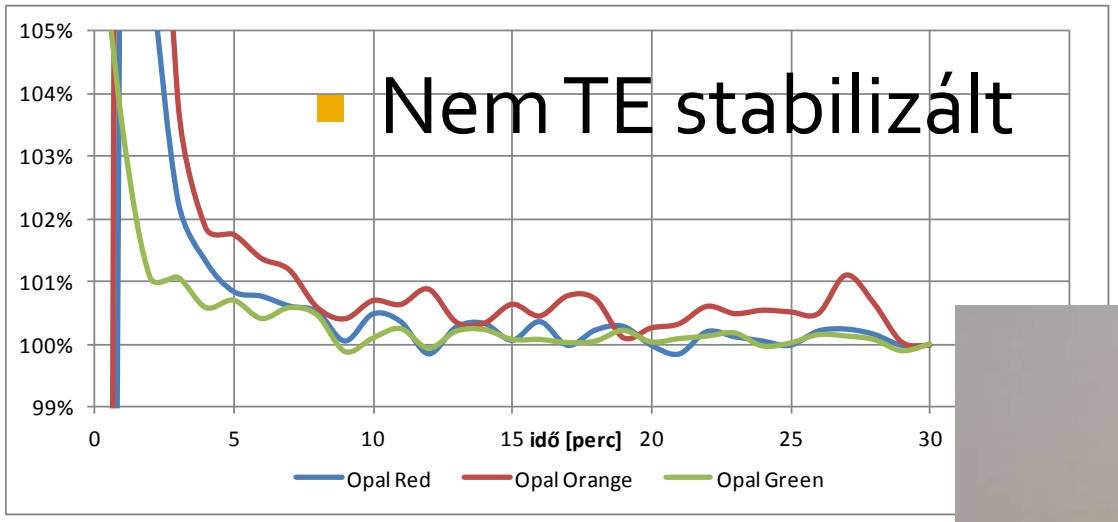
Fénysűrűség normál L_v

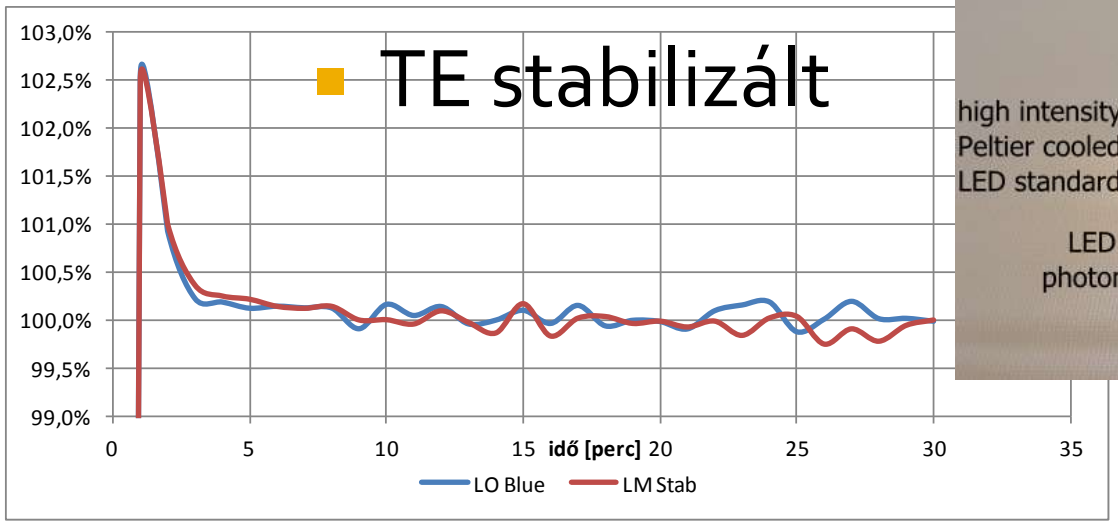
- Névleges fénysűrűség értékek:
  - LCW 5462 cd/m² (Φ_v=2,4 lm)
  - LA 3792 cd/m²
  - LV 5853 cd/m²
  - LB 1953 cd/m²



LED fényáram normál

Φ_V





Fényáram mérés

Φ_v

- LED, mint fényforrás
- LED, mint fényforrás + lámpatest

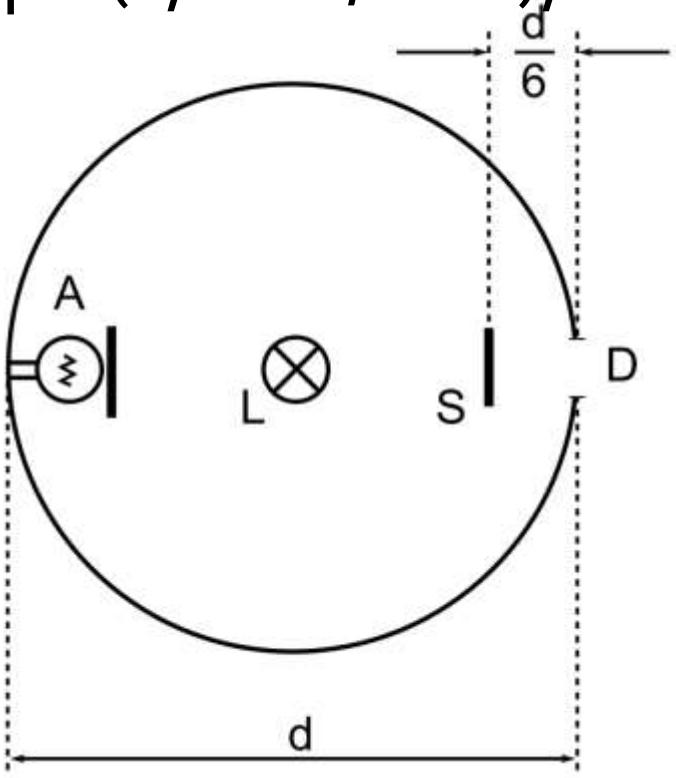
- Méréstechnikák:
  - fotométergömbös
  - goniofotométeres

Fotométer gömbi mérések 1 Φ_v

Jelölések:

- A – segédlámpa (izzó/LED),
- L – mérendő (**t**)/etalon-lámpa (**s**, izzó/LED),
- D – detektor (fotoáram, ***i***),
- S – árnyékoló elem.

$$\Phi_{v,t} = \Phi_{v,s} \cdot \frac{i_t}{i_s} \cdot \frac{i_{As}}{i_{At}}$$

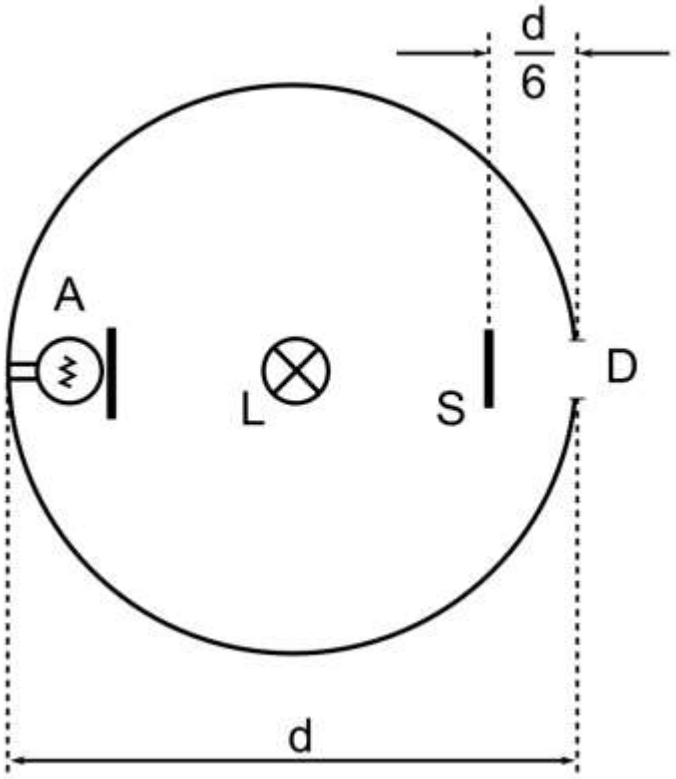


Fotométer gömbi mérések 2 Φ_v

Mérési folyamat:

	L - foglalatban	L	A	i
1.	etalon	**Be**	Ki	i_s
2.		Ki	**Be**	i_{As}
3.	teszt	Ki	**Be**	i_{At}
4.		**Be**	Ki	i_t

$$\Phi_{v,t} = \Phi_{v,s} \cdot \frac{i_t}{i_s} \cdot \frac{i_{As}}{i_{At}}$$

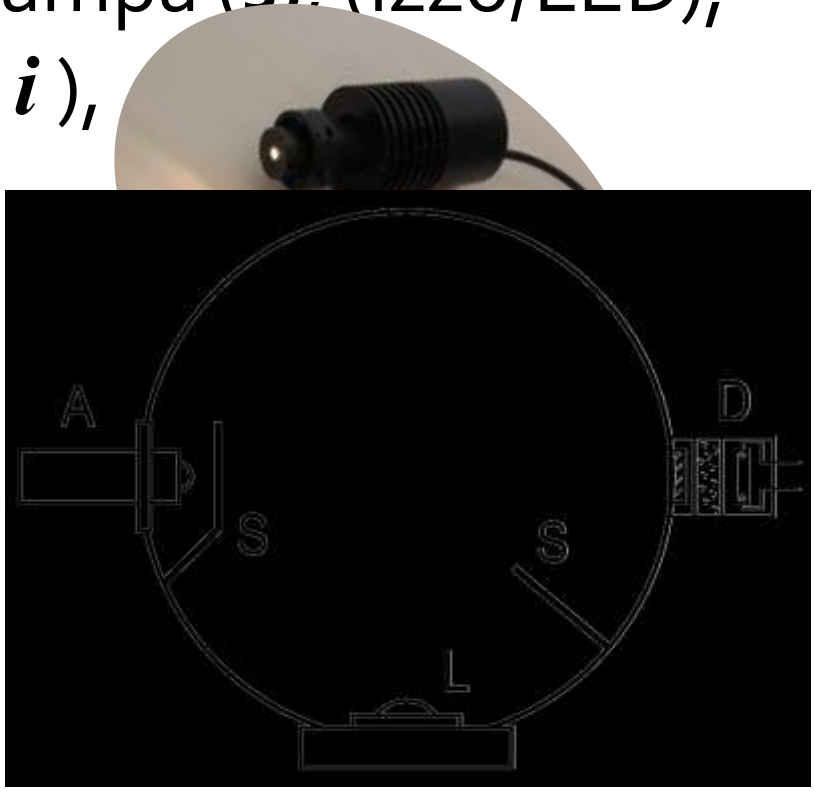


Fotométer gömbi mérések 3 Φ_v

Jelölések:

- A – segédlámpa (izzó/LED),
- L – mérendő (**t**)/etalon-lámpa (**s**), (izzó/LED),
- D – detektor (fotoáram, i),
- S – árnyékoló elem.

$$\Phi_{v,t} = \Phi_{v,s} \cdot \frac{i_t}{i_s} \cdot \frac{i_{As}}{i_{At}}$$

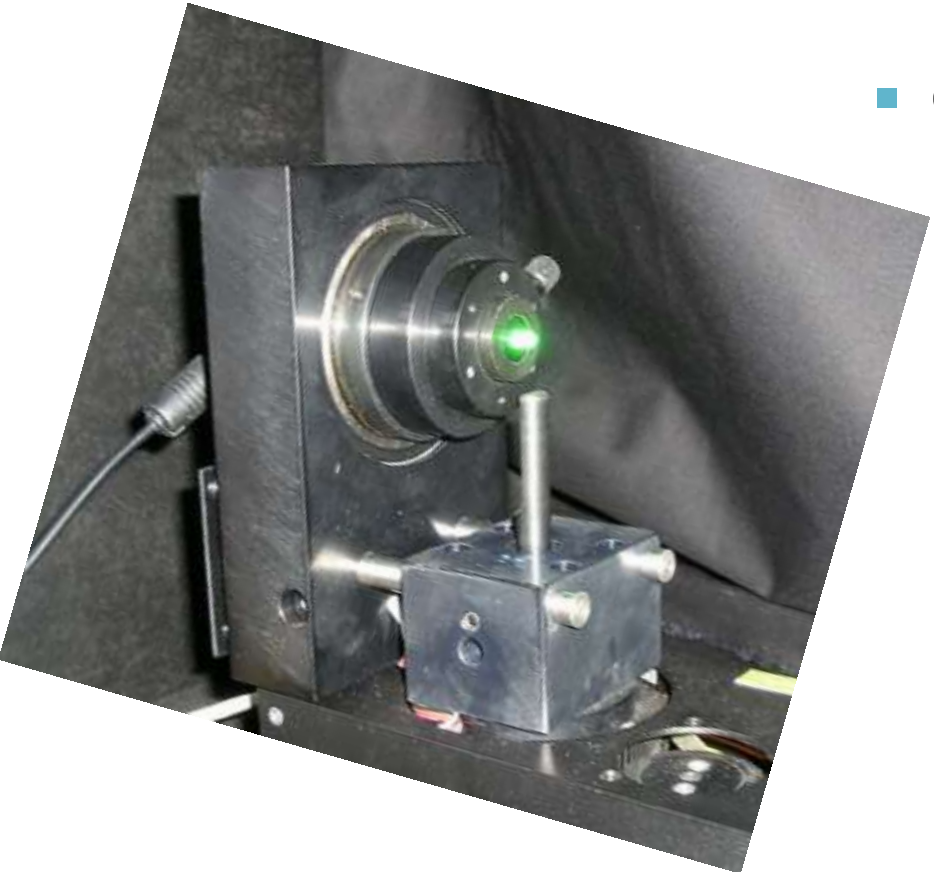


Fotométer gömbi mérések $4\Phi_V$

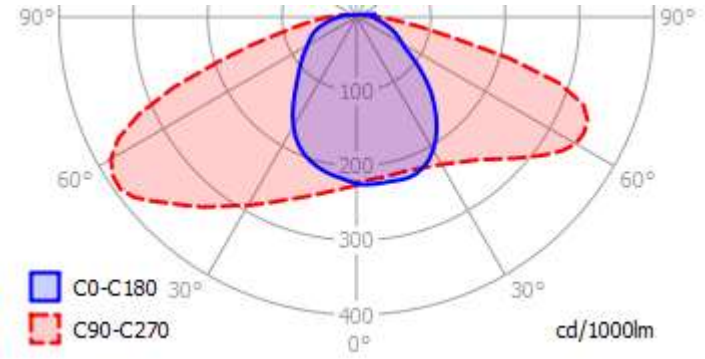
- Fotométer-gömb
  - Gömbfal spektrális reflexió & detektor spektrális érzékenység korrekció szükséges
  - Megoldás: spektroradiométeres detektor érzékenység korrekció

Fényáram mérés

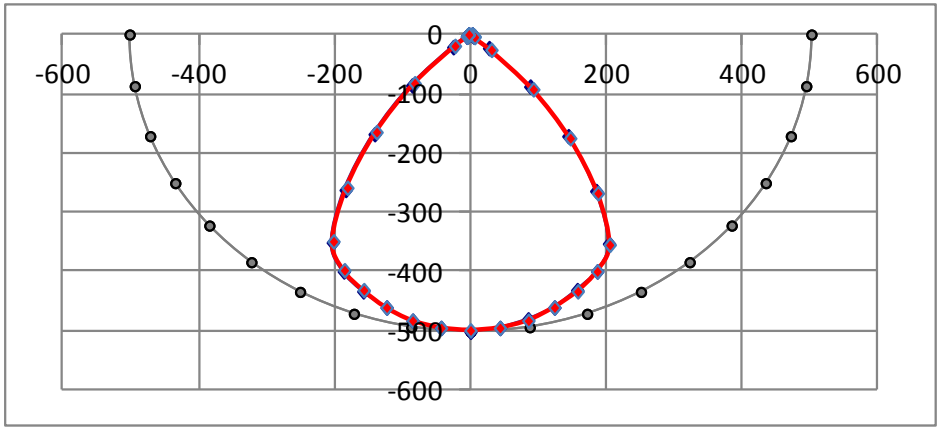
Φ_V

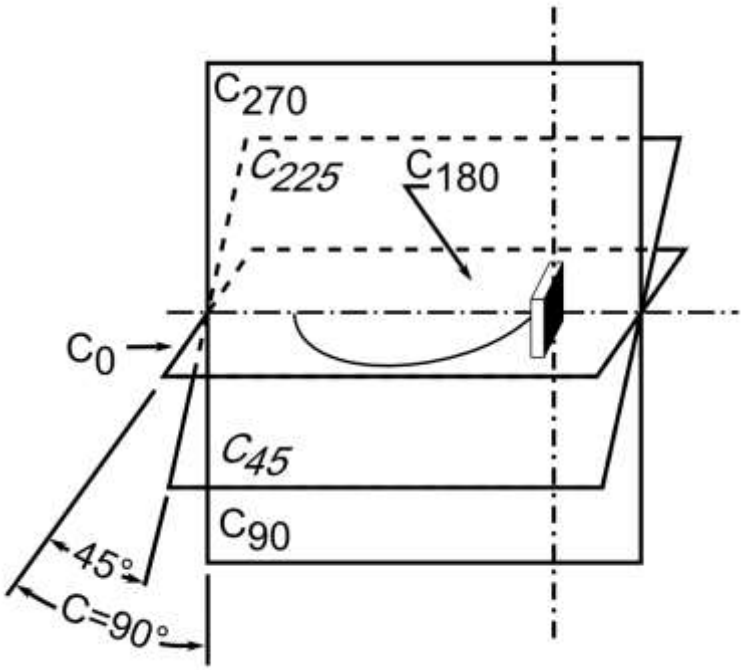


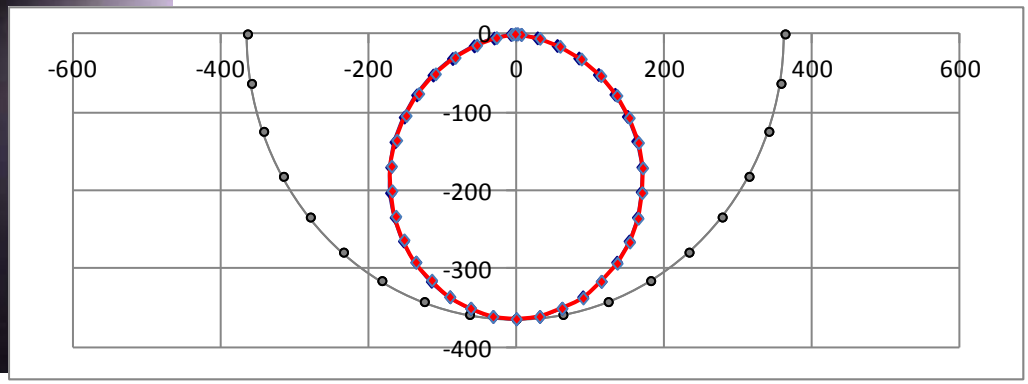
- Goniofotometria
  - Irányfüggő színkép korrekciója nehéz
  - Helyzetfüggő melegedés-különbség
  - Megoldás: együttmozgó segéd-detektor



Goniofotométeres mérések 1.





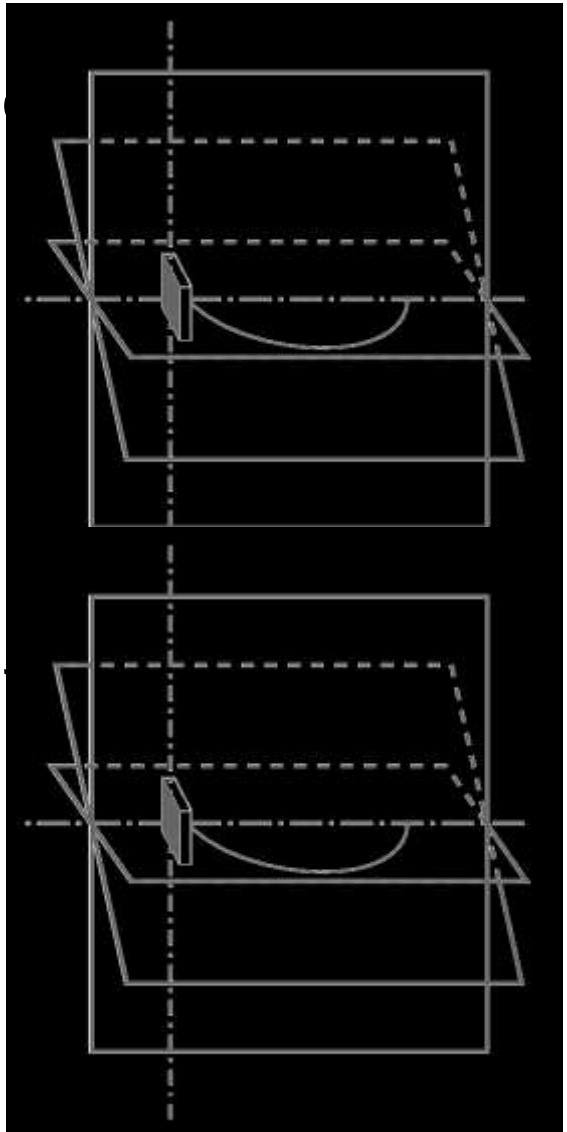


Goniofotométeres mérések 2.

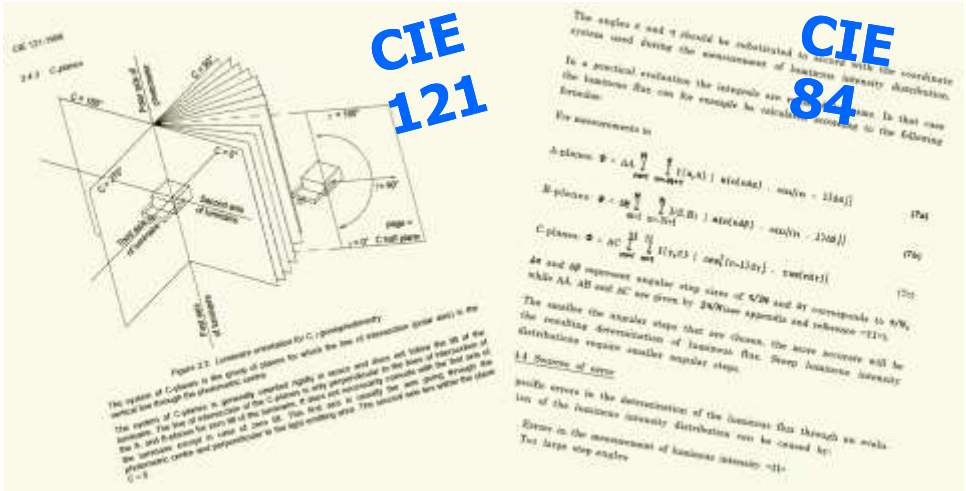
- LCW fénysűrűség normál (L_v=5462 cd/m²)
- Korona nélkül: Φ_v=2,36 lm,
- Koronával: Φ_v=1,71 lm.

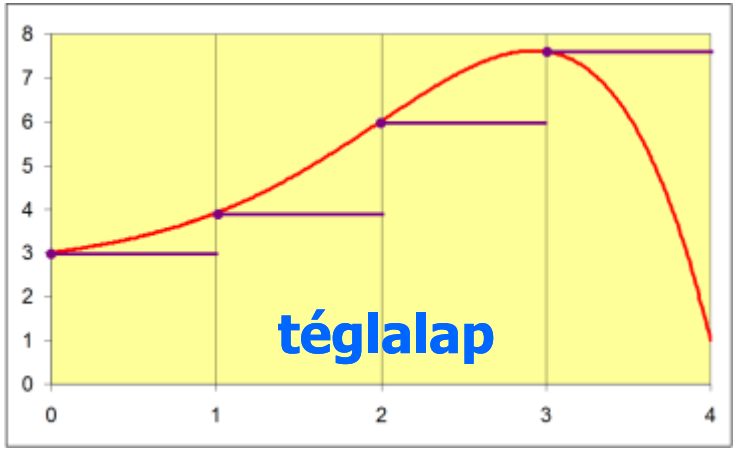
C90°-27

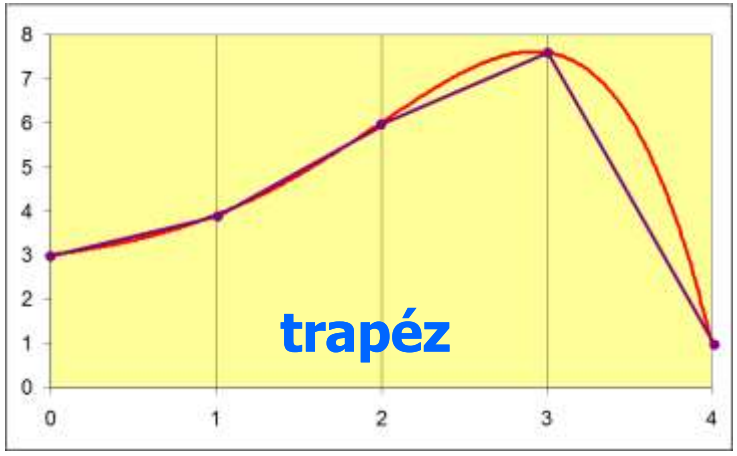
C45°-22

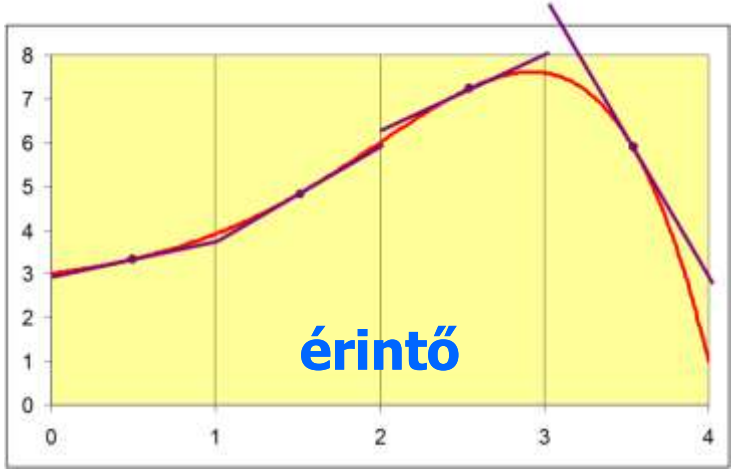


Goniofotométeres mérések 3.



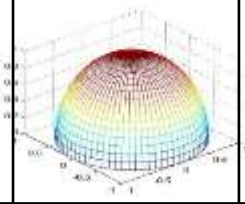
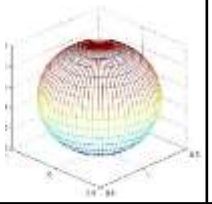
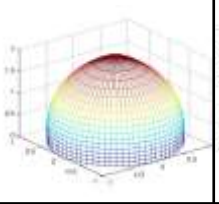
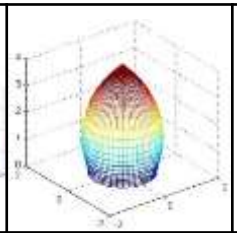
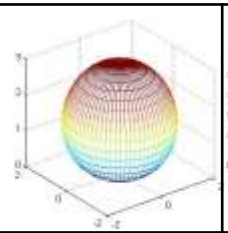
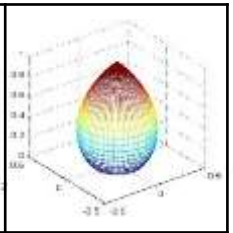






Goniofotométeres mérések 4.

10°

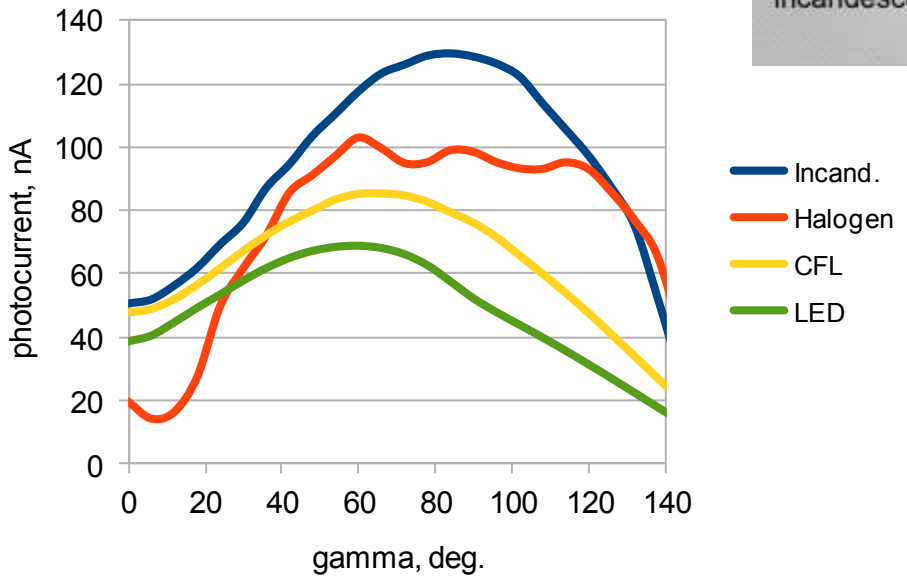
%						
Δ_{CIE}	0,000	12,312	3,505	7,562	8,340	8,398
Δ_{rect}	8,060	0,824	6,805	5,689	2,931	4,749
Δ_{trap}	0,206	0,824	0,339	0,539	0,680	0,627
Δ_{mp}	0,103	0,412	0,169	0,270	0,340	0,313

5°

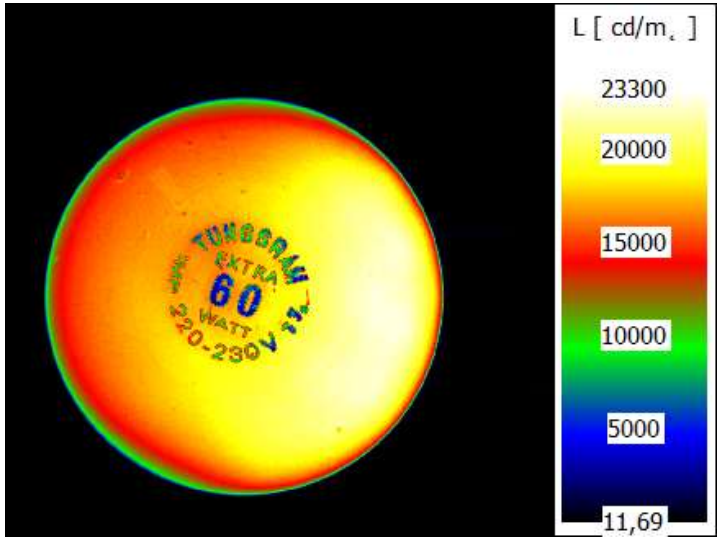
Δ_{CIE}	0,000	6,489	1,776	3,803	4,420	4,281
Δ_{rect}	4,191	0,228	3,497	2,860	1,373	2,343
Δ_{trap}	0,057	0,228	0,094	0,149	0,188	0,174
Δ_{mp}	0,028	0,114	0,047	0,075	0,094	0,087

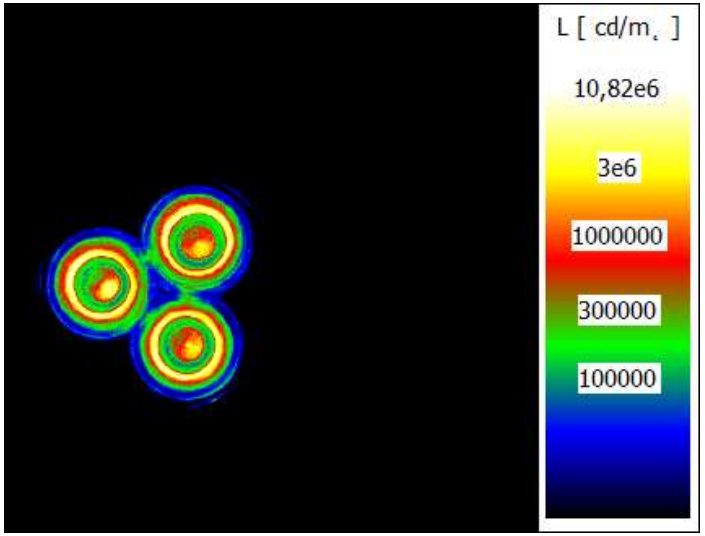
Retrofit fényforrások fényeloszlása

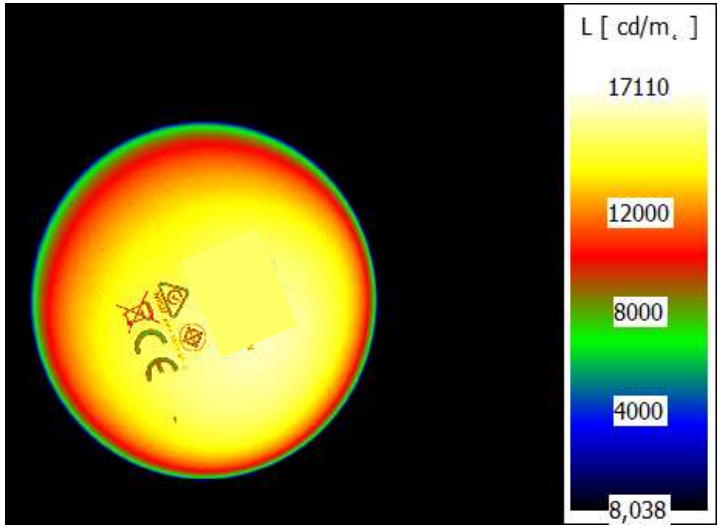
- Gyertya égők:
  - opál burás izzó,
  - halogén izzó,
  - CFL,
  - LED.

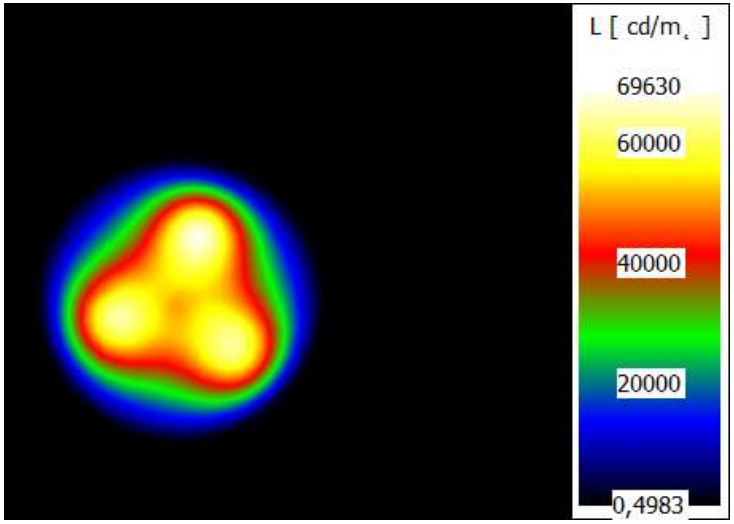


Fénysűrűségeloszlás mérések L_v

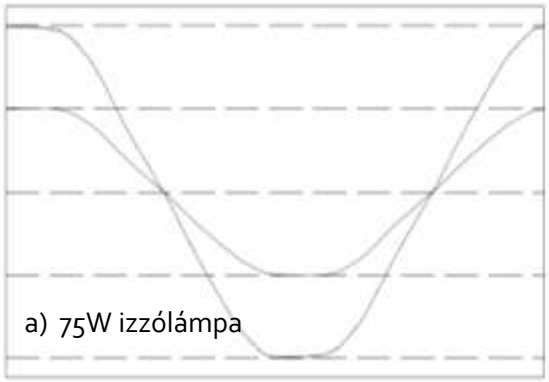


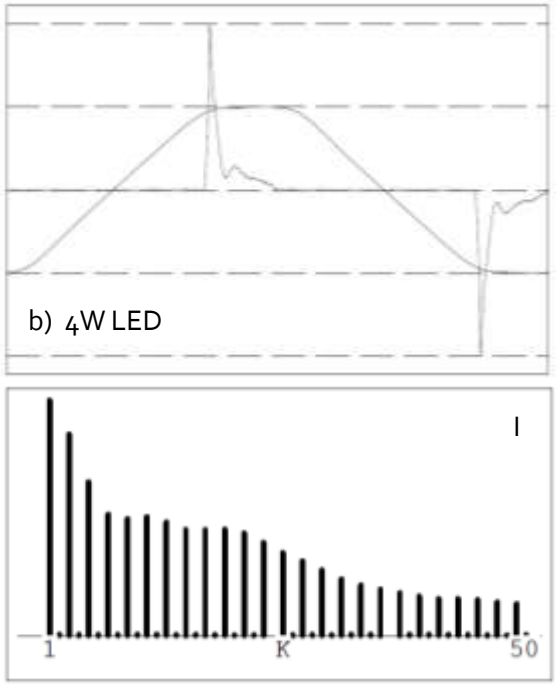






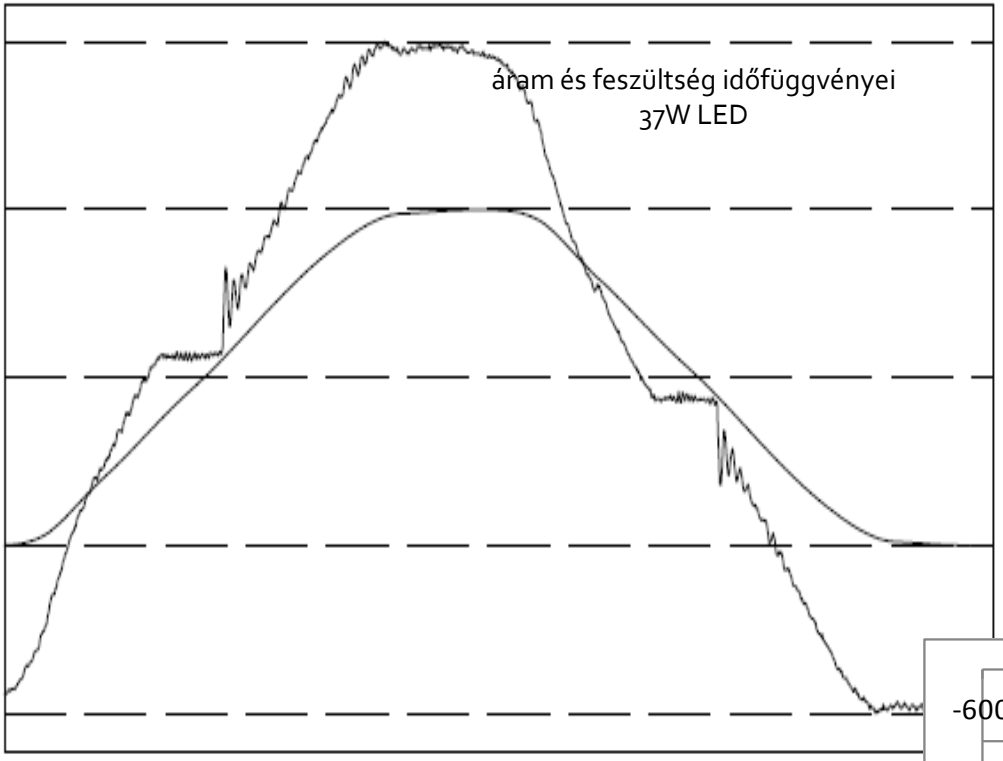
Villamos paraméterek – THD



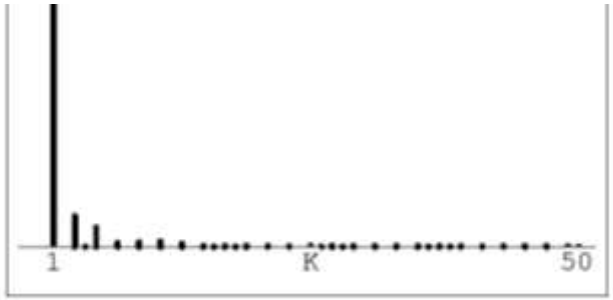


	a) Izzólámpa	b) LED lámpa
P	75 W	4 W
Φ_v	1099 lm	256 lm
CCT	2722 K	6535 K
Fényhasznosítás	15 lm/W	61 lm/W
cos ϕ	**0,999**	**0,433**
THD	**2,7%**	**192,7%**

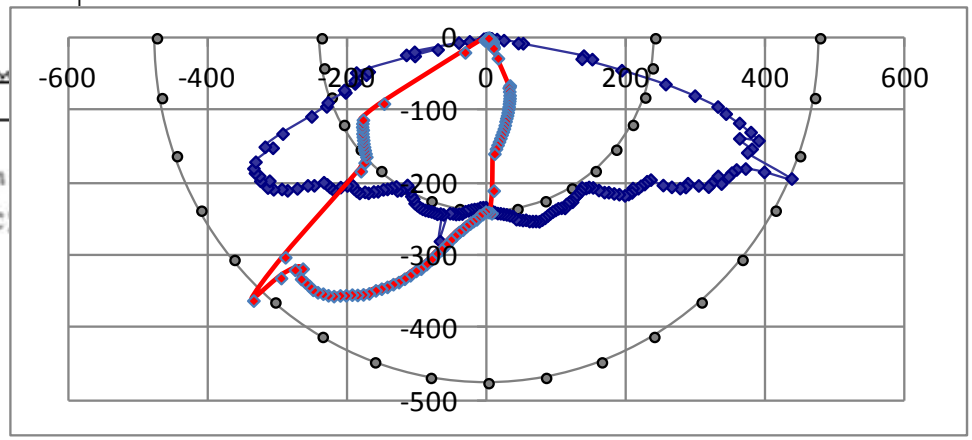
Villamos paraméterek – THD



- HOFEKA – Clip 28
- LED közvil. lámpa
- P = 37W
- Φ_v= 2055 lm
- Fényhasznosítás = 56 lm/W
- cos ϕ = 0,972
- THD = 14,6% ← APFC



Current Spectrum
ITHD: 14.6%(IEC
IH3: 12.0%
IH5: 7.5%
IH7: 1.5%
IH9: 1.8%



Összefoglalás

- LED fotometriai stabilitása növelhető a hőmérséklet kézben tartásával.
- Magyarországon csúcsminőségű fotometriai eszközök készülnek!
- LED-normálok használatával a növekvő LED-fényforrásmérési igények gyorsabban és pontosabban elégíthetőek ki.
- Gonifotométeres mérésekből az összfényáram meghatározásánál ügyeljünk a megfelelő összegzőképlet használatára.
- Lámpák látható felületének fénysűrűségét is tartsuk szem előtt tervezéskor.
- Retrofit lámpák teljes harmonikus torzítása számottevő.

http://vision.uni-pannon.hu

Köszönöm a megtisztelő figyelmet!