



# Beoordeling van verblinding van led armaturen m.b.v. de vernieuwde UGR: een case study

Laboratorium voor Lichttechnologie

Eva Bauwens  
Jan Audenaert, Frédéric Leloup

# Laboratorium voor Lichttechnologie

- Opgericht in 1997 door Prof. Peter Hanselaer
- 4 professoren
- 11 doctoraatsstudenten, 1 postdoc
- 3 wetenschappelijk medewerkers
- vzw Groen Licht Vlaanderen (GLV)



# Laboratorium voor Lichttechnologie



**Appearance &  
Perception**

prof.  
Kevin Smet

**Metrology**

prof.  
Frédéric Leloup



**Indoor Lighting**

prof.  
Wouter Ryckaert



**Optical Design**

prof.  
Youri Meuret



# Missie



- Opleiding Industrieel ingenieur KU Leuven
- IMLEX: internationale master i.s.m. universiteiten uit Japan, Finland en Frankrijk
- Groen Licht Vlaanderen:
  - Opleiding Dialux
  - werkplekverlichting NEN-EN 12464-1:2021
  - specialisatiecursus verlichting (met getuigschrift verlichtingsdeskundige KU Leuven)
- Groen Licht Vlaanderen:
  - advies
  - informatie
  - netwerking
  - ...
- meetdienst

# Meetdienst

- Karakterisering van materialen:
  - Reflectie en transmissie metingen onder verschillende standaard geometrieën, 200-1000nm (integrerende spectrofotometer)
  - Bidirectional Scattering Distribution Function (BSDF)
- Karakterisering van lichtbronnen:
  - Near-Field-Goniophotometers (LDT/IES/ray files)
  - Integrerende sferen
  - Spectrografen (CRI, CCT, kleurcoördinaten, ...)
- Overige meetapparatuur/meetopstellingen
  - Luminantie camera's
  - Hyperspectrale line scan/snapshot camera's
  - Quantum efficiëntie opstelling
  - ...



# Beoordeling van verblinding van led armaturen m.b.v. de vernieuwde UGR: een case study

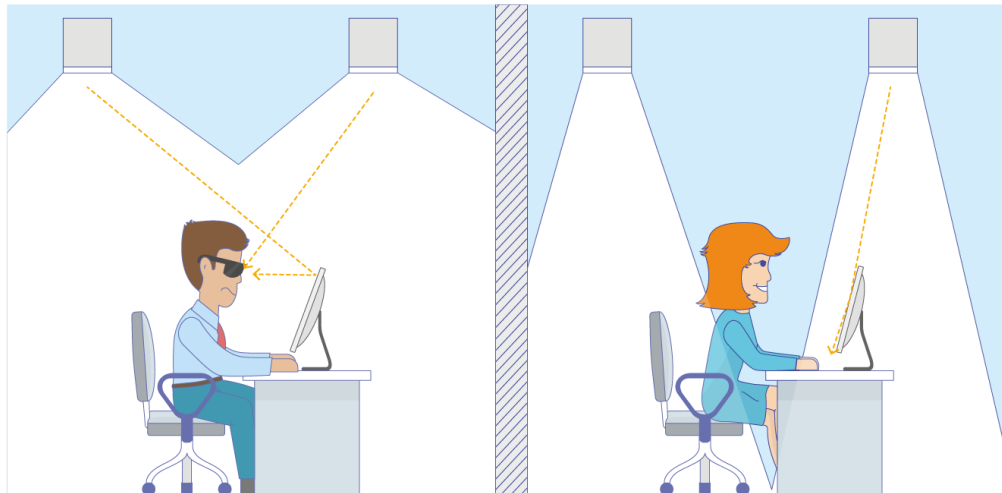
- Wat is de Unified Glare Rating (UGR)?
- Probleem niet-uniforme lichtbronnen
- Case study
- Uniformity correction factor
- Conclusie

# Unified Glare Rating - UGR

- CIE 117-1995: UGR is maat voor verblindingsgraad verlichtingstoestel

$$R_{UG} = 8 \log \left[ \frac{0.25}{L_b} \sum \frac{L_s^2 \omega}{p^2} \right]$$

- $L_s$ : luminantie in de richting van de waarnemer
- $\omega$ : ruimtehoek ingenomen door de lichtbron zoals waargenomen vanuit de positie van de waarnemer
- $p$ : angulaire positie van de lichtbron in het gezichtsveld van de waarnemer (position index)
- $L_b$ : achtergrond luminantie



# Unified Glare Rating - UGR

- EN 12464-1:2021: discomfort glare bepalen via tabelmethode

glare rating regarding UGR											
p ceiling		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
p walls		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
p floor		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
room size		viewed crosswise					viewed endwise				
X	Y										
2H	2H	10.5	11.3	10.8	11.5	11.7	11.3	12.1	11.6	12.3	12.5
2H	3H	10.6	11.4	10.9	11.6	11.9	11.4	12.2	11.7	12.4	12.6
2H	4H	10.7	11.4	11.0	11.6	11.9	11.4	12.1	11.8	12.4	12.7
2H	6H	10.7	11.4	11.0	11.6	11.9	11.4	12.1	11.8	12.4	12.7
2H	8H	10.7	11.3	11.1	11.6	11.9	11.4	12.1	11.8	12.3	12.6
2H	12H	10.7	11.3	11.1	11.6	11.9	11.4	12.0	11.8	12.3	12.6
4H	2H	10.5	11.2	10.8	11.5	11.7	11.2	11.9	11.6	12.2	12.5
4H	3H	10.7	11.3	11.0	11.6	11.9	11.4	12.0	11.8	12.3	12.6
4H	4H	10.8	11.3	11.2	11.6	12.0	11.5	12.0	11.9	12.4	12.7
4H	6H	10.9	11.3	11.3	11.7	12.1	11.6	12.0	12.0	12.4	12.7
4H	8H	10.9	11.3	11.4	11.7	12.1	11.6	12.0	12.0	12.3	12.7
4H	12H	10.9	11.3	11.4	11.7	12.1	11.6	11.9	12.0	12.3	12.7
8H	4H	10.8	11.2	11.2	11.6	12.0	11.5	11.9	11.9	12.3	12.7
8H	6H	11.0	11.3	11.4	11.7	12.1	11.6	11.9	12.0	12.3	12.7
8H	8H	11.0	11.3	11.5	11.7	12.2	11.6	11.9	12.1	12.3	12.8
8H	12H	11.0	11.2	11.5	11.7	12.2	11.6	11.8	12.1	12.3	12.8
12H	4H	10.8	11.1	11.2	11.5	11.9	11.5	11.8	11.9	12.2	12.6
12H	6H	10.9	11.2	11.4	11.6	12.1	11.6	11.8	12.0	12.3	12.7
12H	8H	11.0	11.2	11.5	11.7	12.2	11.6	11.8	12.1	12.3	12.8
variation of observer position for luminaire distances S											
S = 1.0H		+2.7 / -2.5					+2.5 / -2.8				
S = 1.5H		+4.4 / -3.3					+4.9 / -3.4				
S = 2.0H		+6.2 / -4.1					+6.7 / -4.3				
standard table		BK01					BK01				
correction summand		-7.2					-6.5				
corrected glare indices based on the total luminous flux UGR diagram according to CIE 117 with SHR 0.25											



# Probleem UGR:

- Berekend uit het stralingspatroon + dimensies lichtgevend oppervlak toestel

$$R_{UG} = 8 \log \left[ \frac{0.25}{L_b} \sum \frac{L_s^2 \omega}{p^2} \right]$$



# Probleem UGR:

- lichtgevend oppervlak vaak onduidelijk bij LED armaturen  
→ UGR onderschat vaak verblinding
- Limietwaarde opgelegd in NEN-EN 12464-1:2021:  
b.v. “offices”  $R_{UGL} = 19$



belangrijk dat UGR juist bepaald wordt

# Case study:

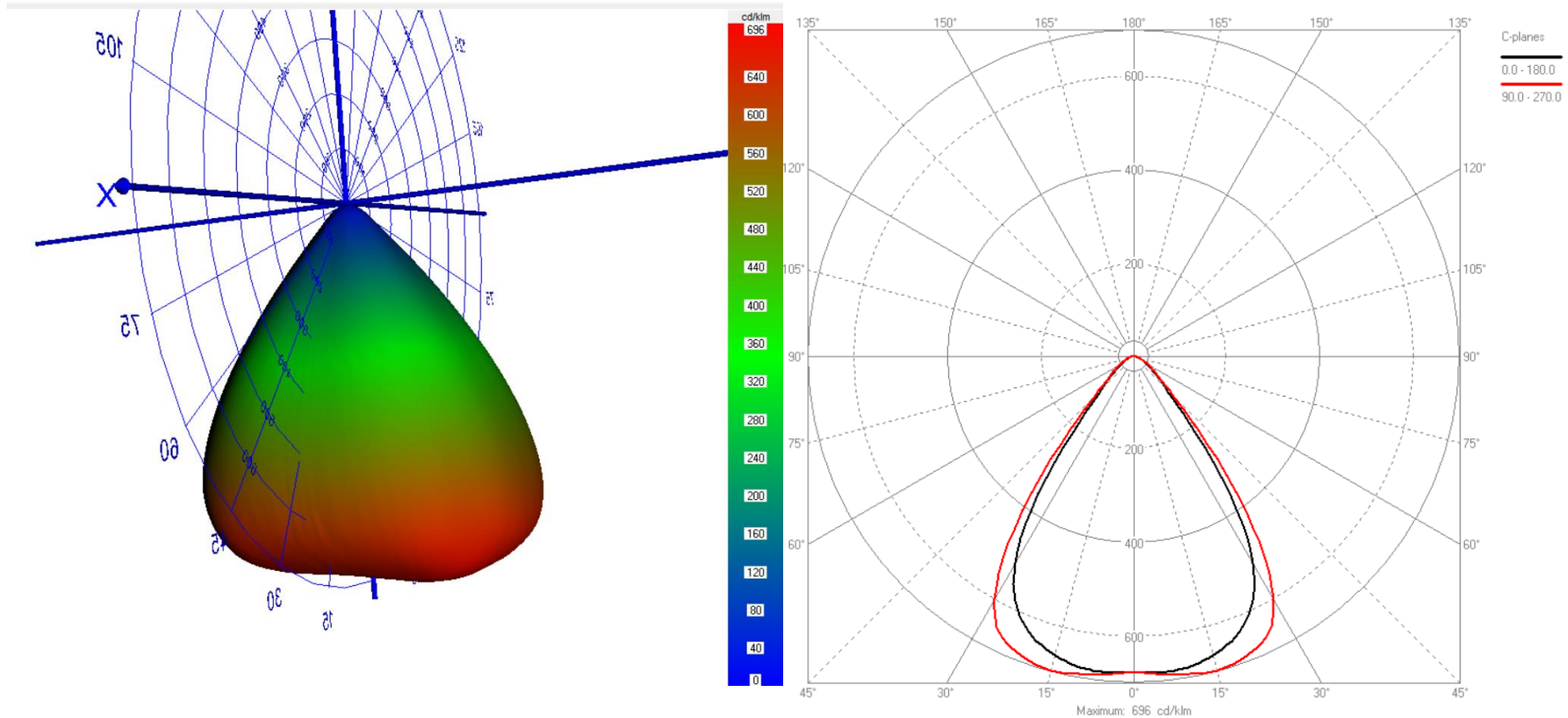


# Meting near field goniofotometer (NFG)

- Rigo 801 NFG Techo Team
- Opgemeten volgens IES LM 79-19:
  - Temperatuur labo 25°C
  - Stabilisatietijd 30 min
  - Gekalibreerde voeding

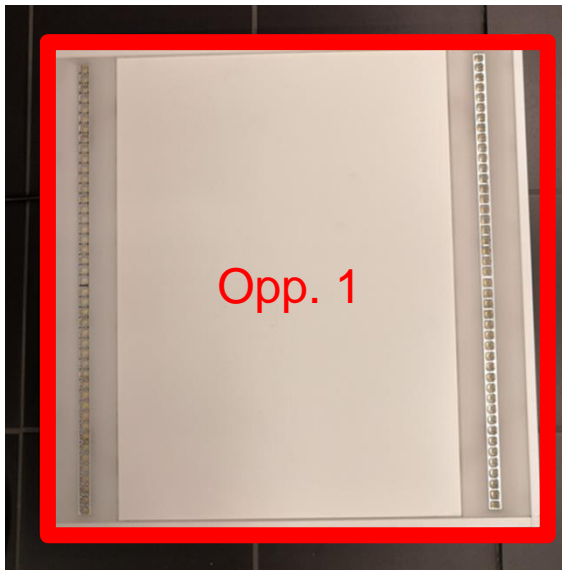


# Resultaten: meting near field goniometer



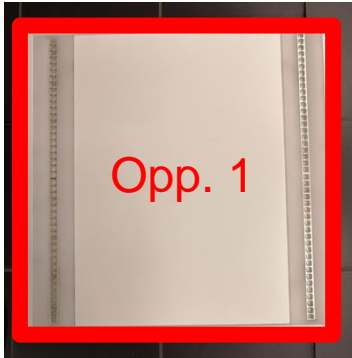
# Case study:

Wat is het lichtgevend oppervlak?



# UGR: $L_s$ - afhankelijk van lichtgevend oppervlak

- Opp. 1:



glare rating regarding UGR

p ceiling	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
p walls	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
p floor	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
room size		viewed crosswise					viewed endwise				
X	Y										
2H	2H	10.5	11.3	10.8	11.5	11.7	11.3	12.1	11.6	12.3	12.5
2H	3H	10.6	11.4	10.9	11.6	11.9	11.4	12.2	11.7	12.4	12.6
2H	4H	10.7	11.4	11.0	11.6	11.9	11.4	12.1	11.8	12.4	12.7
2H	6H	10.7	11.4	11.0	11.6	11.9	11.4	12.1	11.8	12.4	12.7
2H	8H	10.7	11.3	11.1	11.6	11.9	11.4	12.1	11.8	12.3	12.6
2H	12H	10.7	11.3	11.1	11.6	11.9	11.4	12.0	11.8	12.3	12.6
4H	2H	10.5	11.2	10.8	11.5	11.7	11.2	11.9	11.6	12.2	12.5
4H	3H	10.7	11.3	11.0	11.6	11.9	11.4	12.0	11.8	12.3	12.6
4H	4H	10.8	11.3	11.2	11.6	12.0	11.5	12.0	11.9	12.4	12.7
4H	6H	10.9	11.3	11.3	11.7	12.1	11.6	12.0	12.0	12.4	12.7
4H	8H	10.9	11.3	11.4	11.7	12.1	11.6	12.0	12.0	12.3	12.7
4H	12H	10.9	11.3	11.4	11.7	12.1	11.6	11.9	12.0	12.3	12.7
8H	4H	10.8	11.2	11.2	11.6	12.0	11.5	11.9	11.9	12.3	12.7
8H	6H	11.0	11.3	11.4	11.7	12.1	11.6	11.9	12.0	12.3	12.7
8H	8H	11.0	11.3	11.5	11.7	12.2	11.6	11.9	12.1	12.3	12.8
8H	12H	11.0	11.2	11.5	11.7	12.2	11.6	11.8	12.1	12.3	12.8
12H	4H	10.8	11.1	11.2	11.5	11.9	11.5	11.8	11.9	12.2	12.6
12H	6H	10.9	11.2	11.4	11.6	12.1	11.6	11.8	12.0	12.3	12.7
12H	8H	11.0	11.2	11.5	11.7	12.2	11.6	11.8	12.1	12.3	12.8

4H      8H      10.9

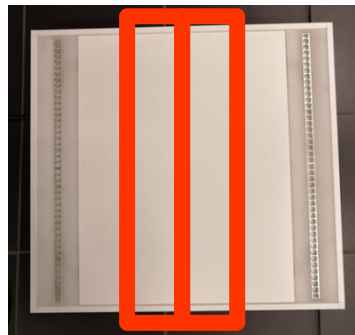
variation of observer position for luminaire distances S

S = 1.0H	+2.7 / -2.5	+2.5 / -2.8
S = 1.5H	+4.4 / -3.3	+4.9 / -3.4
S = 2.0H	+6.2 / -4.1	+6.7 / -4.3
standard table	BK01	BK01
correction summand	-7.2	-6.5

corrected glare indices based on the total luminous flux  
UGR diagram according to CIE 117 with SHR 0.25

# UGR: $L_s$ - afhankelijk van lichtgevend oppervlak

- Opp. 2:



glare rating regarding UGR

p ceiling	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30			
p walls	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30			
p floor	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
room size	viewed crosswise					viewed endwise							
	X	Y											
2H	2H	15.3	16.1	15.6	16.3	16.5	16.1	16.9	16.4	17.1	17.3		
2H	3H	15.4	16.2	15.7	16.4	16.7	16.2	17.0	16.5	17.2	17.4		
2H	4H	15.5	16.2	15.8	16.4	16.7	16.2	16.9	16.6	17.2	17.5		
2H	6H	15.5	16.2	15.8	16.4	16.7	16.2	16.9	16.6	17.2	17.5		
2H	8H	15.5	16.1	15.9	16.4	16.7	16.2	16.8	16.6	17.1	17.4		
2H	12H	15.5	16.1	15.9	16.4	16.7	16.2	16.8	16.6	17.1	17.4		
4H	2H	15.3	16.0	15.6	16.2	16.5	16.0	16.7	16.3	17.0	17.3		
4H	3H	15.5	16.1	15.8	16.4	16.7	16.2	16.8	16.6	17.1	17.4		
4H	4H	15.6	16.1	16.0	16.4	16.8	16.3	16.8	16.7	17.1	17.5		
4H	6H	15.7	16.1	16.1	16.5	16.9	16.4	16.8	16.8	17.1	17.5		
4H	8H	15.7	16.1	16.2	16.5	16.9	16.4	16.7	16.8	17.1	17.5		
4H	12H	15.7	16.1	16.2	16.5	16.9	16.4	16.7	16.8	17.1	17.5		
8H	4H	15.6	16.0	16.0	16.4	16.8	16.3	16.7	16.7	17.0	17.5		
8H	6H	15.8	16.1	16.2	16.5	16.9	16.4	16.7	16.8	17.1	17.5		
8H	8H	15.8	16.1	16.3	16.5	17.0	16.4	16.7	16.9	17.1	17.6		
8H	12H	15.8	16.0	16.3	16.5	17.0	16.4	16.6	16.9	17.1	17.6		
12H	4H	15.6	15.9	16.0	16.3	16.7	16.3	16.6	16.7	17.0	17.4		
12H	6H	15.7	16.0	16.2	16.4	16.9	16.4	16.6	16.8	17.1	17.5		
12H	8H	15.8	16.0	16.3	16.5	17.0	16.4	16.6	16.9	17.1	17.6		
variation of observer position for luminare distances S													
S = 1.0H						+2.7 / -2.5					+2.5 / -2.8		
S = 1.5H						+4.4 / -3.3					+4.9 / -3.4		
S = 2.0H						+6.2 / -4.1					+6.7 / -4.3		
4H	8H	15.7						BK01					BK01
correction summand											-2.4	-1.7	

corrected glare indices based on the total luminous flux  
UGR diagram according to CIE 117 with SHR 0.25

4H

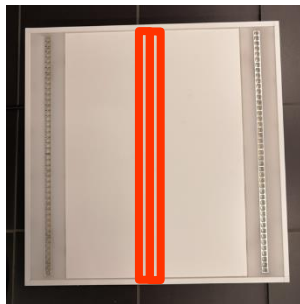
8H

15.7



# UGR: $L_s$ - afhankelijk van lichtgevend oppervlak

- Opp 3



glare rating regarding UGR

p ceiling	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
p walls	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
p floor	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
room size	X	Y	viewed crosswise				viewed endwise				
2H	2H	22.2	23.1	22.5	23.3	23.5	23.0	23.9	23.3	24.1	24.3
2H	3H	22.4	23.1	22.7	23.3	23.6	23.2	23.9	23.4	24.1	24.4
2H	4H	22.4	23.1	22.7	23.4	23.6	23.2	23.9	23.5	24.1	24.4
2H	6H	22.4	23.1	22.8	23.4	23.7	23.2	23.8	23.5	24.1	24.4
2H	8H	22.5	23.1	22.8	23.4	23.7	23.2	23.8	23.5	24.1	24.4
2H	12H	22.4	23.0	22.8	23.3	23.6	23.1	23.7	23.5	24.0	24.4
4H	2H	22.2	22.9	22.5	23.2	23.4	23.0	23.7	23.3	23.9	24.2
4H	3H	22.4	23.0	22.8	23.3	23.6	23.2	23.8	23.5	24.1	24.4
4H	4H	22.5	23.0	22.9	23.4	23.7	23.2	23.7	23.6	24.1	24.4
4H	6H	22.6	23.1	23.0	23.4	23.8	23.3	23.7	23.7	24.1	24.5
4H	8H	22.7	23.1	23.1	23.4	23.8	23.3	23.7	23.7	24.1	24.5
4H	12H	22.7	23.0	23.1	23.4	23.8	23.3	23.6	23.7	24.0	24.5
8H	4H	22.5	22.9	22.9	23.3	23.7	23.2	23.6	23.6	24.0	24.4
8H	6H	22.7	23.0	23.1	23.4	23.9	23.3	23.6	23.8	24.0	24.5
8H	8H	22.7	23.0	23.2	23.4	23.9	23.3	23.6	23.8	24.0	24.5
8H	12H	22.8	23.0	23.2	23.4	23.9	23.3	23.6	23.8	24.0	24.5
12H	4H	22.5	22.8	22.9	23.2	23.7	23.2	23.5	23.6	23.9	24.4
12H	6H	22.7	22.9	23.1	23.4	23.8	23.3	23.5	23.8	24.0	24.5
12H	8H	22.7	23.0	23.2	23.4	23.9	23.3	23.5	23.8	24.0	24.5
variation of observer position for luminance distances S											
S = 1.0H			+2.7 / -2.5				+2.5 / -2.8				
S = 1.5H			+4.4 / -3.3				+4.9 / -3.4				
S = 2.0H			+6.2 / -4.1				+6.7 / -4.3				
4H			BK01				BK01				
8H			BK01				BK01				
22.7			BK01				BK01				
correction summand			4.6				5.2				

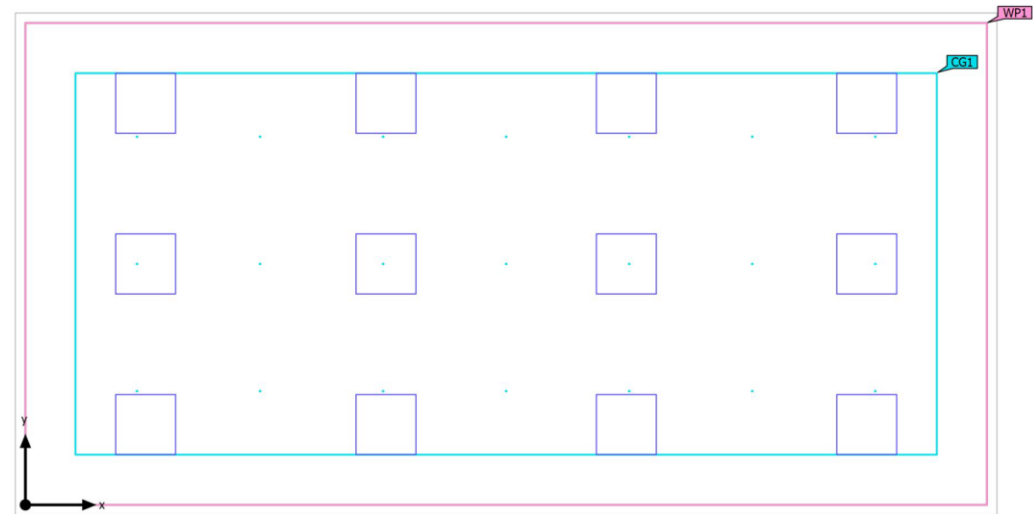
4H      8H      22.7

corrected glare indices based on the total luminous flux  
UGR diagram according to CIE 117 with SHR 0.25

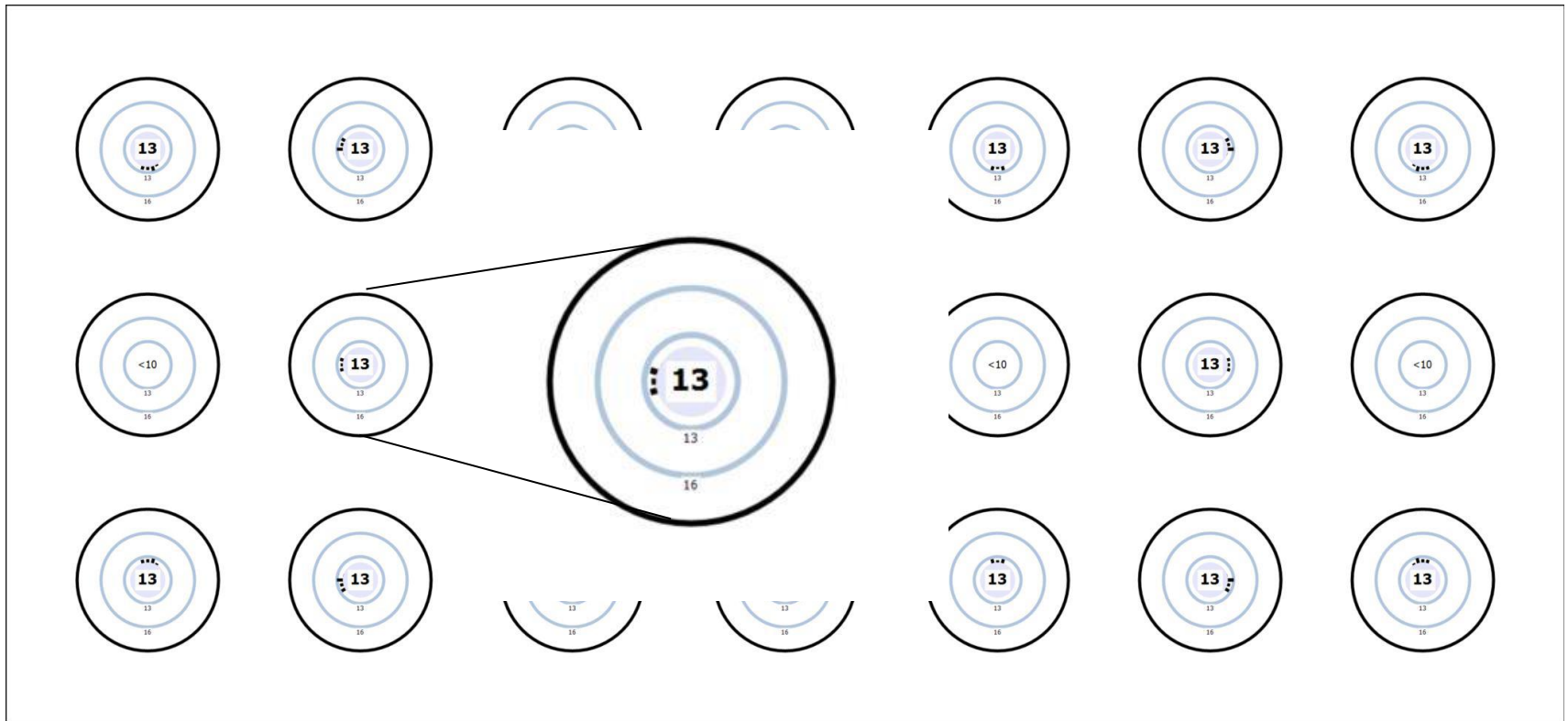
# Dialux simulatie

- Afmetingen kamer: 4.8x9.6x2.8m
- Berekeningsvlak: 120cm hoogte (3x7punten), 50cm randzone
- Reflectie:
  - Plafond: 70%
  - Muur: 50%
  - Vloer: 20%

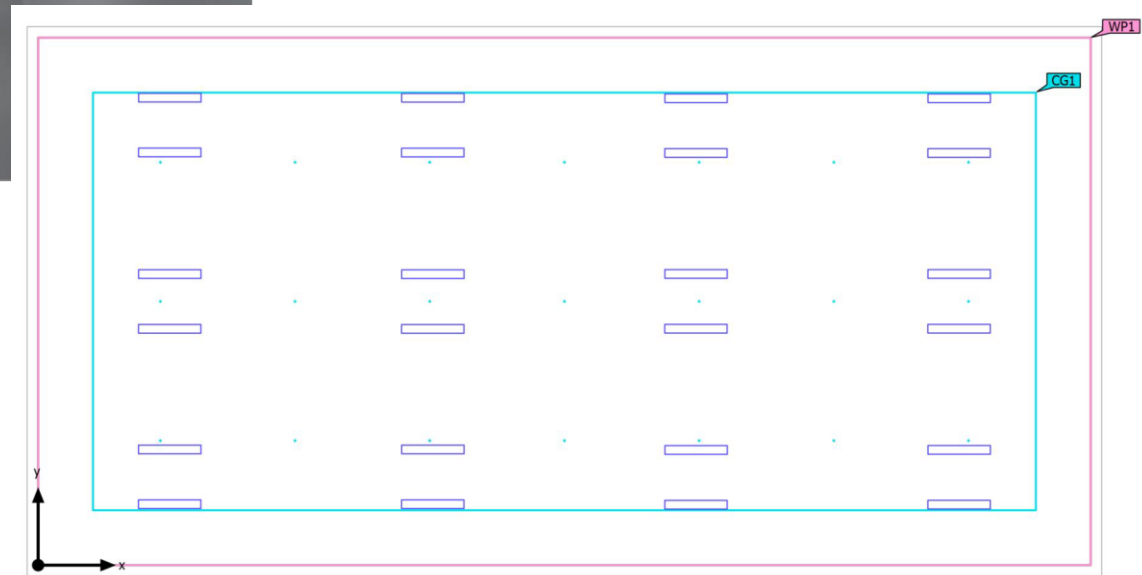
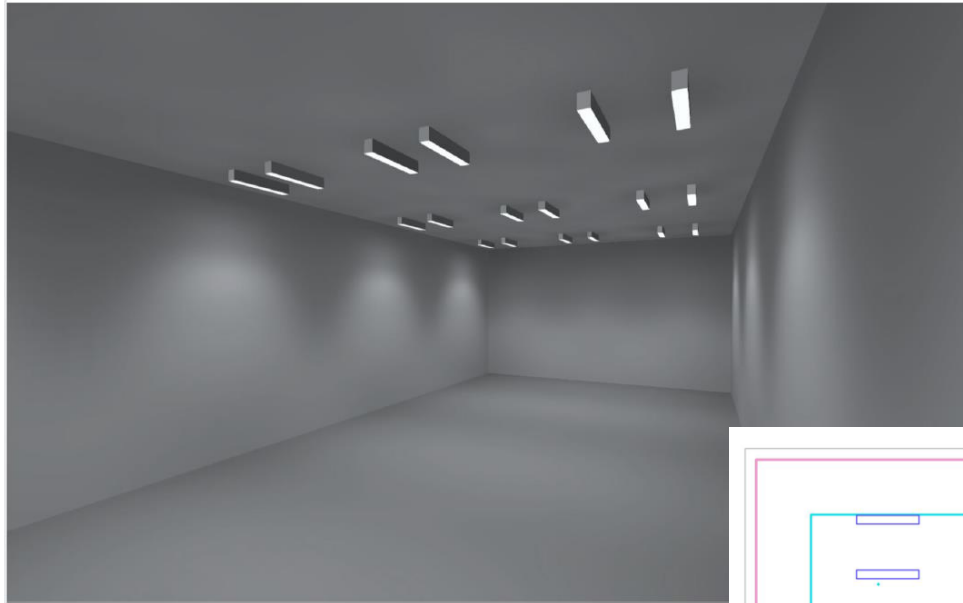
# Dialux simulatie : opp. 1



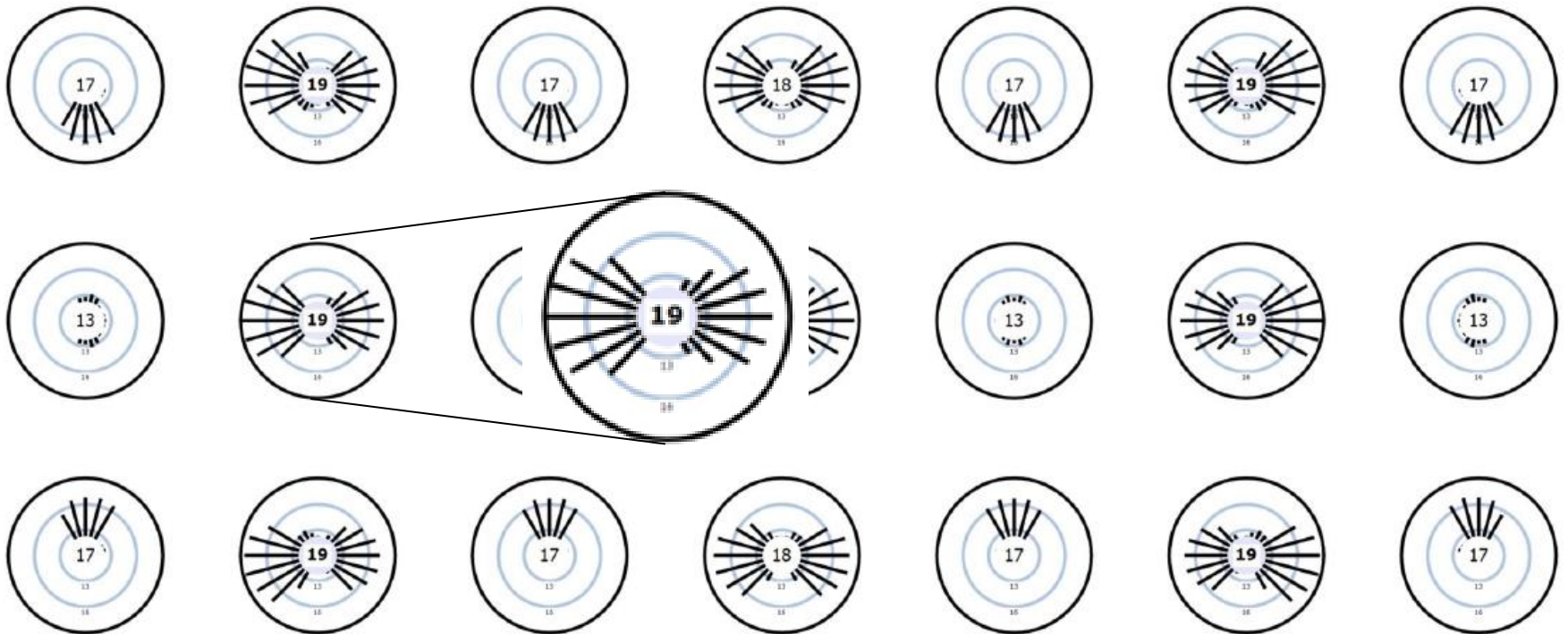
# Dialux simulatie : opp 1



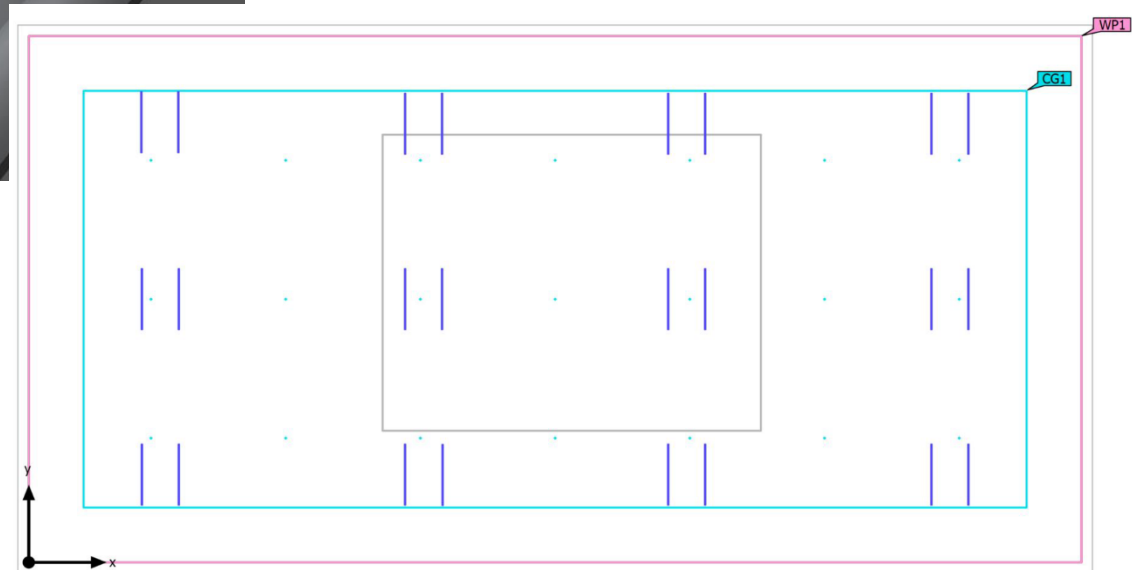
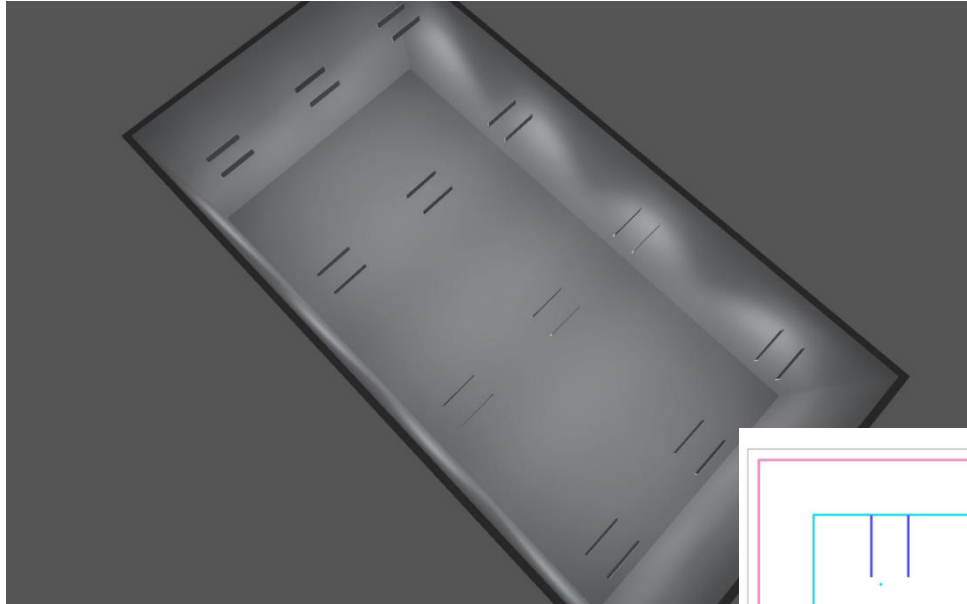
# Dialux simulatie : opp 2



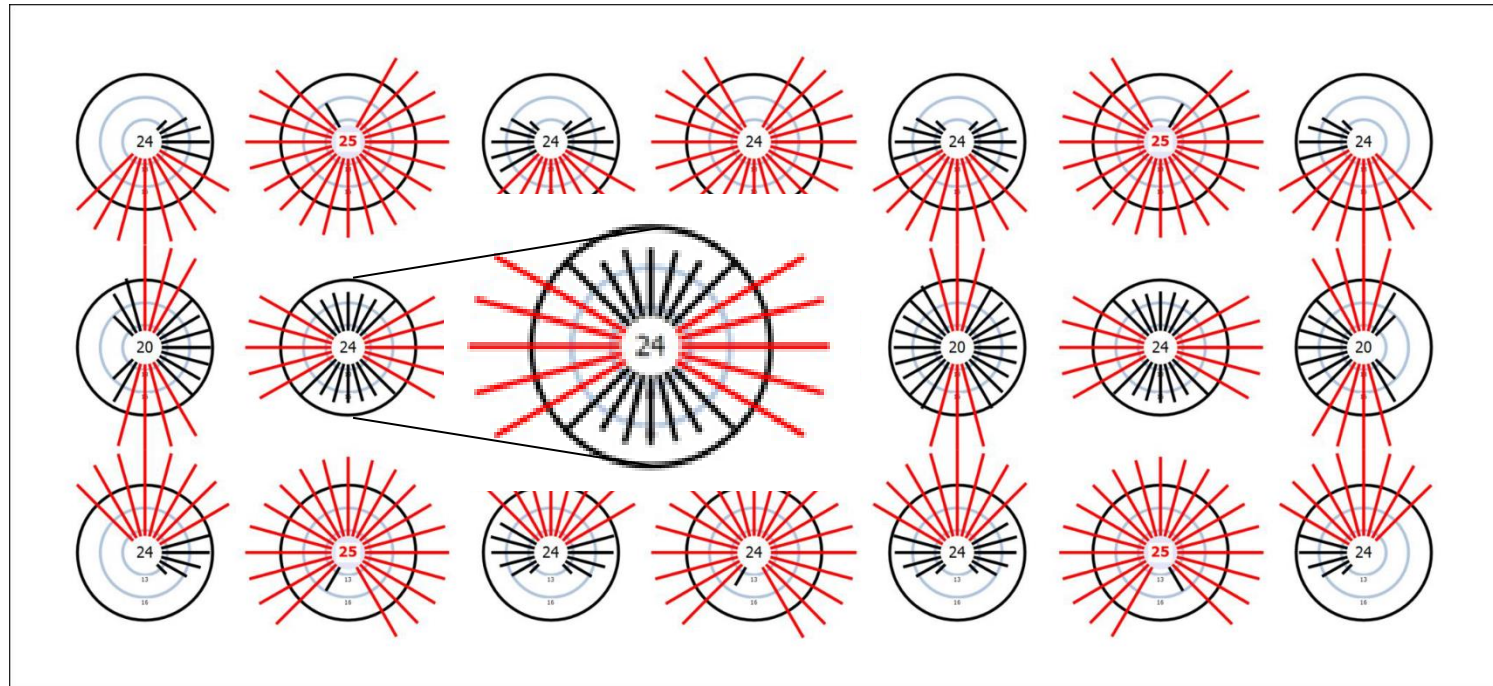
# Dialux simulatie : opp 2



# Dialux simulatie : opp 3



# Dialux simulatie : opp 3





# Overzicht:

	Opp. 1	Opp. 2	Opp. 3
UGR tabel	10.9	15.7	22.7
max Dialux	13	19	25



# Uniformity correction factor

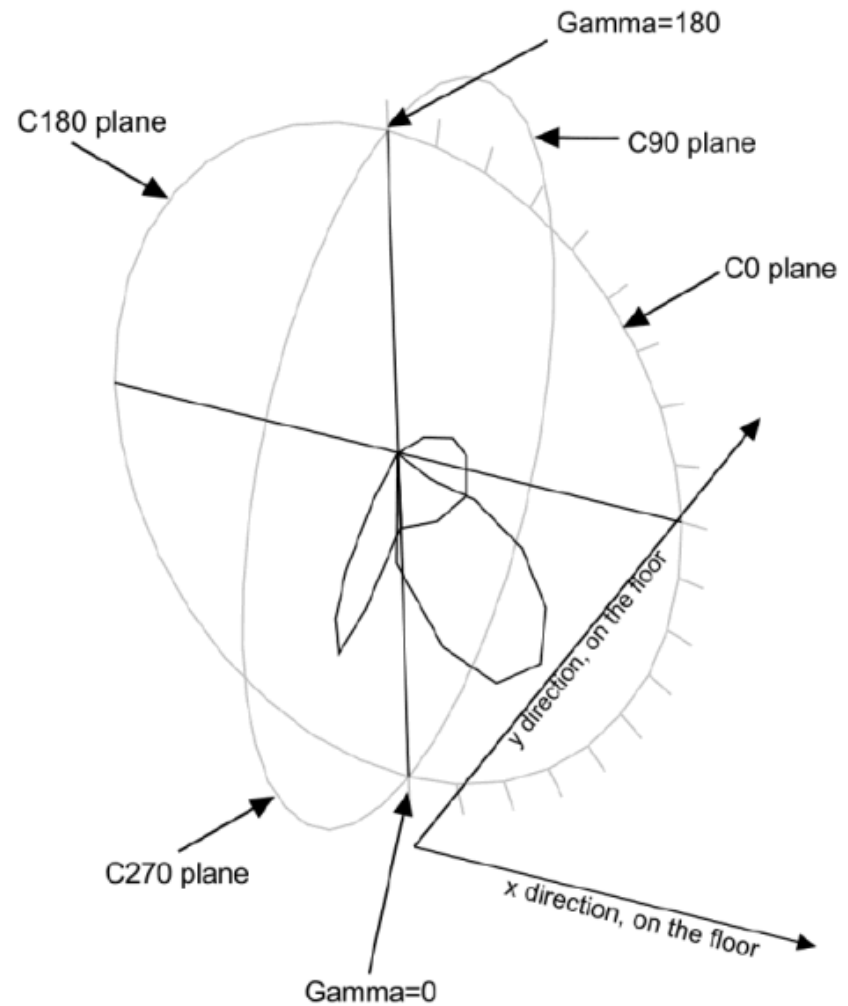
- Gecorrigeerde UGR (CIE 232:2019):

$$R'_{UG} = 8 \log \left[ \frac{0.25}{L_b} \sum k^2 \frac{L_s^2 \omega}{p^2} \right]$$

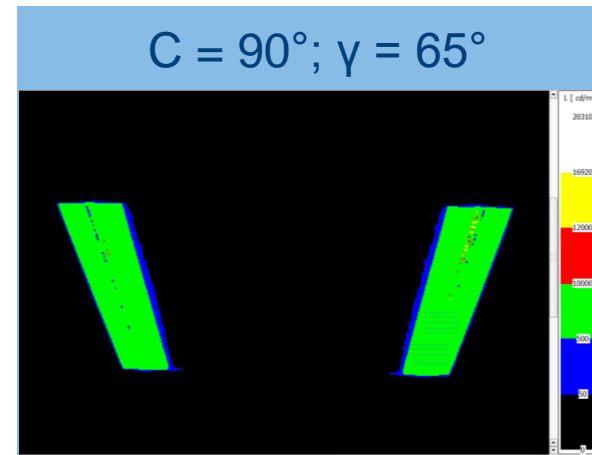
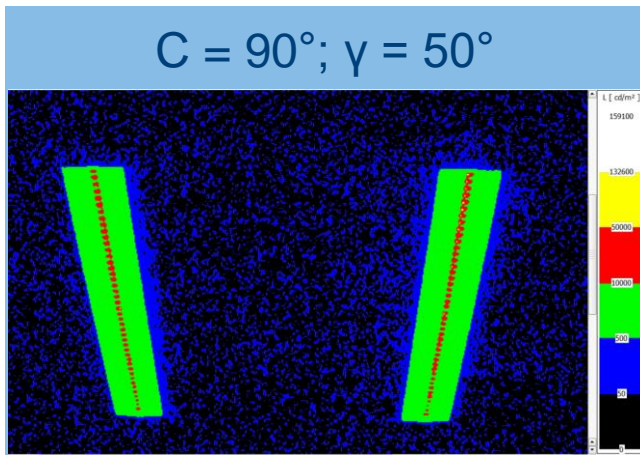
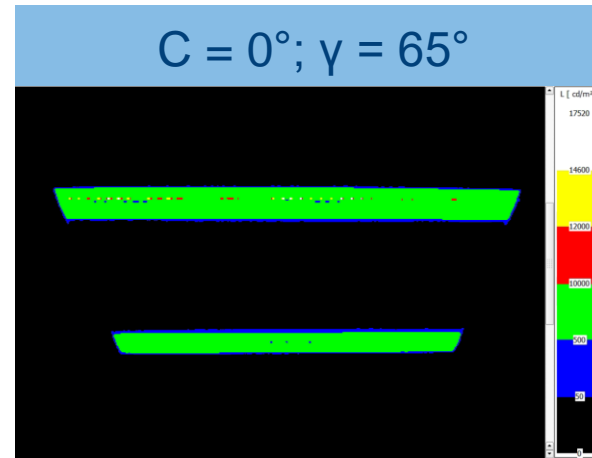
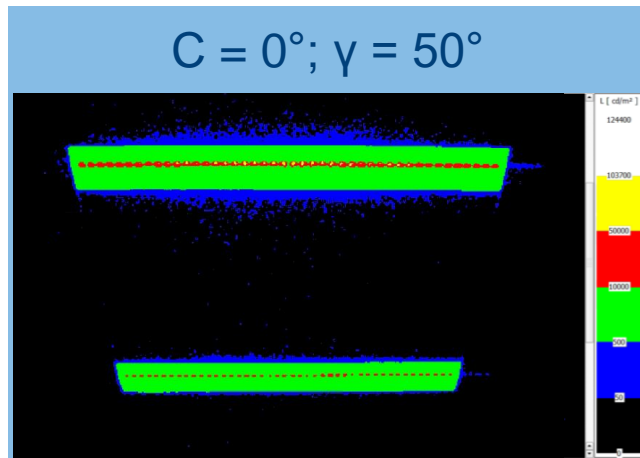
- met  $k$  uniformity correction factor
    - praktisch: worst-case scenario vooropgesteld
  - $k^2 = 0$  als de luminantie  $< 500$  cd/m<sup>2</sup>
- enkel gebied  $> 500$  cd/m<sup>2</sup> mee in berekening  $R'_{UG}$

# Luminantie beeld :

- $C=0^\circ - \gamma=50^\circ$
- $C=0^\circ - \gamma=65^\circ$
- $C=90^\circ - \gamma=50^\circ$
- $C=90^\circ - \gamma=65^\circ$



# Luminantie beeld



# Resultaten luminantie beelden

Berekening van  $k^2$  volgens CIE 232:2019

$$R'_{UG} = R_{UG} + 8 \log k^2 = R_{UG} + DUGR$$

# Resultaten luminantie beelden

Berekening van  $k^2$  volgens CIE 232:2019

$$R'_{UG} = R_{UG} + 8 \log k^2 = R_{UG} + DUGR$$

Opp. 1	C0° γ 50°	C0° γ 65°	C90° γ 50°	C90° γ 65°
$k^2$	3.92	3.39	2.35	2.55
DUGR	4.75	4.24	2.97	3.25

Opp. 2	C0° γ 50°	C0° γ 65°	C90° γ 50°	C90° γ 65°
$k^2$	0.98	0.85	0.59	0.64
DUGR	-0.07	-0.58	-1.85	-1.57

Opp. 3	C0° γ 50°	C0° γ 65°	C90° γ 50°	C90° γ 65°
$k^2$	0.13	0.12	0.080	0.086
DUGR	-7.00	-7.51	-8.78	-8.51

# Resultaten luminantie beelden

Berekening van  $k^2$  volgens CIE 232:2019

$$R'_{UG} = R_{UG} + 8 \log k^2 = R_{UG} + \text{DUGR}$$

Opp. 1	C0° γ 50°	C0° γ 65°	C90° γ 50°	C90° γ 65°
$k^2$	3.92	3.39	2.35	2.55
DUGR	4.75	4.24	2.97	3.25

Opp. 2	C0° γ 50°	C0° γ 65°	C90° γ 50°	C90° γ 65°
$k^2$	0.98	0.85	0.59	0.64
DUGR	-0.07	-0.58	-1.85	-1.57

Opp. 3	C0° γ 50°	C0° γ 65°	C90° γ 50°	C90° γ 65°
$k^2$	0.13	0.12	0.080	0.086
DUGR	-7.00	-7.51	-8.78	-8.51

# Resultaten luminantie beelden

Berekening van  $k^2$  volgens CIE TR JTC7

$$R'_{UG} = R_{UG} + 8 \log k^2 = R_{UG} + DUGR$$

	$R_{UG}$	DUGR	$R'_{UG}$
Opp 1	10.9	4.75	15.65
Opp 2	15.7	-0.07	15.63
Opp 3	22.7	-7.00	15.7



# Resultaten luminantie beelden

Berekening van  $k^2$  volgens CIE TR JTC7

$$R'_{UG} = R_{UG} + 8 \log k^2 = R_{UG} + DUGR$$

	$R_{UG}$	DUGR	$R'_{UG}$
Opp 1	10.9	4.75	15.65
Opp 2	15.7	-0.07	15.63
Opp 3	22.7	-7.00	15.7



$R'_{UG}$  onafhankelijk van  
gebruikte afmetingen  
= doel van de correctiefactor  $k$   
bereikt!

# Echter, wat als...

- Simulatie: artificieel beeld
- Gemiddelde (effectieve) luminantie blijft gelijk
- Oppervlakte  $> 500 \text{ cd/m}^2$  (en dus effectieve ruimtehoek) blijft gelijk
- Piek luminantie: 5x5 pixels, max =  $2.7\text{e}+06 \text{ cd/m}^2$



# Wat als...

<b>simulatie</b>	Opp 1	Opp 2	Opp 3
k <sup>2</sup>	4.01	1.00	0.14
DUGR	4.82	0.00	-6.94

<b>origineel</b>	Opp 1	Opp 2	Opp 3
k <sup>2</sup>	3.92	0.98	0.13
DUGR	4.75	-0.07	-7

➔ <0.1 verschil in DUGR, groot verschil in luminantiepatroon – wat is visueel het verschil?

# Conclusie

- CIE 232:2019:  $R'_{UG}$  onafhankelijk van de gebruikte afmetingen
- Dankzij luminantie camera op NFG is  $R'_{UG}$  eenvoudig op te meten en te berekenen met onze opstelling
- CIE 232:2019 blijft gemiddelde waarde van luminantie gebruiken
  - scherpe pieken worden niet onderscheiden van uniforme luminantie
  - mogelijkheid onderschatting reële verblinding door niet uniformiteit blijft
- Dialux gebruikt nog UGR