

**Ny viden om lys –  
otte nedslag  
i din hverdag**

**Anne Bay**



**SPEKTRUM**

# Omgivelseslys

# Omgivelseslys

Lys på borde og gulve

→ **Lys på vægge, lofter, ansigter:**

- God ansigtsgenkendelse
- God kommunikation
- Lys på øjet (lodret plan) – biologiske effekter / oplagthed

DS/EN12464-1: 2021

Som før: Krav til lys på arbejdsfelt, blænding og CRI  
Men også krav til

- cylindrisk belysningsstyrke
- lys på lofter
- lys på vægge



# Eksempel

MIDDELBELYSNINGS-  
STYRKEN, OPRETHOLDT  
"MODIFICERET"

REGELMÆSSIGHED  
FARVEGENGIVELSE

BLÆNDINGSTAL, MAX UGR  
CYLINDRISK  
BELYSNINGSSTYRKE

BELYSNINGSSTYRKE  
BELYSNINGSSTYRKE, VÆGGE

BELYSNINGSSTYRKE, LOFT

Type of task/activity area	$\bar{E}_m$ lx		$U_o$	$R_a$	$R_{UGL}$	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	Specific requirements
	required <sup>a</sup>	modified <sup>b</sup>				$U_o \geq 0,10$			
Writing, typing, reading, data processing	500	1000	0,60	80	19	150	150	100	DSE-work, see 5.9 room brightness, see 6.7 and Annex B Lighting should be controllable, see 6.2.4 For smaller cellular offices the wall requirement applies to the front wall. For other walls a lower requirement of minimum 75 lx could be accepted.



<90 lx

Ansigtssflade

211 lx

Randområde 0,5 hele vejen rundt



>450 lx

>300 lx

Randområde begrænset

0,5 m eller max 15% af smalleste dimension på rum

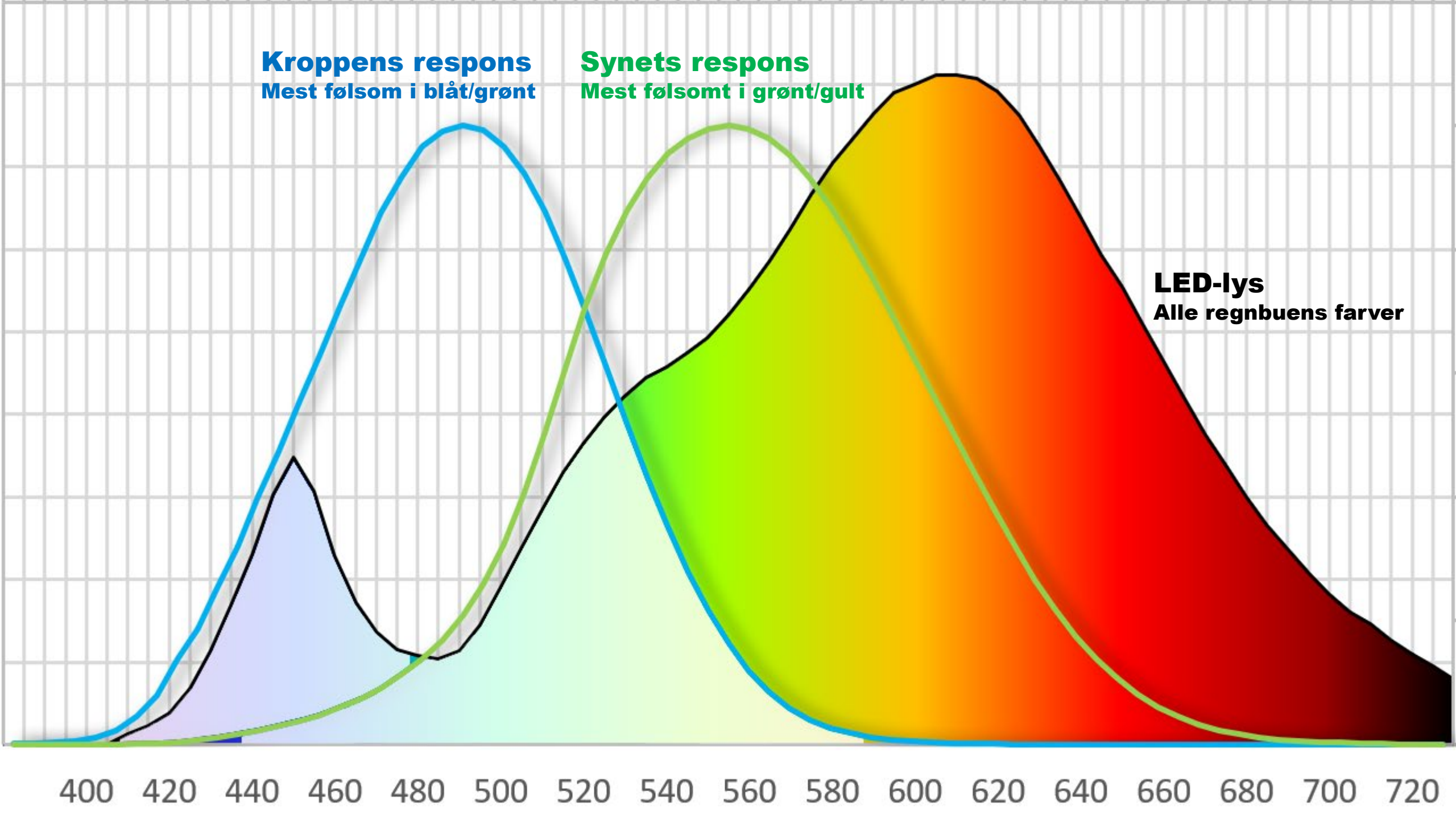


**mEDI lux**

**Kroppens respons**  
Mest følsom i blått/grønt

**Synets respons**  
Mest følsomt i grønt/gult

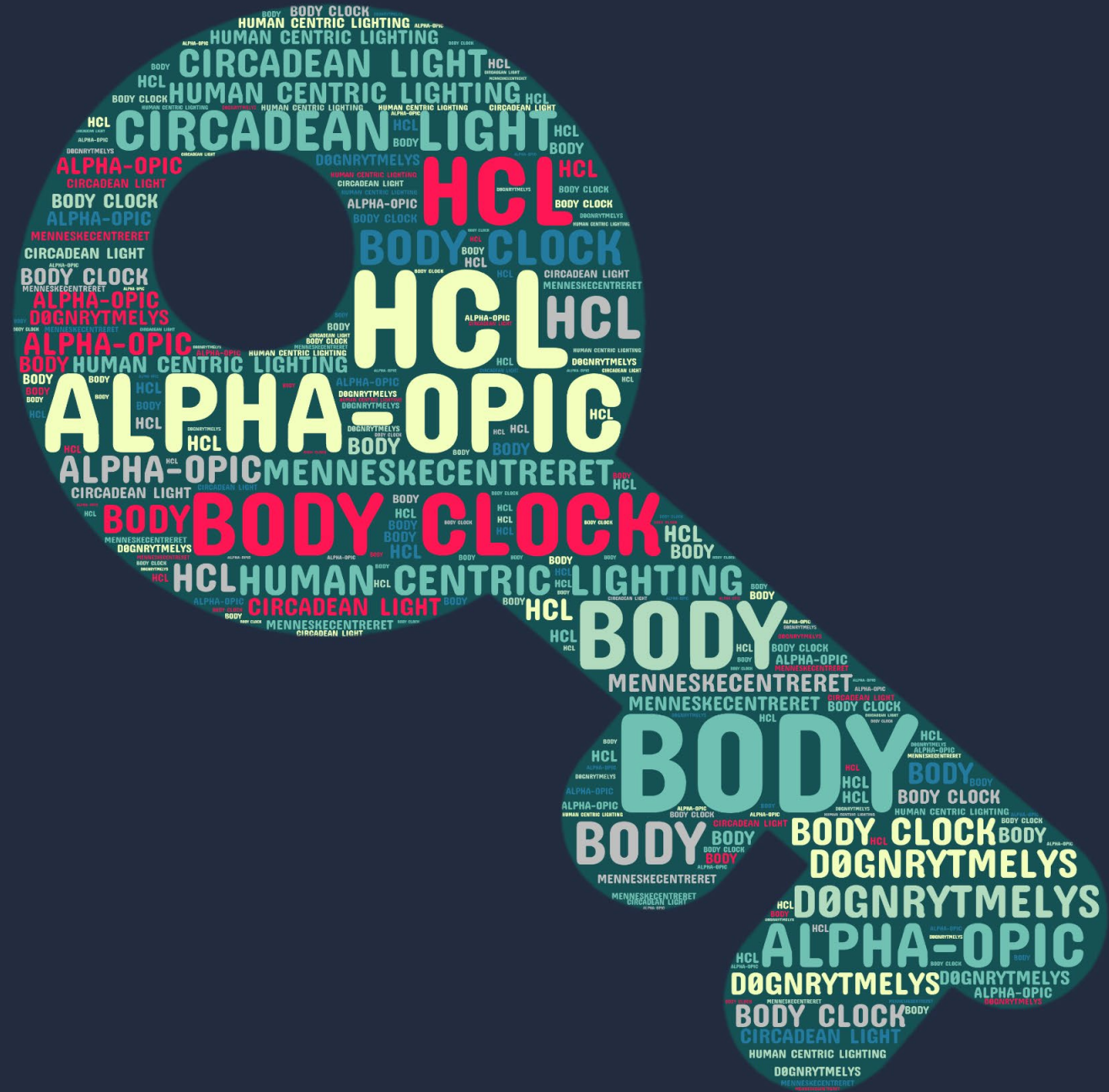
**LED-lys**  
Alle regnbuens farver



# Omsider.... mEDI er det nye mål

mEDI-lux kvantificerer lysets  
effekt på oplagthed m.m.

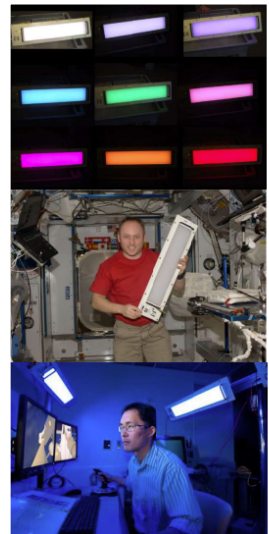
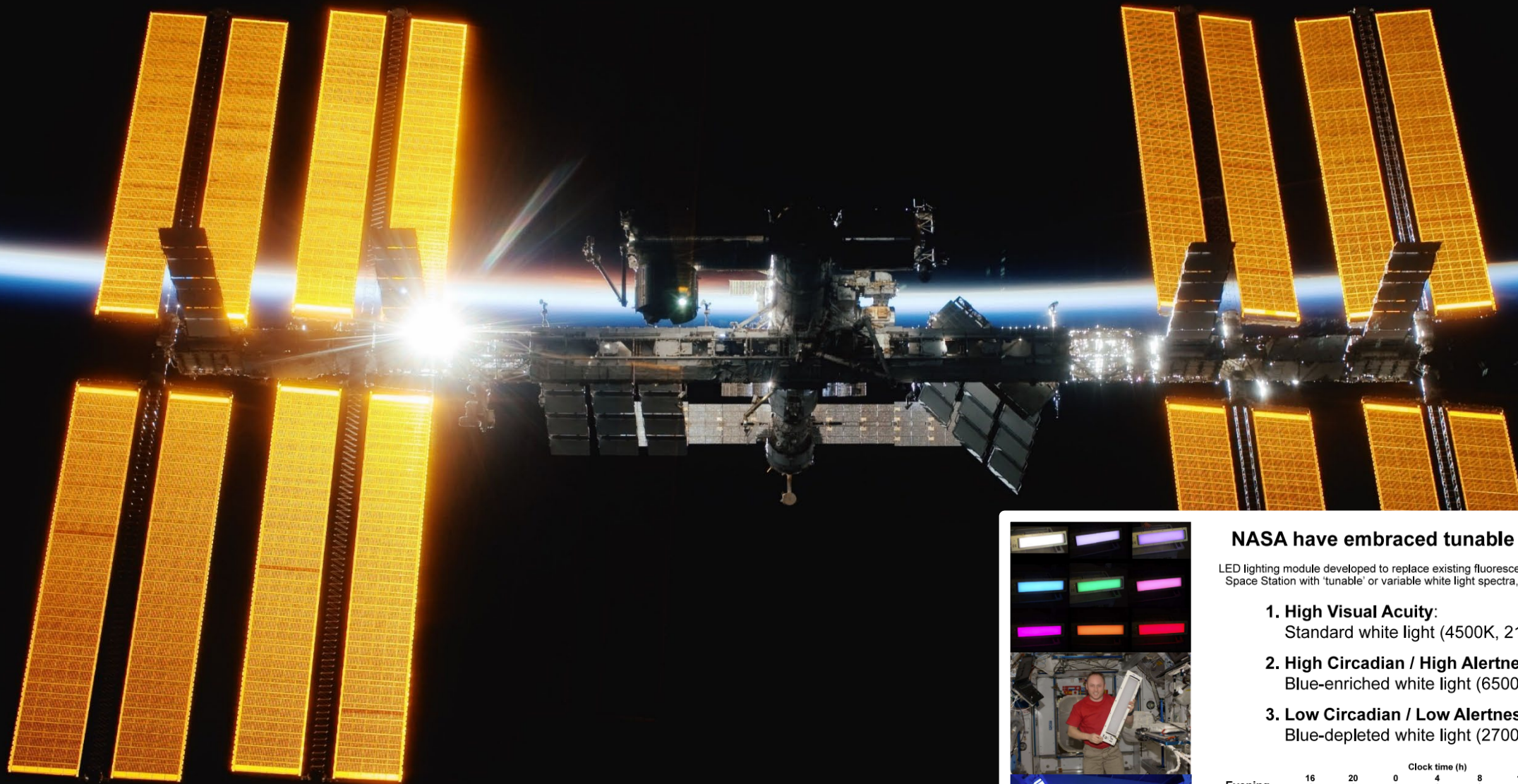
Pas på:  
Det er lys direkte ind på øjet,  
der tæller





# Anbefalinger

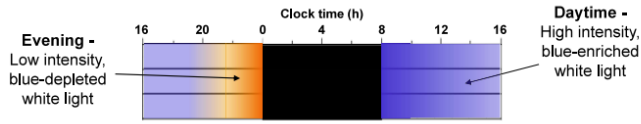
Lysniveau i lodret plan (H = 1,2 m)	Melanopisk EDI (lux) = mEDI lux
I dagtimerne	>250
Om aftenen (3 timer før sengetid)	<10
Under søvn	<1



### NASA have embraced tunable LED lighting

LED lighting module developed to replace existing fluorescent units on the International Space Station with 'tunable' or variable white light spectra, installation 50% complete

- 1. High Visual Acuity:**  
Standard white light (4500K, 210 lux)
- 2. High Circadian / High Alertness:**  
Blue-enriched white light (6500K, 420 lux)
- 3. Low Circadian / Low Alertness, Pre-sleep:**  
Blue-depleted white light (2700K, 50 lux)



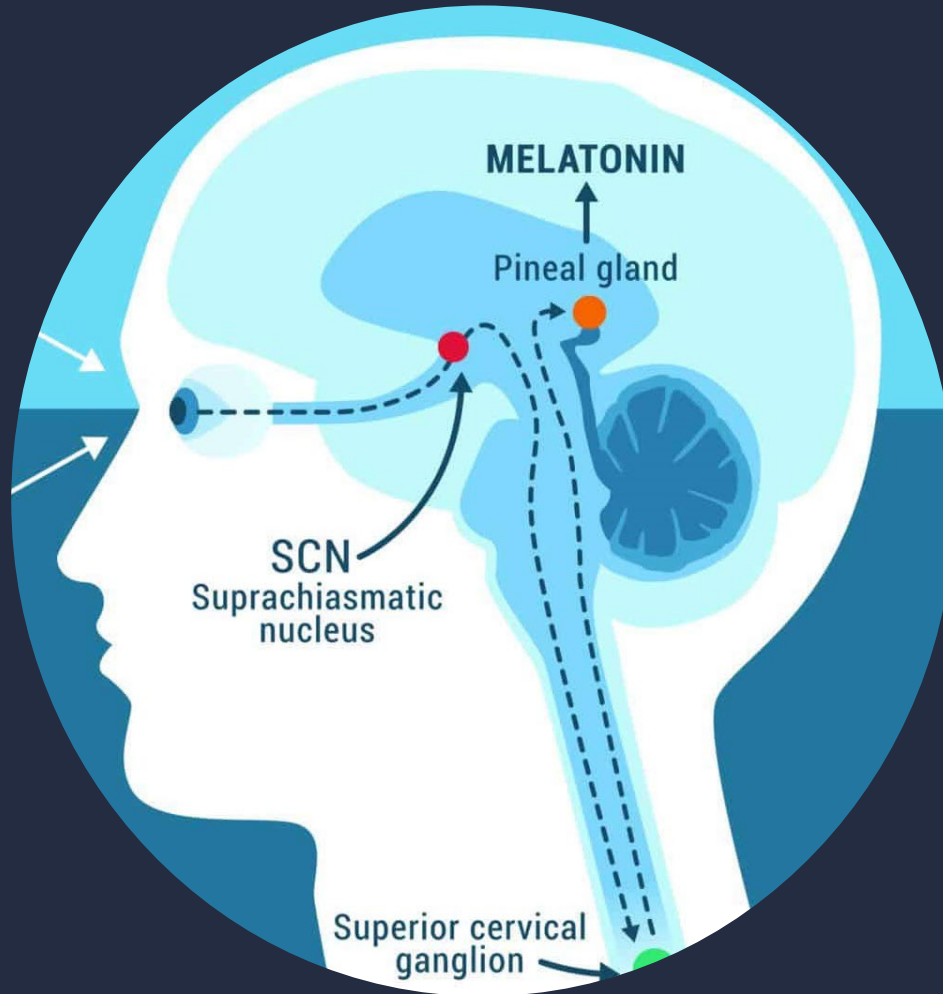
Brainard and Lockley Labs





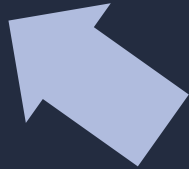
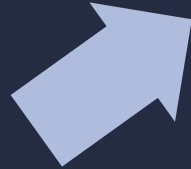
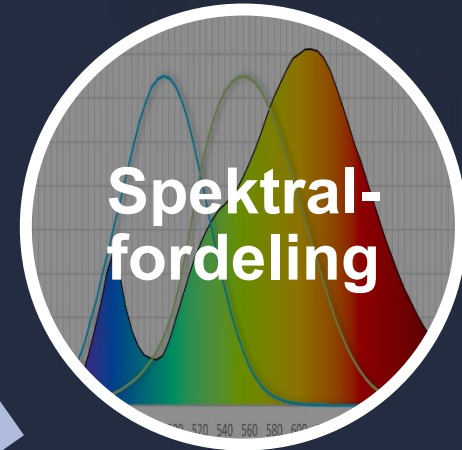
**Tuneable white**

**Hvis du bare skruer på farvetemperaturen,  
er det kun et smølfespark til systemet**



# Svært at efterligne daglys

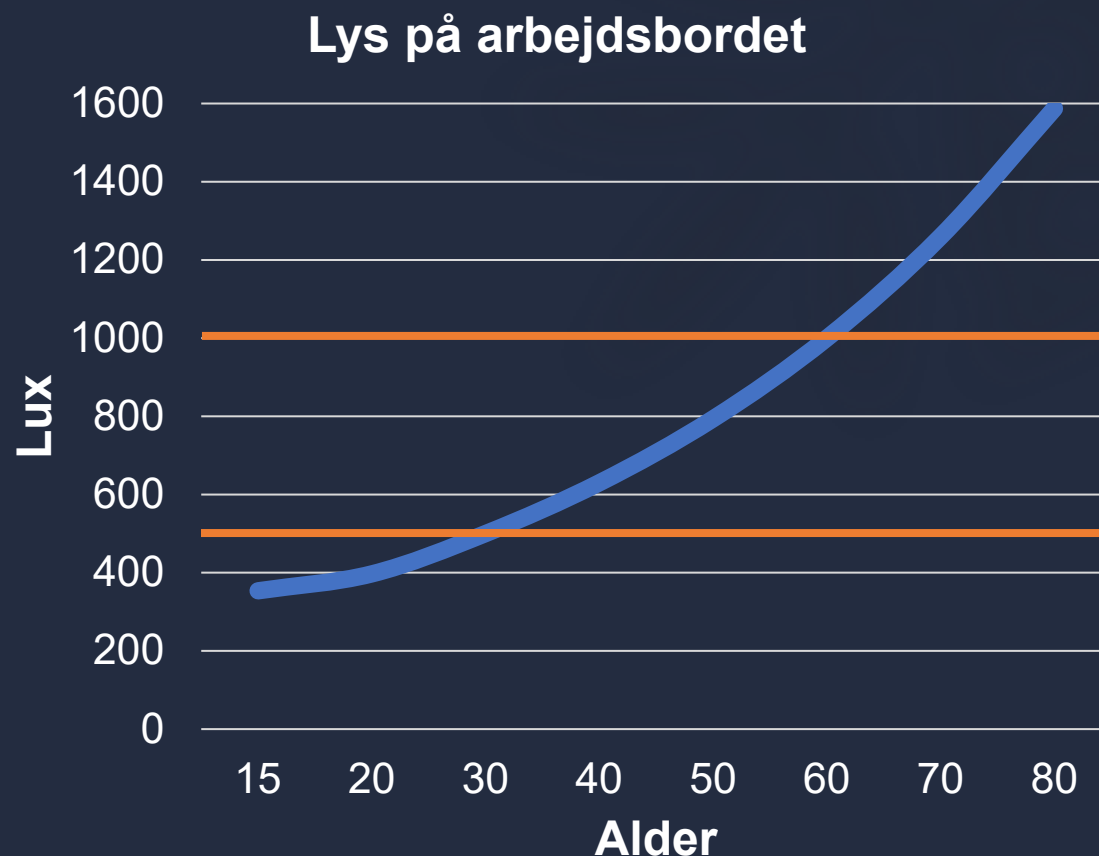
Dagslys	Forkølet kontorbelysning
10.000 – 100.000 lux	300 – 600 lux
7000 – 9000 K	3000 K
CRI 100	CRI 80





# Behov for mere lys

- Evnen til at stille skarpt (akkomodation -> briller)
- Stille skarpt hurtigt (dobbelt så lang tid for 40-årige som for 20-årige)
- At skifte til et andet lysniveau (adaptation)
- Sløring (linse) -> blændingsfølsomhed
- Gulning (en 15-årig er 10 gange mere følsom for blå lys end en 75-årig)
- Synsfeltet indskrænkes 2-3 grader for hvert 10-år
- Øjensygdomme (AMD, stær)



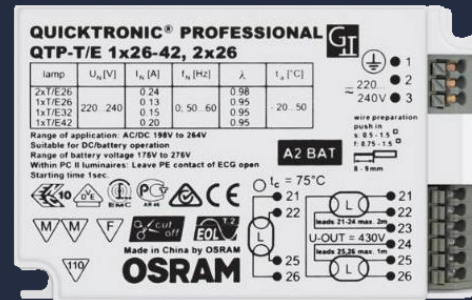


# Arbejdsopgaver hvor lysniveauet bør hæves

- Hvor visuelt arbejde er vigtigt eller kritisk
- Hvor fejl er dyre at rette op på
- Hvor nøjagtighed, højere produktivitet eller øget koncentration er af stor betydning
- Hvor emnet er usædvanligt småt eller med lave kontraster
- Opgaver, der udføres i usædvanlig lang tid
- Arbejdsområder eller aktivitetsområder med lavt dagslystilskud
- Hvor arbejdstagerens syn er lavere end normalt



- Først var det OK
- Så blev det skidt
- Så blev det ret godt
- Så blev det skidt igen



# Hvorfor bekymre sig om flimmer?

- Fotoepilepsi - blinkende lys stimulerer epileptiske anfald
- Stroboskopisk effekt - farlig ved arbejde med roterende maskineri
- Migræne eller svær hovedpine
- Øget repetitiv adfærd blandt personer med autisme
- Asthenopi (overanstrengelse af øjnene), herunder træthed, sløret syn osv.
- Andet: panikanfald, angst, øget hjertefrekvens, svimmelhed
- Også: interferens med billeddannende enheder (video- og sikkerhedskameraer osv.)



# ...så nu skulle det så gerne blive godt igen

- EU Ecodesign-krav og nye metrikker

$$P_{stLM} \leq 1$$

$$SVM \leq 0,4$$

(Gælder ikke i udendørs, i industrielle eller i andre applikationer, hvor CRI-kravet er <80)

# Typer af flimmereffekter

## CIE 17.443 e-ILV (det internationale belysningsvokabularium)

**Temporal light artifact (TLA):** en uønsket ændring i den visuelle perception fremkaldt af en lysstimulus (Temporal Light Modulation, TLM), hvis luminans eller spektrale fordeling svinger med tiden.

**Synligt flimmer (PstLM):** Opfattelse af visuel ustabilitet for en statisk observatør i et statisk miljø. 3 - 80 Hz

**Stroboskopisk effekt (SVM):** Ændring af bevægelsesopfattelse ... for en statisk observatør i et ikke-statisk miljø. 80 Hz - 2000 Hz

**Phantom array effect:** Ændring i opfattet form eller rumligt layout af objekter... for en ikke-statisk observatør i et ellers statisk miljø (f.eks. saccade, normal hovedbevægelse eller under kørsel). 80 Hz - 2500 Hz

Objekt



Observatør



Statisk

Statisk

Bevæger sig

Statisk

Statisk

Bevæger sig

# Temporal light artifacts (TLA)

Flimmer



Stroboskopeffekter



Phantom Array effekter



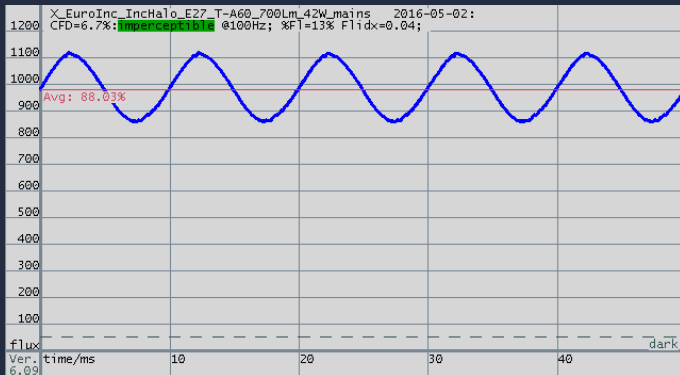
# Gamle metrikker duer ikke

- Tendens til at glemme den meget vigtige frekvenskomponent
- Måleproceduren for gamle metrikker var begrænset til korte gennemsnitlige perioder
- Data, der blev indsamlet ved forskellige frekvenser, kunne ikke sammenlignes direkte
- Behov for metrikker til at håndtere nye belysningsstørrelser med LED (ny typer af intensitetsudsving)
- Behov for at tage højde for ny viden om forskellige øjnes og hjerners følsomhed



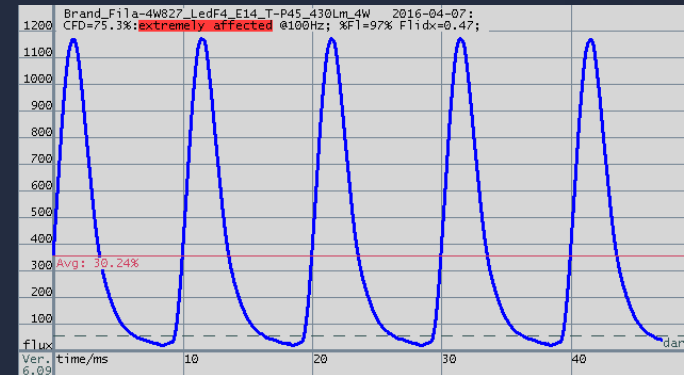
# Dæmpning og flimmer

# Eksempler



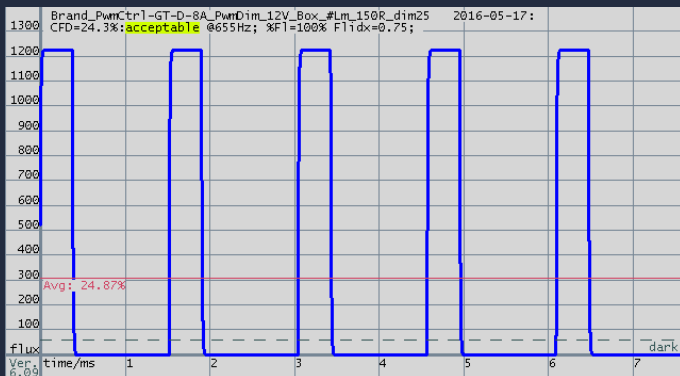
## Glødepære

- Percent flicker = 13.2%
- Flicker index = 0.040
- Frekvens = 100Hz
- PstLM = 0.017
- SVM = 0.494



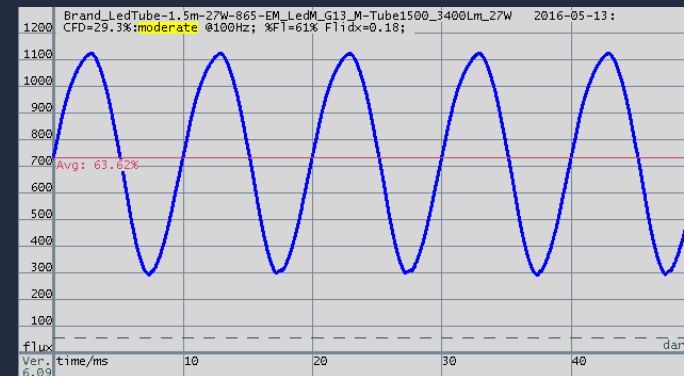
## LED med dårlig driver

- Percent flicker = 96.9%
- Flicker index = 0.466
- Frekvens = 100Hz
- PstLM = 0.107
- SVM = 5.301



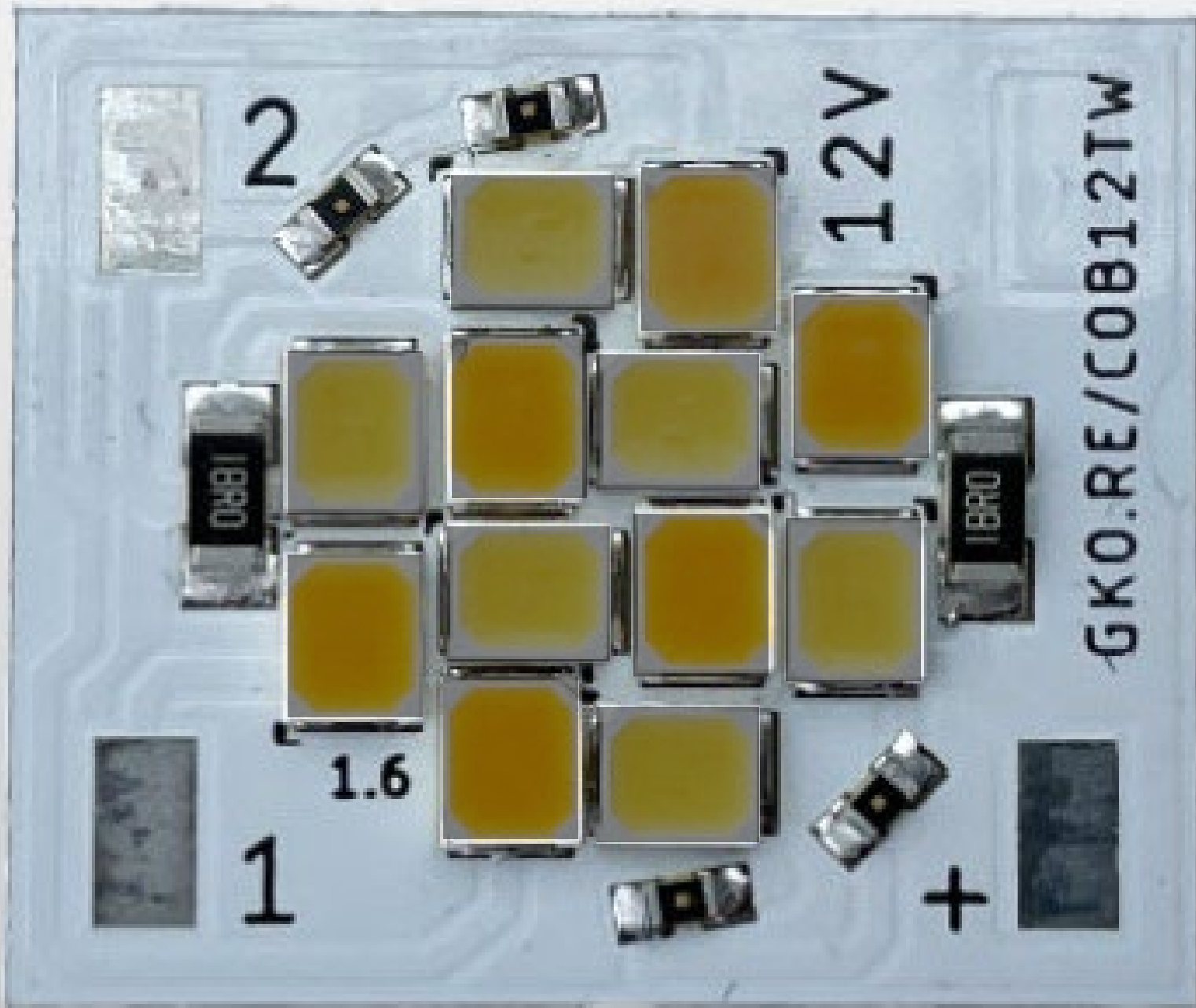
## LED med PWM dæmpning

- Percent flicker = 100.0%
- Flicker index = 0.746
- Frekvens = 655Hz
- PstLM = 0.133
- SVM = 2.060



## LED med dårlig driver dæmpet til ca. 25%

- Percent flicker = 100.0%
- Flicker index = 0.860
- Frekvens = 100Hz
- PstLM = 0.154
- SVM = 8.111



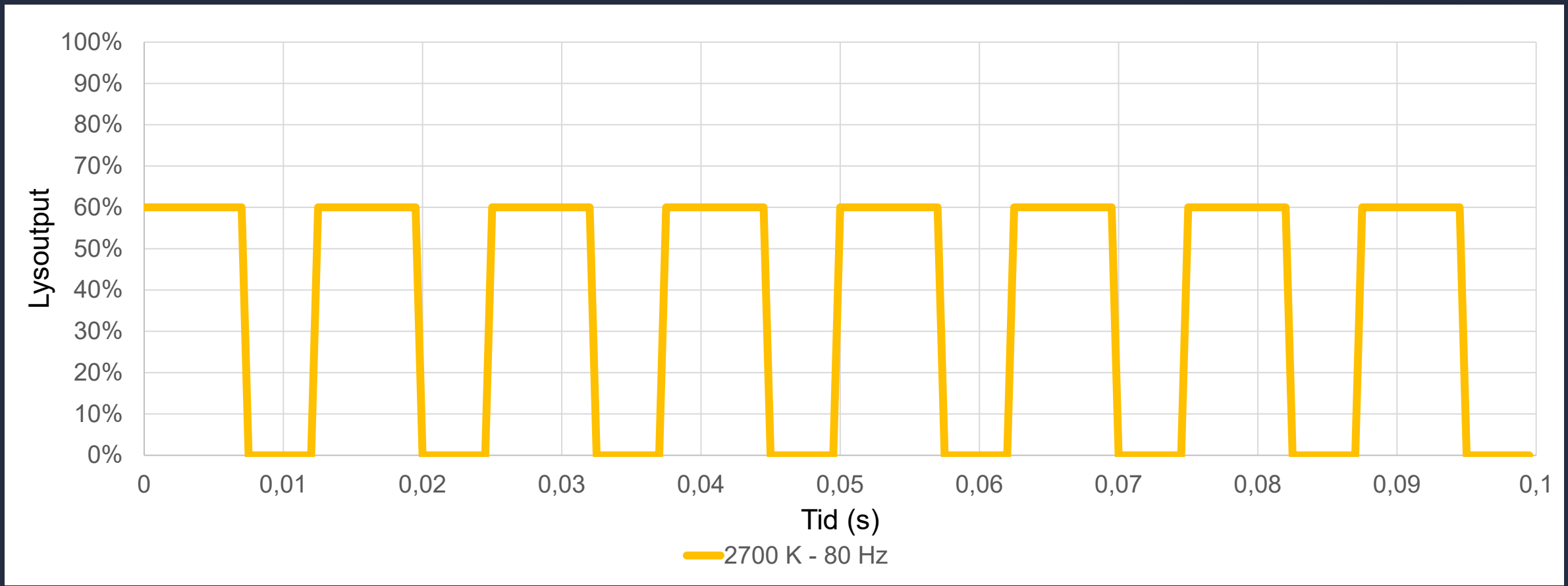
6500 K

2600 K

Mix

Bølgeform?

	Synligt flimmer - PstLM	Stroboskoeffekter - SVM
Varm LED 80 Hz	0,34	4,16



# EN 12464-1:2021 om dæmpning og flimmer

Flimmer og stroboskopiske effekter (TLA) kan ikke kun føre til nedsat visuel komfort og arbejdspræstation, men også til fysiologiske effekter som træthed og hovedpine. Derfor bør belysningssystemer designes til at undgå de negative effekter af flimmer og stroboskopiske effekter i hele dæmpningsområdet.

# **Energiforbrug i trådløse systemer**

# Smart dynamisk belysning vinder indpas

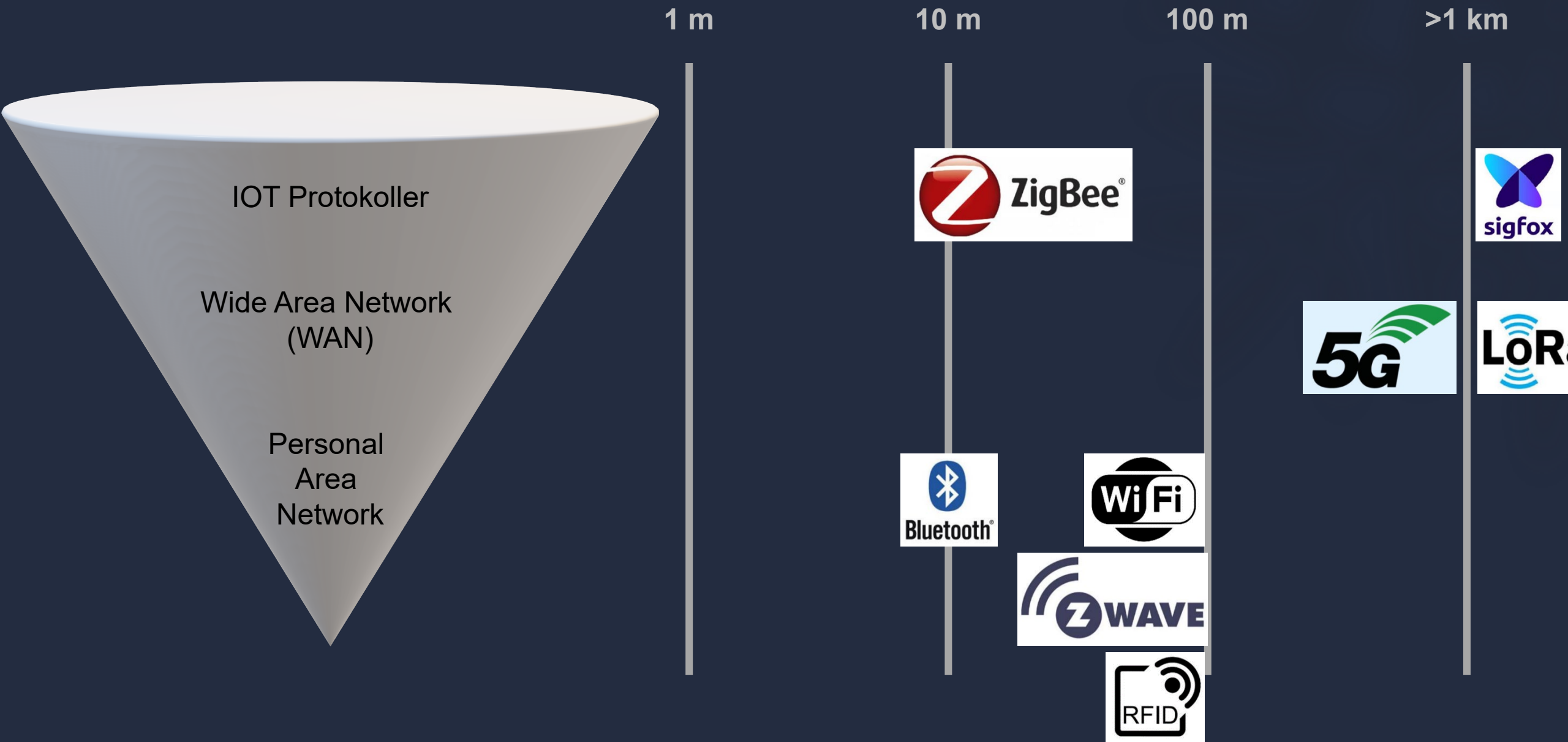
## Til hjemmebrug

- **Komfort:**  
Farveskift, timere, scenarier, musik, kamera, WiFi-booster...
- **Energibesparelser:**  
Dæmpning, sensorer, programmering
- **Netværk:**  
Understøtter andre tjenester/IOT'er, logning af energiforbrug

## Sundhedssektoren og kontorer

- Energibesparelser: Dæmpning, programmering
- Varme: Efterligne dagslysets rytme med kontrol af farvetemperaturen i løbet af dagen
- Navigation: I indkøbscentre og museer kan man bruge lyskilderne som WiFi-navigationsnoder





1 m

10 m

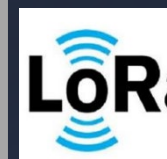
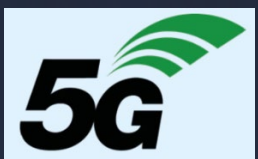
100 m

>1 km

IOT Protokoller

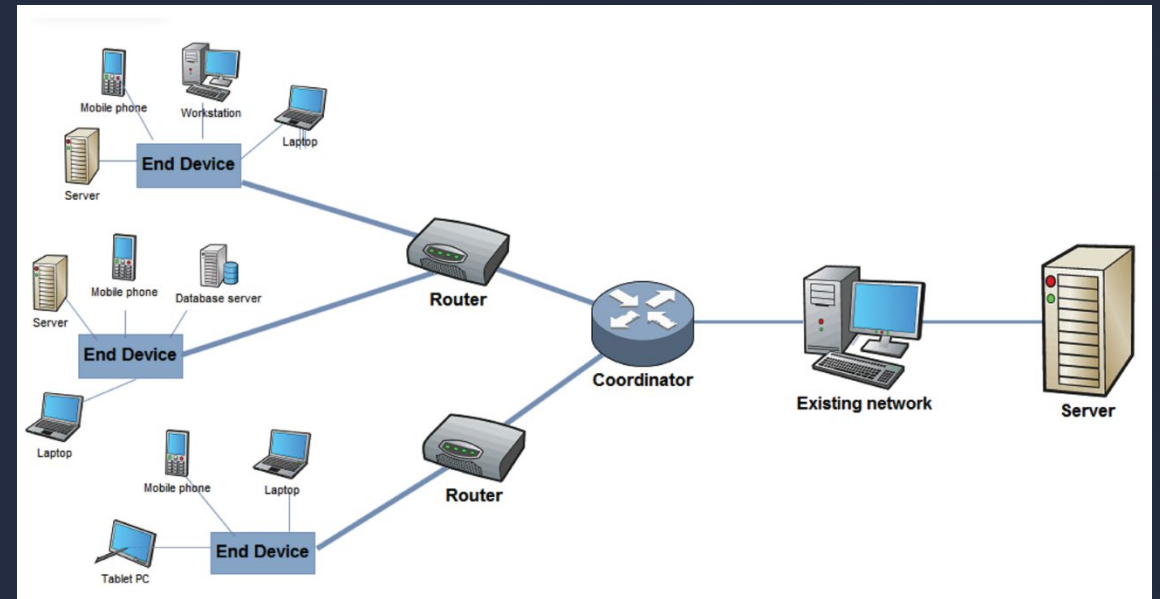
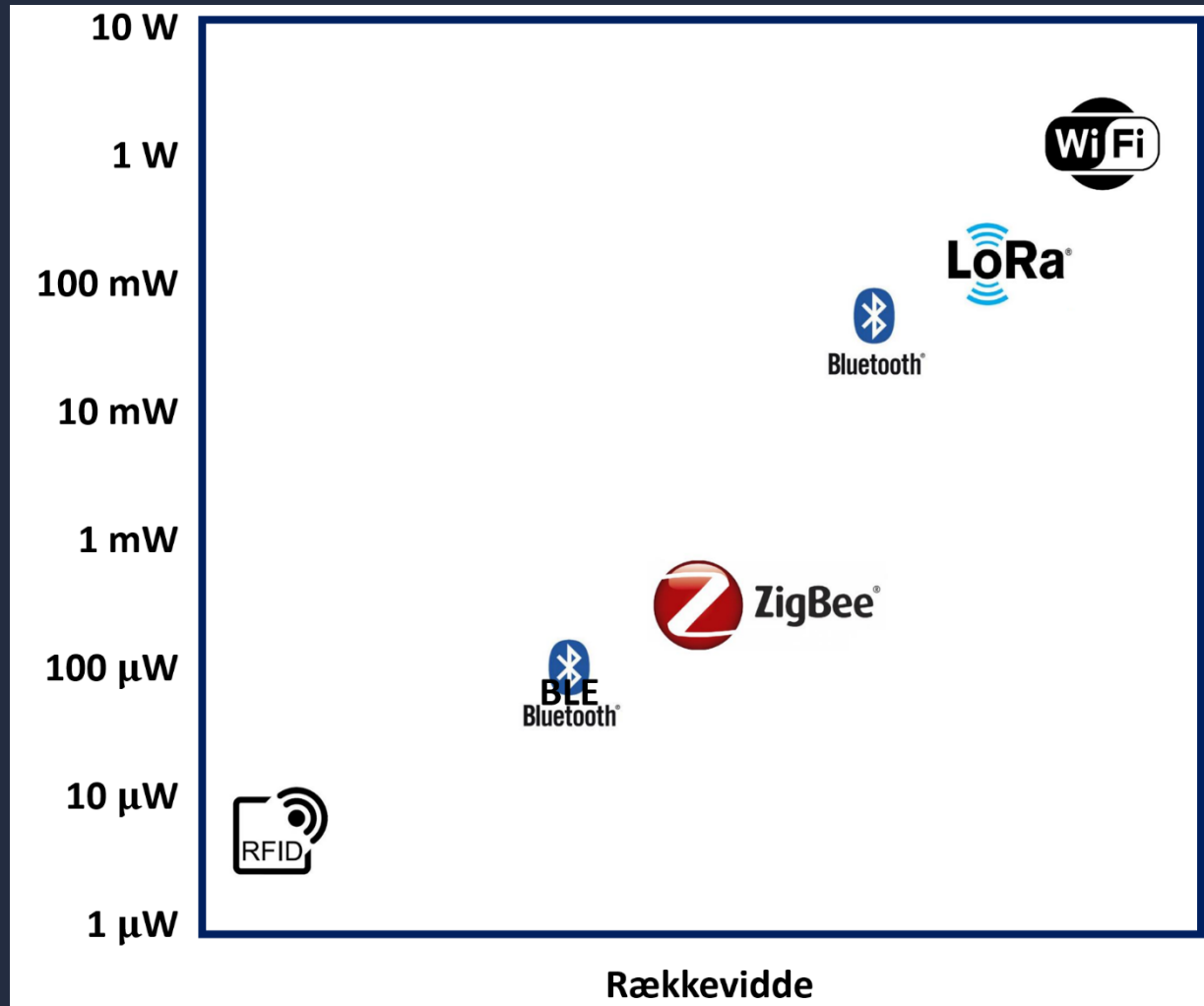
Wide Area Network (WAN)

Personal Area Network





# Store forskelle i energiforbruget



# ISGES Measurements and Characterisation

Segment	Type	Number	Rated power [W]	Rated luminous flux [lm]
Domestic lamps	E27, GU10	15	4,5 – 12	250 – 1000
Domestic luminaires	panel, cylinder, ring and build-in spot	8	4,5 – 24	300 – 2800
Office Luminaires	panel, cylinder, ring, build-in spot, long pendant lamp, desk lamp	11	3,5 –	

Egetforbrug i drivere, sensorer, routere, servere etc.?

Forskellig effektivitet afhængigt af CCT?

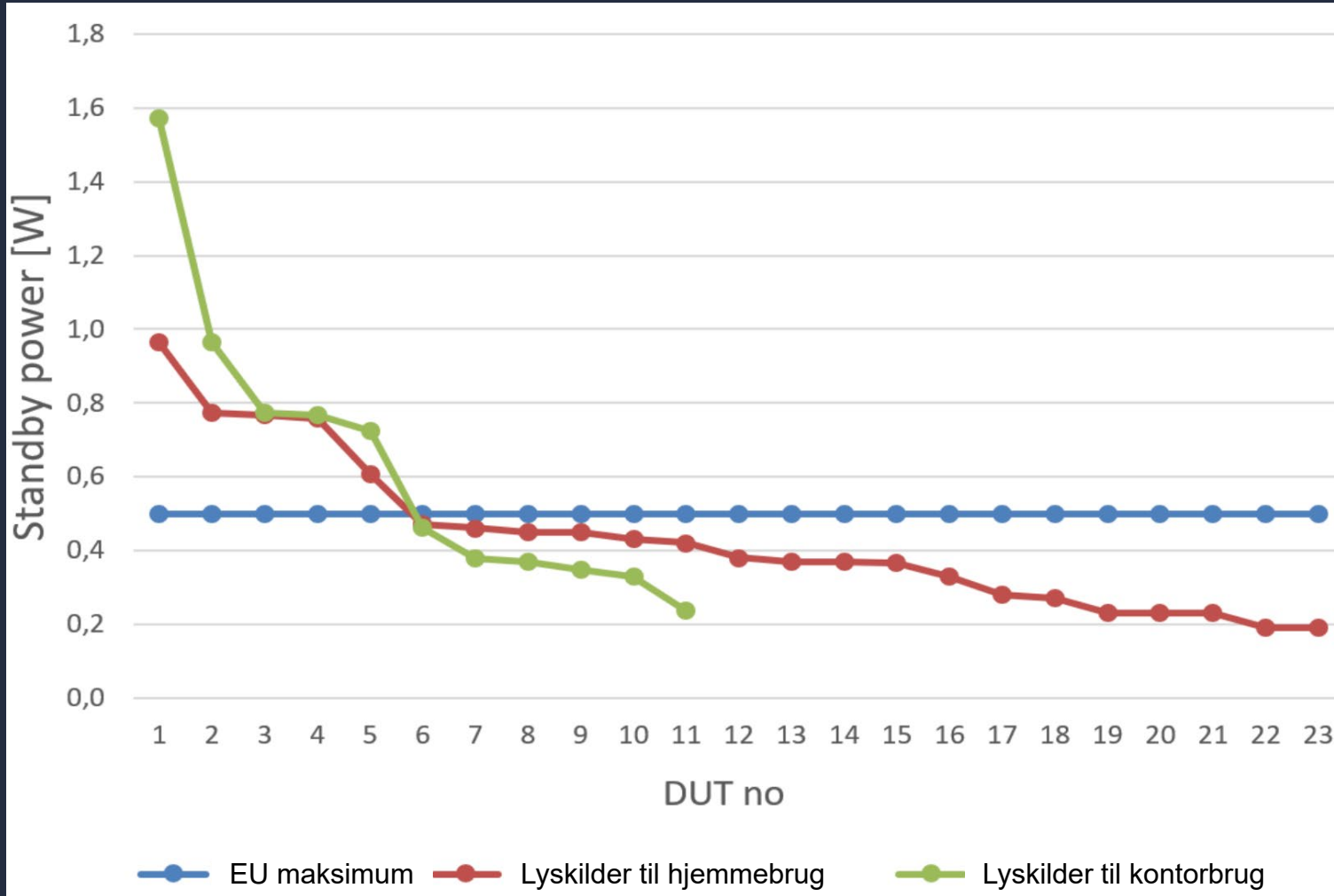
- Dimming: 100%, 75%, 50% and 25%
- CCT: min. (2200K), 2700K, 4000K, 5000K, and max. (6500K)
- Flicker: PstLM and SVM
- Standby Power

Ja – varierer?

Overholdes grænseværdier?



# Målt standby-forbrug



# Målt standby-forbrug

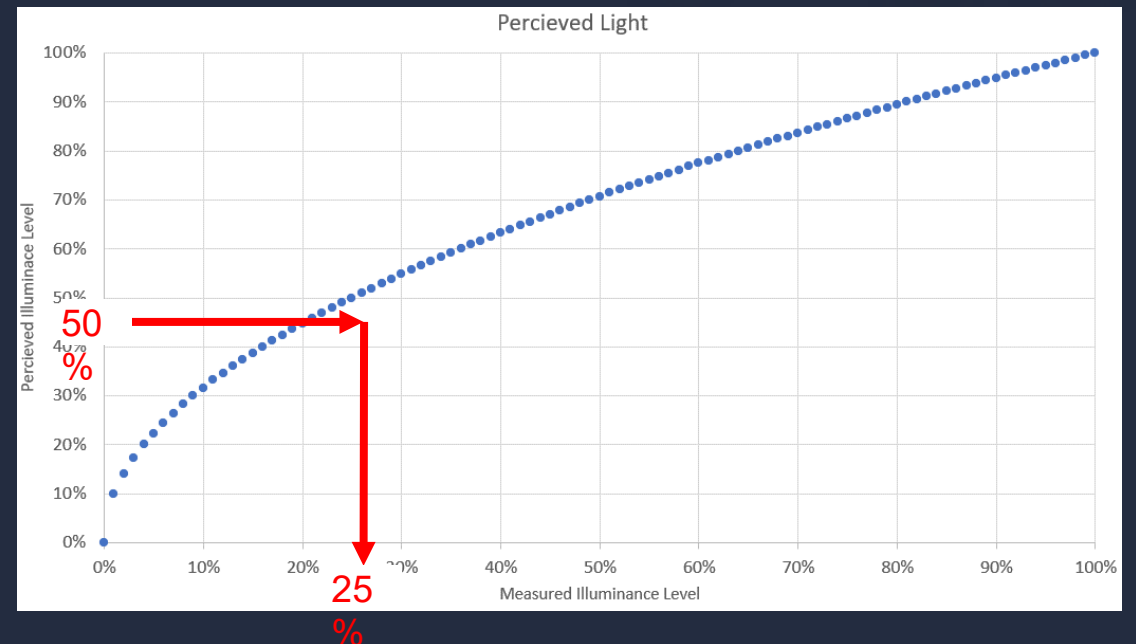
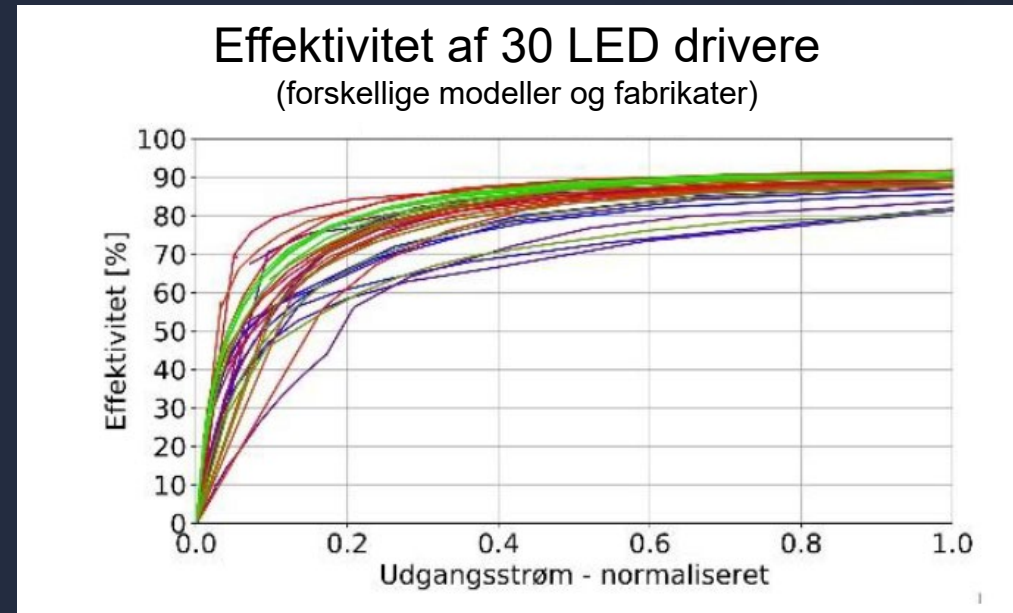
			Daglig brugstid <b>1 time</b>		Daglig brugstid <b>2 timer</b>	
Lyskilde	Tændt [W]	Standby effekt [W]	Dagligt forbrug [Wh]	Heraf standby	Dagligt forbrug [Wh]	Heraf standby
360 lm	3,0	0,5	15,0	80%	18,0	67%
		0,2	7,8	62%	10,8	44%
		0,1	5,4	44%	8,4	29%
		0,05	3,2	7%	6,2	4%
806 lm	6,7	0,5	18,7	64%	25,4	47%
		0,2	11,5	42%	18,2	26%
		0,1	9,1	26%	15,8	15%
		0,05	6,9	3%	13,6	2%

# Dæmpning er komplekst

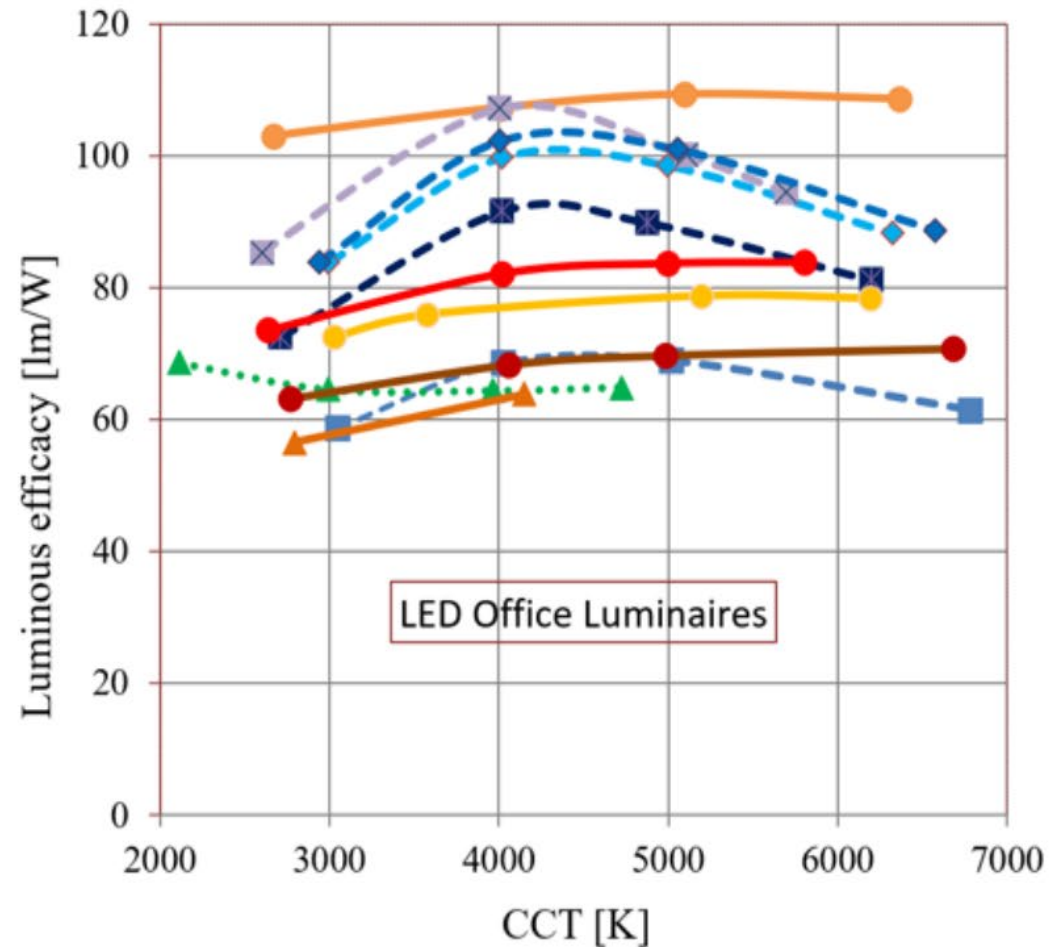
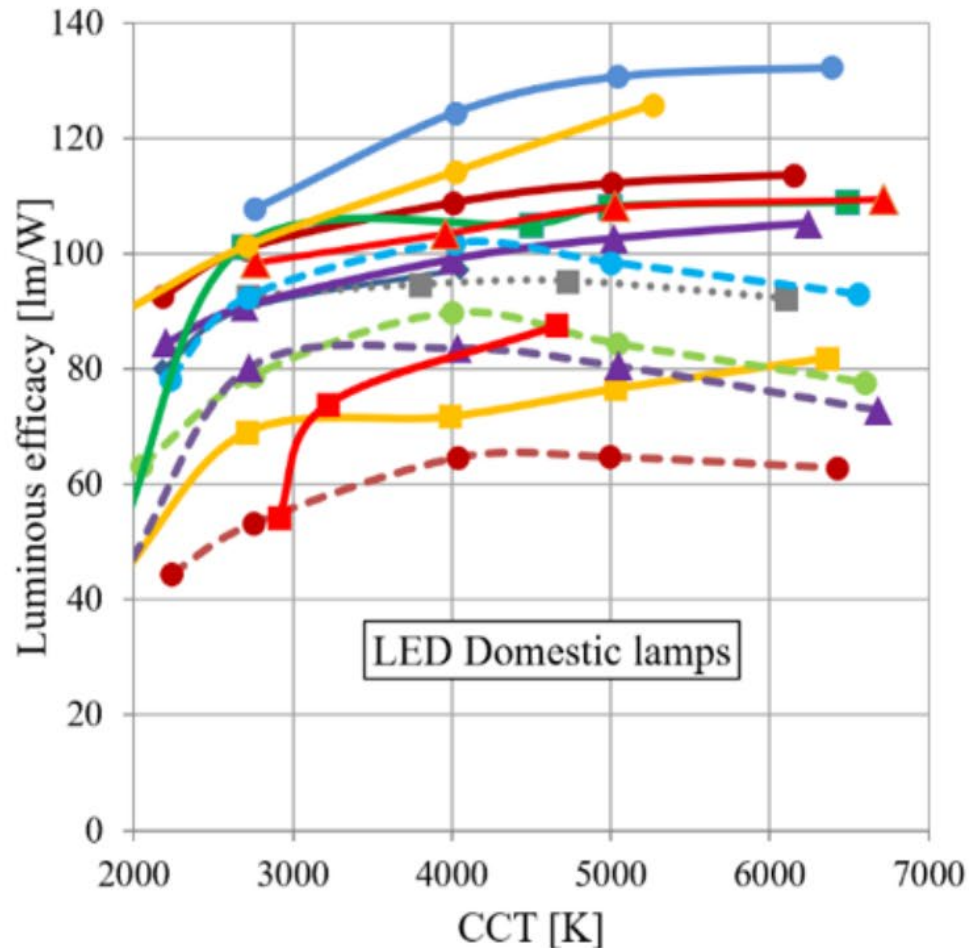
Dæmpning til 50% output strøm giver ikke 50% energiforbrug (internt drivertab)

Dæmpning til 50% oplevet lys til 50% målt lys

Reference: Elforsk PSO projektnummer 349-015



# Hvad sker der med effektiviteten, når man skifter farvetemperatur?



# Gode råd

- Brug trådløse løsninger, der hvor det giver mening
- Fortrådede løsninger = bæredygtig produkter, lang holdbarhed
- Benyt ikke-proprietære produkter
- I dæmpede/color-tunede systemer: Brug produkter, hvor indstillingerne ikke giver meget høje energiforbrug eller flimmer
- Benyt produkter med lavt standby-forbrug
- EU-krav

COMMISSION REGULATION (EU) 2023/826

of 17 April 2023

laying down ecodesign requirements for off mode, standby mode, and networked standby energy consumption of electrical and electronic household and office equipment pursuant to Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Regulations (EC) No 1275/2008 and (EC) No 107/2009

# Blænding





*Photo courtesy of the International Dark-sky Association*

LYSKILDENS RELATIVE  
STØRRELSE  
(RUMVINKEL)

BAGGRUNDS-  
LUMINANS

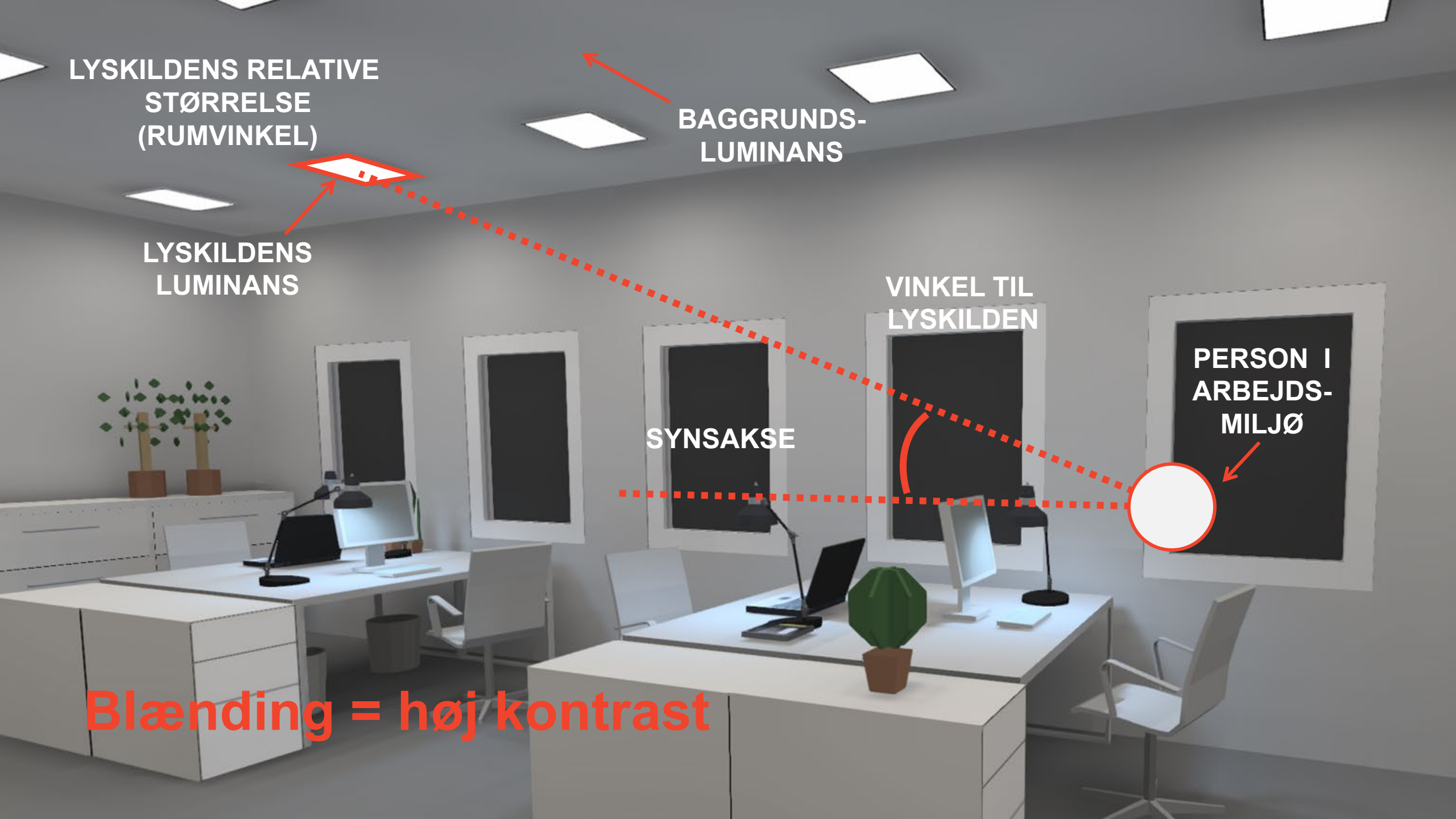
LYSKILDENS  
LUMINANS

VINKEL TIL  
LYSKILDEN

SYNSAKSE

PERSON I  
ARBEJDS-  
MILJØ

**Blænding = høj kontrast**



# Hvorfor snyder LED os?



# Fremskridt?



# Passer UGR-tallet med oplevelsen i virkeligheden?

- Ja og nej
- UGR dner ikke til
  - Store lyskilder såsom lysende lofter
  - Temmelig små lyskilder
  - **Set på tre meters afstand svarer det til lyskilder, som er fra tennisboldstørrelse til 1 m<sup>2</sup>**
- Anbefales: Brug øjnene – lav prøveopsætninger



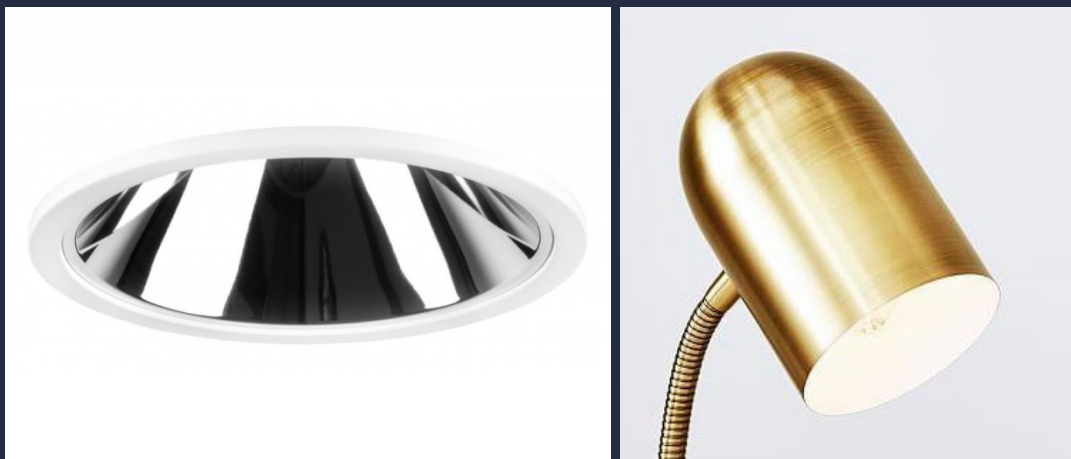
# Armaturer og blænding

To centrale begreber:

## Afskæring

Lyset

Afskære direkte indkig til lyskilden



## Luminansopblødning

Synet af armaturet

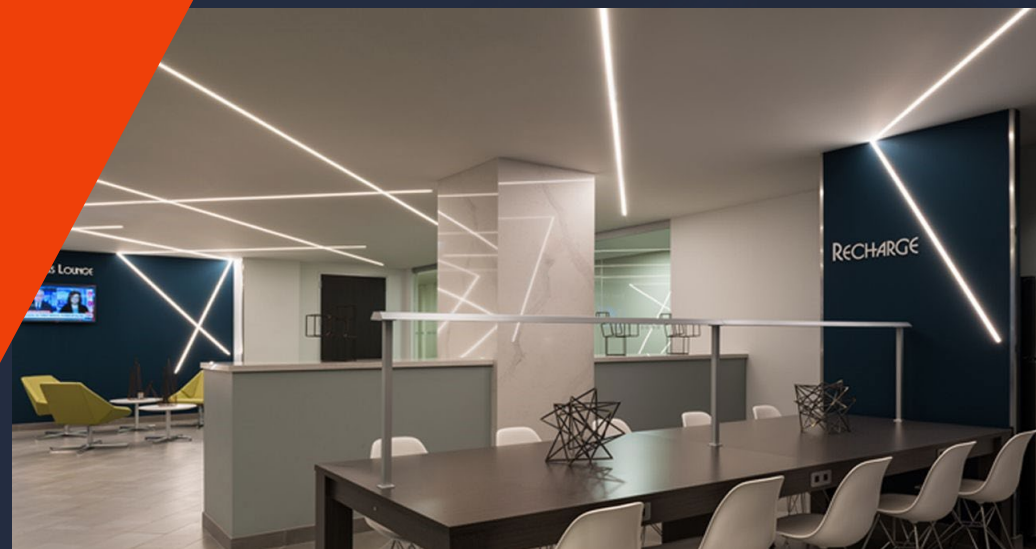
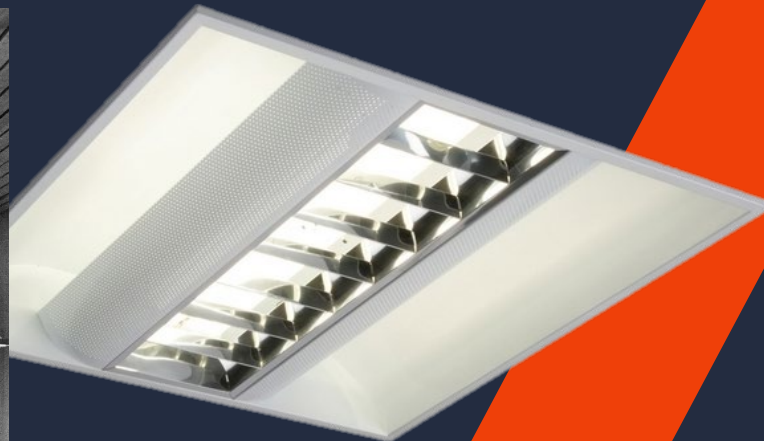
Øge størrelsen af den lysende flade

Skabe bløde kontrastovergange

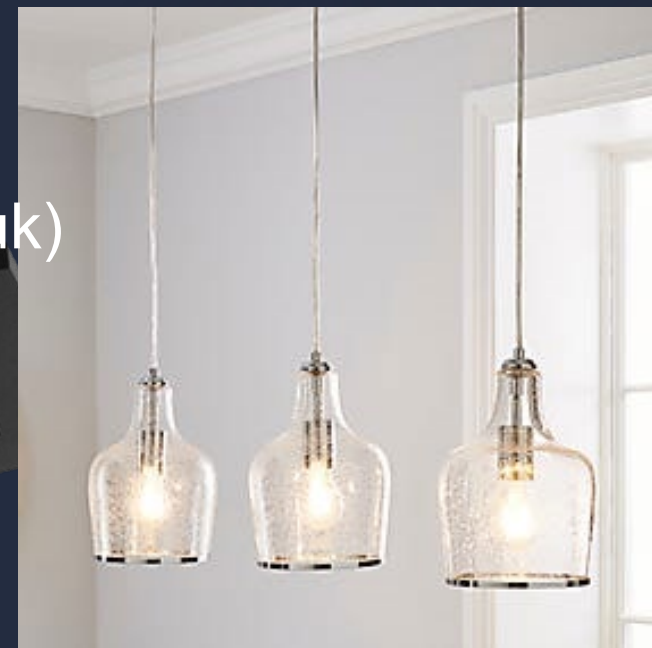
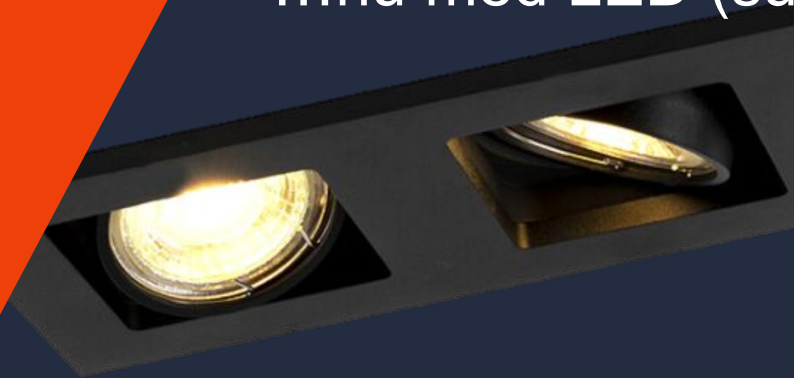


Husk også andre flader (loft, bord, vægge...)

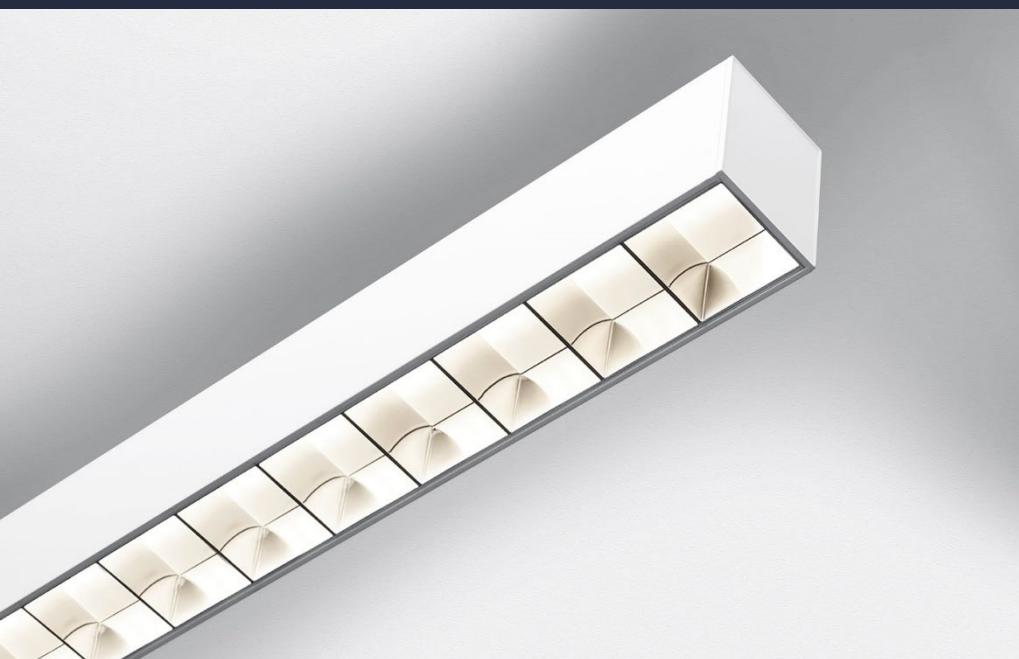
Afskære direkte indkig  
Øge størrelsen af den lysende flade  
Skabe bløde kontrastovergange



...nu med LED (suk)

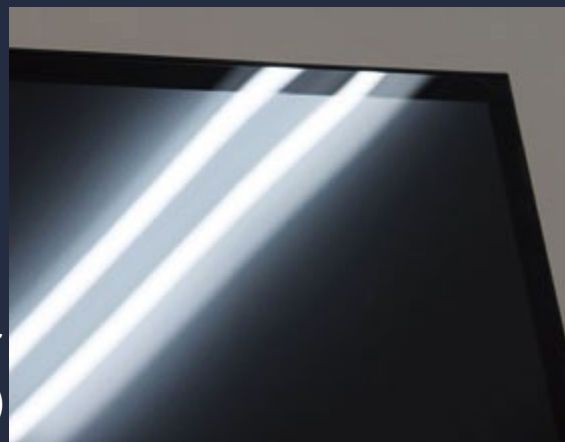


# Husk spejlinger – et nyt problem?



Mange moderne LED-armaturer er meget smalle og med fin optik m. blændingsafskærmning – fremragende UGR!

Men.....  
skidtet spejler sig i blanke bordplader  
og blanke skærme (mobil, tablet, PC)





# Tak for opmærksomheden!



Anne Bay

22 62 71 34

[info@spektrumlysdesign.dk](mailto:info@spektrumlysdesign.dk)