



Į žmogų orientuotas apšvietimas – moksliniai tyrimai ir praktiniai pavyzdžiai

Human Centric Lighting

Dr. Pranciškus Vitta

Vilniaus Universitetas, Taikomųjų mokslų institutas

Apšvietimo tyrimų grupė

<http://www.lrg.projektas.vu.lt>

ICT-2013.3.2 Grantu numeris: 619249

Pradžia 2013 Lapkričio 1 d., trukmė 3 metai

Koordinatorius: TNO (Nyderlandų Taikomųjų tyrimų
organizacija)



Vilnius
2015 11 11



Šviesos technologijų Istorija

Šviesos poveikis žmogui

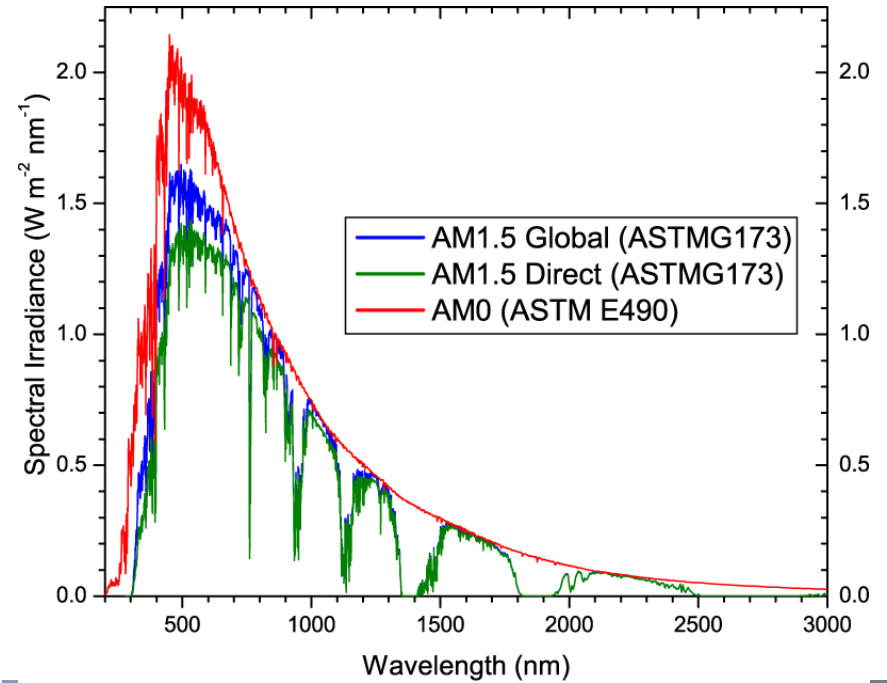
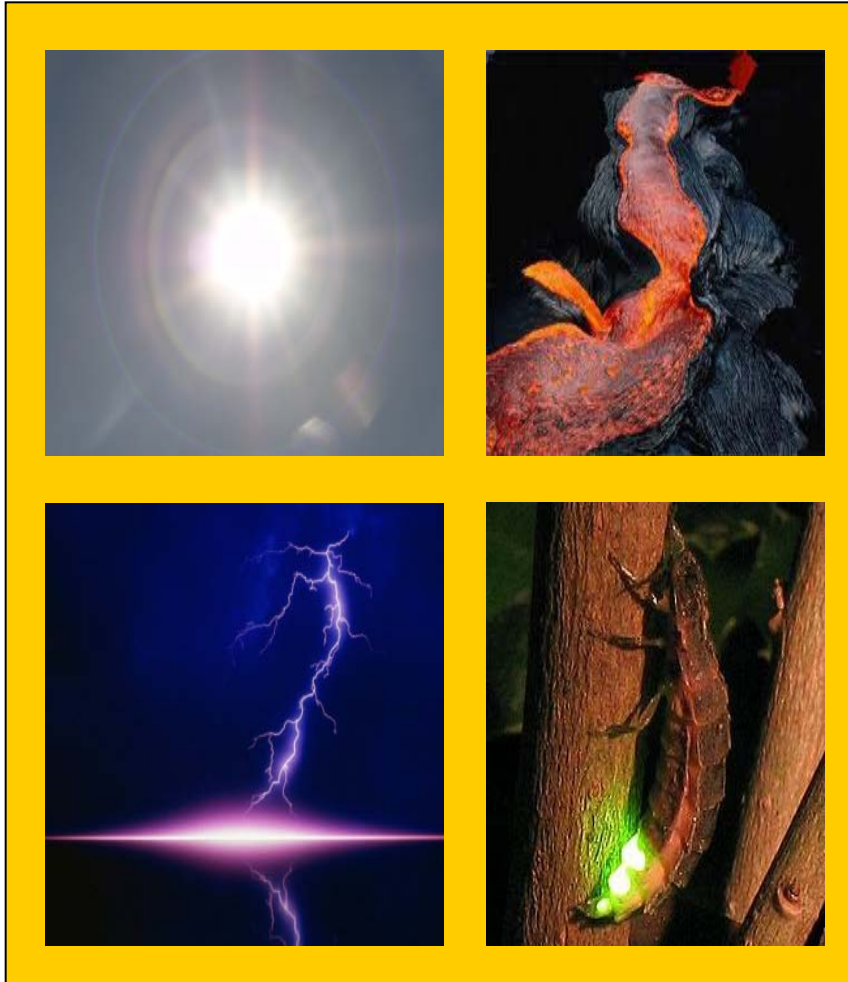
Moksliniai pavyzdžiai

Tyrimai ir technologijos Lietuvoje



ŠVIESOS TECHNOLOGIJŲ ISTORIJA

Natūrali šviesa



Liepsnos šviesa



Prieš 500 tūkst. metų



Prieš 30-70 tūkst. metų



Romos imperijos
laikai

Šviesos technologijos



Agrand'ó (1784 GB Pat. Nr. 1425) inovacija, dagtis su oro padavimu per vidurj.



Kietakūniai šviesos šaltiniai



Light Emitting Diode (LED)

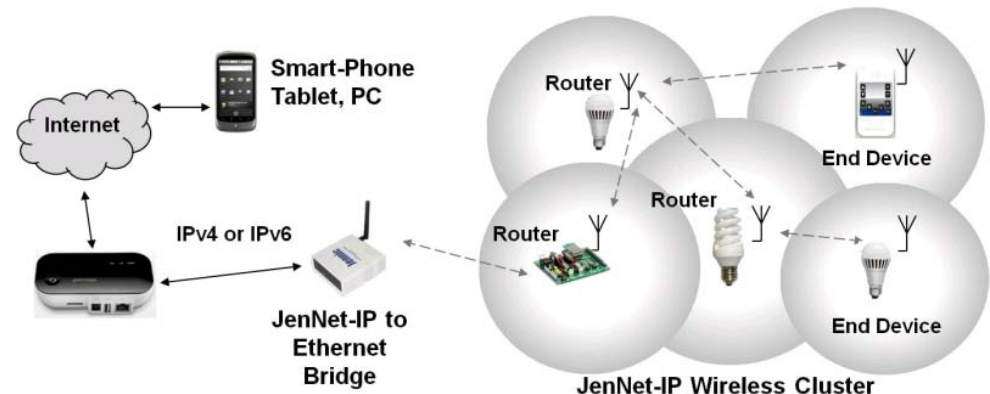
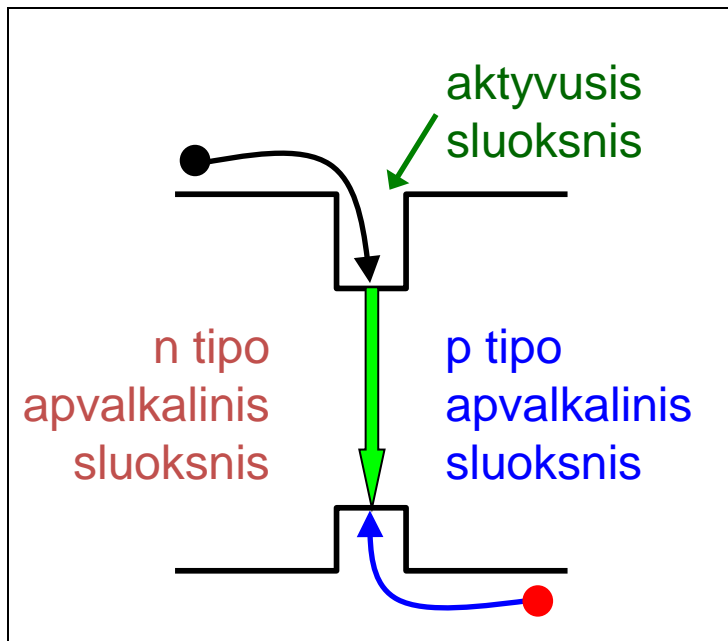
Šviesos diodas;
puslaidininkinis šviestukas

Solid State Lighting (SSL)

Kietakūnis apšvietimas

Smart Lighting

Išmanusis apšvietimas



Fiz. Nobelio premija 2014



Isamu Akasaki



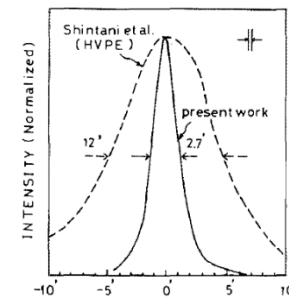
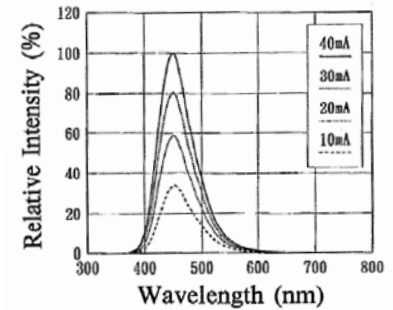
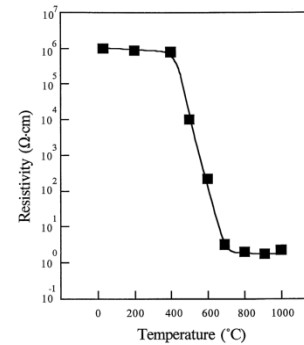
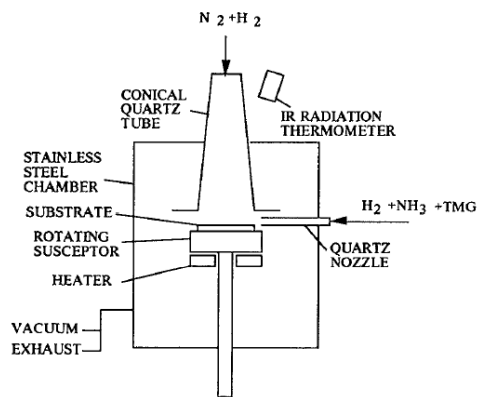
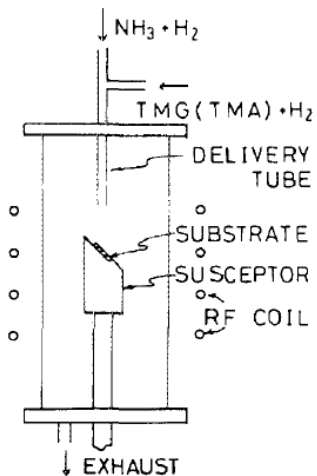
Hiroshi Amano



Shuji Nakamura



AlInGaN technologija, MOCVD reaktoriuje



1991-1994

Vilnius
2015 11 11



GaN Lietuvoje



APPLIED PHYSICS LETTERS VOLUME 75, NUMBER 15 11 OCTOBER 1999

Heating of photogenerated electrons and holes in highly excited GaN epilayers

G. Tamulaitis and A. Žukauskas^{*)}
Institute of Materials Science and Applied Research, Vilnius University, Naugarduko 24, 2006 Vilnius, Lithuania

J. W. Yang and M. A. Khan
Department of Electrical and Computer Engineering, University of South Carolina, Columbia, South Carolina 29208

M. S. Shur and R. Gaska
Department of Electrical, Computer, and Systems Engineering, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York 12180

(Received 27 May 1999; accepted for publication 15 August 1999)

1999

APPLIED PHYSICS LETTERS VOLUME 76, NUMBER 9 28 FEBRUARY 2000

Lattice and energy band engineering in AlInGaN/GaN heterostructures

M. Asif Khan, J. W. Yang, and G. Simin
Department of Electrical and Computer Engineering, University of South Carolina, Columbia, South Carolina 29208

R. Gaska and M. S. Shur
Department of Electrical, Computer, and Systems Engineering, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York 12180

Hans-Conrad zur Loye
Department of Chemistry and Biochemistry, University of South Carolina, Columbia, South Carolina 29208

G. Tamulaitis and A. Zukauskas
Institute of Material Science and Applied Research, Vilnius University, Vilnius, Lithuania

David J. Smith and D. Chandrasekhar
Center for High Resolution Electron Microscopy, Center for Solid State Science, Arizona State University, Tempe, Arizona 85287-1704

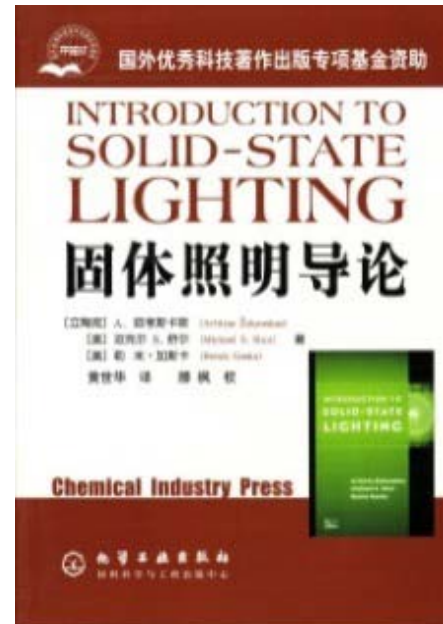
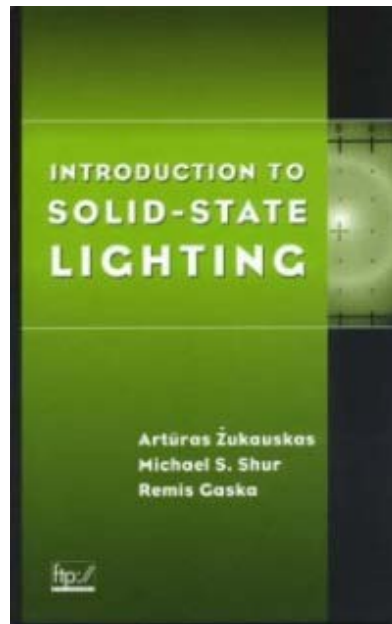
R. Bicknell-Tassius
Jet Propulsion Laboratory, M/S 302-306, Pasadena, California 91109

(Received 20 April 1999; accepted for publication 5 January 2000)

2000

>100 citavimų

2002



2005



Vilnius
2015 11 11



ŠVIESOS POVEIKIS ŽMOGUI

Žmogaus akis iki 2000 m

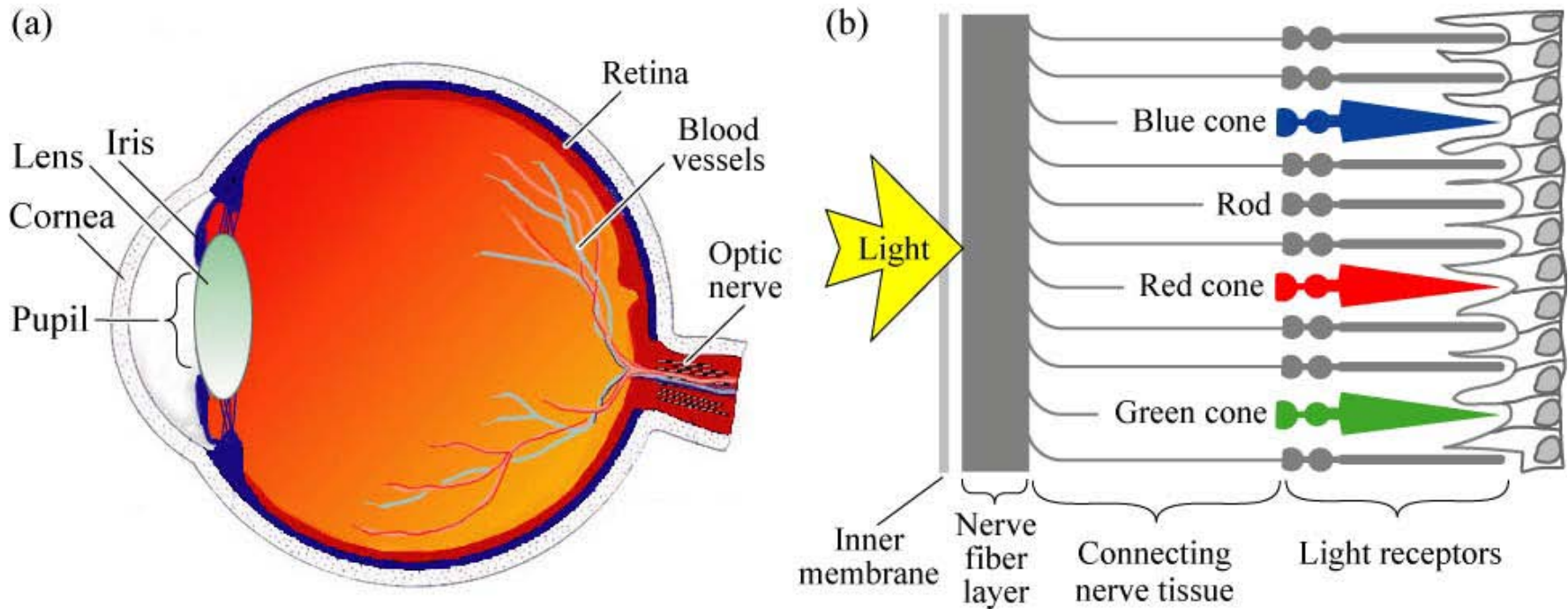
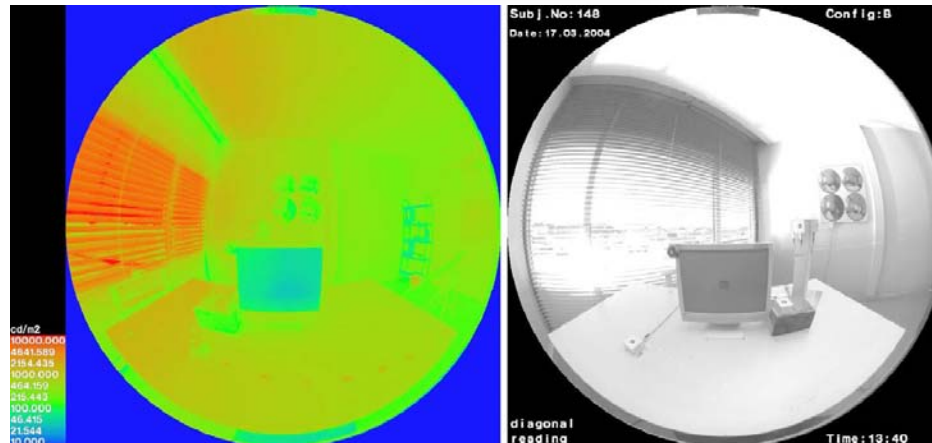
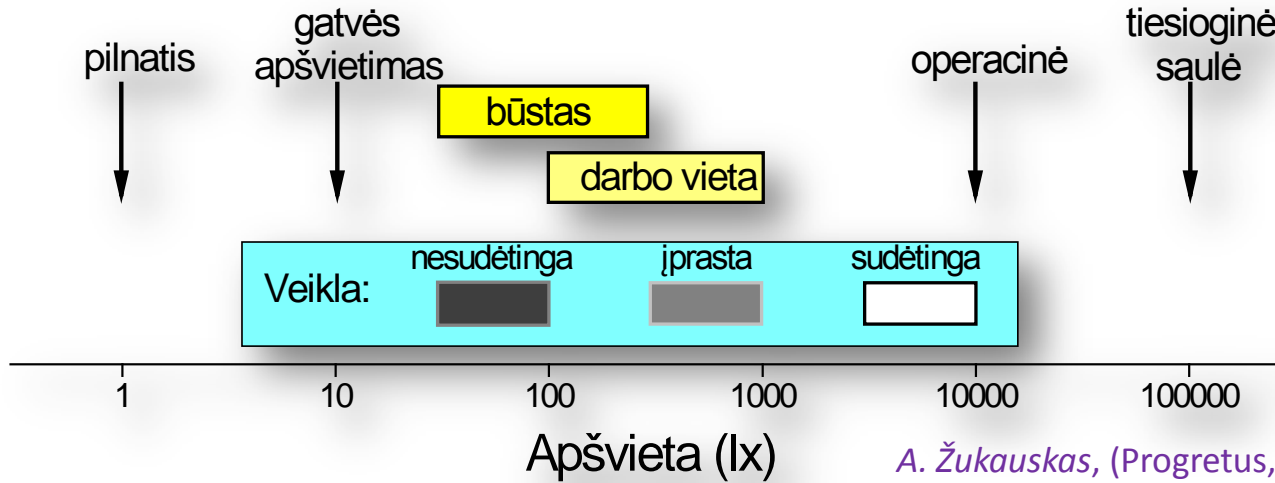


Fig. 16.1. (a) Cross section through a human eye. (b) Schematic view of the retina including rod and cone light receptors (adapted from Encyclopedia Britannica, 1994).

E. F. Schubert
Light-Emitting Diodes (Cambridge Univ. Press)
www.LightEmittingDiodes.org

Apšvieta ir skaistis



*J. Wienold, J. Christoffersen,
En.Build Env. 38, 2006*

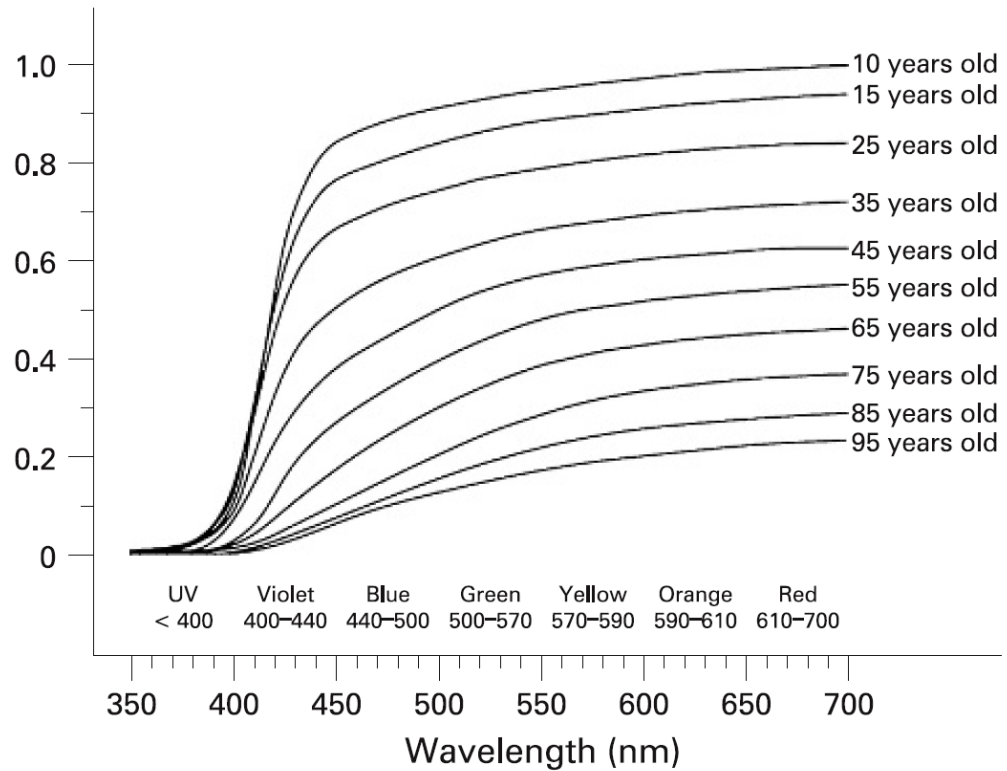
Apšvietimo normos

LST EN 12464-1:

2.6	Elektrotechnikos pramonė	E_m	UGR	R_A
2.6.1	Kabelių ir laidų gamyba	300	25	80
2.6.2	El. apvijos:			
	- didelės ritės	300	25	80
	- vidutinio dydžio ritės	500	22	80
	- mažos ritės			
2.6.3	Ričių impregnavimas			
2.6.4	Galvanizavimas			
2.6.5	Surinkimo darbai:			
	- grubūs, pvz. dideli transformatoriai			
	- vidutinio dydžio, pvz. valdymo pultai			
	- tikslūs, pvz. telefonai			
	- itin tikslūs, pvz. matavimo įrenginiai			
2.6.6	Elektronikos dirbtuvės, testavimo			

<http://www.mazgas.lt/images/pdf/Apsvietimo%20normos%20LST%20EN12464-1.pdf>

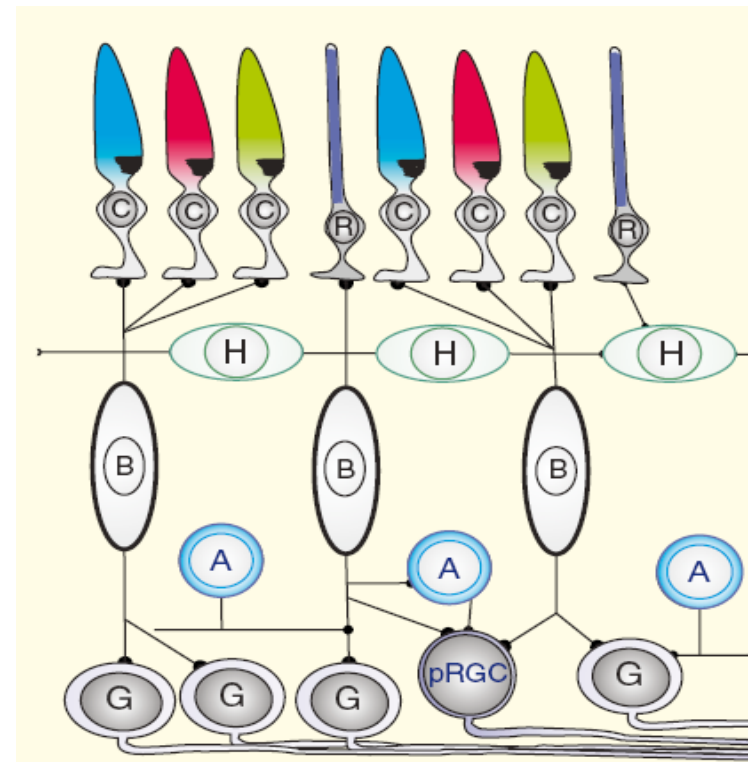
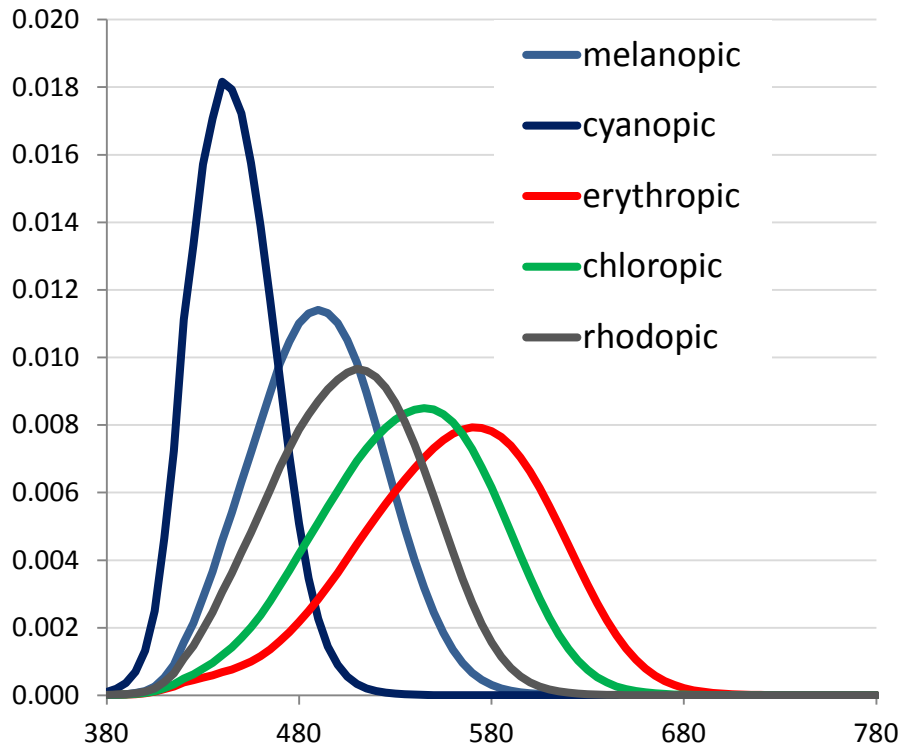
Pupil-weighted spectral retinal illumination
(relative to a 10 year old eye)



P.L. Turner et al. *Br. J. Ophthalmol*, 2008

Žmogaus akis po 2001 m

Fotoreceptorių spektrinis jautris

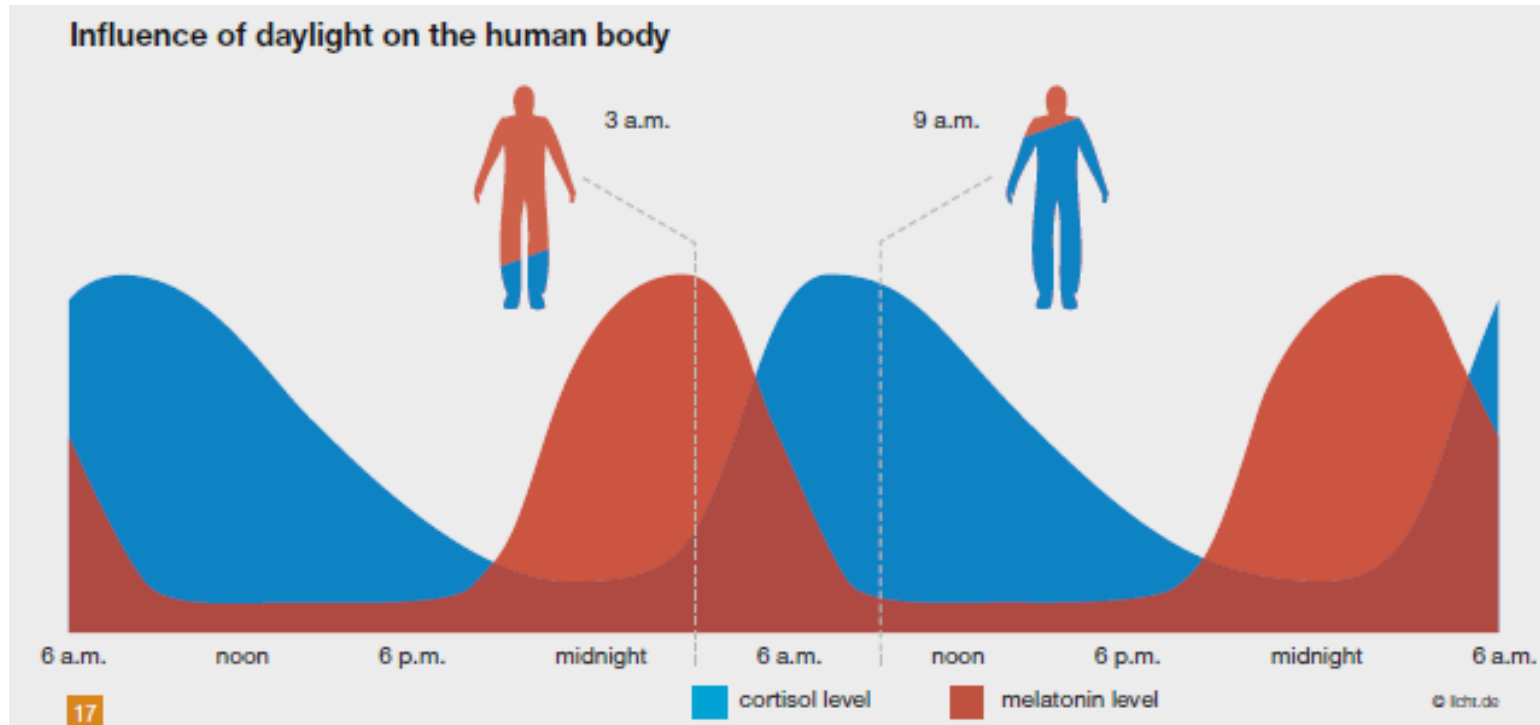


DIN SPEC 67600

Lucas et al., Measuring light in the melanopic age, TiNS 2014

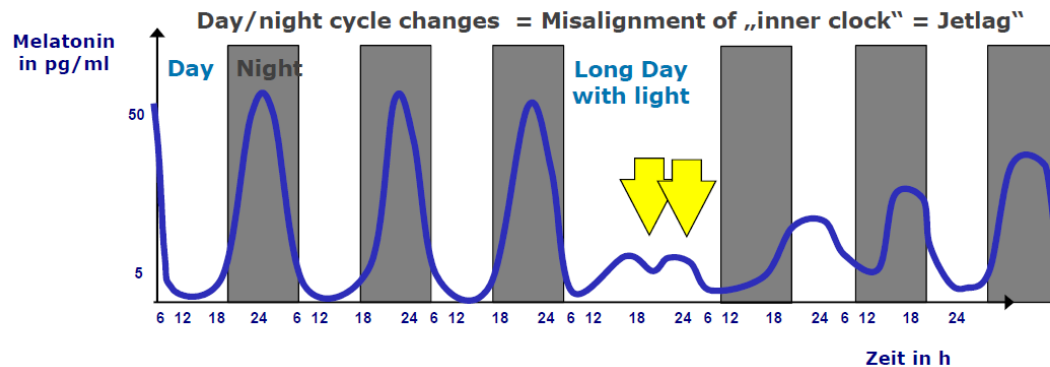
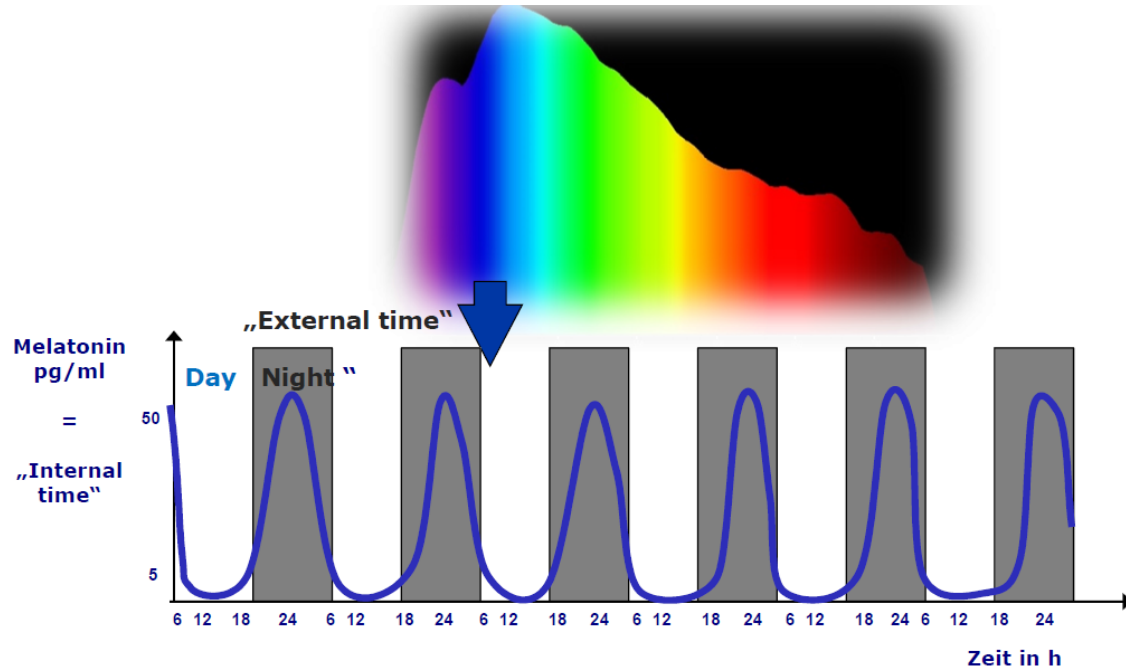


Biologinis laikrodis



licht.wissen 19
www.licht.de

Paros ciklo sutrikdymas



Į žmogų orientuotas apšvietimas – kas tai?

Užtikrina vizualinius poreikius;

Didina budrumą ir mentalinius/kognityvinius gebėjimus darbo/mokymosi vietoje;

Gerina miego kokybę;

Riboja šviesos taršą ir žalą gyvajai gamtai nakties metu.

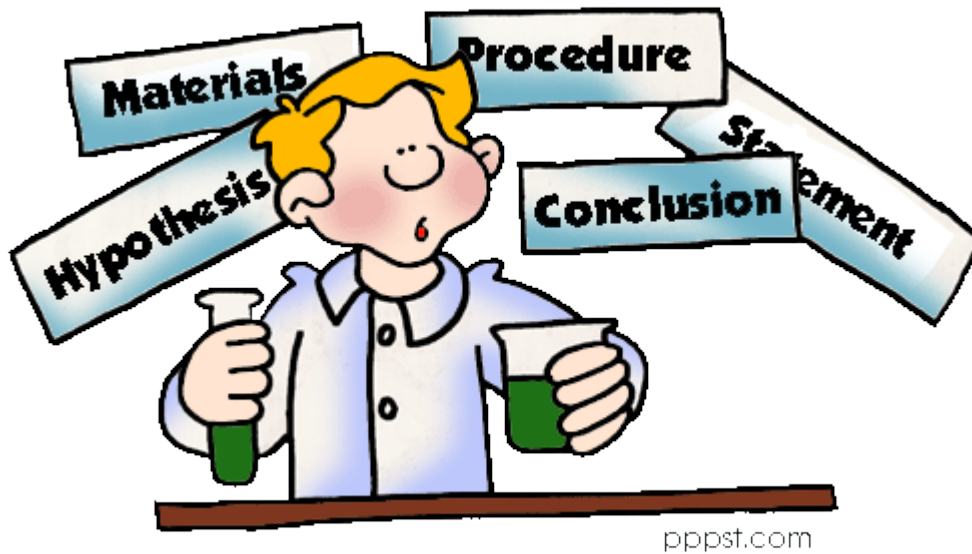
Tačiau....

**Į žmogų orientuotas apšvietimas
NĖRA šviesos DOPINGAS !**



**Tai būdas žmonėms sugražinti tai,
ką jie prarado dėl šiuolaikinio
gyvenimo/darbo !**





MOKSLINIAI PAVYZDŽIAI

Regos aštrumumas

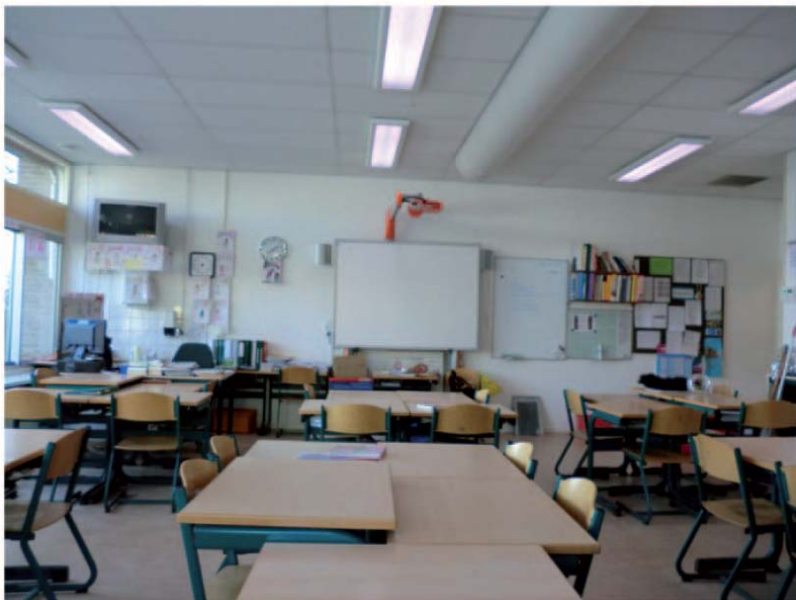


SM Berman et. al. LRT (2006).

Tirtas vaikų (10-11 m amžiaus) regos aštrumumas esant 3600 K ir 5500 K spalvinės temperatūros apšvietimui ir 85 ir 42,5 cd/m² vid. skaisčiui

- Rega aštresnė esant 5500 K palyginti su 3600 K;
- Skaisčio skirtumas neparodė statistiškai patikimo poveikio regos aštrumui;
- Akių vyzdžiai buvo labiau susitraukę esant 5500 K.

Tyrimai Danijos mokykloje



Dinaminis apšvietimas:

Apšvieta: 350 – 1000 lx;
Spalvinė temperatūra: 3000 – 12000 K

Mokiniai: 4-okai ir 6-okai po dvi klases.
Dėmesio sutelkimo D2 testai: prieš įdiegiant apšvietimą ir po 4 bei 6 savaičių.

Kontroliuotos išorinės sąlygos, kaip CO₂ koncentracija ore ir triukšmo lygis.

Dinamiškai apšviestose klasėse, buvo stebimas dėmesio sutelkimo rezultatų gerėjimas (ilgalaikėje perspektyvoje);

Dėmesio sutelkimo priklausomybė nuo momentinio apšvietimo režimo (trumpalaikėje perspektyvoje) nebuvo statistiškai reikšminga.

P.J.C. Slegers et al. LRT (2013).

Biuro aplinkos tyrimas



Dinaminis apšvietimas:

Apšvieta: 350 – 750 lx;

Spalv. Temp.: 3000 – 4700 K

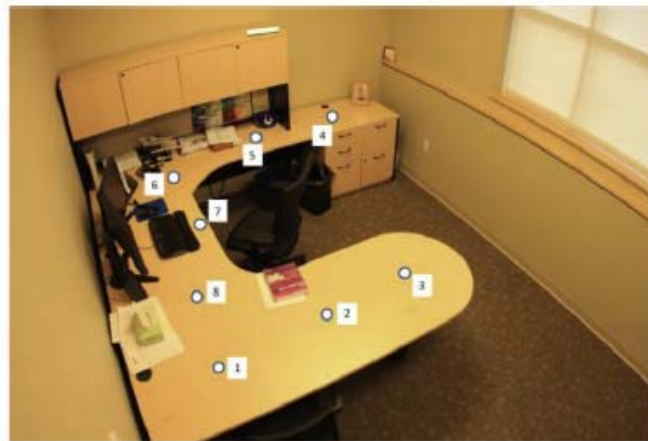
Du biurų aukštai viename pastate.

Apšvietimo scenarijai (Dinaminis ir statinis) sukeičiami kas 3 mėn.

Vertinta darbuotojų: energingumas, miego kokybė, psichinė savijauta, galvos skausmai ir akių nuovargis bei subjektyvus darbingumas.

Statistiškai patikimų tendencijų nustatyti nepavyko, bet darbuotojams labiau patiko dinaminis apšvietimas.

Priimtimumo vertinimas



M. Wei et. al. *J. Env. Psych.*
(2014).



Dinaminis apšvietimas:

Apšvieta: 300 – 1000 lx;

Spalv. Temp.: 3500 ir 5000 K ir natūrali šviesa

Buvo tiriama subjektyvūs vertinimo faktoriai kaip vizualinis komfortas, bendras pasitenkinimas, suvokiamas skaistis, spalvinės temp. tinkamumas, asmeniškai vertinamas produktyvumas.

5000 K atrodė šviesiau, bet bendras pasitenkinimas ir spalvinė temperatūra labiau patiko 3500 K.

Depresijos gydymas

—THE CARLAT REPORT—
PSYCHIATRY *A CME Publication*

AN UNBIASED MONTHLY COVERING ALL THINGS PSYCHIATRIC

Light Therapy for Depression?

Results of Meta-Analysis of Bright Light Studies for Depression		
Diagnosis and Treatment	Effect Size	Clinical Effect
Seasonal Affective Disorder		
Bright light	0.84	Large
Dawn simulation	0.73	Large
Nonseasonal Depression		
Bright light	0.53	Medium
Adjunctive bright light	-0.01	None

The Carlat Psychiatry Report, 10/2006 in Volume: Issue 4:10.

Poveikis sezoninės depresijos atveju 0,84 (labai žymus)

Poveikis nesezoninės depresijos atveju 0,53 (vidutinis)

Šviesa veikia kaip antidepresantas !

Mieguistumo gydymas

PHYSIOLOGICAL REVIEW

Alerting effects of light ☆

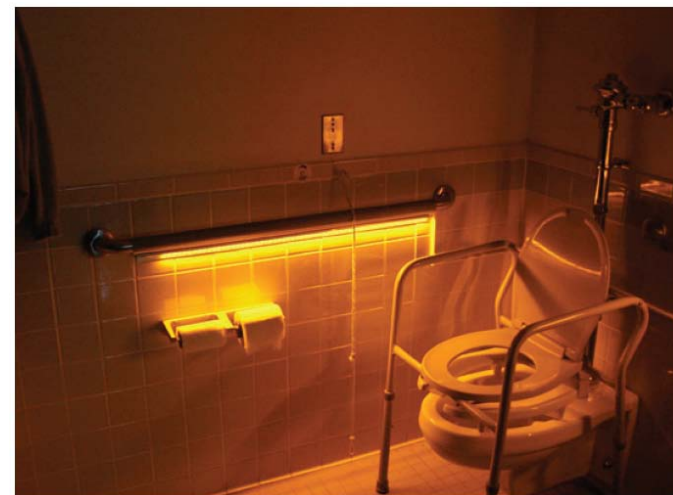
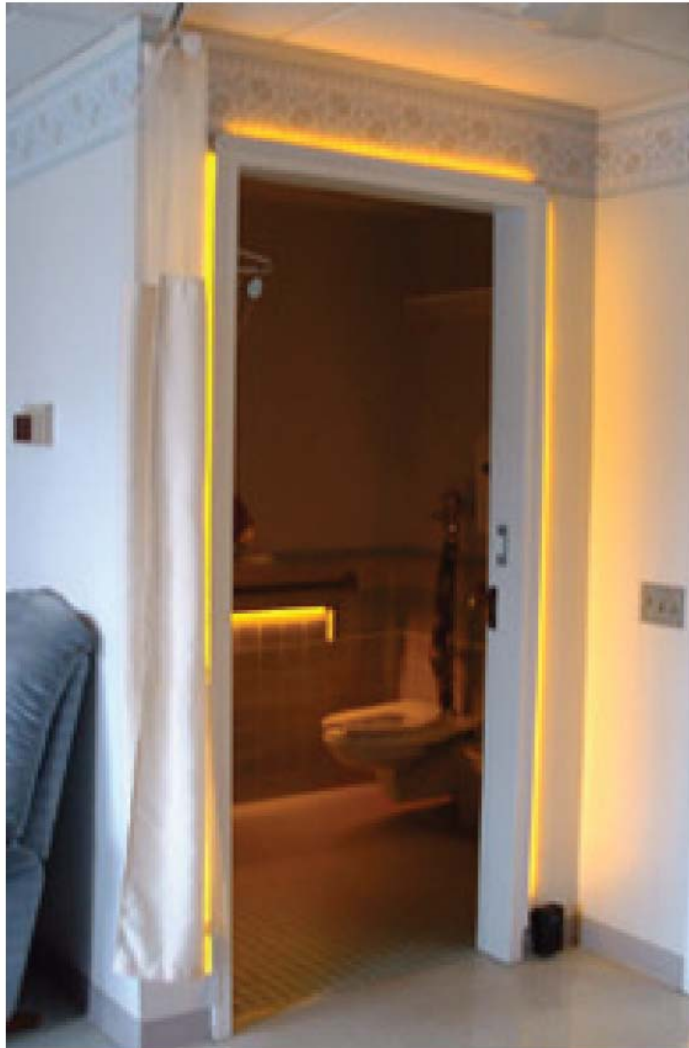
Christian Cajochen*

Centre for Chronobiology, Psychiatric University Clinics, Wilhelm Kleinstr. 27, CH-4025 Basel, Switzerland

“Naujausi tyrimai rodo nevizualinės žmogaus regos sistemos svarbą budrumui. Tai atveria naujas nepageidaujamų mieguistumo ir darbingumo sutrikimų prevencijos bei gydymo galimybes...”

Christian Cajochen, Sleep Med. Rev. 2007

Naktinis apšvietimas



Apibendrinimas mokyklai:

Optimizuotas ir sveikatos poveikį orientuotas apšvietimas gali:

Pagerinti nuotaiką, darbingumą, socialinį elgesį, psichologinę sveikatą ir savijautą^{1,2,4,5,8-11,13};

Pagerinti dėmesio koncentravimą;¹⁰

Melsvos šviesos trūkumas ryte gali pavėlinti biologinį laikrodį ir sukelti nuovargį;^{3,12}

Dienos šviesos trūkumas gali turėti įtakos kortizolio koncentracijai ir sveikatai.¹¹

Apibendrinimas biurui:

Didžiausią įtaką daro šviesos intensyvumas. Stipresnis apšvietimas gali:

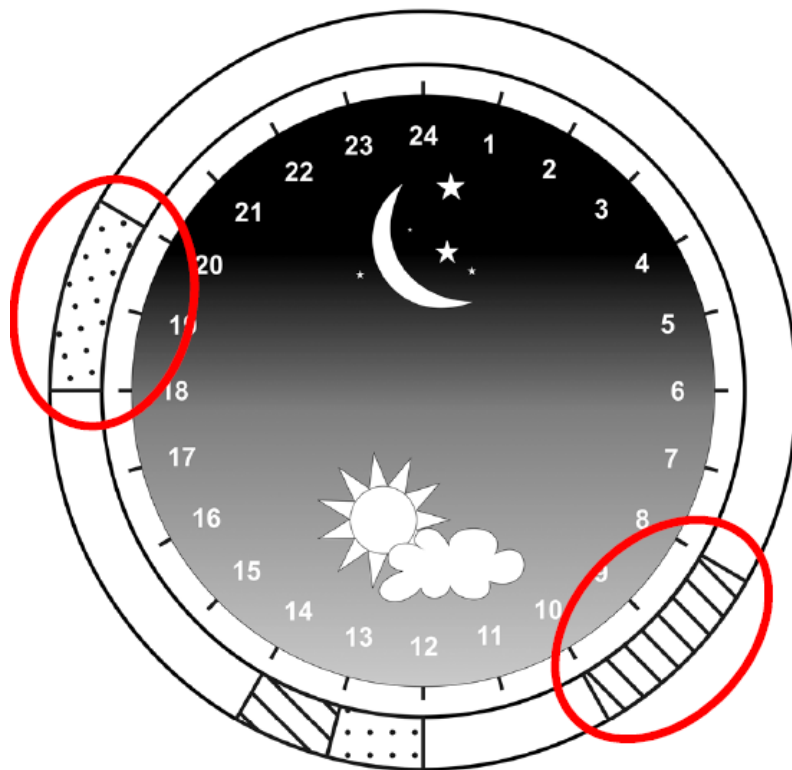
Sustiprinti darbuotojo suvokiamą budrumą ir energingumą; ^{2,6,9,11,12,14}

Pagerinti darbuotojų dėmesio išlaikymo ir mokymosi gebėjimus; ^{1,3,5,7}

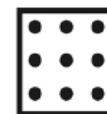
Pagerinti smegenų atsaką; ¹³

Pagerinti miegą ateinančią naktį. ^{17,39,40}

DIN SPEC 67600 rekomendacija



250lx / 8000K¹



200lx / 3000K¹



Lighting dependent on visual demands
(During the night best no light)

Svarbu „pažadanimas“ ryte;

Svarbu „nestimuliuoti“ po 18 val;

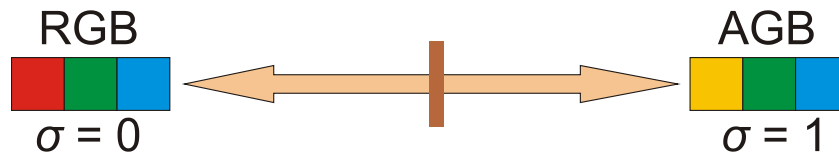
Kitu metu pagal poreikius;



TYRIMAI IR TECHNOLOGIJOS LIETUVOJE

RAGB šviesos technologija

RAGB valdomos spalvų atgavos šaltinio spektras yra sudarytas kaip svertinė suma spalvas sodrinančio RGB ir spalvas blukinančio AGB šaltinių.



$$S_{\text{RAGB}}(\lambda) = \sigma S_{\text{AGB}}(\lambda) + (1 - \sigma) S_{\text{RGB}}(\lambda)$$



Valdomi parametrai:

Spalvinė temperatūra;

Sodrinimo koeficientas σ ;

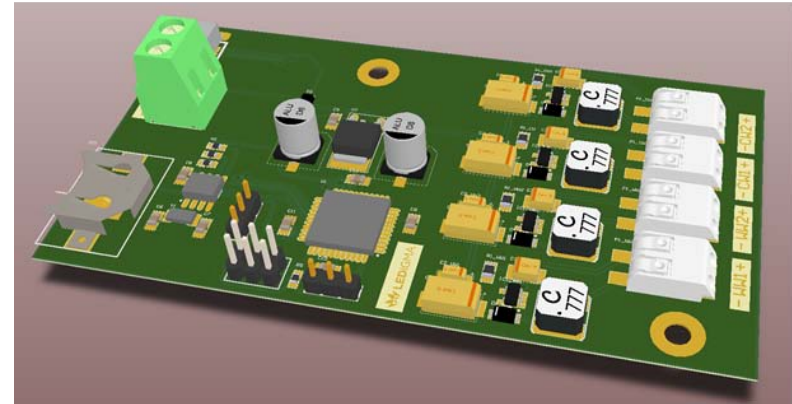
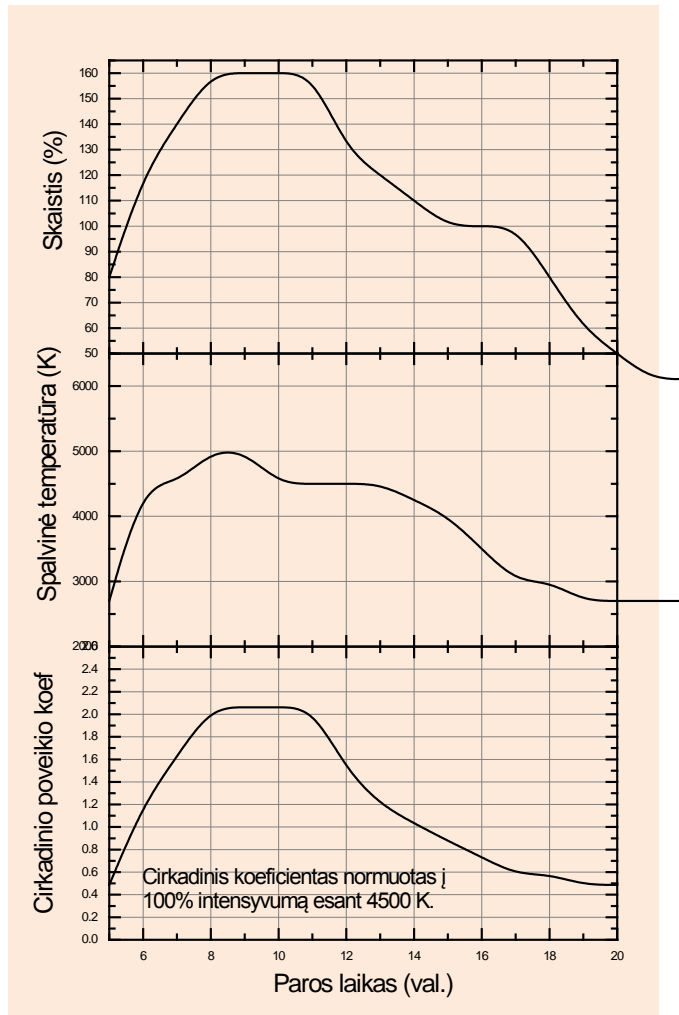
Intensyvumas;

Spalvų gamos korekcijos faktorius;

LR patentas Nr. 5918, EP2732206,

US2014167646

HC Šviečiantis staliukas



Į žmogų orientuotas šviestuvas

Spalvinė temperatūra
nuo 2700 -6500 K.

Maišant 6 skirtingų spalvų
kanalus, automatiškai išlaikomas
Spalvų atgavos indeksas $R_a > 95$



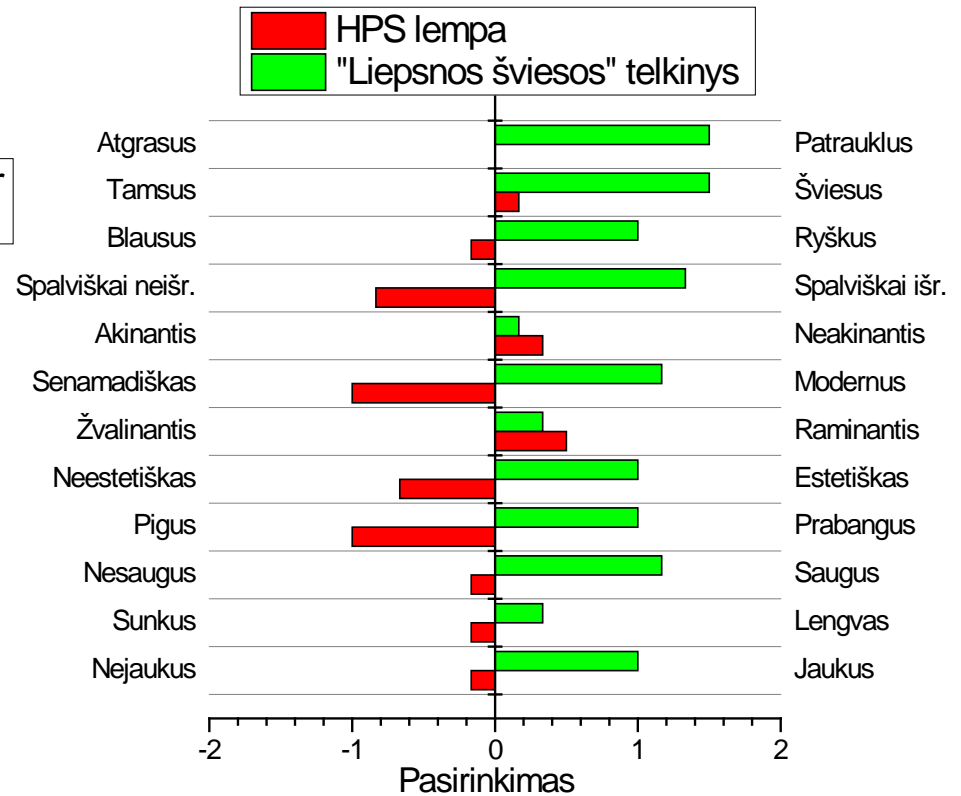
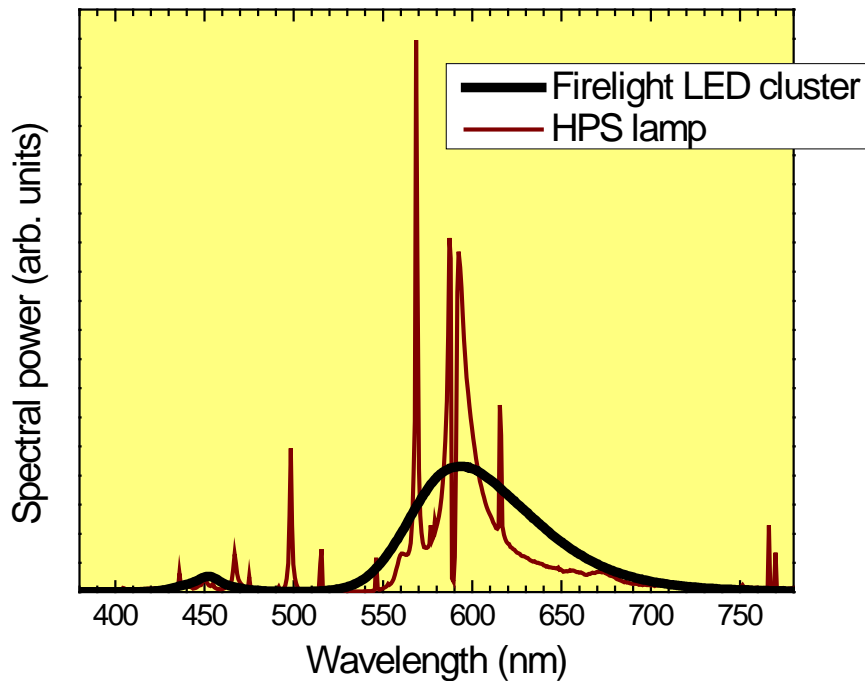
Automatinis paros ritmo palaikymas;
Rankinio pasireguliuojamas galimybė;
Integruoti būvio ir apšvietos jutikliai;
Valdymas mygtuku arba išmaniu prietaisu;
Optinis grįžtamasis ryšys, spalvos stabilizavimui ir senėjimo kompensavimui.



 SELTEKA

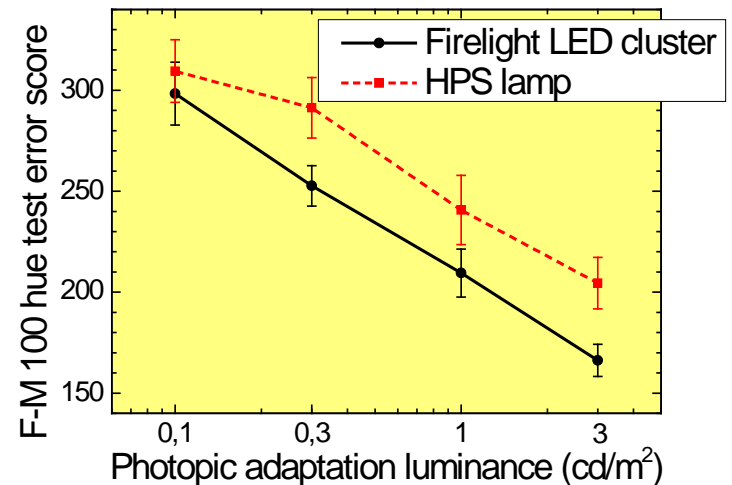
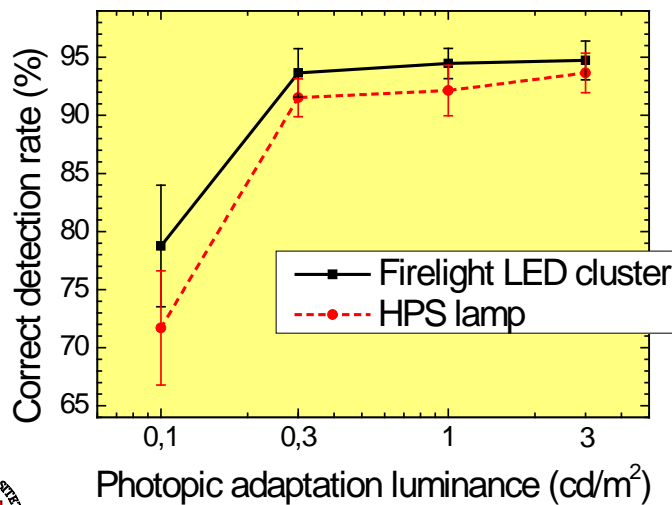
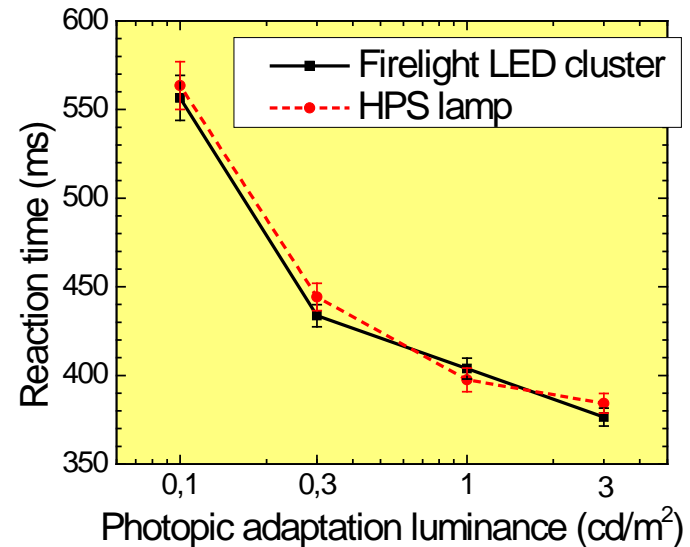
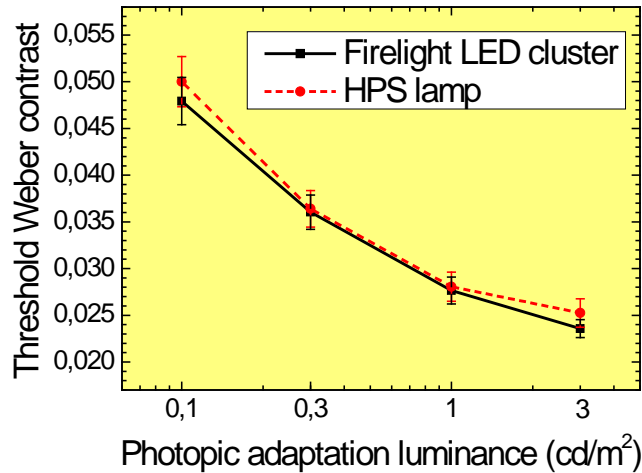
 AWALED

Liepsnos šviesos spektras I



A. Žukauskas et. al. *IEEE Phot. J.* 2014.

Liepsnos šviesos spektras II



HC Lauko šviestuvas



LEDIGMA
Let's colour the life!





FIRELIGHT 45G

The colour and atmosphere of High-Pressure Sodium Lamp seems to be appropriate for you but everybody tries to convince you to replace HPS with LED outdoor luminaires?

Right what you need is a solid-state substitute of HPS lamp, an LED based outdoor luminaire FIRELIGHT 45G with pleasant ultra-low colour temperature, increased efficacy, improved colour rendering, and smart control ability. Also, the blue component is drained from the spectrum of FIRELIGHT 45G, which is optimized for the lowest possible circadian efficacy in order to prevent health hazards due to the suppression of melatonin production in the human organism.

The electrical power of this luminaire is up to 45W, it can be equipped with a programmable control (dimming) module and can replace 70W HPS luminaires. The FIRELIGHT 45G is optimized for M5 and M6 class streets typical of residential areas, pedestrian areas and pathways, bicycle roads, park roads, old town environments, etc. The FIRELIGHT 45G can be implemented without a noticeable violation of the illuminated environment designed for HPS lamps but with improved user characteristics and aesthetic appearance.

Voltage
36 V (DC) or 220 V (AC)

Electrical power
45 W

Light distribution
Optimized shape

Luminous flux
2900 lm

IP class
IP64

Weight
5 kg

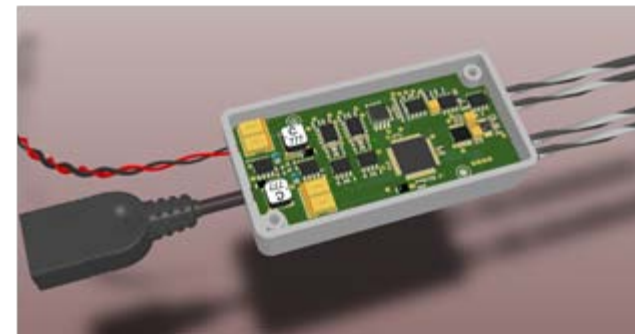
Body colour
Gray

Colour temperature
2000 K

Lifetime
50000 h.

Warranty
3 years

Universalus, programuojamas šviestuvo valdiklis su GPS sensoriumi ir jėjimais išoriniams jutikliams.



	Tik (jung)	T1	P1	T2	P2	T3	P3	T4	P4
Pirmadienis:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Antradienis:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Trečiadienis:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ketvirtadienis:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Penktadienis:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Šeštadienis:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sekmadienis:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Išskirtinės dienos:	Tik (jung)	T1	P1	T2	P2	T3	P3	T4	P4
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nov 15, 2012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Apibendrinimui

- Šviesa turi ir nevizualinį poveikį žmogui. Jis gali būti tiek teigiamas, tiek neigiamas.
- Šiuolaikinės apšvietimo technologijos, leidžia atliepti žmogaus poreikius įvairiose aplinkose.
- „Į žmogų orientuotas apšvietimas“ yra labai individualus, todėl reikia artimai dirbti su galutiniu vartotoju, kad pasiektume geriausią rezultatą.
- Lietuvoje yra pasaulinio lygio R&D potencialas apšvietimo srityje, todėl galima kurti nuosavas, autentiškas technologijas ir diegti jas į rinką.



Ačiū už dėmesį!

Daugiau informacijos galite gauti užsiregistravę ir sekdami

www.lightingforpeople.eu



<http://www.lrg.projektas.vu.lt>

Granto sutarties n^o 619249



Vilnius
2015 11 11

