

Apšvietimas ir jo biologinis poveikis

Lighting and biological effects

Gerrit J. van den BELD,
CIE 6 Fotobiologijos ir fotochemijos padalinys Olandijoje,
Dutch representative CIE Div. 6 Photobiology and Photochemistry,
Central Development Lamps, Philips Lighting B.V., Eindhoven, The Netherlands

SANTRAUKA

Gera sveikata, padidėjęs budrumas, darbingumas ir gera nuotaika sumažina nelaimingų atsitikimų skaičių, teigiamai veikia darbo našumą ir sumažina praleistas darbo dienas. Geros kokybės apšvietimas, atitinkantis ir vizualines, ir biologines reikmes, padidina tiek gamybos produktyvumą, tiek kiekvieno darbuotojo bendrą sveikatos būklę bei gerbūvį.

RAKTAŽODŽIAI: apšvietimas, budrumas, nuotaika, melatoninas, kortizolis.

SUMMARY

It is evident that a good healthy condition, improving alertness, performance and mood will further decrease the accident rate, and have a positive effect on performance and consequently will also result in a lower absenteeism rate. A good quality lighting, meeting both the visual and biological requirements, will contribute substantially to the productivity in the industrial processes as well as to the general health and well-being of the individual worker.

KEY WORDS: Lighting, Alertness, Mood, Melatonin, Cortisol.

TEORINIS PAGRINDIMAS

Prieš porą šimtmečių žmogaus gyvenimą lėmė paros šviesos ir tamsos ritmas bei su juo susijęs budrumo ir miego ritmas. Nuo industrinės revoliucijos, o ypač nuo elektros šviesos išradimo visuomenė pamažu pailgino aktyvų paros periodą, ir dabar judama link visuomenės, aktyvios 24 valandas per parą. Pamaininis darbas, taip pat ir naktinės pamainos, jau daug metų tapo įprastos įvairiose įstaigose, pvz., metalo ir maisto pramonėje, taip pat ligoninėse. Šiandien, plečiantis daugelio bendrovių veiklai, tarptautinių ryšių paslaugoms ir tarpkontinentinių kelionių mastams, sparčiai didėja pagal nereguliarų grafiką dirbančių žmonių skaičius. Daugelyje šalių didelė dalis dirbingo amžiaus žmonių - 15-25 proc. - dirba slenkančiu grafiku (gamybos, transporto ar aptarnavimo sferos).

Naudingas dienos šviesos poveikis buvo gerai žinomas nuo senų laikų ir naudojamas helioterapijoje. Šviesos terapija, kaip sveikatos sutrikimų gydymo būdas, buvo populiarus iki 1930-ųjų metų. Vėliau, išradus peniciliną, pagrindinis vaidmuo atiteko farmacijai. Tačiau per paskutinius 20-30 metų įvairūs biologiniai ir medicininiai tyrimai vėl paskatino pripažinti šviesos įtaką sveikatai ir gerai savijautai.

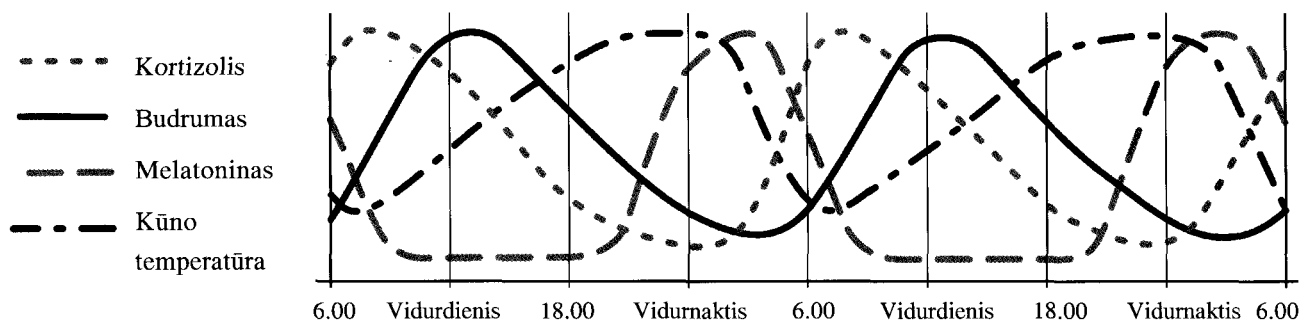
Paprastai mes galvojame, kad akis yra regėjimo organas, tačiau atradus papildomus nervų ryšius nuo akių iki smegenų,

paaiškėjo, kad į akis patenkanti šviesa dalyvauja daugelyje žmogaus fiziologinių ir psichologinių procesų bei juos kontroliuoja. Svarbiausi atradimai, susiję su į akis patenkančios šviesos poveikiu, yra:

- Biologinio laikrodžio valdymas.
- Tiesioginis (stimuliuojamasis) poveikis.
- Įtaka nuotaikai.

ŠVIESA IR BIOLOGINIS LAIKRODIS

Šviesa naujame moksle - chronofotobiologijoje suprantama kaip svarbiausias faktorius, dažnai minimas kaip "laiko daviklis", valdantis mūsų vidinį kūno laikrodį, esantį smegenyse, pagumburio suprachiazmatiniuose branduoliuose [1]. Į akis patekusi šviesa per nervinius ryšius siunčia signalus į mūsų smegenyse esantį biologinį laikrodį, kuris reguliuoja cirkadinį (paros) ir cirkuanalinį (sezoninį) daugelio įvairių kūne vykstančių procesų ritmus [2]. Natūraliomis sąlygomis į akis patenkanti šviesa, ypač ryto šviesa, vidinį kūno laikrodį derina su aplinkos laiku arba su 24 valandų šviesos ir tamsos ciklu, atsirandančiu dėl žemės sukimosi. Jei nebūtų šviesos, pagal vidinį laikrodį para truktų maždaug 24 valandas ir 15 minučių, ir vidinio laikrodžio laikas kasdien vis labiau nukryptų nuo aplinkos laikrodžio laiko [3]. Todėl atsirastų panašių simptomų į organizmo paros ritmo sutrikimus nuskrudus keletą laiko juostų [4].



1 pav. Tipinių žmogaus kūno temperatūros, melatonino, kortizolio ir budrumo cirkadinių ritmų kreivė esant natūraliam 24 valandų šviesos ir tamsos ciklui.

1 pav. pavaizduoti kai kurie žmogui būdingi ritmai, atmetus įvairius juos išlyginančius ir maskuojančius poveikius (laikiną maisto, kavos ir kitų faktorių veikimą). Čia yra tik keletas pavyzdžių: kūno temperatūros, budrumo, kortizolio (streso hormono) ir melatonino (miego hormono) ritmai. Taip pat svarbūs yra, pvz., miego ir budrumo ciklas, mieguistumas, nuovargio, nuotaikos bei darbingumo ritmai.

Budrumui ir miegui svarbią reikšmę turi hormonai kortizolis ir melatoninas. Kortizolio kiekis padidėja ryte ir paruošia kūną bei protą ateinančios dienos aktyvumui. Tuo pačiu metu sumažėja melatonino kiekis bei mieguistumas. Melatoninas, populiariai žinomas kaip miego hormonas, sukelia mieguistumą. Pvz., melatoninas vartojamas kaip migdomasis vaistas miego ritmui žmonių, per trumpą laiką persikėlusių per kelias laiko zonas, normalizuoti. Melatonino kiekio padidėjimas vakarais paruošia žmogų miego ciklui, padeda kokybiškai išsimiegoti ir optimaliai pradėti naują dieną. Šviesa turi sugebėjimą tiesiogiai slopinti melatoniną, pvz., šviesa naktį sumažina melatonino kiekį per pusvalandį, taip pat rytinė šviesa padeda sumažinti melatonino kiekį ir prabusti. Iš šių paprastų pavyzdžių akivaizdu, kad abiejų hormonų ritmas yra svarbus mūsų būdravimo funkcijai ir turi tiesioginę įtaką budrumui.

Taigi tinkamas dienos šviesos kiekis ir periodiškumas (gavimas tam tikru laiku) yra labai svarbūs, kad vidinis ir išorinis laikrodžiai eitų sinchroniškai, o ypač dėl to, kad mūsų vidinis laikrodis reguliuoja tokius svarbius dienos aktyvumui cirkadinius ritmus, kaip budrumas, mieguistumas, nuovargis, nuotaika, darbingumas [2, 5].

ŠVIESA IR JOS TIESIOGINIS ORGANIZMĄ STIMULIUOJANTIS POVEIKIS

Tiesioginį šviesos stimuliuojamąjį poveikį pripažįsta beveik kiekvienas, ypač lygindamas savo savijautą vasarą ir žiemą, bet taip pat ir dirbdamas uždaroje patalpose [18]. Dalinai tai yra psichologinis poveikis, bet, kaip matome paveiksluose, fizinis komponentas taip pat yra svarbu. Skirtingas šviesos stiprumas sukelia EEG struktūros pakitimus, veikia centrinės nervų sistemos veiklą, todėl pasireiškia poveikis įvairioms somatinėms funkcijoms. Taip pat šviesa, tiesiogiai slopinanti melatonino sekreciją, veikia organizmo procesus.

Dar daugiau, nauji atradimai rodo, kad šviesa tiesiogiai veikia širdies susitraukimų dažnį, insulino kiekį ir kt. [19, 20, 21]. Svarbiausia, šie neseniai atlikti tyrimai parodo esant daugiau nervinių ryšių, tiesioginių ar netiesioginių, tarp akių ir įvairių kūno liaukų. Daugelis iš šių liaukų veiklos pasireiškimų taip pat gali būti susiję su biologiniu laikrodžiu.

Tyrimai parodė, kad šviesos terapiją tikslinga taikyti esant įvairiems miego sutrikimams, Alzheimerio ligai ir daugeliui kitų sutrikimų, kurie yra tolimesnių tyrimų tema (pvz., premenstruaciniam sindromui, anoreksijai, bulimijai, imuninės sistemos patologijai ir kt.) [22, 23, 24, 25].

ŠVIESA, NUOTAIKA IR BUDRUMAS

Nuotaika atspindi žmogaus jausmus, jo somatinę būklę ar jo proto būklės aktyvumą [6]. Kiti nuotaiką veikiantys faktoriai yra oras, metų laikas [7], sąlygos bei vizualinė aplinka.

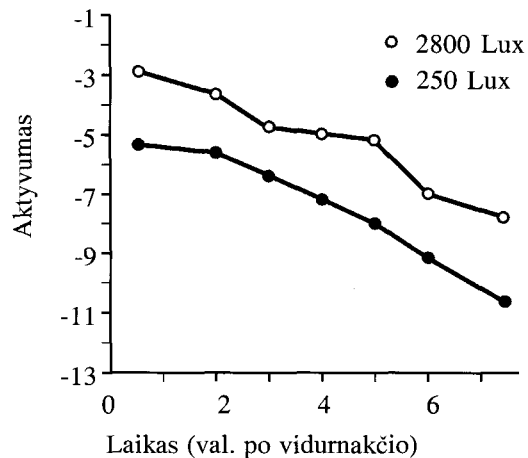
Industriiniame pasaulyje svarbiausias yra budrumo faktorius, nes jis veikia ne tik nuotaiką, bet ir darbingumą bei pade-

da išvengti nelaimingų atsitikimų. Budrumas tam tikru paros laiku daugiausia yra nulemtas endogeninių komponentų, susijusių su cirkadiniu organizmo laikrodžiu (stiprėja ryte, stabilizuojasi po pietų ir silpnėja vakare), bei egzogeninių komponentų, t.y. mažėja po ilgesnio nemiegojimo periodo). Subjektyvus budrumo jausmas dieną yra šių dviejų komponentų derinys, galbūt ne paprasta suma, bet labiau sujungianti sudėtingus jų santykius. Tai sukelia vadinamąjį "pietų budrumo nuosmukį", kai pasireiškia reliatyviai didelis mieguistumas ir padidėja autoįvykių skaičius (iš esmės pietūs nesukelia budrumo nuosmukio, geriausiu atveju šį nuosmukį tik sustiprina).

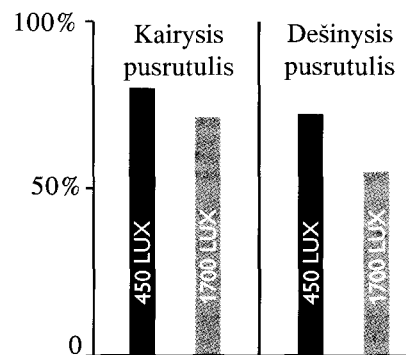
Atsižvelgiant į budrumo ritmą (1 pav.), nėra keista, kad daugelis tyrinėtojų šviesos poveikį budrumui ir aktyvumui pritaiko dirbantiems pamaininio darbo sąlygomis (naktimis), nes mažas aktyvumas ir jo tikėtini padariniai yra aiškūs.

2 pav. iliustracija rodo dviejų apšvietimo režimų poveikį aktyvumui, atsižvelgiant į darbo dirbančiųjų pamainomis laiką [8]. Abiem atvejais nakties metu sumažėja aktyvumas, tačiau ryškus apšvietimas lemia daug didesnę aktyvumą.

Kiti tyrimai rodo, kad ryški šviesa padeda kovoti su nuovargiu ir leidžia ilgiau išlikti budriam [9, 10, 11]. Tai taip pat pasireiškia EEG struktūroje, joje būna mažiau delta bangų (kurios yra mieguistumo indikatorius). Tai reiškia, kad ryški šviesa didina budrumą, veikdama centrinę nervų sistemą (3 pav.) [12].



2 pav. Naktinės pamainos darbuotojų savijautos, susijusios su aktyvumo laipsniu, priklausomybė nuo išdirbtų valandų skaičiaus, kai yra pastovus 250 ir 2800 liuksų apšvietimas [8].



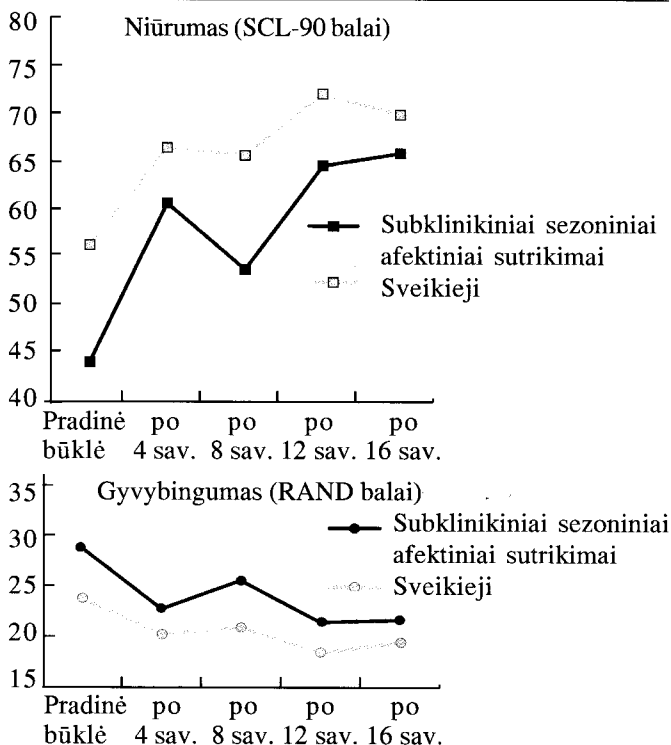
3 pav. Biuro darbuotojų EEG delta aktyvumas esant 450 liuksų ir 1700 liuksų apšvietimui [12].

Pagaliau ryškios šviesos tyrimas parodė, kad kontrolinėje patalpoje naudojant 50–5000 liuksų apšvietimą pagal kompiuteriu kontroliuojamą algoritmą 79 proc. operatorių padidėjo budrumas ir 64 proc. padidėjo darbingumas. To paties ryškios šviesos tyrimo metu nustatytas faktas, kad taip pat sumažėjo nelaimingų atsitikimų grįžtant namo po naktinės pamainos skaičius (10 proc., palyginti su 40 proc.) [13].

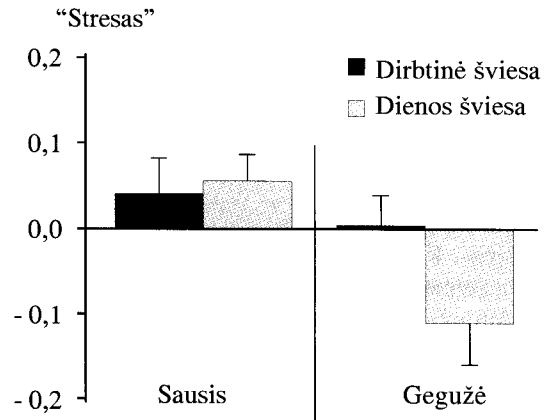
Kitas aspektas yra žymios dalies mūsų geografinėse platumose gyvenančios populiacijos sezoniniai nuotaikos, energijos ir gyvybingumo pasikeitimai. Atliktas tyrimas su 145 sveikais įstaigos darbuotojais (dieninė pamaina, mažiausiai 1 val. per dieną naudoja ryškios šviesos 2500 liuksų stalinę lempą) parodė, kad 62 proc. žmonių pastebėjo mažesnius sezoninius neigiamus pokyčius (pagal VAS – Vizualinių analogų skalę): pagerėjo savijauta, nuotaika ir padidėjo energija (4 pav.) [14].

Kito tyrimo metu nustatytas ryškios šviesos, taikomos per dieną ir naktį, stimuliuojamasis poveikis budrumui ir darbingumui [11, 15, 16]. Gali būti svarbus melatonino slopinimas žiemos metu rytais naudojant elektrą (vadinamasis “aušros modeliavimas”), ypač tamsiomis žiemos rytinėmis valandomis, nes tai padeda žmonėms nugalėti rytmetinį mieguistumą. Tiesioginė stimuliacija gali būti svarbi tamsiomis popietės valandomis ir gali padidinti koncentraciją bei budrumą.

Buvo tirtas streso sunkumas bei skundai žmonių, dirbančių dirbtinės šviesos sąlygomis uždaroje patalpoje. Jie palyginti su žmonių, dirbančių ir elektros šviesos, ir dienos šviesos sąlygomis, streso sunkumu bei skundais. Kai buvo tik dirbtinis apšvietimas (esant tam pačiam šviesos stiprumui) nebuvo jokių skirtumų tarp streso žiemos ar vasaros laikotarpiais [17]. Tačiau grupėje, kuri naudojo abiejų tipų apšvietimą, stresas buvo daug mažesnis vasarą negu žiemą (5 pav.).



4 pav. Niūrumo ir gyvybingumo vertinimas per 4 savaites naudojant ryškią šviesą [14].



5 paveikslas. Darbuotojų, dirbančių tik dirbtinio apšvietimo sąlygomis, ir darbuotojų, dirbančių kombinuoto dienos šviesos ir elektros šviesos apšvietimo sąlygomis, streso palyginimas [17].

Tai gali reikšti, kad ryškesnė dienos šviesa vasarą padeda sumažinti stresą. Ryški šviesa žiemą, kaip rodo vienas iš minėtų tyrimų, gali kompensuoti šį skirtumą [14].

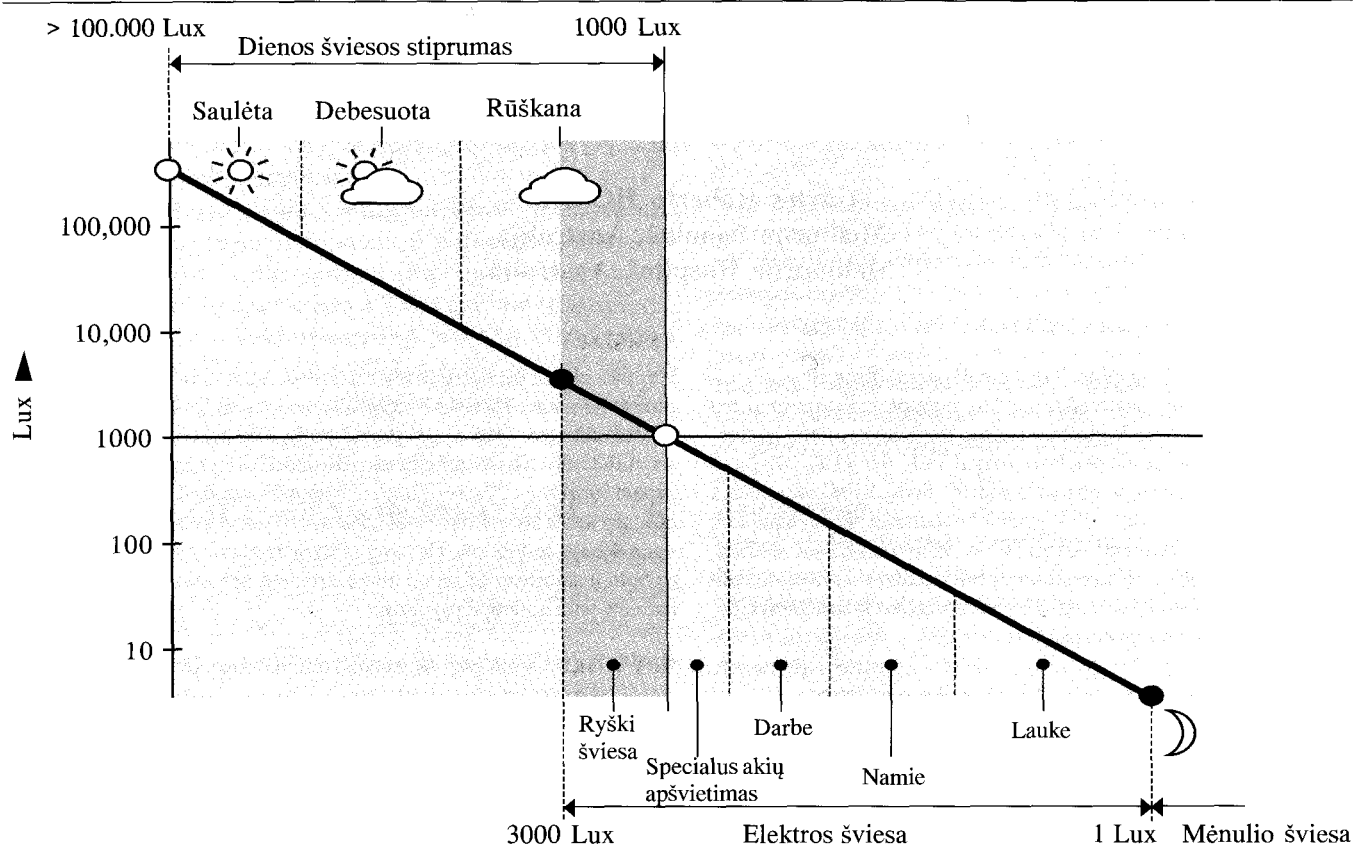
Akivaizdu, kad šviesa vaidina svarbų vaidmenį: gerina nuotaiką, padeda padidinti budrumą, darbingumą ir sumažinti nelaimingų atsitikimų skaičių, be to, ji būtina norint matyti tamsoje.

DIENOS ŠVIESA IR DIRBTINIS APŠVIETIMAS

Dauguma iš minėtų teigiamų poveikių atradimų, nustatytų atlikus medicininius ir biologinius tyrimus, rodo, kad dirbtinė šviesa gali būti tokia pat efektyvi kaip ir natūrali šviesa. Tačiau paprastai uždaroje patalpoje apšvietimas būna daug silpnesnis negu pats silpniausias apšvietimas atvirose vietose (apsiniaukusią dieną jis yra 1000 – 2000 liuksų, saulėtą dieną siekia 100 000 liuksų) (6 pav.).

Uždaroje patalpoje, jei nepatenka dienos šviesa, apšvietimas paprastai yra tik 100 – 500 liuksų ir priklauso nuo higieninių reikalavimų ar rekomendacijų, kurios daugeliu atvejų yra paremtos horizontaliu apšvietimu, nepaisant to, kad biologiniams poveikiams sukelti yra svarbus akių apšvietimas. Palyginti su dienos šviesa, rekomenduojamo apšvietimo vertė gali būti laikoma “biologine tamsa”. Laimei, dauguma atvejų dienos šviesa patenka į pastatus nors tam tikrą valandų skaičių per dieną ir dalinai padidina bendrą apšvietimą. Kitoks skirtumas tarp dienos šviesos ir elektros šviesos matomas langų neturinčiose uždaroje patalpoje, kuriose skiriasi ne tik apšvietimo stiprumas, bet ir spektras. Yra galvojama, kad dienos šviesa teigiamai veikia nuotaiką ir žmonių aktyvumą. Tokiu atveju akivaizdu, kad stipresnė vidaus patalpų šviesa žmones veikia labiau stimuliuojamai. Didelės apimties biuro sąlygomis atliktas tyrimas parodė, kad žmonės teikia pirmenybę stipriam papildomam elektriniam apšvietimui biuro aplinkoje (800 liuksų papildomai esant stipriausiai dienos šviesai) [28].

Jei visi šiuo metu esantys elektrinio apšvietimo įrenginiai galėtų būti pakeisti pagal naujus apšvietimo standartus, tai būtų svarbus žingsnis realizuojant sveiką apšvietimą darbo vietose.



6 pav. Dienos šviesos ir elektrinės šviesos apšvietimo ryškumo palyginimas.

BLOGOS KOKYBĖS APŠVIETIMO POVEIKIS

Nors geras apšvietimas teigiamai veikia sveikatą, gerbūvį ir pagerina darbingumą, taip pat turi būti pabrėžiama, kad blogas apšvietimas gali veikti neigiamai, net jeigu žmonės nesiskundžia apšvietimo kokybe [29]. Ankstesniame dešimtmetyje didelis dėmesys buvo skiriamas vadinamajam “nesveiko pastato sindromui”: įstaigų darbuotojai skundėsi, kad patalpose sausas, blogos kokybės oras, per aukšta ar per žema temperatūra, taip pat skundėsi galvos skausmais, akių ir nosies sudirginimu. Tyrimo Olandijoje metu buvo apklaustas 61 pastato darbuotojas, pusė šių žmonių skundėsi oro kokybe, o 25 proc. – sveikata ir gerbūviu. Apie 30 proc. žmonių skundėsi apšvietimu [30]. Darbas blogo ar per silpno apšvietimo

sąlygomis sukėlė akių įtampą ir nuovargį, neigiamai veikė darbingumą. Kai kuriais atvejais tai gali sukelti, pvz., galvos skausmus [31]. Daugeliu atvejų viso to priežastis yra per silpnas apšvietimas, šviesos šaltinio spindėjimas, nesubalansuotas, neproporcingas darbo vietos apšvietimas. Galvos skausmus kartais gali sukelti lempų mirgėjimas dėl magnetinio balasto poveikio elektros tiekimo sistemai ir (arba) blogos apšvietimo sistemos priežiūros. Lempų mirgėjimas žmonėms gali sukelti stresą [32].

Rinkoje yra daug elektroninių aukšto dažnio įrenginių (apie 25000 Hz). Šis lempų ir elektroninių įrenginių derinys nesukelia mirgėjimo. Naudojant šiuos elektroninių įrenginių tipus, galvos skausmai pasireiškia daug rečiau [31].

Vertė gyd. Z. Alseikienė

LITERATŪRA

- Brainard G.C. Effects of light on physiology and behaviour. Proceedings CIE session, New Delhi, 1996.
- OTA, Congress of the US, Biological rhythms. US DOCS Y 3.T 22/2 2B 57/8.
- Czeisler C.A. et al. Stability, precision and near-24-hour period of the human circadian pacemaker // Science. - 1999, vol. 284, p. 2177-2281.
- Boulos Z. et al. Light treatment for sleep disorders: Consensus Report VII Jet lag // Journal of biological rhythms. - 1995, Vol.10.
- Colquhoun W.P. et al. Shiftwork. Problems and solutions - ISBN 3-631-49133-6, Chapter 2, 1996.
- Mehrabian A., Russell J.A. An approach to environmental psychology. - Cambridge, MA: MIT press, 1974.
- Mersch P.P.A. et al. The prevalence of seasonal affective disorder in the Netherlands: A prospective and retrospective study of seasonal mood variation in the general population // Biol. Psychiatry. - 1999, vol. 45, p. 1013-1022.
- Boyce P.R. et al. Lighting the graveyard-shift: the influence of a daylight-simulating skylight on the task performance and mood of night shift workers // Lighting Res. and Techn. - 1997, vol. 29(3), p.105-134.
- Daurat A. et al. Bright light affects alertness and performance rhythms during a 24-hour constant routine // Phys. and behaviour. - 1993.
- Grunberger J. et al. The effect of biologically active light on the noo- and thymopsyché on psychophysiological variables in healthy volunteers // Int. J. of Psychophysiology. - 1993.
- Tops M. et al. The effect of the length of continuous presence on the preferred illuminances in offices. - Proc. CIBSE Conf., 1998.
- Kuller R. et al. Melatonin, cortisol, EEG, ECG and subjective comfort in healthy humans: impact of two fluorescent lamp types at two light intensities // Lighting Res. and Techn. - 1993.
- Baker T.L. Use of circadian lighting system to improve night shift alertness and performance at the US Nuclear Regulatory Commission Headquarters Operations Center. - Proc. ANS Int. meeting, Washington, 1995.
- Partonen T. et al. Bright light improves vitality and alleviates distress in healthy people // J. of Affective disorders. - 2000, vol. 57, p. 55-61.
- Cajochen C. et al. Dose response relationship for light intensity and ocular and electroencephalographic correlates of human alertness. - In press.
- Zeitler M.Z. et al. Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: melatonin phase resetting and suppression // J. of physiology. - 2000, vol. 526.3, p 695-702.
- Kerkhof G.A. Licht en prestatie. - Proc. Symp. Licht en Gezondheid, Amsterdam, 1999.
- Mikellides B. Emotional and behavioural reaction to colour in the built environment. - Thesis Oxford, 1989.
- Ueyama T. et al. Suprachiasmatic nucleus: a central autonomic clock // Nat. Neurosci. - 1999, vol. 2(12), p. 1051-1053.
- Scheer F.A. et al. Light and diurnal cycle affect human heart rate: possible role for the circadian pacemaker // J. Biol. Rhythms. - 1999, vol. (3), p. 202-212.
- Scheer F.A. et al. Light affects morning salivary cortisol in humans // J. Clin. Endocrin. Metab. - 1999, vol. 9, p. 3395-8.
- Lam R. et al. Canadian consensus guidelines for the treatment of seasonal affective disorder, 1998.
- Van Someren E.J.W. Rest activities in aging, Alzheimer's disease and Parkinson's disease. - Thesis, 1997.
- Lam L.W. Light therapy for seasonal bulimia // Am. J. of psychiatry. - 1989.
- SLTBR (Soc. for light treatment and biological rhythms, Various publications and bulletins).
- Veitch J.A. Full-spectrum lighting effects on performance, mood and health // Nat. Res. Council Canada, Int. Report. - 1994, June, No. 659.
- Vallenduuk V. The effects of variable lighting on mood and performance in an office environment. - Graduation thesis, TUE Eindhoven, 1999.
- Begemann S.H.A. et al. Daylight, artificial light and people in an office environment, overview of visual and biological responses // Int. J. of Industrial Ergonomics. - 1997, vol. 20, p. 231-239.
- Padmos P. Adverse effects of fluorescent lighting on health and well-being? A literature study (Dutch). - TNO ISBN 90-5307-180-6, 1991.
- Leijten J. et al. Sick building blijft tot eisen. Klachten over kou en hoofdpijn klinken ook in nieuwe kantoren // Onderzoek Bouw. - 2000, april, vol. #04.
- Wilkins A.J. et al. Fluorescent lighting, headaches and eyestrain // Lighting Res. and Techn. - 1989.
- Kuller R. et al. The impact of flicker from fluorescent lighting on well-being, performance and physiological arousal // J. of Ergonomics. - 1998.

Gauta: 2000 09 12

Priimta spaudai: 2000 10 10