



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
AUTOMATIKOS KATEDRA

Julius Petronis

**AUTOMATINIO VALDYMO APŠVIETIMO SISTEMŲ
EFEKTYVUMO TYRIMAS**

**INVESTIGATION OF EFFICIENCY
OF AUTOMATIC CONTROL LIGHTING SYSTEMS**

Baigiamasis magistro darbas

Automatikos studijų programa

Valstybinis kodas 62101T101

Automatinių sistemų specializacija

Elektros ir elektronikos inžinerijos mokslo kryptis

Vadovas doc. dr. L. Radzevičius

Vilnius, 2006

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
ELEKTRONIKOS FAKULTEETAS
AUTOMATIKOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(parašas)

prof. Algimantas Poška
(vardas, pavardė)

2006 _____
(data)

Julius Petronis

**AUTOMATINIO VALDYMO APŠVIETIMO SISTEMŲ
EFEKTYVUMO TYRIMAS**

**INVESTIGATION OF EFFICIENCY
OF AUTOMATIC CONTROL LIGHTING SYSTEMS**

Baigiamasis magistro darbas

Automatikos studijų programa

Valstybinis kodas 62101T101

Automatinių sistemų specializacija

Elektros ir elektronikos inžinerijos mokslo kryptis

Vadovas doc. dr. L. Radzevičius
(Moksl. laipsnis, vardas pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas doc. dr. A. Kaulakienė
(Moksl. laipsnis, vardas pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2006

**VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
AUTOMATIKOS KATEDRA**

Technologijos..... mokslo sritis
Elektros ir elektronikos inžinerijos.....mokslo kryptis
Elektros inžinerijos.....studijų kryptis
Automatikos.....studijų
programa
Automatinių sistemų specializacija

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(parašas)

prof. habil. dr. Algimantas Poška

2006 _____

**BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS**

2006 Nr.
Vilnius

Studentui Juliui Petroniui
(vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema Automatinio valdymo apšvietimo sistemų efektyvumo tyrimas

Patvirtinta 2006 m. kovo mėn. d. dekanų įsakymu Nr.

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2006 m. birželio mėn. 01 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

1. ĮVADINĖ DALIS. 1.1 Literatūros šaltinių paieška. 1.2 Atrinktų literatūros šaltinių, kurių apimtyje bus atliekama apžvalga, sąrašo sudarymas. 1.3 Atrinktų literatūros šaltinių analizė. 1.4 Tyrimo tikslo ir uždavinių suformulavimas.
2. ANALITINĖ DALIS. 2.1 Apšvietimo sistemos ir jų klasifikacija. 2.2 Apšvietimo efektyvumą charakterizuojantys parametrai. 2.3 Apšvietimo sistemų automatinio valdymo ypatumai. 2.4 Apšvietimo sistemų efektyvumo didinimo kryptys, būdai ir priemonės.
3. TIRIAMOJI DALIS. 3.1 Apšvietimo neautomatinio valdymo projektiniai skaičiavimai. 3.2 Apšvietimo automatinio valdymo projektiniai skaičiavimai. 3.3 Apšvietimo automatinio ir neautomatinio valdymo palyginamoji analizė.
4. APIBENDRINANČIOJI DALIS. 4.1 Atliktų tyrimų rezultatų susisteminimas ir apibendrinimas. 4.2 Išvadų ir rekomendacijų parengimas.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

doc. dr. Lionginas Radzevičius
(vardas, pavardė , mokslinis laipsnis ir vardas)

Vadovas
(parašas)

doc. dr. Lionginas Radzevičius
(vardas, pavardė , mokslinis laipsnis ir vardas)

Užduotį gavau

.....
(parašas)

Julius Petronis
(vardas, pavardė)

.....
(data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Elektronikos fakultetas

Automatikos katedra

ISBN ISSN

Egz. sk. 3

Data 2006-06-05

Automatikos studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas **Automatinio valdymo apšvietimo sistemų efektyvumo tyrimas**

Autorius **Julius Petronis**

Vadovas doc. dr. **Lionginas Radzevičius**

Kalba

☒ X

Lietuvių

☐

Užsienio

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjamos apšvietimo valdymo sistemos, apšvietimo sistemų ypatumai, klasifikacija, reikalavimai, skaičiavimo metodai. Apšvietimo sistemų klasifikacijoje plačiai aprašyta natūrali ir dirbtinė apšvieta. Pagal higienos normose pateiktas apšvietos vertes, apskaičiuotas reikiamas šviestuvų kiekis konkrečioje patalpoje. Apšvietimo sistemų automatinio valdymo efektyvumas ištirtas palyginus automatinį valdymą su neautomatiniu. Baigiamajame darbe nagrinėjama, kiek sutaupoma elektros energijos naudojant automatinę apšvietimo valdymo sistemą su skaitmeniniais prietaisais. Iš eksperimento metu gautų rezultatų sudaryta galios priklausomybė nuo apšvietos. Pagal gautą charakteristiką atlikti galios skaičiavimai esant skirtingam lempų šviesos srautui. Atlikus apšvietimo valdymo sistemų tyrimą, pateiktos baigiamojo darbo išvados ir pasiūlymai.

Darbą sudaro 5 dalys: įvadas, analitinė, tiriamoji, apibendrinančioji dalis, literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 86 p., 67 pav., 9 lent., 21 bibliografiniai šaltiniai.

Prasminiai žodžiai: natūralus apšvietimas, dirbtinis apšvietimas, higienos normos, valdymo sistemos, automatinis valdymas, neautomatinis valdymas, skaitmeniniai prietaisai, elektros energija, eksperimentas, charakteristika.

© STUDIJŲ DIREKCIJA

Vilniaus Gediminas technical university

Electronics faculty

Automation department

ISBN ISSN

Copies No. 3

Date 2006-06-05

Automation study programme bachelor (master) thesis.

Title: **Investigation of efficiency of automatic control lighting systems**

Author **Julius Petronis** Executive doc. dr. **Lionginas Radzevičius**

Thesis language

☒

Lithuanian

☐

Foreign (English)

Annotation

In this thesis are investigated lighting control systems, peculiarities of lighting systems, classification, requests, counting methods. There are given a lot of information about daylight and illumination, in analytical part. In reference with illumination values, given in the hygiene norms, there are calculated the number of illuminators in the room. Lighting control systems efficiency is investigated by comparison manual lightning control with automatic. In this thesis are investigated, how many power we lose, when selecting manual control system instead of automatic control system with digital devices. According to results of experiment, there are made characteristic of power dependencies on illumination. Conclusions are formulated at the end of a transaction.

Structure: introduction, analytical part, investigation, resumptive part, references.

Thesis consist of: 86 p., 67 pictures, 9 tables, 21 bibliographical entries.

Keywords: daylight, illumination, hygiene norms, control systems, automatic control, manual control, digital devices, electric power, experiment, characteristic.

TURINYS

1. ĮVADINĖ DALIS.....	7
1.1 Literatūros šaltinių apžvalga.....	7
1.2 Atrinktų literatūros šaltinių analizė.....	7
1.3 Tyrimo tikslo ir uždavinių suformulavimas.....	8
2. ANALITINĖ DALIS.....	10
2.1 Apšvietimo sistemos ir jų klasifikacija.....	10
2.2 Apšvietimo efektyvumo parametrai.....	11
2.3 Apšvietimo sistemų automatinio valdymo ypatumai.....	15
2.4 Apšvietimo sistemų efektyvumo didinimo kryptys, būdai ir priemonės.....	24
3. TIRIAMOJI DALIS.....	31
3.1 Apšvietimo neautomatinio valdymo projektiniai skaičiavimai.....	31
3.2 Apšvietimo automatinio valdymo projektiniai skaičiavimai.....	32
3.3 Automatinio ir neautomatinio apšvietimo valdymo palyginamoji analizė.....	80
4. APIBENDRINANČIOJI DALIS.....	84
4.1 Atliktų tyrimų rezultatų susisteminimas ir apibendrinimas.....	84
4.2 Išvadų ir rekomendacijų parengimas.....	84
5. LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	86

1. ĮVADINĖ DALIS

1.1 LITERATŪROS ŠALTINIŲ APŽVALGA

Analizuojant automatinio apšvietimo valdymo efektyvumą, reikalingi literatūros šaltiniai, kuriuose yra informacijos apie apšvietimo klasifikaciją, jo valdymo rūšis ir būdus, prietaisus, higienos normas.

Apšvietimo valdymo ir montavimo įrenginiai yra pateikti tiek lietuvių, tiek užsienio autorių knygose, monografijose, o klasifikacija ir valdymas – leidiniuose, skirtuose elektros įrenginiams, higienos normos – įvairiuose leidiniuose, žurnaluose. Daug naudingos informacijos apie automatinio valdymo projektavimą yra internete.

Analizuojant ir projektuojant apšvietimą ir jo valdymą negalima pamiršti ir apie apsaugą nuo elektros pavojingų ir kenksmingų veiksmų. Apsaugos būdai ir priemonės yra pateikti atitinkamuose teisės aktuose.

Geriausias būdas analizuoti apšvietimo valdymo efektyvumą yra automatinio valdymo palyginimas su neautomatiniu. Tam taip pat reikalinga literatūra apie pastarąjį valdymą ir jo įrenginius.

Apšvietimo skaičiavimui ir valdymo projektavimui reikalinga literatūra, kurioje aprašomi konkrečioms atvejams skirtingi skaičiavimo būdai ir pateiktos formulės. Tačiau tam daug paprasčiau yra naudoti šiuolaikines kompiuterių programas.

1.2 ATRINKTŲ LITERATŪROS ŠALTINIŲ ANALIZĖ

Apšvietimo automatinio valdymo sistemos prietaisus galima parinkti iš “Berker” katalogo [1]. Jame yra pateikti EIB sistemos elementai ir jų jungimo schemos.

Kataloge “GAUDRĖ” yra pateikiamas platus šviestuvų pasirinkimas: įstaigų, šviestuvai “Downlight”, akcentiniai, interjeriniai, pramoniniai, evakuaciniai, lauko (gatvės) šviestuvai, elektros lempos ir jų duomenys. Šiame kataloge taip pat galime rasti reikalingo šviestuvų skaičiaus patalpoje, akinimo indekso skaičiavimo formules [2].

Higienos normose pateikiamos svarbiausios sąvokos ir apibrėžimai, apšvietimo sąlygos, šviesos sklaida, taip pat apšvietos reikalavimų lentelė [3].

Knygoje [4] aprašytas apšvietimo poveikis žmogaus organizmui. Norint sukurti optimalų apšvietimą reikia laikytis specialių reikalavimų [9].

Avarinio apšvietimo valdymas aprašomas informacijos leidinyje “ELEKTROS ERDVĖS”. Jame yra pateikta avarinio apšvietimo centralizuota sistema “Beghelli Centraltest” (CT), jos atliekamos funkcijos [10].

Kaip minėta, informacijos apie apšvietimą, jo projektavimą, skaičiavimą, valdymo sistemas galime rasti daugelyje interneto puslapių [15], [16], [21].

Antrajame iš paminėtų interneto puslapių yra aprašomas apšvietimo EIB valdymas, pateikiamas prekių katalogas, apšvietimo projektavimas ir projektavimo programos.

Kad išvengtume nelaimingų atsitikimų, turime laikytis elektros įrenginių įrengimo taisyklių [8] ir saugos juos eksploatuojant [12].

Apšvietimo rūšys aprašytos visuotinėje lietuvių enciklopedijoje [13].

Apšvietimo skaičiavimą patogų atlikti kompiuterių programomis OptiWin, RELUX, tačiau jį galima apskaičiuoti ir rankiniu būdu. Tam yra pasirenkamas vienas iš skaičiavimo metodų [5]: naudingumo koeficiento, savitosios galios, taškinio, linijinio, paviršinio šviesos šaltinio, viso apšvietimo naudingo veikimo koeficiento metodas. Firmos – gamintojos išleidžia automatizuoto skaičiavimo programas, kuriomis galima žymiai greičiau ir tiksliau išspręsti uždavinį. Paprastai, pasitelkus tokias programas, galima įvesti patalpos matmenis, sienų atspindžio koeficientus, laisvai parinkti šviestuvų tipą ir išdėstymą, gauti ne tik vidutinį apšviestumo lygį, bet ir dvimatį ar trimatį vaizdą izoliuksais. Tokiu būdu gaunamas tikslus darbinių paviršių apšviestumo lygis, jei naudojami projekte numatyti šviestuvų tipai. Taip modeliuojant galima numatyti, kaip pasiskirstys šviesa, kurie objektai bus išryškinti ir kaip atrodys apšviesta patalpa.

Apšvietimo automatinio valdymo sistemos projektavimą patogų atlikti kompiuterių programa ETS2. Šia programa jautrieji elementai susiejami su konkrečiais vykdymo elementais. Visiems elementams yra priskiriamos grupės ir adresai.

Daugiausia informacijos apie EIB valdymo sistemą, jos prietaisus, dalis, veikimo principą yra pateikta užsienio literatūroje [7], [11].

Norint suprojektuoti apšvietimo įrenginio elektros tinklą, reikia sudaryti maitinimo ir valdymo schemą, apskaičiuoti laidų skerspjūvius, parinkti laidų tipą ir paklojimo būdą, parinkti apsaugą. Tam reikia naudotis literatūra, kurioje yra specialios formulės [8] ir lentelės.

1.3 TYRIMO TIKSLO IR UŽDAVINIŲ SUFORMULAVIMAS

Pagrindinis automatinio valdymo apšvietimo sistemų efektyvumo tyrimo tikslas yra konkrečiam objektui suprojektuoti bei ištirti automatinio ir neautomatinio apšvietimo valdymo sistemą. Tam, pirma, reikia žinoti apšvietimo sistemų rūšis, savybes, pagrindines sąvokas,

apšvietimo efektyvumo parametrus, automatinio valdymo ypatumus, įrenginius. Žinant šiuos parametrus, galima suprojektuoti valdymo sistemą keliais būdais ir palyginti jų privalumus bei trūkumus.

2. ANALITINĖ DALIS

2.1 APŠVIETIMO SISTEMOS IR JŲ KLASIFIKACIJA

Apšvietimas būna naudingasis (reikalingas darbui ar kitiems praktiniams reikalams) ir dekoratyvusis (paryškina interjero, eksterjero, dailės kūrinio kai kuriuos elementus), natūralusis (apšviečia saulės šviesa) ir dirbtinis (apšviečia šviesos šaltiniai, įtaisyti šviestuve). Patalpos apšviečiamos natūraliai ir dirbtinai. Natūralusis apšvietimas būna šoninis (pro langus; būdingas gyvenamosioms ir visuomeninėms patalpoms), viršutinis (pro stoglangius), mišrusis (taip pat kaip ir viršutinis, būdingesnis gamybinėms patalpoms). Patalpų apšvietimo tipai ir jų rūšys pavaizduoti 1 lentelėje.

Natūralaus apšvietimo dažniausiai nepakanka, norint iki reikiamo lygio apšviesti patalpą, todėl didelis dėmesys skiriamas dirbtiniam apšvietimui. Dirbtinis apšvietimas būna bendrasis (šviesa tolygiai paskirstoma visoje patalpoje), vietinis (stacionariais ar kilnojamaais šviestuvais apšviečiamos tik tam tikros patalpos vietos) ir mišrusis (su bendruoju apšvietimu derinamas vietinis). Dirbtinis apšvietimas pagal paskirtį dar skirstomas į darbinį, avarinį, evakuacinį, budimąjį.

Patalpų apšvietimo intensyvumą nusako paviršiaus apšvieta. Natūraliojo apšvietimo intensyvumui turi poveikio pastato architektūrinės savybės (orientacija pagal pasaulio šalis, langų forma, konstrukcija ir medžiaga, už lango esantys objektai, šviesą atspindinčių paviršių spalva). Praktikoje natūraliojo apšvietimo intensyvumas išreiškiamas langų ir grindų plotų santykiu.

Dirbtinį apšvietimą pagal patalpų paskirtį reglamentuoja apšvietimo normos.

Miesto apšvietimas formuoja ir bendrą miesto vaizdą. Miestų natūraliojo apšvietimo intensyvumą lemia planinė miesto struktūra, pastatų aukštis, dirbtinių šviesos šaltinių išdėstymas. Miestams itin būdingas dekoratyvusis apšvietimas: pastatų fasadų, paminklų, fontanų, želdynų apšvietimas žibintais, prožektoriais, pastatų kontūrų apšvietimas lempomis, pastatų apšvietimas iš vidaus pro langus ir kitas įstiklintas plokštumas, pastato elementų (portikų, karnizų, įėjimų) apšvietimas lempomis ir prožektoriais, tam tikrų fasado plokštumų paryškinimas liuminescencinėmis medžiagomis, šviesos reklama, šviečianti regimoji informacija.

Apšvietimas taip pat naudojamas kai kuriems scenos efektams (gaisro, saulėtekio, audros, slenkančių debesų) sukurti [6].

1 lentelė. Patalpų apšvietimo tipai ir jų rūšys

Nr.	Apšvietimo tipas	Rūšys
1.	Natūralus	Šoninis, viršutinis, mišrusis.
2.	Dirbtinis	Bendrasis, vietinis, mišrusis, darbinis, avarinis, evakuacinis, budintis.

Darbo patalpų, kuriose nuolat dirbama, kiek įmanoma turi būti užtikrintas natūralus apšvietimas, atitinkantis darbuotojų saugos ir sveikatos reikalavimus. Natūralusis darbo patalpų apšvietimas vertinamas pagal natūralios apšvietos koeficiento (NAK) vertę procentais. NAK vertė nustatoma pagal formulę:

$$N_n = N_v \cdot k; \quad (2.1.1)$$

čia: N_v - NAK vertė, procentais;

k - pataisos koeficientas.

Bendras dirbtinis apšvietimas turi būti įrengtas visose darbo patalpose, taip pat lauko zonose, kuriose įrengtos darbo vietos [2].

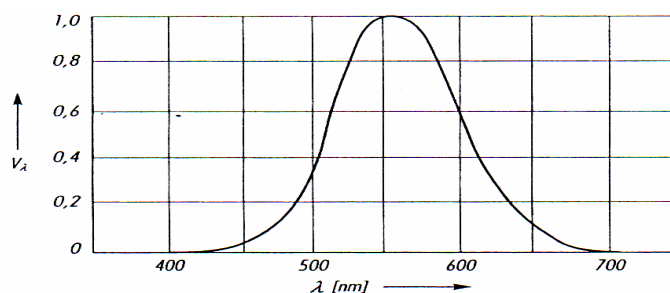
Dirbtinis apšvietimas, kai nėra savaiminio, veikia vegetacinę žmogaus nervų sistemą. Sprendžiant iš to, būtina dirbtinio apšvietimo kaitos ir intensyvumo kontrolė.

Kokie reikalavimai siūlomi optimaliam apšvietimui? Pagal šiuolaikinius optimalaus apšvietimo siūlymus būtina laikytis šių reikalavimų:

- rekomenduojama arba norima optimali apšvieta,
- tolygus apšvietimas,
- blyksnių nebuvimas,
- optimalus kontrastas,
- optimaliai parinkta šviesa,
- pulsacijos ir stroboskopinio efekto nebuvimas[3].

2.2 APŠVIETIMO EFEKTYVUMO PARAMETRAI

Fotometrinius dydžius sudaro fizikiniai dydžiai, kuriais išreiškiama spinduliuotė, atsižvelgiant į subjektyvų šviesos jautrumą, kurį jaučia normali žmogaus akis. Santykinis spektrinis akies jautris pavaizduotas 1 pav.



1 pav. Santykinis spektrinis žmogaus akies jautris V_λ

Spinduliavimo galios atitikmuo F_e (vatais) – gaminamos, siunčiamos arba gaunamos elektromagnetinio spinduliavimo galios – fotometrijoje yra šviesos srautas Φ (liumenais). Jų tarpusavio ryšį lengviausia išvesti nagrinėjant vienspalvį spinduliavimą, t. y. linijinio spektro vieno bangos ilgio spinduliavimą. Vienas vienspalvio spinduliavimo galios vatas, kai bangos ilgis 555 nm (geltonai žalia šviesa), į kurį akis jautriausiai reaguoja, atitinka šviesos srautą 683 lm; tai yra fotometrinis spinduliavimo ekvivalentas $K_m = 683 \text{ lm/W}$. Ta pati 1 W vienspalvio spinduliavimo galia, kai bangos ilgis 589 nm, akies jautris $V_\lambda = 0,76$ (1 pav.), atitinka šviesos srautą

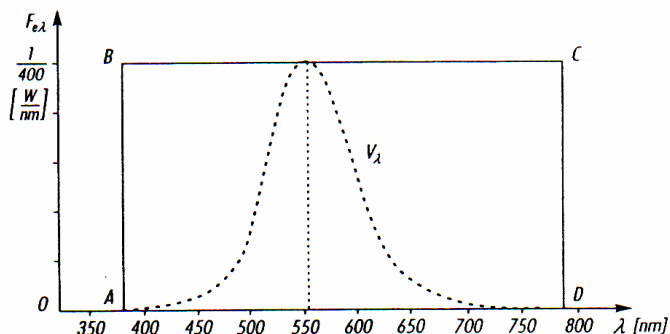
$$\Phi = F_e \cdot V_\lambda \cdot K_m = 1[\text{W}] \cdot 0,76 \cdot 683[\text{lm/W}] = 519 \text{ lm}, \quad (2.2.1)$$

o kai bangos ilgis 650 nm (raudona šviesa) – šviesos srautą

$$\Phi = F_e \cdot V_\lambda \cdot K_m = 1[\text{W}] \cdot 0,107 \cdot 683[\text{lm/W}] = 73 \text{ lm}. \quad (2.2.2)$$

Jeigu ta pati 1 W galia būtų išspinduliuota lygios energijos spektre viso matomumo diapazonu (2 pav.), tai tokio spinduliavimo fotometrinio naudingo veikimo koeficientas būtų lygus 1/3 (ploto po kreive V_λ santykiui su stačiakampio ABCD plotu). Tai atitiktų šviesos srautą:

$$\Phi = 1[\text{W}] \cdot 0,333 \cdot 683[\text{lm/W}] = 225 \text{ lm}. \quad (2.2.3)$$



2 pav. Lygios energijos šviesos spinduliavimo srauto, apimančio visą matomąjį spektro diapazoną, ženklavimas

Šviesos srauto, krentančio į apšviečiamą plokštumą, ir tos plokštumos elemento paviršiaus ploto santykis vadinamas apšvieta ir matuojamas liuksais (3 pav.):

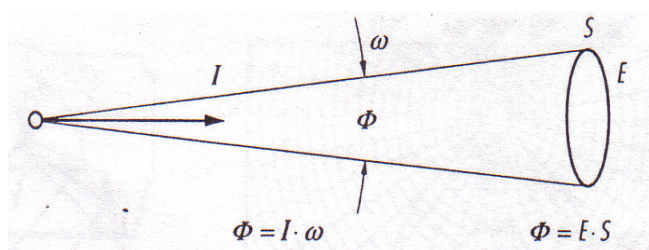
$$E = \frac{\Phi}{S} \quad \left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \right] = [\text{lx}]. \quad (2.2.4)$$

Šviesos šaltinis išspinduliuoja šviesos srautą tam tikru erdvinio kampu ω (3 pav.).

Šviesos srauto, išspinduliuojamo konkrečia kryptimi ir elementariu (mažu) erdvinio kampu, ir to kampo vertės santykis vadinamas šviesos stipriu:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad \left[\frac{\text{lm}}{\text{sr}} \right] = [\text{cd}]. \quad (2.2.5)$$

Šviesos stiprio vienetas yra kandela – šviesa, atitinkanti vieno liumeno srautą, išspinduliuotą vieno steradiano erdvinio kampu. Kandela yra vienas iš septynių pagrindinių SI sistemos vienetų.



3 pav. Šviesos srauto, išspinduliuojamo iš šviesos šaltinio, ir šviesos srauto, krintančio į apšviestą paviršių, svarbesnės priklausomybės

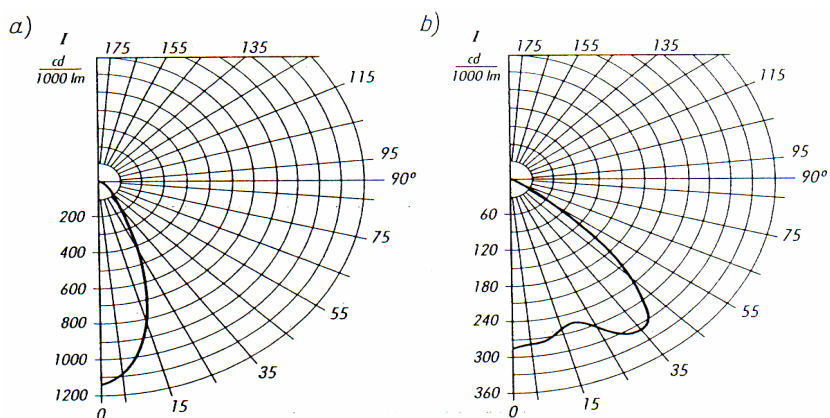
Erdvinio kampo, kurio viršūnė 0, matas yra rutulio su centru 0 ir spinduliu 1 paviršiaus dalies kampo dydžio iškirptas plotas. Jeigu šviesos sklaida vyksta kūgio, kurio pjūvio plokštumos nuokrypio kampas yra 2α srityje, tai jį atitinka erdvinis kampas:

$$\omega_{2\alpha} = 2\pi(1 - \cos \alpha). \quad (2.2.6)$$

2 lentelė. Plokštumos nuokrypio kampo 2α sritis ir jį atitinkančio erdvinio kampo reikšmės

2α	(°)	10	30	60	120	180	360
$\omega_{2\alpha}$	sr	0,0239	0,214	0,842	π	2π	4π

Šviesa yra vektorinis dydis; apšvietimo apipavidalinimas gali turėti skirtingų krypčių įvairią šviesą. Projektuojant apšvietimą privalu ją tiksliai nustatyti. Galima pateikti šviesos stiprumo kreivę polinėse koordinatėse (4 pav.), iš jos galima sužinoti šviesos bet kuriame kampe santykį su vertikalia ašimi, išeinančia iš šaltinio vidurio ir nukreipta į apačią. Ji pateikiama redukuota - šviesa, tenkanti 1000 lm šaltinio šviesos srautui, - nes apipavidalinant galima įrengti įvairius šviesos šaltinius.



4 pav. Šviesos sklaidos į metalohalogenines 250 W lempas kreivės: a) šviestuvus su siauru šviesos pluoštu; b) šviestuvus su plačiu šviesos pluoštu

Pakanka to, kad šviesos stiprumas yra vienodas kiekvienoje vertikaloje plokštumoje, praeinančioje per minėtą vertikalią ašį, jeigu šviesos srautas yra simetriškas ir turi vertikalią ašį (jeigu šviesos vektorių galai sudaro sukamąjį kūną). Pavyzdžiui, to nėra linijiniame šviestuve, tuo atveju pateikiamos dvi šviesos stiprio kreivės vertikaliuose, viena į kitą statmenose plokštumose, nes šviesos sklaida turi dvi simetrijos plokštumas. Esama būdų, aprašančių sudėtingesnę šviesos sklaidą.

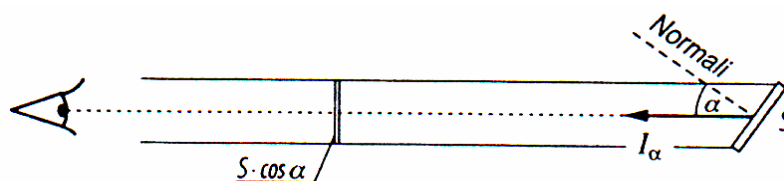
Šviesos stipriu ir jo kreive galima apibūdinti ne tik pirminius šviesos šaltinius (lempas), bet taip pat ir antrinius šviesos šaltinius – apšviestuosius paviršius, atspindinčius šviesą.

Lygiai taip pat šviečiančiam paviršiui, stebimam konkrečiu kampu, galima priskirti paviršiaus elemento, supančio tą tašką, šviesos stiprį I_α ta pačia kryptimi.

Šviesos stiprio ir to paviršiaus projekcijos dalmuo (5 pav.) yra paviršiaus skaitis nagrinėjama kryptimi, jis taip pat yra vektorinis dydis. Skaitis išreiškiamas nitais:

$$L = \frac{I_\alpha}{S \cdot \cos \alpha} \quad \left[\frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \right] = [\text{nt}]. \quad (2.2.7)$$

Stebimų objektų skaitis yra parametras, tiesiogiai apibrėžiantis regėjimo mechanizmą, subjektyvųjį šviesos jautrumą ir funkcinę regėjimo gebą. Vidaus patalpose vyrauja matiniai paviršiai, išskleidantys šviesą (regimojo darbo reikmenys, interjeras); jų skaitis yra atitinkamai vienodas kiekviena kryptimi ir proporcingas apšviestumui.



5 pav. Stebimo paviršiaus elemento skaisčio apibūdinimas

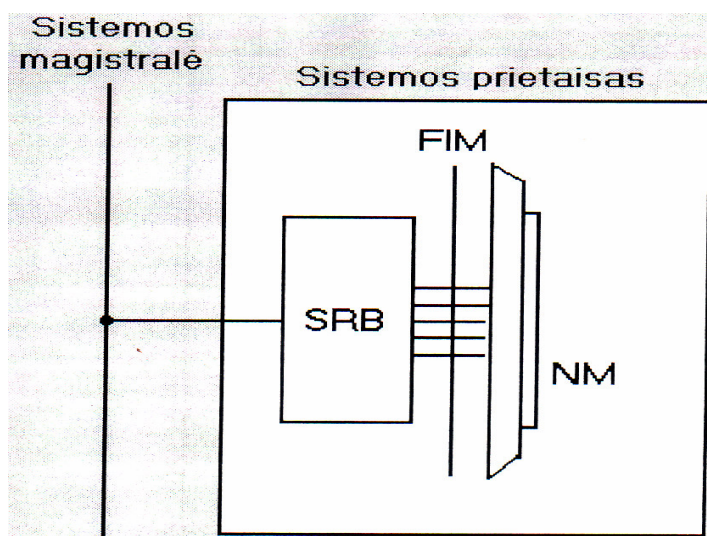
Užuot apskaičiavus ir matavus įvairių objektų skaištį, o tai yra sudėtinga, pakanka kontroliuoti apšvietumą [4].

2.3 APŠVIETIMO SISTEMŲ AUTOMATINIO VALDYMO YPATUMAI

Apšvietimo valdymo sistemų yra įvairių, tačiau šiuo metu viena iš labiausiai paplitusių yra EIB valdymo sistema. Ją 1990 m. pradėjo kurti penkiolikos Europos elektros instaliacijos gamintojų grupė EIBA. Šiuo metu EIBA vienija apie 150 kompanijų ir jos užima apie 80% elektros instaliacijos gaminių rinkos Europoje [7].

Sistemos prietaisus galima suskirstyti į jautriuosius ir vykdymo elementus. Kiekvienas prietaisas susideda iš sistemos ryšio bloko (SRB) ir naudojimo modulio (NM). NM gali būti jungiklis, šviesos ar temperatūros jutiklis, šviesos ar temperatūros reguliatorius ir pan. SRB yra universalus ir gali būti užprogramuotas darbui su bet kuriuo NM.

EIB linijų kartotuvai, jungtuvai ir sričių jungtuvai naudojami sistemai išplėsti. Pagrindinė jų sudedamoji dalis taip pat yra ryšio blokas.



6 pav. EIB prietaiso funkcinė schema

Veikiantį sistemos prietaisą sudaro trys pagrindinės dalys:

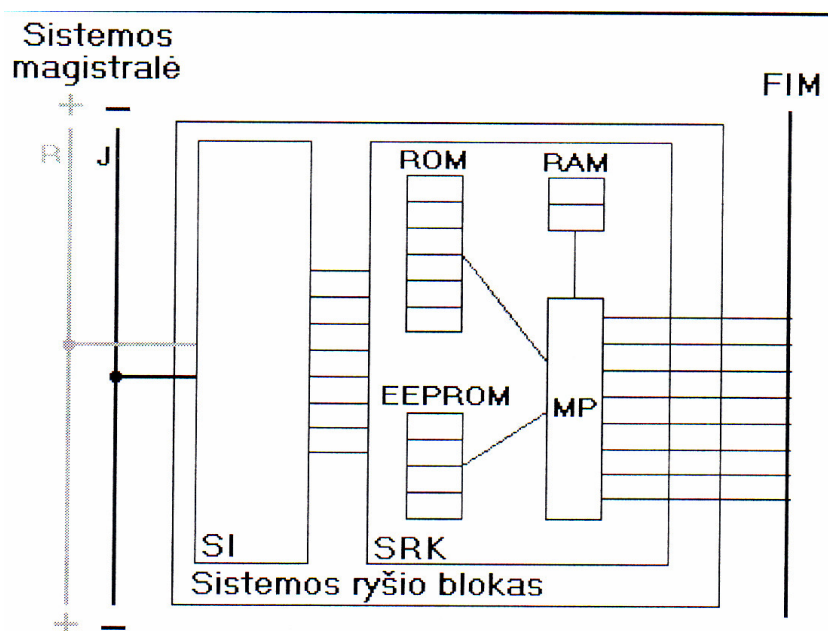
1. Sistemos ryšio blokas (SRB).
2. Naudojimo modulis (NM).
3. Naudojimo programa (NP).

Naudojimo modulis sujungtas su ryšio bloku fizine išorės magistrale (FIM). Penki kontaktai naudojami informacijai perduoti, du – energijos tiekimui į naudojimo modulį.

Kaip jau minėta, sistemos prietaisai skirstomi į jautriuosius ir vykdymo elementus. Jautriojo elemento atveju naudojimo modulis siunčia informaciją į SRB. Šis koduoja duomenis ir siunčia juos į sistemos magistralę. SRB tikrina naudojimo modulio būseną tik tam tikrais nustatytais laiko momentais. Kai prietaisas veikia kaip vykdymo elementas, SRB priima telegramas (duomenis) iš sistemos magistralės, dekoduoja, perduoda informaciją į NM.

Kiekvienas sistemos prietaisas gali atlikti savo savitą funkciją tik po to, kai į SRB (kuris yra universalus) įvedama naudojimo programa, atitinkanti naudojimo modulį. Tai atliekama asmeniniu kompiuteriu ir EIB įdiegimo programa (EIP).

Ryšio blokas susideda iš dviejų dalių: sistemos ryšio kontrolerio (SRK) ir siųstuvo/imtuvo (SI) (7 pav.).



7 pav. EIB ryšio blokas: SI – siųstuvas/imtuvas; SRK – sistemos ryšio kontroleris;

FIM – fizinė išorės magistralė

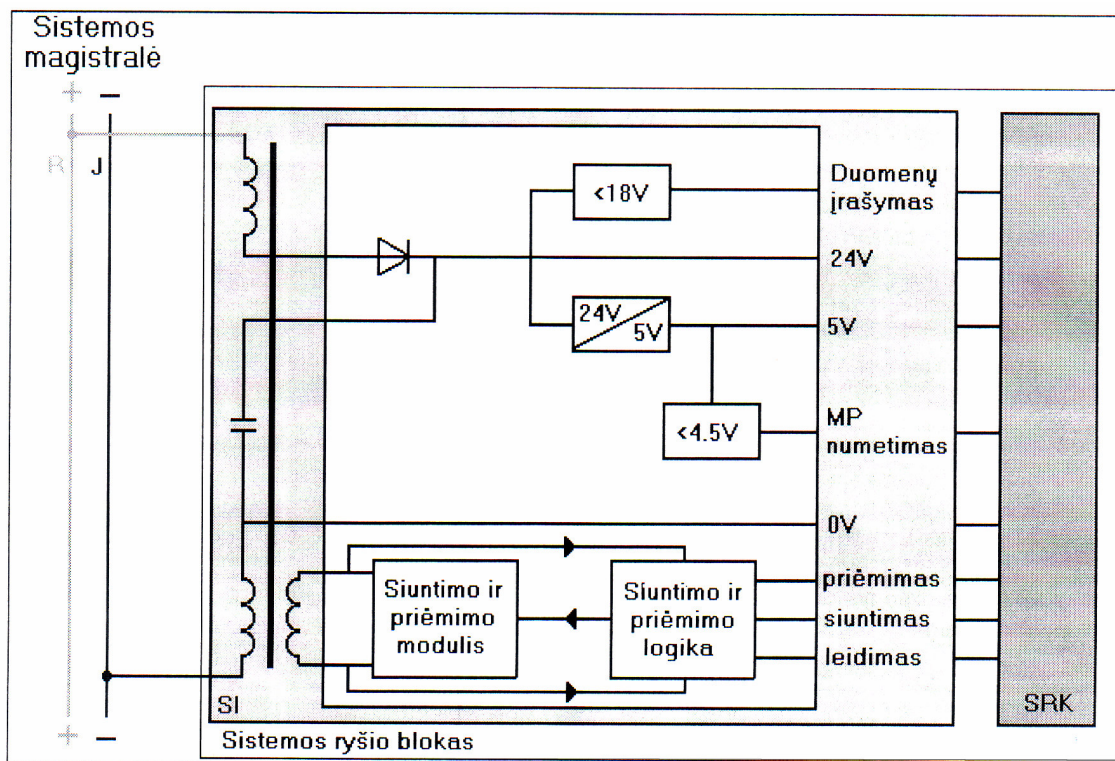
Ryšio kontroleris yra universali mikroprocesorė sistema, susidedanti iš mikroprocesoriaus (MP) su trijų rūšių atmintinėmis:

1. ROM. Tai nuolatinė atmintinė, kurioje įrašyta sisteminė programa. Šią programą į SRK įrašo gamintojas.
2. RAM. Tai operatyvioji atmintinė, kurioje laikinai laikomi duomenys prietaiso darbo metu.
3. EEPROM. Tai perprogramuojama pastovioji atmintinė. Joje laikoma naudojimo programa, fizinis ir grupės adresai ir parametrai. Ši atmintinė įrašoma EIB įdiegimo programa. Priklausomai nuo EEPROM įrašytos programos, ryšio blokas gali veikti su įvairiais naudojimo moduliais: jungikliais, jutikliais ar reguliatoriais.

EIB ryšio blokadai yra universalūs, vienodi visiems prietaisams, skiriasi tik EEPROM įrašyta naudojimo programa, adresai ir duomenys. Kadangi kiekvieno prietaiso ryšio kontroleryje yra sava mikroprocesorė sistema, galinti atlikti sudėtingas logines ir aritmetines operacijas, EIB prietaisams valdyti nereikia centrinio kompiuterio. Dėl ryšio kontrolių lygiagrečiai į sistemą sujungti prietaisai gali patikimai keistis informacija tarpusavyje ir atlikti sudėtingas funkcijas.

Siųstuvas/įmтуvas ryšio bloke yra tarpinė grandis tarp ryšio kontrolerio ir sistemos magistralės. Pagrindinės jo atliekamos funkcijos yra šios:

1. Informacinių signalų ir nuolatinės įtampos atskyrimas bei sudėtis.
2. Energijos tiekimas SRK maitinimui (5V nuolatinė įtampa).
3. Duomenų išsaugojimo inicijavimas, jei magistralės įtampa nukrenta žemiau 18 V ribos.
4. MP atsijungimas, jei įtampa jam nukrinta žemiau 4,5 V ribos.
5. Duomenų siuntimas ir priėmimas.



8 pav. EIB sistemos siųstuvo/įmтуvo funkcinė schema

EIB prietaisai gali atlikti pačias įvairiausias funkcijas. Jautriaisiais elementais gali būti jungikliai, šviesos ar temperatūros jutikliai (pastarieji gali veikti ir kaip gaisro pavojaus jutikliai), judesio jutikliai (gali veikti ir apsaugos sistemoje). Vykdomo elementais gali būti įvairūs reguliatoriai ir prietaisai, perduodantys iš sistemos gaisro ar išilaužimo pavojaus signalus. Į bendrą sistemą gali būti sujungtos apšvietimo, temperatūros valdymo ir apsaugos sistemos.

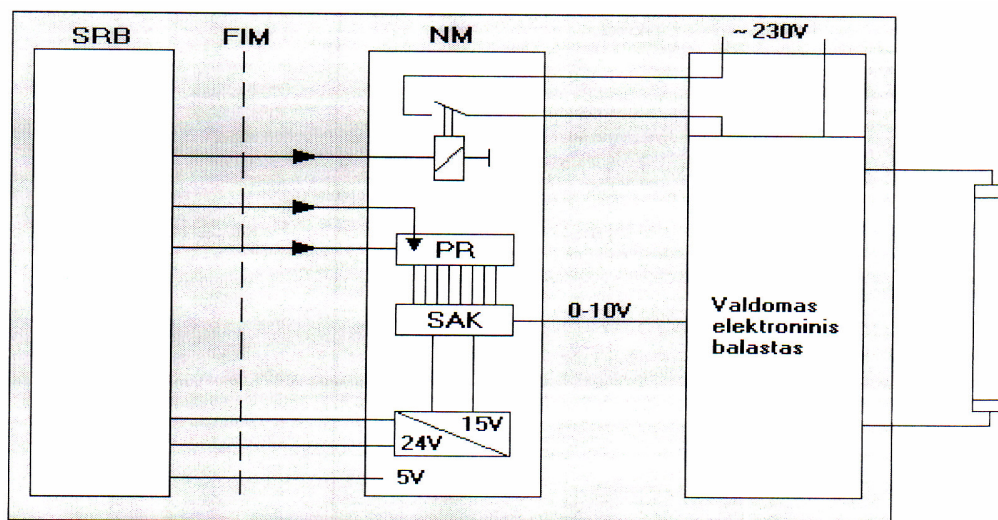
Šviesos srauto reguliavimo telegramoms siųsti pakanka jautriojo elemento, kurio naudojimo modulis turi du mygtukus. Priklausomai nuo mygtukų paspaudimo trukmės, bus siunčiamos telegramos “pradėti reguliavimą” arba “įjungti/išjungti”.

Kai mygtuko paspaudimo trukmė yra mažesnė negu 50 ms, siunčiama telegrama “įjungti” (jei buvo paspaustas įjungimo mygtukas) arba “išjungti” (jei buvo paspaustas išjungimo mygtukas). Jei mygtukas laikomas paspaustas ilgiau negu 500 ms, išsiunčiama telegrama “pradėti didinti šviesos srautą” (jei spaudžiamas įjungimo mygtukas) arba “pradėti mažinti šviesos srautą” (jei spaudžiamas išjungimo mygtukas). Kai mygtukas atleidžiamas, išsiunčiama telegrama “sustabdyti reguliavimą”. Reguliavimo metu šviesos srautas kinta pastoviu greičiu.

Šviesos srauto reguliatoriuje ryšio blokas užduoda skaitinę šviesos srauto vertę. Ji yra pastoviai keičiama reguliavimo metu (didinama arba mažinama) arba pakeičiama šuoliškai, gavus telegramą “išjungti” arba “įjungti”. Jeigu šviesa reguliuojama, tai šviesos srauto pokytis priklauso tik nuo laiko trukmės tarp gautų telegramų “pradėti reguliavimą” (pradėti didinti/mažinti šviesos srautą) ir “sustabdyti reguliavimą”. Kai gaunamos telegramos “įjungti/išjungti”, yra keičiama tik galios kontakto padėtis (jis yra uždaromas arba atidaromas).

Ryšio blokas išveda skaitinę šviesos srauto vertę į postūmio registrą PR, esantį naudojimo modulyje. Šis registras yra 8 skilčių, o tai leidžia išskirti $2^8 = 256$ šviesos srauto vertes. PR išėjimo kontaktai yra sujungti su skaitmeninio analoginio keitiklio (SAK) įėjimais. Pastarasis, priklausomai nuo PR įrašyto skaičiaus (nuo 0 iki 256), generuoja atitinkamą valdymo įtampą nuo 0 iki 10 V. Ši valdymo įtampa yra naudojama elektroniniame valdomame balaste ir nuo jos jau tiesiogiai priklauso lempos išspinduliuojamas šviesos srautas.

Įjungimas ir išjungimas, kaip minėta, atliekamas galios kontaktu.

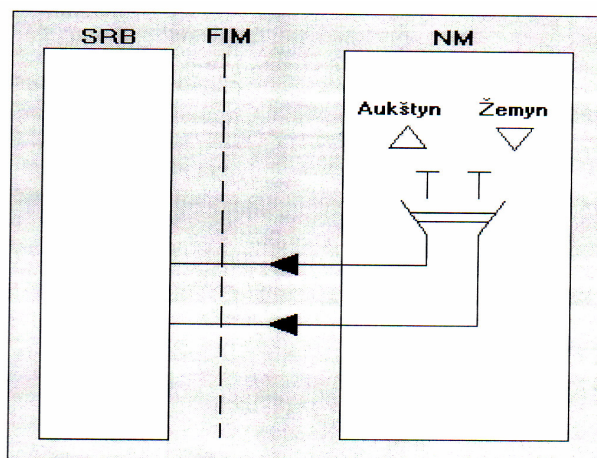


9 pav. Šviesos srauto reguliatoriaus funkcinė schema

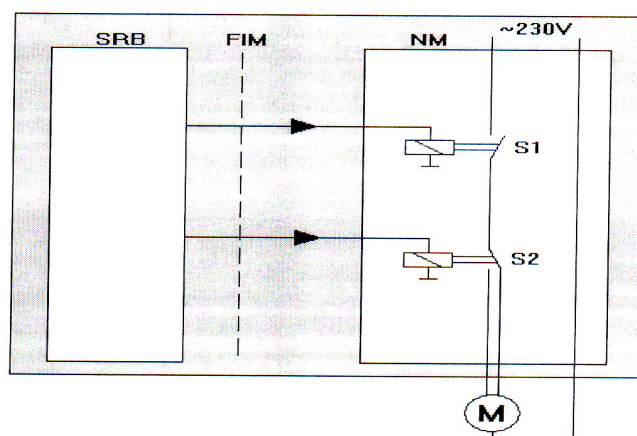
Projektuojant apšvietimo valdymo sistemą, galima pagalvoti ir apie užuolaidų valdymą. Tam reikalingas pavaros valdymo jautrusis elementas

Pavaros jautrusis elementas – jungiklis gali turėti du mygtukus (“atidaryti” ir “uždaryti”). Tai, kokias telegramas SRB išsiųs į sistemos magistralę, priklauso nuo mygtukų paspaudimo trukmės.

Kai mygtukas paspaudžiamas laikui, trumpesniame negu 500 ms, išsiunčiama telegrama “atidaryti užuolaidas 1 pakopa” (jei paspaustas mygtukas “atidaryti”) arba “uždaryti užuolaidas 1 pakopa” (jei paspaustas mygtukas “uždaryti”). Jei mygtukas laikomas paspaustas ilgiau negu 500 ms, išsiunčiama telegrama “atidaryti užuolaidas” (kai spaudžiamas mygtukas “atidaryti” arba “uždaryti užuolaidas” (kai spaudžiamas mygtukas “uždaryti”).



10 pav. Pavaros valdymo jautriojo elemento funkcinė schema



11 pav. Pavaros valdiklio funkcinė schema

Pavaros valdiklio galios grandinėje yra du kontaktai. Kontaktas S2 nustatomas į vieną arba kitą poziciją priklausomai nuo to ar gauta telegrama “uždaryti” ar “atidaryti”. Jo pozicija

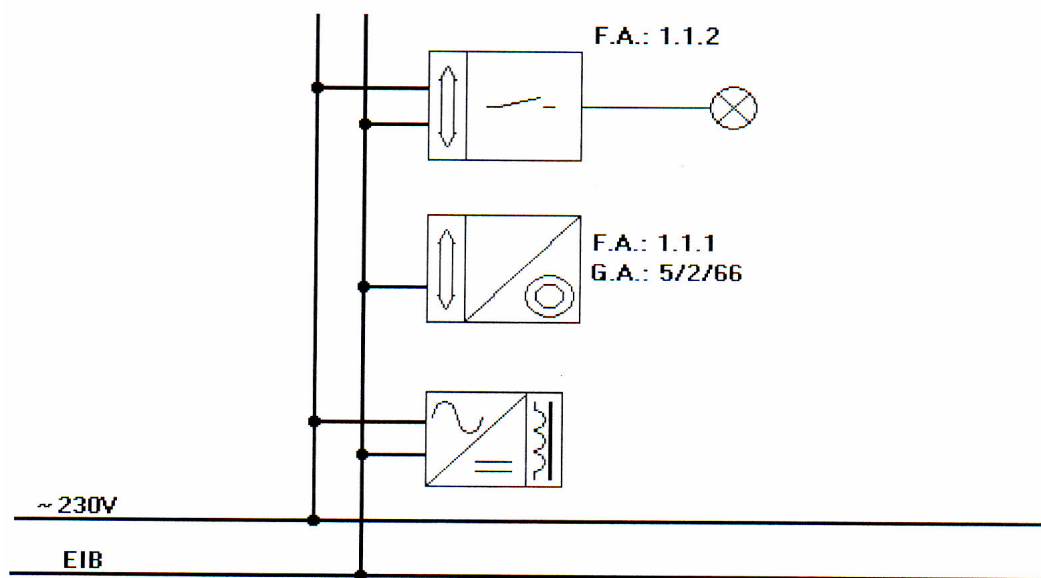
apsprendžia kuria kryptim suksis pavara ir tuo pačiu judės užuolaidos. Kai gaunama telegrama “atidaryti/uždaryti užuolaidas 1 pakopa”, kontaktas S1 uždaromas atitinkamam laikui, per kurį užuolaidos truputį atsidaro arba truputį užsidaro (priklausomai nuo telegramoje nurodytos krypties). Jei tokia telegrama gaunama pavarai veikiant, pavara sustabdoma.

Kai gaunama telegrama “atidaryti/uždaryti užuolaidas”, kontaktas S1 uždaromas laikui, ilgesniam negu reikia atidaryti (uždaryti) užuolaidas iki galo. Tuomet dažniausiai pavara sustabdo ribinių padėčių davikliai.

EIB prietaisai keičiasi informacija telegramų būdu. Telegrama – tai dvejetainiu kodu koduoti duomenys, siunčiami į EIB sistemą. Ryšys EIB sistemoje yra nuoseklus, duomenų perdavimo greitis 9600 bitų per sekundę. Informacinių impulsų amplitudė yra 5 V, jie siunčiami į EIB kaip potencialų skirtumas tarp dviejų kabelio gyslų.

Funkcionuojančią EIB sistemą turi sudaryti bent tokie elementai:

1. Maitinimo šaltinis (24 V) su droseliu.
2. Jautrieji elementai (12 pav. pavaizduotas vienas dviejų klavišų jautrusis elementas).
3. Vykdyto elementai (12 pav. pavaizduotas vienas lemputės jungiklis).
4. Sistemos kabelis (būtinai dvi gyslos).



12 pav. Elementariausios EIB schema

Sumontuota sistema negali veikti, kol į jautriuosius ir vykdyto elementus nėra įrašytos jų naudojimo programos. Taigi, pirmiausia projekto inžinierius, naudodamasis EIB diegimo programa, turi įvykdyti šiuos EIB įdiegimo etapus:

1. Paskirti prietaisams fizinius adresus (kiekvieno sistemos jautriojo ar vykdyto elemento atskirai identifikacijai).

2. Parinkti naudojimo programas ir jų parametrus visiems sistemos jautriesiems ir vykdymo elementams.
3. Paskirti prietaisams grupių adresus (jautriųjų ir vykdymo elementų funkciniais ryšiams užtikrinti).

Vienas 12 pav. pavaizduotos sistemos veikimo variantų gali būti toks:

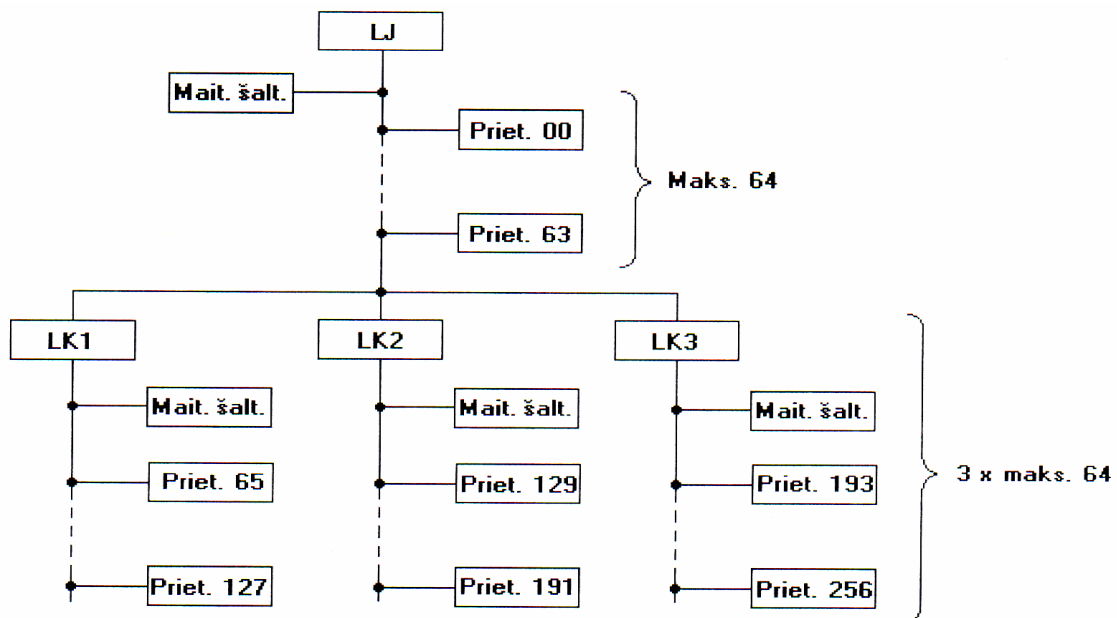
1. Paspaudžiamas viršutinis jautriojo elemento 1.1.1 klavišas, šis elementas siunčia į sistemą telegramą, į kurios sudėtį įeina grupės adresas (5/2/66), bitas, kurio vertė "1", ir kiti duomenys.
2. Šią telegramą gauna ir įvertina visi įjungti į sistemą jautrieji ir vykdymo elementai.
3. Tiksliai prietaisai, tokį patį grupės adresą, išsiunčia patvirtinimo telegramą, nuskaitydami atitinkamą bitą (jo vertė "1") ir vykdo atitinkamą funkciją. Šiuo atveju jautrusis elementas 1.1.2 uždarys išėjimo kontaktą.

Jeigu būtų paspaustas apatinis klavišas, vyktų lygiai toks pats procesas, tačiau šiuo atveju atitinkamo bito vertė būtų "0" ir vykdymo elementas atidarytų kontaktą.

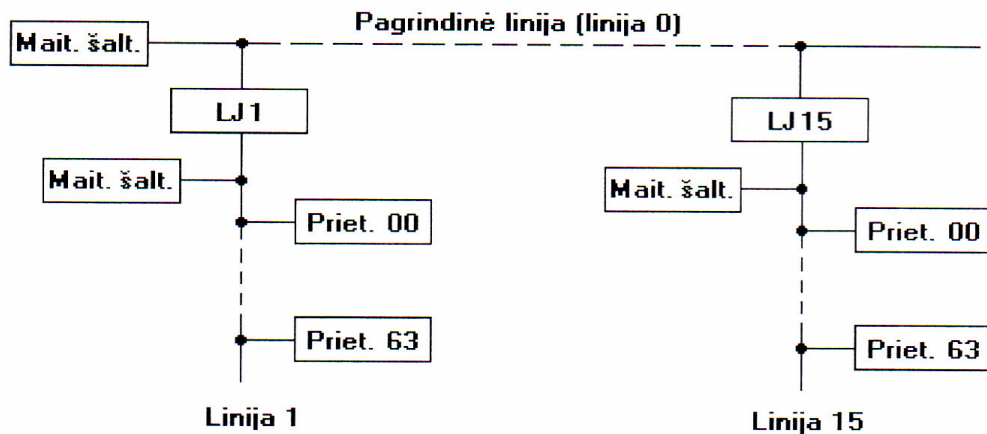
Vykdymo elementas gali turėti keletą grupių adresų ir reaguodamas į skirtingus adresus jis atlieka skirtingas funkcijas (pvz.: šviesos srauto reguliavimas ir įjungimas/išjungimas). Jautrusis elementas vienoje telegramoje įrašo tik vieną grupės adresą ir visi, turintys šį grupės adresą elementai, atitinkamai reaguoja į telegramą. Taigi, į vieno jautriojo elemento telegramas gali reaguoti daugelis vykdymo elementų ir tuo pačiu vieną vykdymo elementą gali paveikti daugelis jautriųjų elementų.

EIB sistemoje vienas prietaisas gali siųsti telegramas bet kuriam kitam prietaisui sistemoje. Tačiau prietaisai yra išdėstomi tam tikromis grupėmis.

Mažiausia prietaisų grupė EIB sistemoje yra linijos segmentas. Į vieną segmentą gali būti sujungta daugiausiai 64 prietaisai. Į vieną liniją gali būti sujungta iki 4 segmentų. Naujas segmentas jungiamas prie linijos per linijos kartotuvą (LK). Kiekviename segmente yra būtinas atskiras maitinimo šaltinis. Atskiros linijos sistemoje sujungiamos linijų jungtuvais (LJ).



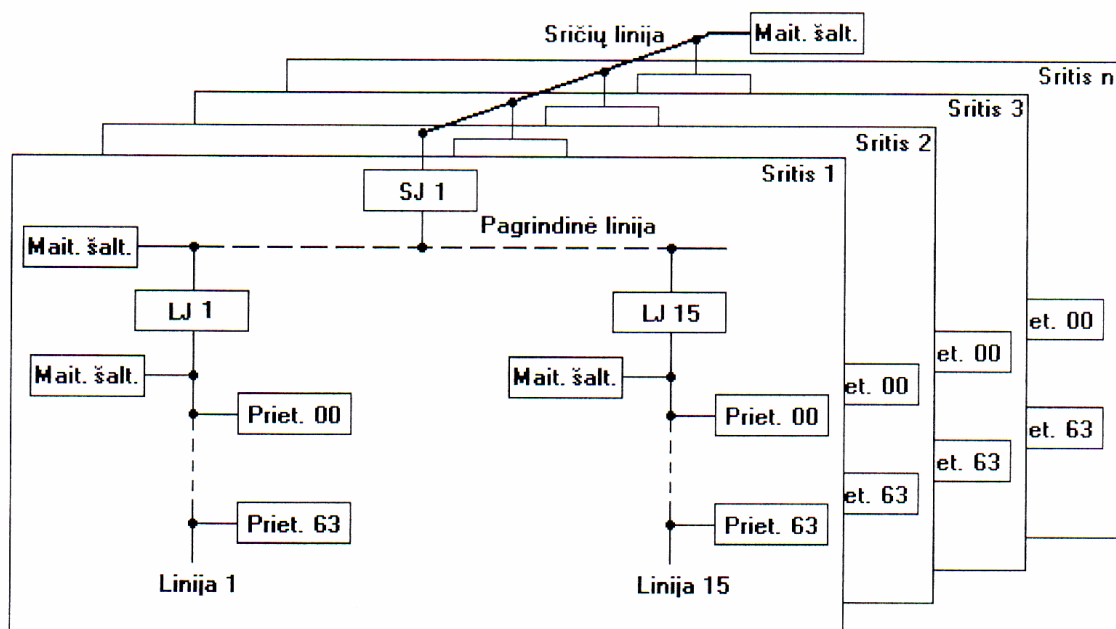
13 pav. Prietaisų išdėstymas linijoje



14 pav. Prietaisų išdėstymas srityje

Kai reikia panaudoti daugiau negu vieną liniją, linijos jungiamos į grupę, vadinamą sritimi. Srityje, per linijų jungtuvus, prie pagrindinės linijos gali būti prijungta iki 15 linijų. Prie pagrindinės linijos gali būti jungiami ir prietaisai, tačiau ne daugiau kaip 64, sudėjus su linijų jungtuvais.

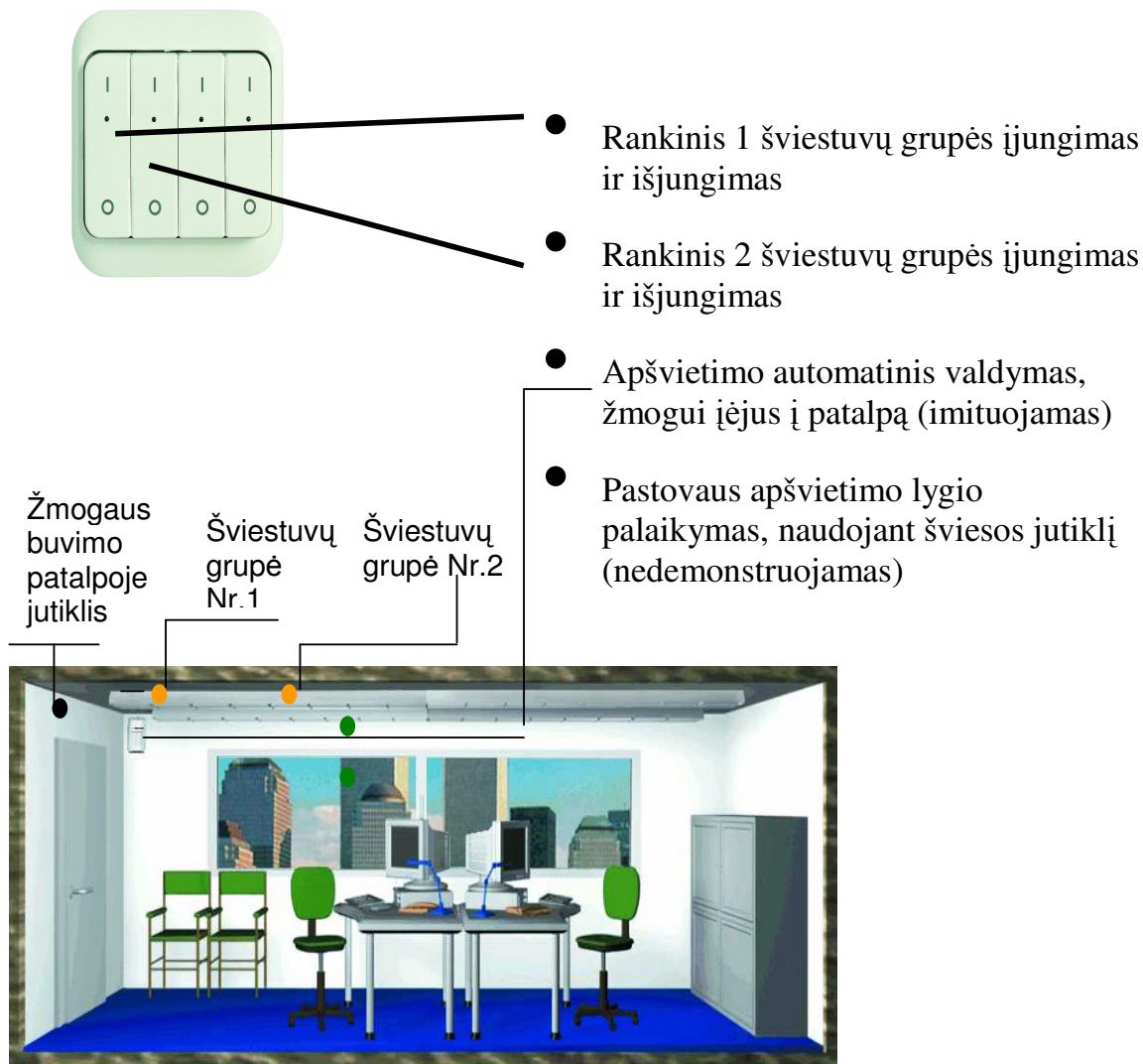
Pagrindinė linija, taip pat kaip ir kitos linijos, turi turėti atskirą maitinimo šaltinį, bet joje negalima naudoti linijų kartotuvų.



15 pav. Prietaisų išdėstymas keliuose srityse

Esant poreikiui, galima plėsti sistemą prijungiant keletą sričių per sričių jungtuvus (SJ), prie sričių linijos. Šitaip galima sujungti iki 15 sričių. Sričių linijoje turi būti atskiras maitinimo šaltinis. Panaudojus 15 sričių, į vieną sistemą galima sujungti virš 60000 prietaisų [7].

Šviesos valdymas biuruose ir pastatuose



2.4 APŠVIETIMO SISTEMŲ EFEKTYVUMO DIDINIMO KRYPTYS, BŪDAI IR PRIEMONĖS

Projektuojant apšvietimo sistemas reikia laikytis higienos normų ir reikalavimų. Reikia atsižvelgti į dirbtinės apšvietos ribines vertes įvairioms darbo zonoms, darbams ar veiklai. Šios vertės yra pateiktos 3 lentelėje, kurioje yra dirbtinio apšvietimo apšvietos ribinių verčių pavyzdžiai.

Dirbtinės apšvietos ribinės vertės nustatytos pagal regos darbų reikalavimus, praktinius eksperimentus bei elektros energijos taupymo sumetimais. Rekomenduojamos dirbtinės apšvietos ribinės vertės leidžia gerai matyti darbo objektą ir užtikrina gerą darbuotojo savijautą. Kiekvienam

darbo zonos, darbų ar veiklos tipui pateiktos trys dirbtinės apšvietos ribinės vertės. Didžiausios dirbtinės apšvietos ribinės vertės turi būti taikomos, kai:

- a) šviesos atspindėjimas arba matomo objekto ir fono skirtumas yra labai mažas;
- b) klaidų ištaisymas brangiai kainuoja;
- c) regos darbai yra atliekami ypatingomis sąlygomis;
- d) regos darbų tikslumas ar didesnis darbo našumas yra labai svarbūs;
- e) to reikia dėl darbuotojo regos ypatumų.

Mažiausios dirbtinės apšvietos ribinės vertės turi būti taikomos, kai:

- a) šviesos atspindėjimas ar matomo objekto ir fono skirtumas yra labai didelis;
- b) regos darbų greitis ir tikslumas nėra svarbūs;
- c) regos darbai yra atliekami tik epizodiškai [5].

3 lentelė. Apšvietos ribinės vertės skirtingoms darbo zonoms, darbams ar veiklai

Apšvietos ribinės vertės, lx	Darbo zonų, darbų ar veiklos tipai
20 – 30 – 50	Judėjimas lauke ir darbo zonose
50 – 100 – 150	Judėjimo zonos, įprastas stebėjimas ar trumpalaikiai apsilankymai
100 – 150 – 200	Patalpos nenaudojamos nuolatiniam darbui
200 – 300 – 500	Darbai, kuriems atlikti reikia nedidelio regos tikslumo
300 – 500 – 750	Darbai, kuriems atlikti reikia vidutinio regos tikslumo
500 – 750 – 1000	Darbai, kuriems atlikti reikia didelio regos tikslumo
750 – 1000 – 1500	Darbai, kuriems atlikti reikia labai didelio regos tikslumo
1000 – 1500 – 2000	Darbai, kuriems atlikti reikia specialaus regos tikslumo
Daugiau kaip 2000	Darbai, kuriems atlikti reikia maksimalaus regos tikslumo

Objekto apšvietimo efektyvumas priklauso nuo apšvietos kokybės. Darbo vietos apšvietos kokybė priklauso nuo šviestuvo akinimo parametrų. Apšvietos kokybė nurodo šviestuvo charakteristikų tinkamumą tam tikram darbui atlikti. Skirtingiems darbams ir patalpoms ji gali būti skirtinga [2].

Nustatytos penkios apšvietos kokybės klasės pateikiamos 4 lentelėje.

4 lentelė. Apšvietos kokybės klasės pagal darbų pobūdį

Kokybės klasė	Darbo pobūdis
A – labai aukšta kokybė	Labai tikslūs regos darbai
B – aukšta kokybė	Tikslūs regos darbai
C – vidutinė kokybė	Vidutiniškai tikslūs regos darbai
D – žema kokybė	Nelabai tikslūs regos darbai
E – labai žema kokybė	Patalpos su nuolatinėmis darbo vietomis ir netiksliais regos darbais

Skirtingi regos darbai ir patalpos skirstomi į skirtingas regos darbų grupes, kurioms atitinkamai nustatytos natūralaus apšvietimo apšvietos koeficiento (NAK) mažiausios ribinės vertės [2]. 5 lentelėje pateiktos šešios regos darbų grupės, atsižvelgiant į mažiausio matomo objekto dydį, patalpos apšviestumą.

5 lentelė. Dirbtinės, lx, ir natūralios, NAK, %, apšvietos mažiausios ribinės vertės

Regos darbų charakteristika	Mažiausio matomo objekto dydis, mm	Regos darbų grupė	Dirbtinis apšvietimas	Natūralus apšvietimas NAK, %	
			Darbo paviršiaus bendro apšvietimo apšvieta, lx	Viršutinis arba šoninis	Šoninis
Labai tikslūs	0,15 – 0,30	A	500	4,0	1,5
			400	3,5	1,2
Tikslūs	0,30 – 0,50	B	300	3,0	1,0
			200	2,5	0,7
Vidutiniškai tikslūs	Daugiau kaip 50	C	150	2,0	0,5
			100	2,0	0,5
Trumpalaikis matomo objekto išskyrimas darbo aplinkoje	Nepriklauso nuo matomo objekto dydžio				
Labai šviesioje patalpoje		D	300	3,0	1,0
Šviesioje patalpoje		E	200	2,5	0,7
Silpnai apšviestoje patalpoje		F	150	2,0	0,5

Kiekvienai patalpai reikia parinkti tinkamą apšvietimą, o tam reikia žinoti konkrečių patalpų apšvietos vertes. Šios vertės, taip pat diskomfortinio akinimo indeksai (UGR_L) ir bendrieji spalvų perteikimo indeksai (R_a) pagal Europos standartą EN 12464 – 1 [3] yra pateikti 6 lentelėje.

6 lentelė. Apšvietos vertės konkrečioms patalpoms

Interjero tipas	E_m, lx	UGR_L	R_a	Pastabos
1. Judėjimo plotai ir koridoriai	100	28	40	1. Apšviestumas grindų lygyje. 2. Įėjimų ir išėjimų apšvietimas turi užtikrinti perėjimo zoną, kad išvengti staigių apšvietimo pokyčių tarp vidaus ir išorės per dieną ar naktį.
2. Laiptai, eskalatoriai	150	25	40	
3. Valgyklos, sandėliai	200	22	80	
4. Drabužinės, prausyklos, vonios kambariai, tualetai	200	25	80	
5. Sandėlis ir inventoriaus patalpa	100	25	60	1. 200 lx jei visą laiką dirbama.
6. Išsiuntimo bei pakavimo plotai	300	25	60	
7. Konferencijų ir susitikimų kambariai	500	19	80	1. Apšvietimas turi būti valdomas.
8. Priėmimo stalas	300	22	80	
9. Pardavimo plotai	300	22	80	1. Ir apšvietimas ir UGR reikalavimai nustatomi pagal parduotuvės tipą.
10. Atsiskaitymo zonos	500	19	80	
11. Pakavimo stalai	500	19	80	

Maksimali R_a vertė yra 100. Šis skaičius mažėja mažėjant spalvos perteikimo savybei.

Lempos, kurių spalvų perteikimo indeksas yra žemesnis nei 80, neturi būti naudojamos tuose interjeruose, kuriuose žmonės dirba arba išbūna ilgesnį laiką. Išimtyms gali būti taikomos kai kurioms vietoms ir/arba veiklos rūšims (pvz., apšvieta iš erkerių), tačiau privalu imtis tinkamų priemonių, kad būtų užtikrinta apšvieta su geresniu spalvų perteikimu fiksuotose nuolatos užimtose darbo vietose ir kad būtų galima atpažinti apsaugines spalvas.

Akinimo indekso svyravimai patalpoje gali būti nustatomi skirtingoms stebėtojo padėtimis. Jei maksimali akinimo indekso vertė patalpoje yra didesnė už ribinį dydį, pateiktą 2.4.4 lentelėje, reikia pasitelkti informaciją apie atitinkamas padėtis darbo vietose toje patalpoje. Diskomforto akinimas nuo langų vis dar yra mokslinių tyrimų objektas. Šiuo metu nėra tinkamo metodo akinimui įvertinti [4].

Objekto natūrali ir dirbtinė apšvieta matuojama specialiais prietaisais – liuksmetrais. Šių prietaisų matavimo diapazonas ir tikslumas turi atitikti jiems keliamus reikalavimus, apšvietos paklaida gali būti ne didesnė kaip 10 %. Jie turi būti nustatyta tvarka periodiškai tikrinami, naudojami pagal prietaisų gamintojų instrukcijas. Natūrali ir dirbtinė apšvieta turi būti matuojama įprastinio darbo proceso metu nustatytuose taškuose. Apšvieta turi būti matuojama darbuotojui dirbant. Matavimo prietaiso jautrusis elementas turi būti orientuotas pagal darbinę plokštumą. Šviesos srautas neturi būti užstotas matavimą atliekančio asmens ar kitų objektų. Matavimo metu negali būti keičiama apšvieta (sumontuojant ar demontuojant šviestuvus).

Vienpuse šonine natūralia šviesa apšviestose nedidelėse darbo patalpose mažiausia NAK vertė matuojama taške, kuris yra būdingo patalpos pjūvio vertikaliosios plokštumos ir santykinio darbo paviršiaus susikirtime, vieno metro atstumu nuo sienos, labiausiai nutolusios nuo lango. Jeigu patalpa yra apšviečiama dvipuse šonine natūralia šviesa, šis taškas yra patalpos viduryje.

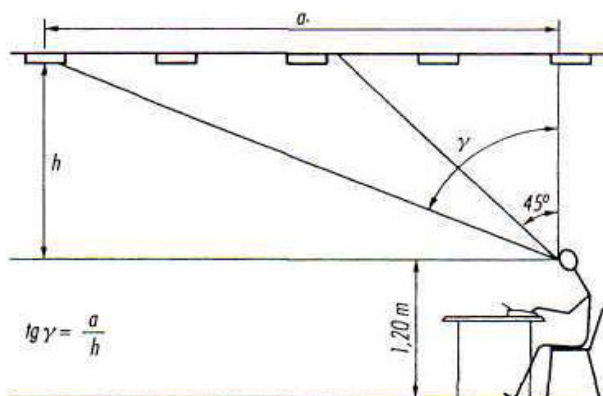
Dirbtinė apšvieta turi būti matuojama įjungus visus dirbtinio apšvietimo šaltinius ir užtamsinus natūralios šviesos šaltinius arba tamsiuoju paros metu. Detalesniam apšvietos matavimui darbo zona gali būti suskirstyta tinkleliu. Su gautais rezultatais turi būti pateikiami duomenys apie matavimo prietaisą (tipas, charakteristika, paskutinės metrologinės patikros data ir patikros pažymos numeris). Gauti natūralios ir dirbtinės apšvietos matavimų rezultatai lyginami su mažiausiomis ribinėmis vertėmis [2].

Norint padidinti apšvietimo efektyvumą, būtina įvertinti darbo paviršiaus skaisčio vertes, kurios neturi viršyti leistinų ir yra pateiktos 7 lentelėje.

7 lentelė. Leidžiamos darbo paviršiaus skaisčio vertės

Darbo paviršiaus plotas, m ²	Didžiausias leidžiamas skaistis, cd.m ⁻²
Mažiau kaip 1.10 – 4	2000
1.10 – 4 – 1.10 – 3	1500
1.10 – 3 – 1.10 – 2	1000
1.10 – 2 – 1.10 – 1	750
Daugiau kaip 1.10 – 1	500

Įprastame regėjimo lauke neturėtų būti daiktų su dideliu skaisčiu, nes kyla pavojus apakti, t. y. laikinai prarasti regėjimą. Tam yra nurodytas leistinas šviestuvų skaistis priklausomai nuo regėjimo lauko kampo, kuriame gali būti stebėtojas, žiūrintis tiesiai priešais save (16 pav.). Reikalavimai neapsaugo smalsuolio, kuris stovi šalia didelio galingumo lempos ir užverčia galvą į viršų [5].



16 pav. Šviestuvo skaisčio apribojimo sfera ($\gamma = 45^\circ - 85^\circ$), siekiant išvengti apakinimo

3. TIRIAMOJI DALIS

3.1 APŠVIETIMO NEAUTOMATINIO VALDYMO PROJEKTINIAI SKAIČIAVIMAI

Apšvietimo neautomatinio ir automatinio valdymo tyrimui panaudota konferencijų salė, kurios ilgis – 20 m, plotis – 15 m. Apšvietimo skaičiavimui parinktos liuminescencinės 2x58 W lempos.

Pagal apšvietimo normas, konferencijų salėje apšvieta E turi būti 500 lx. Norėdami gauti šią apšvietos vertę, turime parinkti reikiamą šviestuvų skaičių, kurį apskaičiuojame naudingumo koeficiento metodu:

$$E = \frac{F \cdot n \cdot N \cdot MF \cdot UF}{S}, \text{ lx}; \quad (3.1.1)$$

$$N = \frac{E \cdot S}{F \cdot n \cdot MF \cdot UF}; \quad (3.1.2)$$

$$N = \frac{500 \cdot 300}{4600 \cdot 2 \cdot 0,67 \cdot 0,7} = 34,7 \approx 36;$$

čia: F – pradinis lempos šviesos srautas, lm; n – lempų skaičius šviestuve; N – šviestuvų kiekis patalpoje; S – patalpos plotas, m²; MF – atsargos koeficientas, įvertinantis lempų keitimo ir šviestuvų valymo periodiškumą. Naujos kartos lempoms ir kokybiškiems šviestuvams MF = 0,67; UF – šviestuvo naudingumo koeficientas darbo paviršiaus atžvilgiu, randamas konkrečiam šviestuvui lentelėse (žr. GlamoX kataloge “Photometrics” sk. [6]) pagal patalpos indeksą R_i:

$$R_i = \frac{A \cdot B}{(A + B) \cdot H}; \quad (3.1.3)$$

$$R_i = \frac{20 \cdot 15}{(20 + 15) \cdot 3} = 2,86;$$

čia: A – patalpos ilgis, m; B – patalpos plotis, m; H – šviestuvų pakabinimo aukštis nuo apšvietimo plokštumos, m.

Žinodami šviestuvų skaičių patalpoje, galime apskaičiuoti bendrą visų šviestuvų galingumą:

$$P = P_1 \cdot N; \quad (3.1.4)$$

$$P = 116 \cdot 36 = 4176W;$$

čia: P_1 – vieno šviestuvo galingumas, W; N – šviestuvų skaičius patalpoje.

Bendru atveju galios formulė yra tokia:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi; \quad (3.1.5)$$

čia: U – įtampa, V; I – srovė, A. Elektroninių balastų $\cos \varphi = 0,9$.

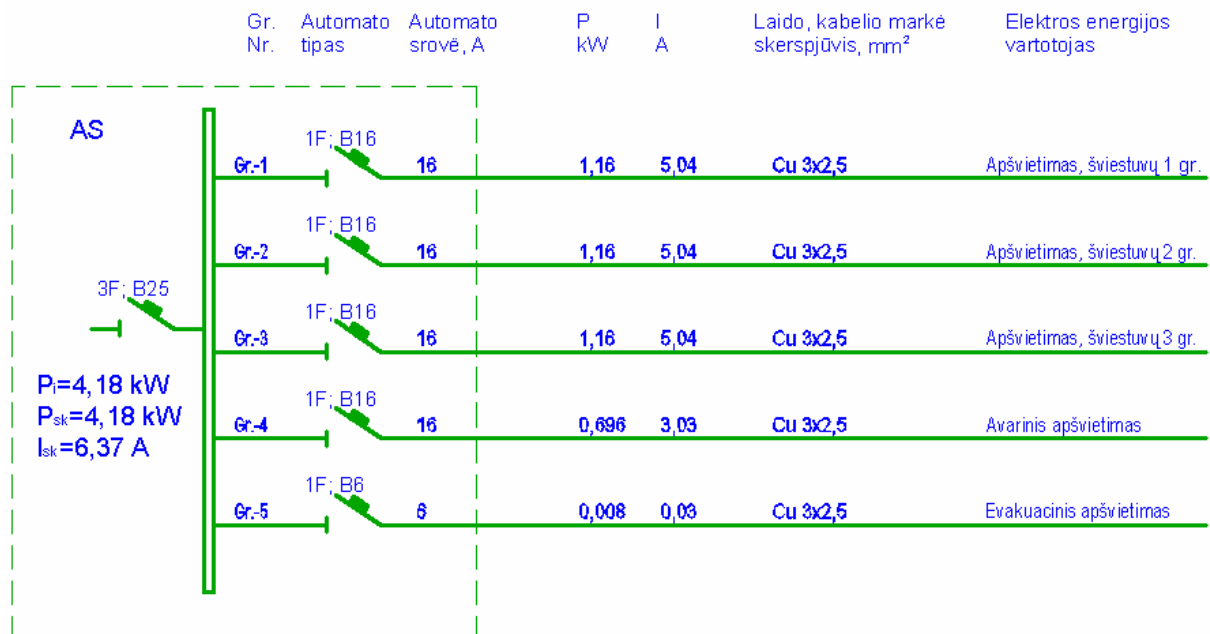
Išsireiškiamė srovę:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}; \quad (3.1.6)$$

$$I = \frac{116}{230 \cdot 0,9} = 0,56A.$$

Žinant šiuos parametrus, galima sudaryti apšvietimo skydo skaičiavimo schemą (17 pav.).

Patalpoje projektuojamos keturios šviestuvų grupės. Pirmose trijose grupėse yra po 10 šviestuvų, ketvirtoje – 6 avariniai šviestuvai. Virš išėjimo durų taip pat reikalingas evakuacinis šviestuvai.



17 pav. Apšvietimo skydo skaičiavimo schema

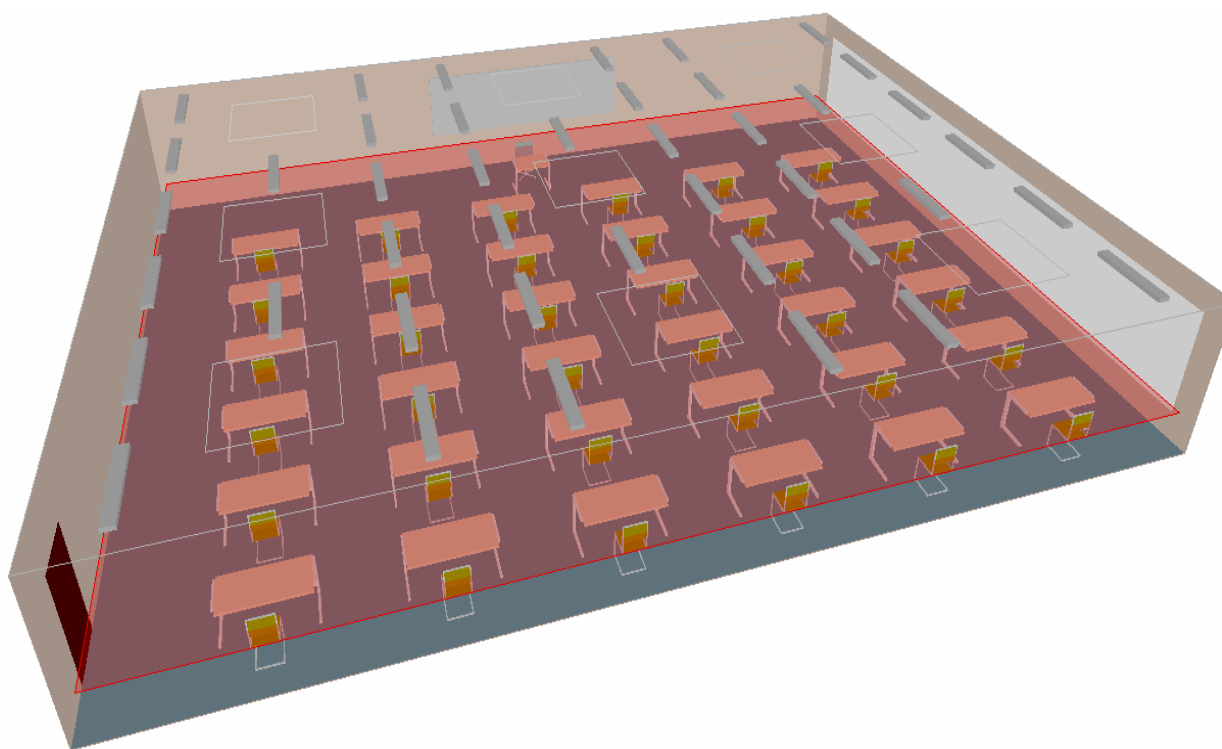
Apšvietimo valdymui yra reikalingi 4 jungikliai (kiekvienai šviestuvų grupei po vieną).

3.2 APŠVIETIMO AUTOMATINIO VALDYMO PROJEKTINIAI SKAIČIAVIMAI

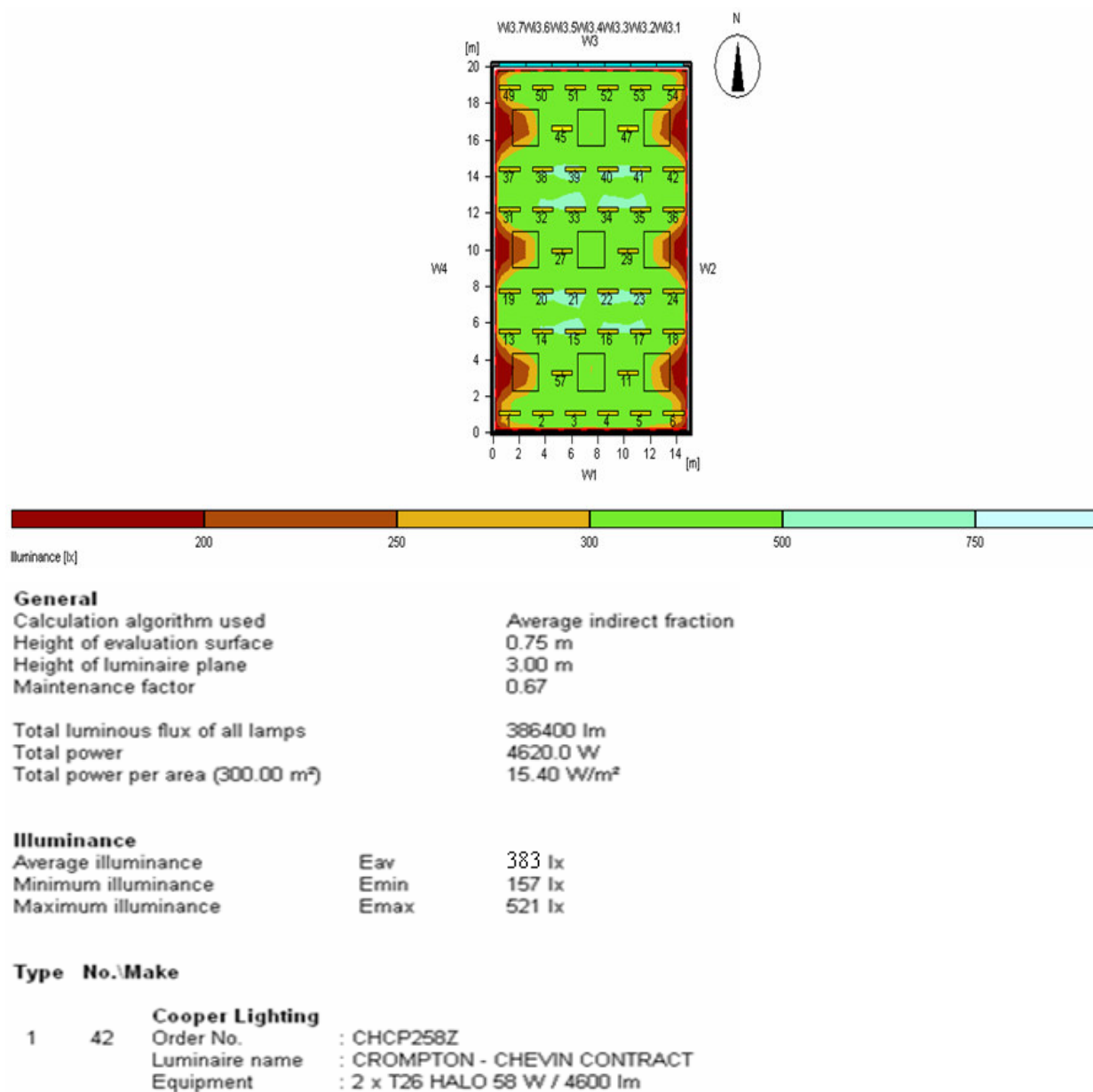
Apšvietos skaičiavimui panaudota kompiuterinė programa RELUX. Ši programa pateikia tikslius rezultatus, taip pat kreives, lenteles, suteikia galimybę pasižiūrėti trimatį patalpos vaizdą (18 pav.).

Tam, kad skaičiavimų rezultatai būtų tikslesni, apšvieta apskaičiuota skirtingu metų laiku. Skaičiavimai atlikti žiemos, pavasario, vasaros ir rudens viduryje, tris kartus per dieną. Pasirinkti du būdai: 1) kai dangus apsiniaukęs, 2) kai dangus giedras. Taip pat yra pateikti apšvietos duomenys esant tik natūraliam apšvietimui.

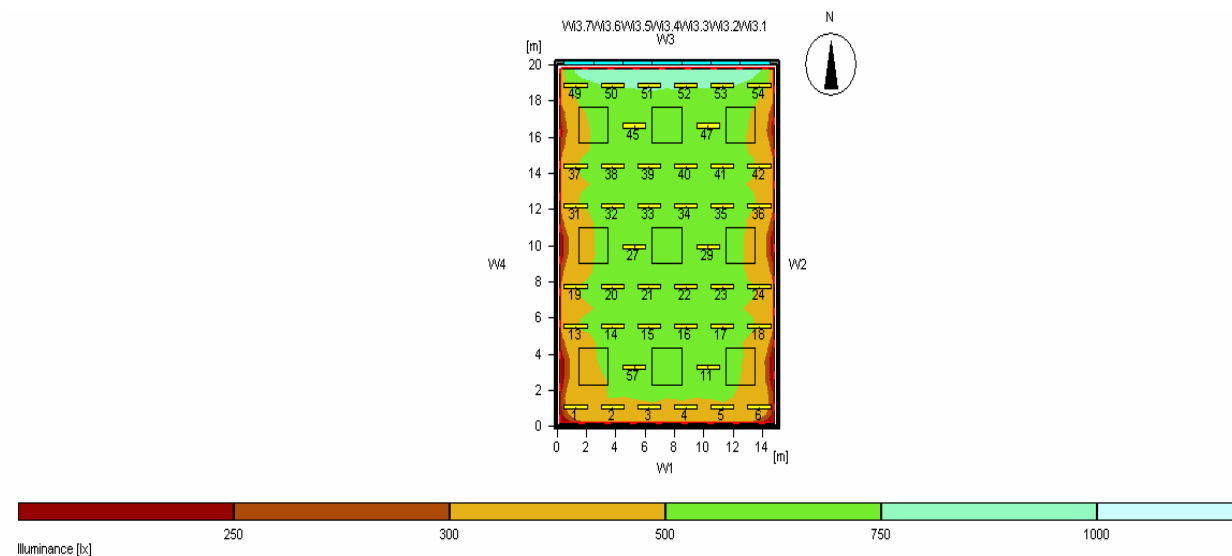
19 pav. pateikti skaičiavimo duomenys neįvertinant natūralaus apšvietimo, sklindančio pro patalpos langus ir stoglangius.



18 pav. Trimatis patalpos vaizdas



19 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant natūralaus apšvietimo
Kituose pav. pateikti skaičiavimo rezultatai įvertinant natūralų apšvietimą.



General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction
 Height of evaluation surface: 0.75 m
 Height of luminaire plane: 3.00 m
 Maintenance factor: 0.67
 Calculation mode used: Artificial and daylight calculation

Date, Time: 15.01. 09:00

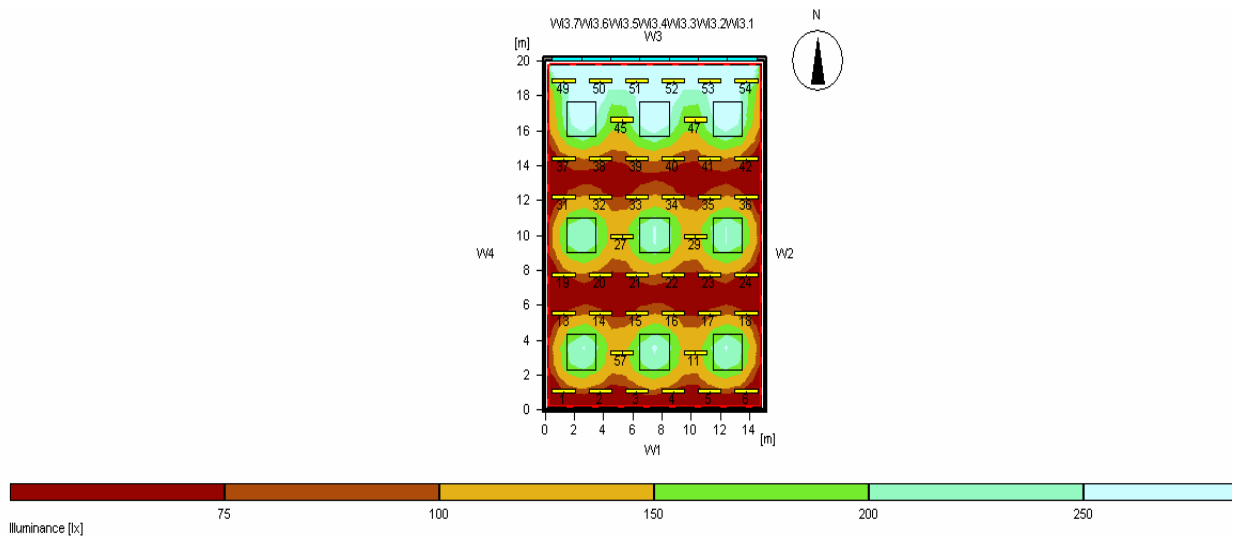
Geographical data:

Location: Vilnius
 Latitude (degrees): 55.32 °
 Longitude (degrees): 21.02 °

Illuminance

Average illuminance: Eav 532 lx
 Minimum illuminance: Emin 272 lx
 Maximum illuminance: Emax 875 lx

20 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. sausio mėn. 15 d. 9.00 val.), kai dangus apsiniaukęs



General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction
 Height of evaluation surface: 0.75 m
 Height of luminaire plane: 3.00 m
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 15.01. 09:00

Geographical data:

Location: Vilnius
 Latitude (degrees): 55.32 °
 Longitude (degrees): 21.02 °

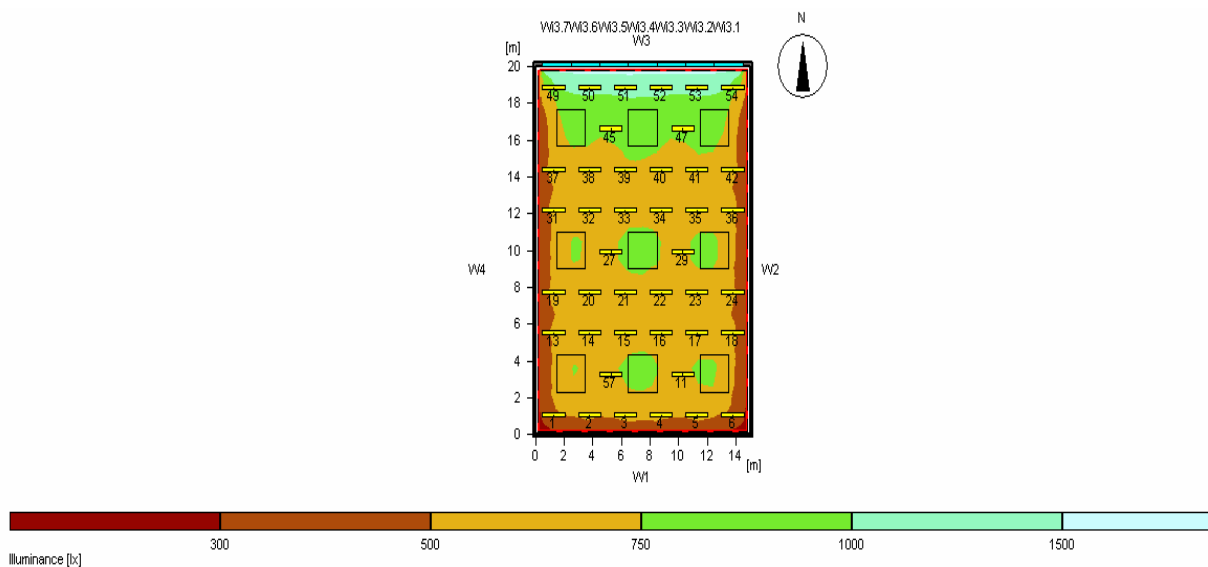
	280	416	449	451	443	443	457	[458]	[458]	443	444	452	449	417	281
18	163	251	286	271	242	248	280	299	280	248	243	273	286	252	165
	151	253	297	257	191	198	269	312	270	199	191	256	299	255	152
16	138	243	288	236	163	172	253	300	251	170	164	236	287	243	138
	101	169	197	167	122	127	178	205	177	127	122	167	198	169	101
14	61	91	103	95	78	81	98	108	98	81	79	95	101	90	62
	44	61	63	63	59	61	67	69	66	59	59	63	66	60	45
12	53	78	88	80	66	68	83	91	83	68	67	79	85	77	53
	83	140	161	135	99	101	145	167	145	104	99	137	163	139	84
10	114	212	250	197	127	138	211	255	212	137	130	201	250	211	114
	114	210	249	199	127	136	210	253	212	136	130	197	250	210	115
8	82	136	159	133	94	99	142	165	142	99	95	134	160	137	84
	50	73	82	75	62	64	79	84	79	64	62	75	82	71	50
6	40	53	58	56	50	53	60	62	60	52	52	54	59	54	40
	55	80	91	82	65	66	86	95	84	68	67	82	90	80	54
4	87	153	178	144	100	107	153	183	155	106	103	146	177	153	87
	114	212	255	200	127	135	213	259	214	135	128	201	256	216	116
2	107	197	230	183	119	127	196	237	197	127	120	185	233	196	106
	69	116	133	113	82	86	116	138	120	85	81	113	133	115	69
	(35)	51	58	54	44	45	56	61	56	45	45	54	57	52	38
	2	4	6	8	10	12	14	[m]							

Illuminance [lx]

Height of the reference plane
 Average illuminance
 Minimum illuminance
 Maximum illuminance
 Uniformity g1
 Uniformity g2
 Date, Time

: 0.75 m
 : 149 lx
 Emin : 35 lx
 Emax : 458 lx
 Emin/Em : 1 : 4.25 (0.24)
 Emin/Emax : 1 : 13.09 (0.08)
 : 15.01. 09:00

21 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. sausio mėn. 15 d. 9.00 val.), kai dangus apsiniaukęs



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.67
Calculation mode used:	Artificial and daylight calculation

Date, Time: 15.01. 12:30

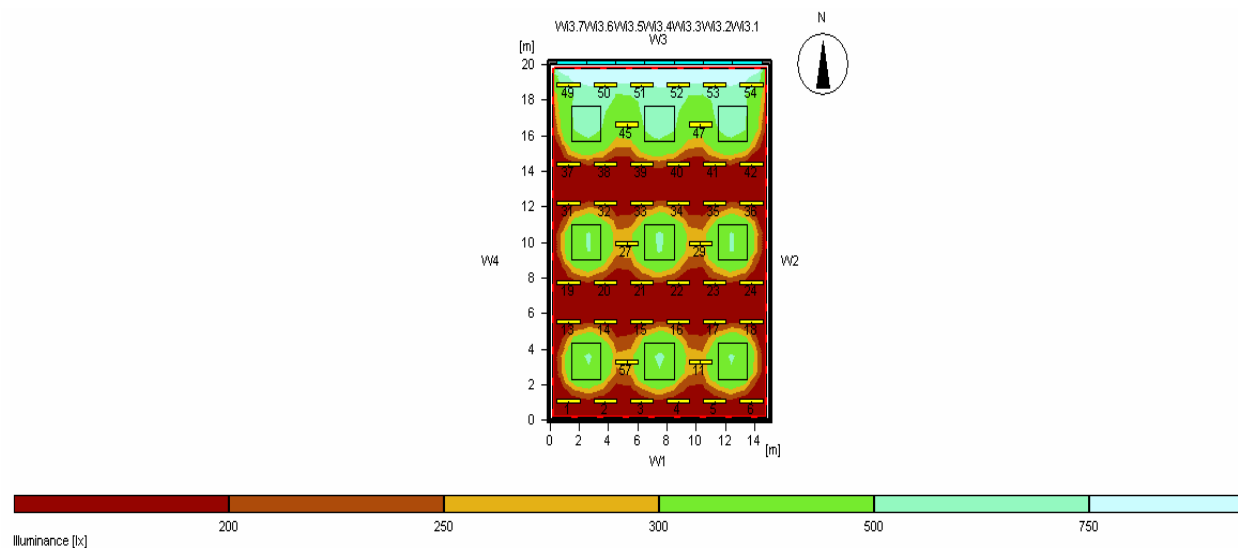
Geographical data:

Location	: Vilnius
Latitude (degrees)	: 55.32 °
Longitude (degrees)	: 21.02 °

Illuminance

Average illuminance	Eav	688 lx
Minimum illuminance	Emin	331 lx
Maximum illuminance	Emax	1350 lx

22 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. sausio mėn. 15 d. 12.30 val.), kai dangus apsiniaukęs



General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction
 Height of evaluation surface: 0.75 m
 Height of luminaire plane: 3.00 m
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 15.01. 12:30

Geographical data:

Location: Vilnius
 Latitude (degrees): 55.32 °
 Longitude (degrees): 21.02 °

	567	855	924	924	910	916	935	[944]	933	910	907	925	925	863	575
18	338	512	587	553	495	507	578	621	579	505	500	556	587	513	336
	310	524	612	528	397	412	552	636	553	409	394	527	609	522	306
16	283	499	591	488	337	355	511	608	516	352	338	486	591	503	283
	205	349	406	342	251	257	367	419	366	262	251	342	404	344	211
14	126	185	209	193	160	165	205	221	204	167	160	194	206	185	130
	89	123	132	130	121	128	135	144	134	124	121	133	134	122	92
12	111	158	178	162	135	140	176	186	171	141	138	162	174	157	111
	173	286	334	280	204	209	295	346	294	209	204	279	332	289	174
10	237	431	514	405	264	278	435	522	436	277	264	409	515	434	235
	236	432	510	406	265	282	432	519	433	277	263	407	513	429	232
8	165	281	327	274	197	206	287	335	287	201	191	275	328	283	168
	101	151	167	154	126	134	162	174	163	134	129	152	170	151	102
6	81	110	121	117	106	104	120	125	123	106	103	117	121	110	83
	109	168	185	166	131	139	173	195	175	140	135	166	182	167	112
4	177	312	367	298	203	214	319	377	322	216	210	300	367	311	181
	234	445	524	412	262	275	437	532	439	277	263	413	521	440	234
2	223	401	479	376	244	259	403	486	402	260	245	377	479	402	222
	140	237	272	234	167	174	242	284	242	177	168	231	278	236	140
	72	104	122	112	90	93	112	128	112	93	89	110	119	106	(70)
	2	4	6	8	10	12	14	[m]							

Illuminance [lx]

Height of the reference plane

Average illuminance

Minimum illuminance

Maximum illuminance

Uniformity g1

Uniformity g2

Date, Time

Eav : 0.75 m

Emin : 305 lx

Emin : 70 lx

Emin : 944 lx

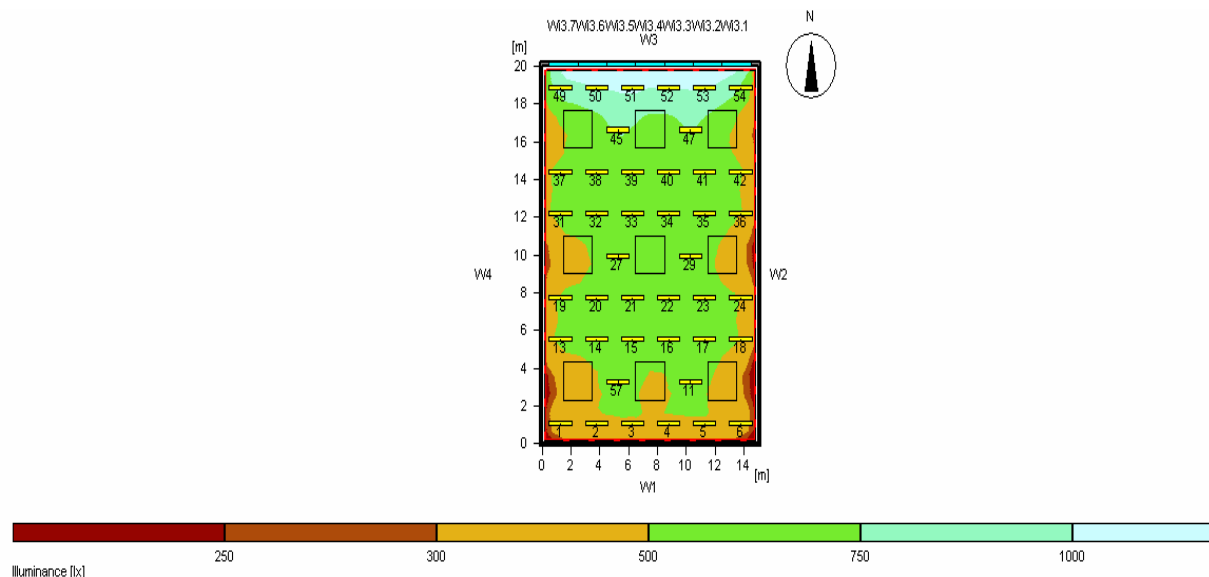
Emin/Em : 1 : 4.33 (0.23)

Emin/Emax : 1 : 13.40 (0.07)

Date, Time : 15.01. 12:30

23 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. sausio mėn. 15 d. 12.30 val.), kai dangus apsiniaukęs

Apšvietos skaičiavimai 2006 m. sausio mėn. 15 d. 16.00 val. neatlikti, nes tokiu metu saulė yra už horizonto ir RELUX programa apšvietos apskaičiuoti neįmanoma. Apšvietos vertė parinkta 383 lx, kaip 19 pav.



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.67
Calculation mode used:	Artificial and daylight calculation

Date, Time: 15.01. 09:00

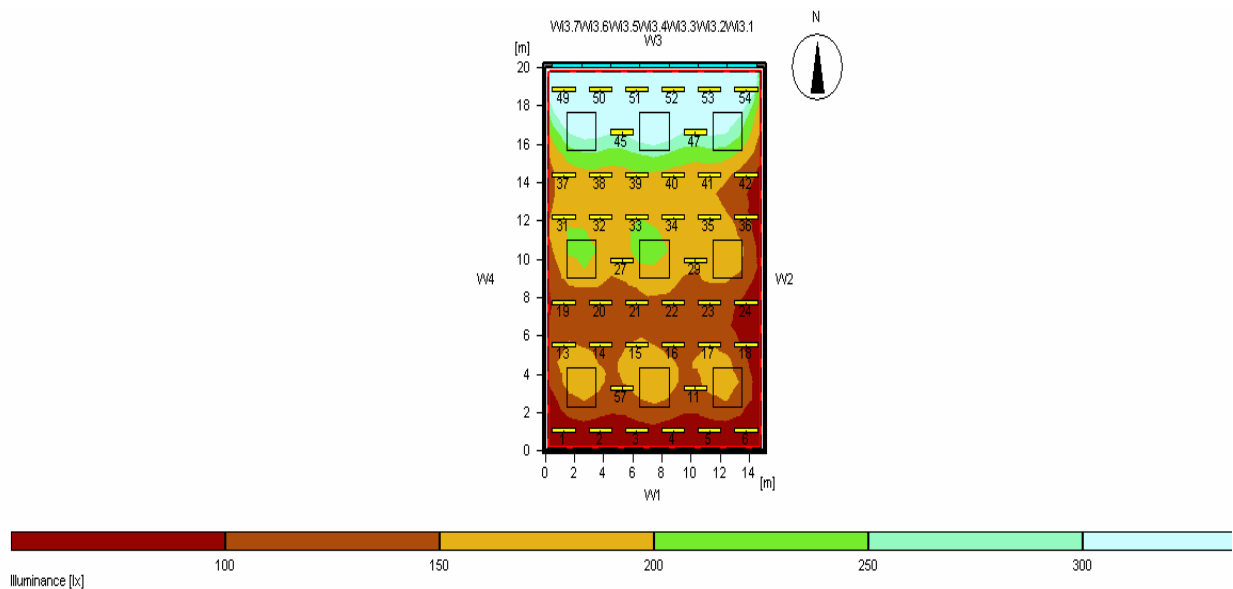
Geographical data:

Location	: Vilnius
Latitude (degrees)	: 55.32 °
Longitude (degrees)	: 21.02 °

Illuminance

Average illuminance	Eav	589 lx
Minimum illuminance	Emin	259 lx
Maximum illuminance	Emax	1140 lx

24 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. sausio mėn. 15 d. 9.00 val.), kai dangus giedras



General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction
 Height of evaluation surface: 0.75 m
 Height of luminaire plane: 3.00 m
 Calculation mode used: clear sky according to CIE

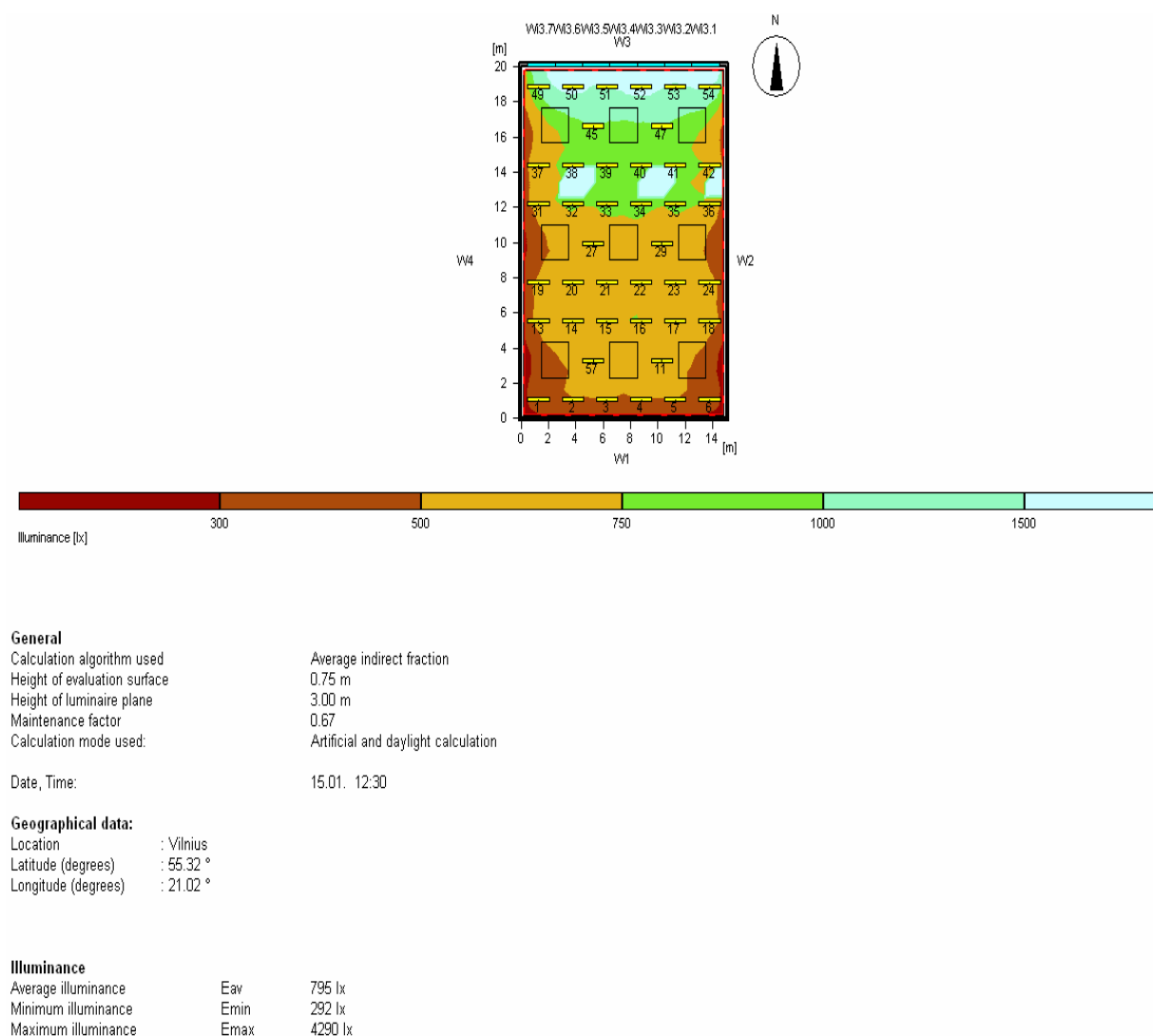
Date, Time: 15.01. 09:00

Geographical data:

Location: Vilnius
 Latitude (degrees): 55.32 °
 Longitude (degrees): 21.02 °

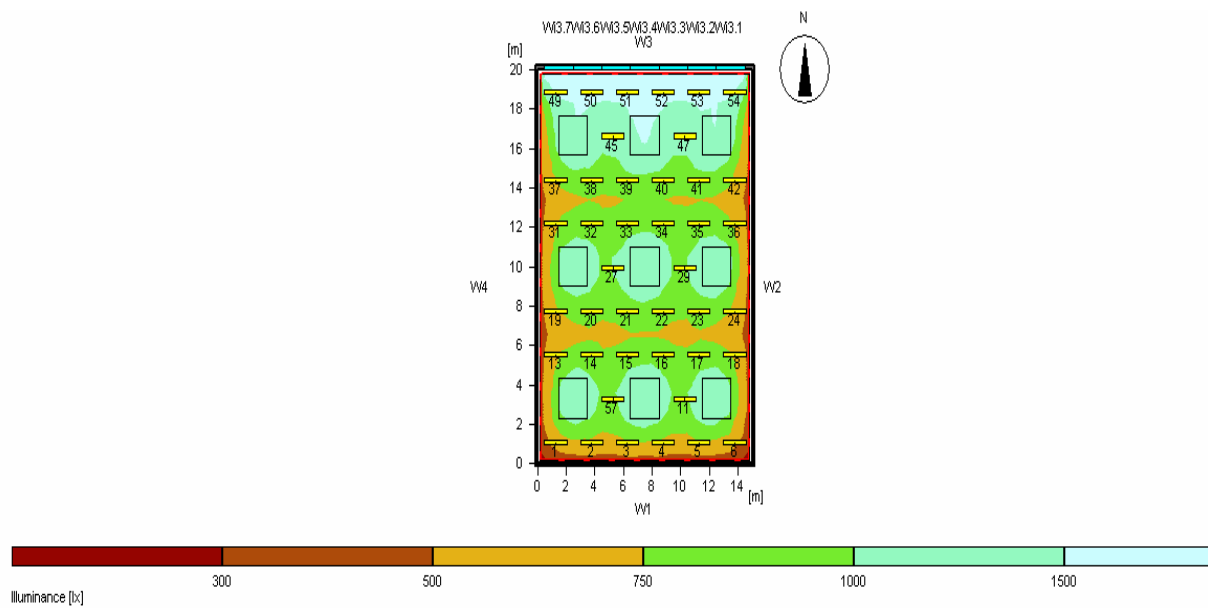
	488	644	681	680	691	702	[719]	694	691	687	700	697	658	578	386
18	363	454	477	475	480	499	518	512	491	479	485	493	457	376	256
16	287	359	377	370	359	376	407	408	385	357	360	381	356	294	206
14	219	284	306	301	282	289	321	332	312	281	278	292	284	245	178
12	172	217	237	237	223	227	244	255	240	222	211	220	212	186	142
10	152	174	184	184	179	185	195	192	186	179	174	173	158	137	104
8	150	168	159	158	168	175	173	172	159	159	161	157	136	112	88
6	166	186	175	166	164	183	195	177	163	162	166	171	151	120	87
4	180	206	204	182	174	192	220	208	184	170	180	197	185	141	96
2	163	208	216	199	178	191	221	223	199	172	181	199	200	166	110
	138	182	201	176	159	168	193	195	188	158	151	176	178	158	113
	118	145	149	149	135	142	153	160	157	138	134	142	139	122	88
	108	130	125	123	126	130	138	136	132	117	119	121	111	94	69
	120	129	124	119	127	131	135	127	118	116	127	120	107	86	60
	132	154	144	133	135	147	158	148	133	129	141	151	130	100	69
	145	181	175	150	140	163	191	178	158	141	154	177	166	128	81
	126	173	185	161	138	154	183	190	169	140	142	172	177	148	97
	95	136	151	141	120	123	148	159	147	124	120	140	152	135	94
	71	95	104	96	91	93	104	111	101	89	90	99	103	91	67
	46	58	63	62	58	62	66	67	64	59	58	64	59	56	(43)
	2	4	6	8	10	12	14								
	Illuminance [lx]														
	Height of the reference plane: 0.75 m														
	Average illuminance: Eav: 204 lx														
	Minimum illuminance: Emin: 43 lx														
	Maximum illuminance: Emax: 719 lx														
	Uniformity g1: Emin/Emax: 1 : 4.79 (0.21)														
	Uniformity g2: Emin/Emax: 1 : 16.90 (0.06)														
	Date, Time: 15.01. 09:00														

25 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. sausio mėn. 15 d. 9.00 val.), kai dangus giedras



26 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. sausio mėn. 15 d. 12.30 val.), kai dangus giedras

Height of the reference plane	:	0.75 m
Average illuminance	Eav	: 412 lx
Minimum illuminance	Emin	: 59 lx
Maximum illuminance	E _{max}	: 3790 lx
Uniformity g1	Emin/Em	: 1 : 7.02 (0.14)
Uniformity g2	Emin/E _{max}	: 1 : 64.70 (0.02)
Date, Time		15.01. 12.30



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.67
Calculation mode used:	Artificial and daylight calculation

Date, Time: 15.04. 09:00

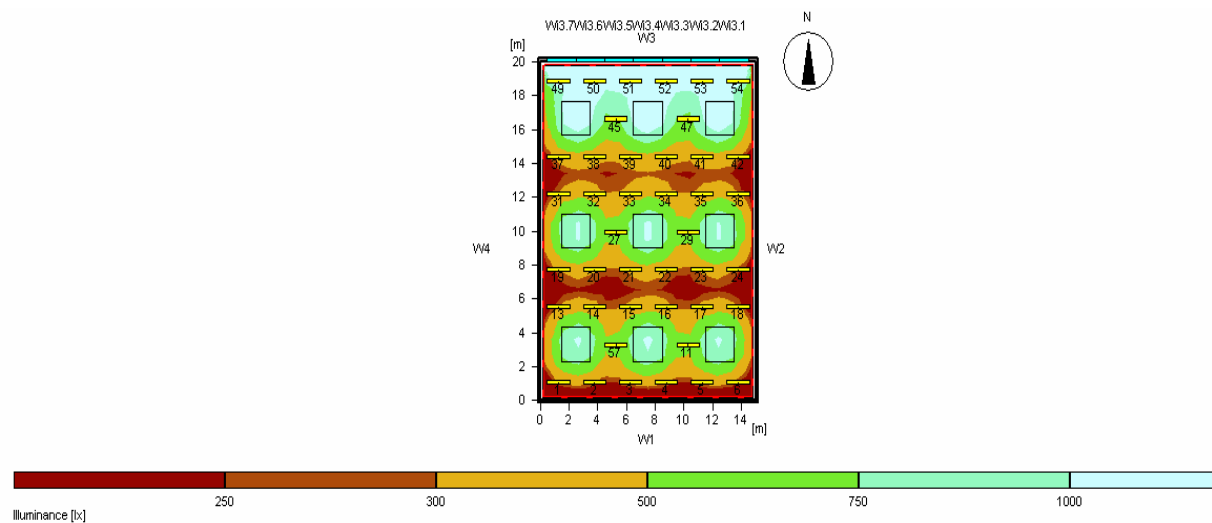
Geographical data:

Location : Vilnius
Latitude (degrees) : 55.32 °
Longitude (degrees) : 21.02 °

Illuminance

Average illuminance	Eav	996 lx
Minimum illuminance	Emin	404 lx
Maximum illuminance	Emax	2300 lx

28 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. balandžio mėn. 15 d. 9.00 val.), kai dangus apsiniaukęs



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 15.04. 09:00

Geographical data:

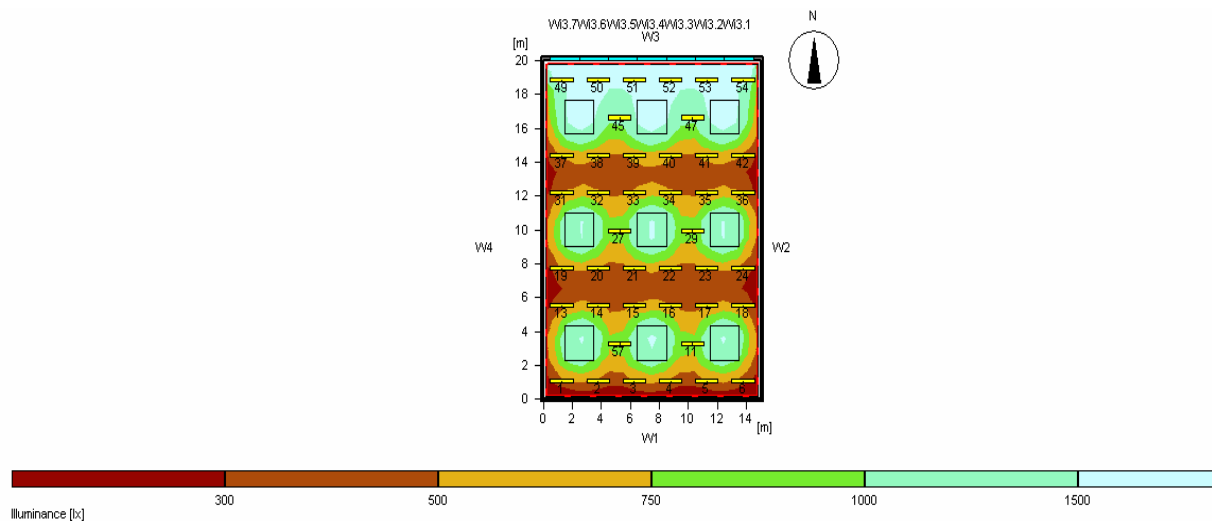
Location : Vilnius
Latitude (degrees) : 55.32 °
Longitude (degrees) : 21.02 °

	1160	1720	1840	1860	1830	1840	1890	[1900]	1880	1830	1820	1860	1860	1730	1160
18	674	1030	1190	1120	993	1030	1150	1250	1160	1020	1010	1120	1170	1030	676
	623	1040	1220	1050	789	831	1110	1290	1120	826	789	1060	1220	1050	619
16	566	1000	1180	982	687	708	1040	1240	1040	711	671	982	1190	997	564
	410	699	815	687	494	528	730	834	723	528	505	689	819	696	423
14	256	374	422	390	329	331	408	443	409	336	323	385	418	372	249
	187	243	271	261	240	252	276	289	273	247	239	264	262	248	185
12	220	315	348	328	279	288	347	369	343	281	271	327	353	316	220
	343	575	672	561	402	423	598	691	601	425	412	562	674	574	347
10	475	875	1030	822	540	567	869	1060	869	559	533	825	1020	865	478
	472	872	1030	817	522	549	870	1050	872	556	530	818	1030	872	472
8	334	565	654	556	391	408	580	684	583	414	394	555	660	567	338
	207	302	338	308	258	262	323	352	325	259	256	309	336	295	209
6	160	221	240	224	217	220	244	255	247	213	212	231	243	220	164
	222	332	375	338	266	279	355	386	354	276	267	335	372	331	221
4	359	626	732	597	417	431	637	748	635	434	412	601	732	632	358
	469	884	1050	826	518	562	884	1070	882	554	535	821	1050	883	476
2	443	809	955	759	494	517	803	976	812	524	491	765	956	809	444
	285	483	551	469	333	343	490	574	494	348	336	465	551	473	285
	(141)	211	246	220	183	193	227	251	235	188	181	221	241	211	145
	2	4	6	8	10	12	14								
	Illuminance [lx]														
	[m]														

Height of the reference plane
Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity g1
Uniformity g2
Date, Time

: 0.75 m
: 613 lx
: 141 lx
: 1900 lx
: 1 : 4.34 (0.23)
: 1 : 13.45 (0.07)
: 15.04. 09:00

29 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. balandžio mėn. 15 d. 9.00 val.), kai dangus apsiniaukęs



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 15.04. 12:30

Geographical data:

Location : Vilnius
Latitude (degrees) : 55.32 °
Longitude (degrees) : 21.02 °

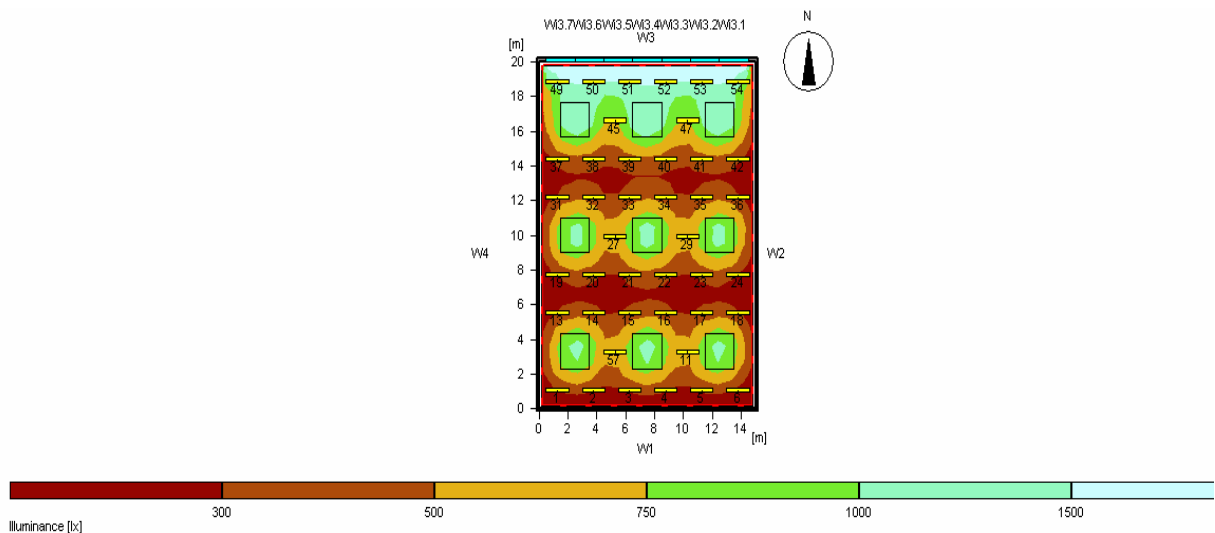
	1710	2560	2760	2760	2710	2710	2790	[2830]	2780	2730	2700	2770	2750	2550	1730
[m]	1010	1530	1750	1660	1490	1500	1730	1830	1730	1510	1490	1660	1760	1540	1010
18	926	1540	1830	1580	1180	1210	1640	1900	1640	1230	1190	1570	1830	1550	920
	837	1480	1770	1440	1000	1060	1550	1820	1540	1060	1000	1450	1750	1480	847
16	619	1040	1200	1020	753	775	1070	1250	1080	782	741	1020	1210	1030	625
	380	555	633	573	492	499	591	653	608	489	480	573	630	553	383
14	276	368	399	391	360	374	415	431	402	372	364	393	391	356	268
	323	470	534	493	401	418	515	547	510	427	410	475	528	468	320
12	519	855	986	826	604	627	901	1030	889	633	601	843	988	850	509
	701	1300	1530	1210	798	827	1300	1550	1300	824	802	1230	1530	1290	707
10	712	1290	1510	1210	792	817	1290	1550	1290	823	783	1210	1520	1280	698
	499	831	980	822	587	603	872	997	869	612	599	814	975	844	508
8	306	442	498	468	383	388	472	515	478	396	388	455	500	443	302
	237	333	368	341	318	328	360	370	362	324	315	342	357	331	238
6	331	488	557	499	397	417	530	575	521	425	397	499	548	493	328
	529	939	1090	898	615	648	954	1120	943	639	627	890	1090	939	540
4	694	1310	1550	1230	779	832	1310	1590	1310	822	776	1240	1550	1310	701
	645	1200	1410	1140	734	775	1200	1440	1200	781	737	1130	1420	1190	643
2	428	714	815	685	495	518	721	837	740	511	496	689	814	702	422
	(211)	308	358	329	271	280	340	373	340	271	265	326	361	310	213
	2	4	6	8	10	12	14	[m]							

Illuminance [lx]

Height of the reference plane
Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity g1
Uniformity g2
Date, Time

: 0.75 m
: 910 lx
: 211 lx
: 2830 lx
: 1 : 4.30 (0.23)
: 1 : 13.40 (0.07)
: 15.04. 12:30

31 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. balandžio mėn. 15 d. 12.30 val.),
kai dangus apsiniaukęs



General

Calculation algorithm used : Average indirect fraction
 Height of evaluation surface : 0.75 m
 Height of luminaire plane : 3.00 m
 Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 15.04. 16:00

Geographical data:

Location : Vilnius
 Latitude (degrees) : 55.32 °
 Longitude (degrees) : 21.02 °

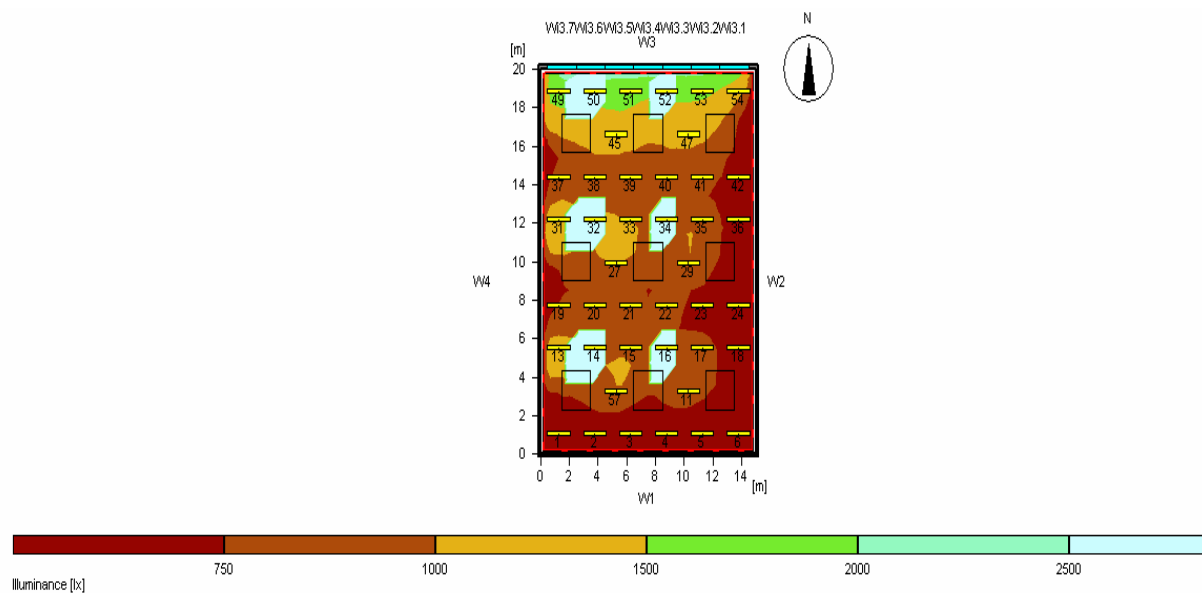
	1210	1800	1940	1950	1920	1920	1980	[1990]	1980	1910	1910	1950	1950	1800	1220
18	716	1080	1240	1180	1050	1070	1230	1290	1220	1070	1050	1190	1230	1080	720
	655	1100	1290	1110	839	872	1160	1340	1170	870	837	1110	1290	1110	647
16	594	1040	1240	1020	717	739	1100	1300	1080	747	710	1020	1250	1050	592
	438	731	852	717	529	549	772	888	765	549	526	725	854	732	437
14	270	385	441	404	339	345	429	466	427	352	339	407	442	395	269
	193	260	283	278	253	262	295	298	292	263	257	273	285	259	190
12	226	329	372	349	292	298	359	394	355	295	285	344	371	333	226
	365	607	704	582	434	446	623	725	628	443	431	589	694	599	364
10	498	910	1080	851	556	595	919	1100	915	589	565	860	1080	915	503
	495	912	1080	859	554	598	906	1090	907	590	557	862	1070	913	493
8	350	591	690	582	411	424	612	712	612	435	412	579	691	597	354
	216	316	353	332	271	277	345	363	343	282	271	322	353	312	214
6	172	232	258	241	226	226	255	270	264	218	220	244	254	232	171
	233	348	390	354	281	294	360	410	372	293	284	351	392	349	233
4	380	650	775	632	433	453	669	792	672	450	443	634	769	656	380
	499	929	1110	869	548	589	921	1120	923	590	556	868	1100	931	496
2	453	842	990	796	518	547	847	1020	849	549	517	803	999	851	464
	302	500	579	488	349	369	510	590	523	362	350	490	576	490	300
	(150)	224	253	233	195	194	240	269	246	193	191	230	248	221	155
	2	4	6	8	10	12	14	[m]							

Illuminance [lx]

Height of the reference plane
 Average illuminance
 Minimum illuminance
 Maximum illuminance
 Uniformity g1
 Uniformity g2
 Date, Time

: 0.75 m
 : 643 lx
 : 150 lx
 : 1990 lx
 : 1 : 4.30 (0.23)
 : 1 : 13.33 (0.08)
 : 15.04. 16:00

33 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. balandžio mėn. 15 d. 16.00 val.),
 kai dangus apsiniaukęs



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.67
Calculation mode used:	Artificial and daylight calculation

Date, Time: 15.04. 09:00

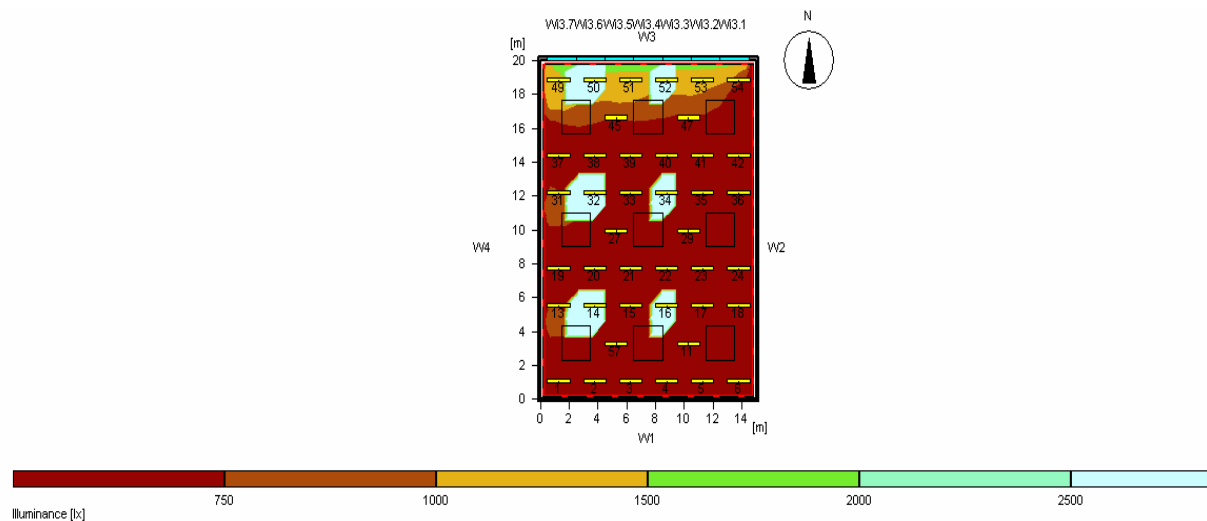
Geographical data:

Location	: Vilnius
Latitude (degrees)	: 55.32 °
Longitude (degrees)	: 21.02 °

Illuminance

Average illuminance	Eav	1650 lx
Minimum illuminance	Emin	371 lx
Maximum illuminance	Emax	14300 lx

34 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. balandžio mėn. 15 d. 9.00 val.), kai dangus giedras



General

Calculation algorithm used
 Height of evaluation surface
 Height of luminaire plane
 Calculation mode used:

Average indirect fraction
 0.75 m
 3.00 m
 clear sky according to CIE

Date, Time: 15.04. 09:00

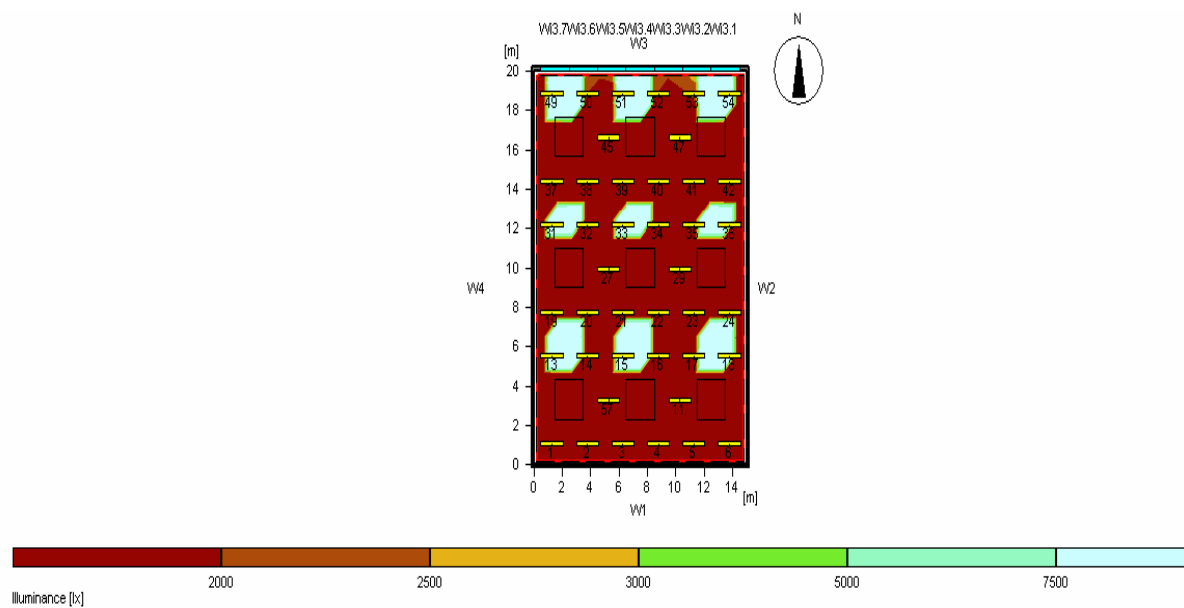
Geographical data:

Location : Vilnius
 Latitude (degrees) : 55.32 °
 Longitude (degrees) : 21.02 °

	1350	1570	13800	[13900]	1520	1500	1480	1440	[13900]	1430	1410	1360	1290	1170	862
[m]	1270	1280	13500	13500	1180	1170	1130	1060	13500	1070	1080	1040	899	736	541
18	1100	1110	982	948	940	974	964	908	870	859	889	879	767	627	459
	692	780	813	768	717	717	734	727	706	662	640	650	636	570	451
16	405	528	576	571	537	505	514	517	523	483	436	433	442	436	369
	389	459	464	446	419	401	382	381	368	344	331	318	304	284	238
14	539	529	467	442	423	392	368	351	331	330	313	284	254	224	185
	775	695	12900	13000	506	482	446	413	13000	408	379	358	298	233	174
12	946	866	13100	13000	628	626	598	522	13100	520	547	506	407	292	197
	853	823	704	650	618	633	637	575	529	517	555	562	488	392	273
10	498	583	597	561	501	482	491	494	486	436	420	430	433	407	323
	309	405	431	429	377	356	352	348	359	320	290	294	297	299	254
8	336	398	398	363	325	302	299	269	268	248	229	230	212	194	166
	538	504	419	386	366	326	291	290	278	264	250	229	197	167	134
6	771	691	13000	13000	471	433	419	373	13000	377	369	336	268	199	136
	922	832	13100	13100	579	602	572	487	13100	467	513	501	393	265	159
4	742	736	622	570	544	556	561	518	486	467	491	500	447	370	255
	363	445	476	460	411	378	395	405	417	381	342	355	369	367	295
2	187	252	288	282	261	238	247	259	261	234	216	221	232	225	191
	116	149	161	167	155	155	154	154	151	140	132	134	132	128	(111)
	2	4	6	8	10	12	14	[m]							
	Illuminance [lx]														

Height of the reference plane : 0.75 m
 Average illuminance : 1270 lx
 Minimum illuminance : 111 lx
 Maximum illuminance : 13900 lx
 Uniformity g1 : 1 : 11.47 (0.09)
 Uniformity g2 : 1 : 125.26 (0.01)
 Date, Time : 15.04. 09:00

35 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. balandžio mėn. 15 d. 9.00 val.), kai dangus giedras



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.67
Calculation mode used:	Artificial and daylight calculation

Date, Time: 15.04. 12:30

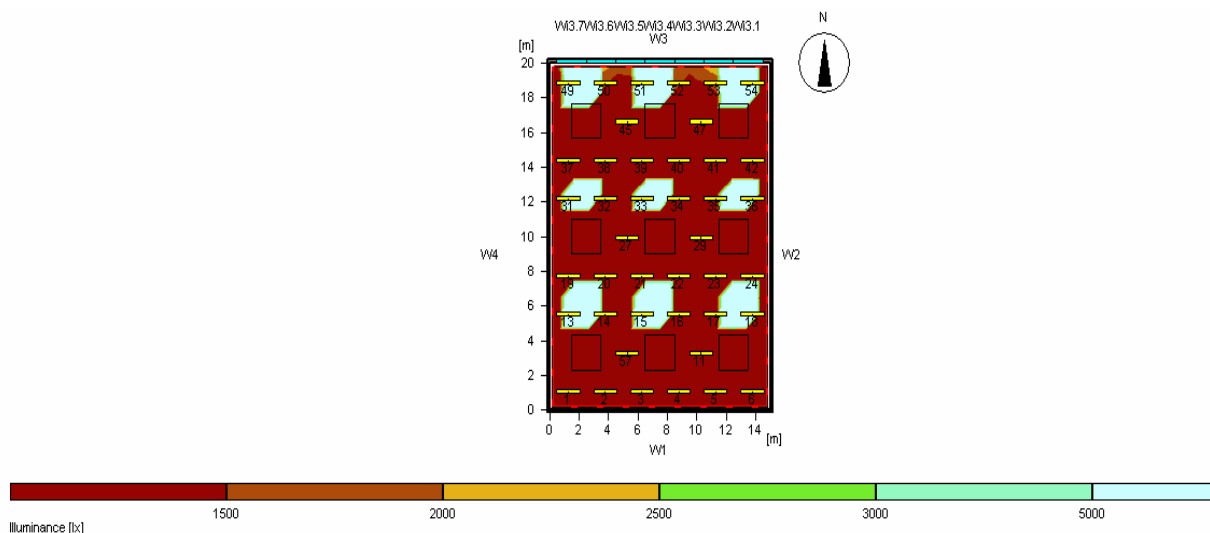
Geographical data:

Location	: Vilnius
Latitude (degrees)	: 55.32 °
Longitude (degrees)	: 21.02 °

Illuminance

Average illuminance	Eav	3090 lx
Minimum illuminance	Emin	342 lx
Maximum illuminance	Emax	23700 lx

36 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. balandžio mėn. 15 d. 12.30 val.), kai dangus giedras



General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction
 Height of evaluation surface: 0.75 m
 Height of luminaire plane: 3.00 m
 Calculation mode used: clear sky according to CIE

Date, Time: 15.04. 12:30

Geographical data:

Location: Vilnius
 Latitude (degrees): 55.32 °
 Longitude (degrees): 21.02 °

	1370	22800	23000	1850	1480	1530	23100	[23300]	1890	1470	1700	2030	23000	22800	1100
18	925	22300	22500	1400	1080	1140	22500	22700	1500	1110	1160	1500	22500	22300	800
	650	1050	1220	1050	820	856	1160	1320	1130	845	838	1080	1240	1020	617
16	478	713	815	734	608	624	793	883	795	626	607	728	831	697	461
	343	461	522	498	448	465	535	582	538	466	446	507	520	465	346
14	281	369	427	408	368	382	440	457	434	378	370	410	424	371	287
	304	466	504	438	368	376	485	574	486	381	368	462	496	429	286
12	365	21800	21900	605	400	444	21800	22000	676	422	411	641	21900	21800	342
	416	808	977	711	448	494	832	1010	789	472	463	754	963	767	397
10	378	693	812	628	419	456	712	845	688	447	436	642	816	675	370
	295	468	549	461	339	364	493	574	491	373	350	462	543	460	284
8	216	311	345	321	273	290	336	380	346	286	286	329	356	320	222
	210	292	319	299	250	276	319	350	311	275	258	316	325	290	205
6	262	21800	21900	395	293	312	21800	21900	424	300	299	408	21900	21800	240
	334	22100	22200	567	346	379	22100	22300	632	373	365	606	22300	22100	310
4	372	760	917	644	386	428	756	944	730	411	402	693	907	729	345
	318	602	721	550	348	377	601	738	590	366	356	565	717	589	308
2	221	369	426	363	267	278	385	441	384	281	264	359	426	372	226
	138	198	226	206	176	177	216	239	218	182	176	207	224	202	139
	(81)	106	117	118	113	110	122	132	122	108	110	117	119	110	88
	2	4	6	8	10	12	14								

Illuminance [lx]

Height of the reference plane

Average illuminance

Minimum illuminance

Maximum illuminance

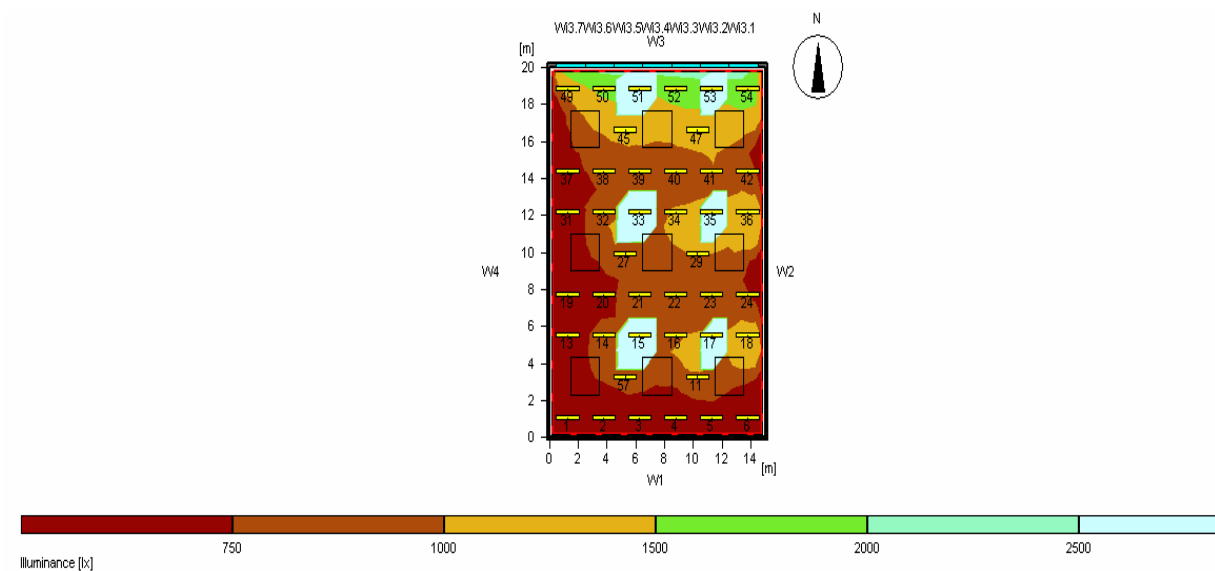
Uniformity g1

Uniformity g2

Date, Time

: 0.75 m
 : 2700 lx
 : 81 lx
 : 23300 lx
 : 1 : 33.29 (0.03)
 : 1 : 286.82 (0.00)
 : 15.04. 12:30

37 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. balandžio mėn. 15 d. 12.30 val.),
 kai dangus giedras



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.67
Calculation mode used:	Artificial and daylight calculation

Date, Time: 15.04. 16:00

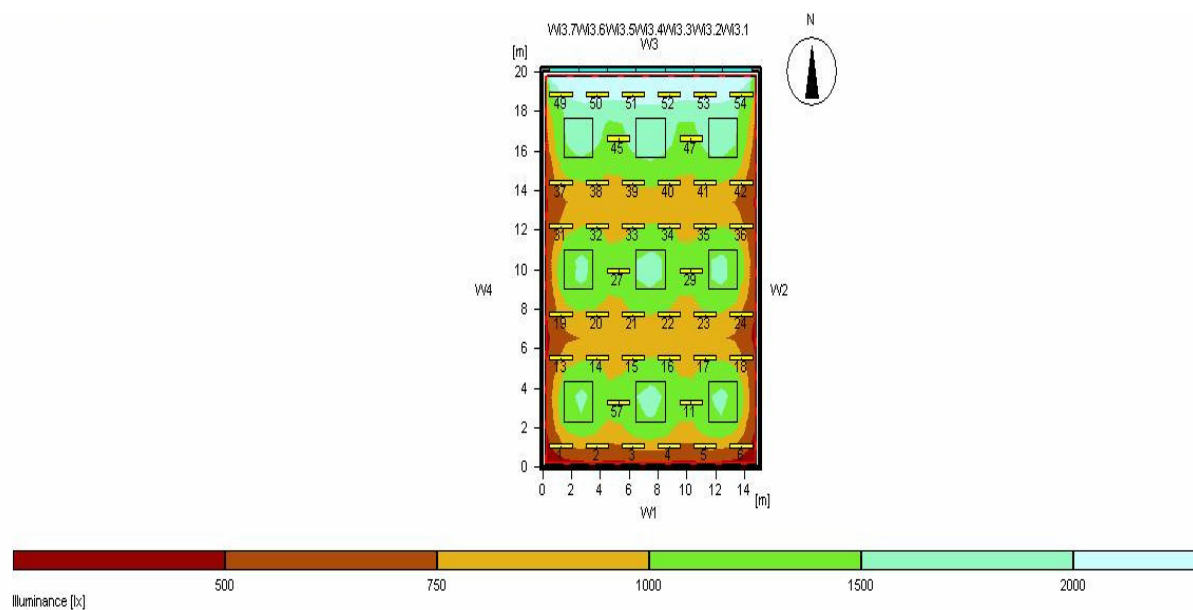
Geographical data:

Location	: Vilnius
Latitude (degrees)	: 55.32 °
Longitude (degrees)	: 21.02 °

Illuminance

Average illuminance	Eav	1730 lx
Minimum illuminance	Emin	369 lx
Maximum illuminance	Emax	15200 lx

38 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. balandžio mėn. 15 d. 16.00 val.), kai dangus giedras



General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction
 Height of evaluation surface: 0.75 m
 Height of luminaire plane: 3.00 m
 Maintenance factor: 0.67
 Calculation mode used: Artificial and daylight calculation

Date, Time: 15.07. 09:00

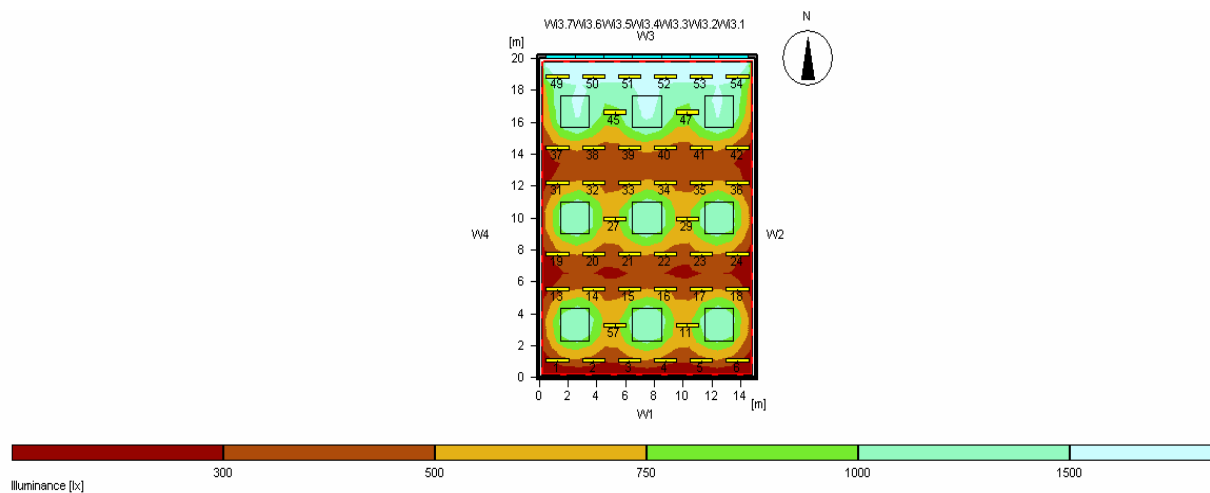
Geographical data:

Location: Vilnius
 Latitude (degrees): 55.32 °
 Longitude (degrees): 21.02 °

Illuminance

Average illuminance: Eav 1180 lx
 Minimum illuminance: Emin 443 lx
 Maximum illuminance: Emax 2840 lx

40 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. liepos mėn. 15 d. 9.00 val.), kai dangus apsiniaukęs



General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction
 Height of evaluation surface: 0.75 m
 Height of luminaire plane: 3.00 m
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 15.07. 09:00

Geographical data:

Location: Vilnius
 Latitude (degrees): 55.32 °
 Longitude (degrees): 21.02 °

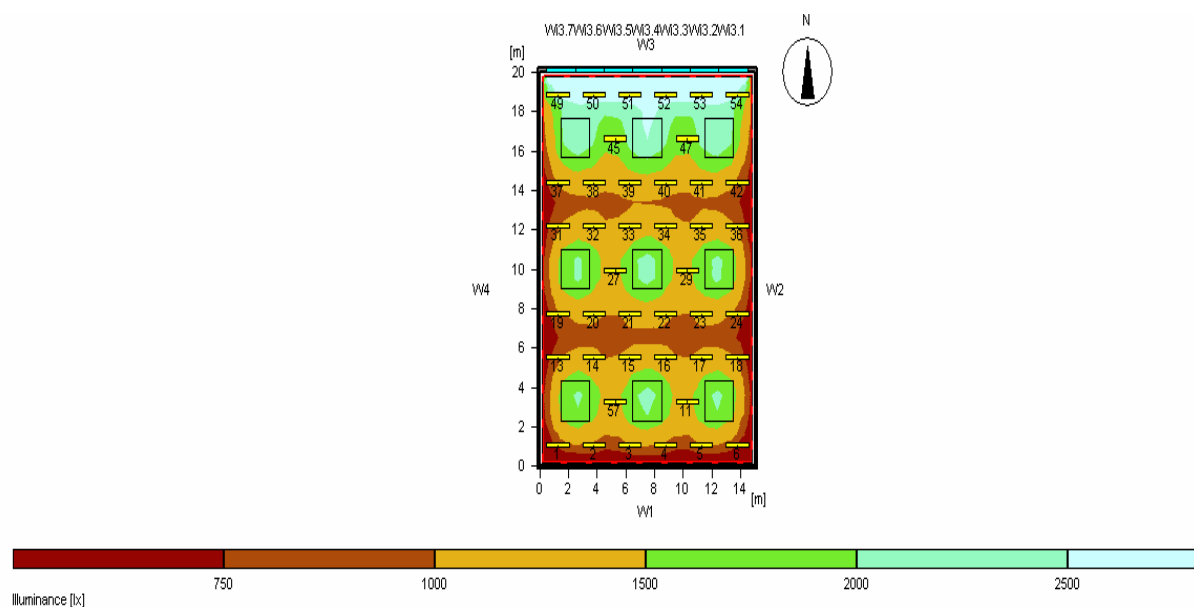
	1490	2220	2400	2410	2370	2370	2430	[2460]	2430	2380	2360	2410	2410	2220	1500
18	876	1340	1520	1460	1280	1320	1510	1610	1510	1320	1290	1450	1510	1340	883
	803	1360	1600	1360	1030	1060	1440	1660	1450	1070	1020	1370	1580	1360	808
16	727	1300	1540	1250	883	924	1350	1600	1350	922	886	1260	1520	1290	736
	544	906	1060	889	644	679	939	1090	947	679	652	895	1050	902	544
14	330	486	545	507	421	427	524	562	535	427	420	499	544	483	323
	241	317	347	350	318	323	346	377	354	319	315	343	353	313	234
12	280	406	454	423	357	363	447	483	447	370	350	426	466	411	279
	444	741	880	728	521	549	768	901	777	548	527	729	870	741	448
10	612	1120	1330	1060	688	722	1130	1360	1130	727	706	1060	1340	1120	612
	606	1130	1330	1060	672	730	1120	1350	1130	731	688	1060	1330	1120	619
8	427	729	854	713	513	532	761	880	754	537	514	722	855	731	439
	268	390	442	394	339	349	425	452	427	334	323	396	431	391	271
6	208	290	316	307	272	275	314	320	310	276	275	303	307	291	203
	285	429	481	438	349	359	456	503	454	355	357	433	485	429	288
4	454	809	947	778	530	568	828	968	830	560	539	783	960	810	461
	610	1140	1360	1070	684	722	1140	1380	1140	723	682	1090	1360	1140	613
2	563	1040	1230	976	637	675	1040	1260	1050	676	650	984	1240	1040	568
	362	617	710	602	432	453	633	741	639	457	439	601	720	621	365
	(179)	274	306	289	235	240	296	320	291	241	241	281	322	275	194
	2	4	6	8	10	12	14	[m]							

Illuminance [lx]

Height of the reference plane
 Average illuminance
 Minimum illuminance
 Maximum illuminance
 Uniformity g1
 Uniformity g2
 Date, Time

: 0.75 m
 : 794 lx
 : 179 lx
 : 2460 lx
 : 1 : 4.43 (0.23)
 : 1 : 13.73 (0.07)
 : 15.07. 09:00

41 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. liepos mėn. 15 d. 9.00 val.), kai dangus apsiniaukęs



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.67
Calculation mode used:	Artificial and daylight calculation

Date, Time: 15.07. 12:30

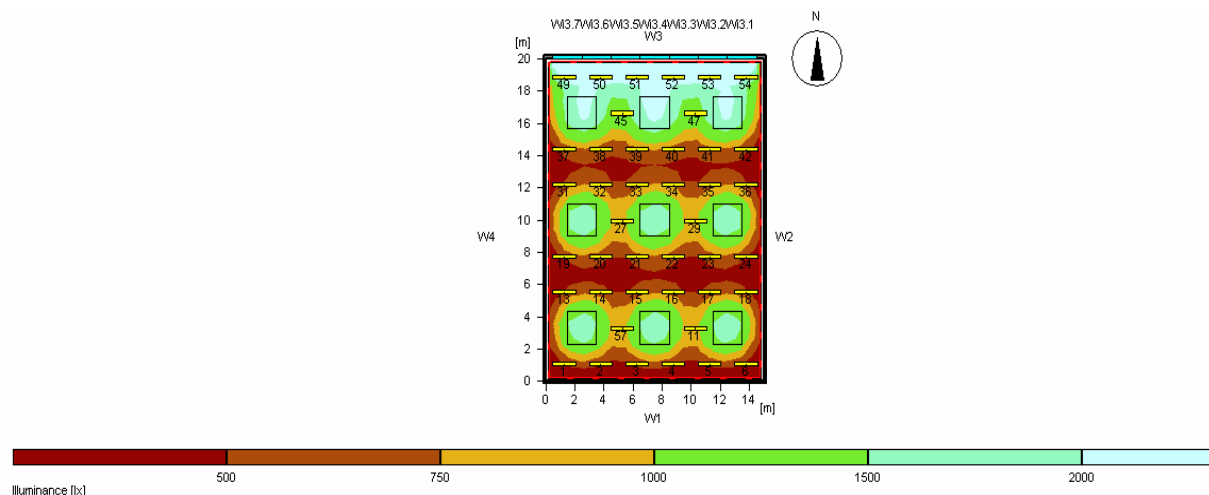
Geographical data:

Location : Vilnius
Latitude (degrees) : 55.32 °
Longitude (degrees) : 21.02 °

Illuminance

Average illuminance	Eav	1470 lx
Minimum illuminance	Emin	514 lx
Maximum illuminance	Emax	3740 lx

42 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. liepos mėn. 15 d. 12.30 val.), kai dangus apsiniaukęs



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 15.07. 12:30

Geographical data:

Location : Vilnius
Latitude (degrees) : 55.32 °
Longitude (degrees) : 21.02 °

	2040	3030	3290	3280	3240	3250	3340	[3360]	3350	3230	3240	3280	3280	3050	2050
18	1200	1820	2100	1990	1760	1800	2050	2210	2060	1800	1780	2000	2080	1810	1190
	1100	1860	2170	1860	1410	1440	1980	2270	1980	1450	1400	1850	2190	1860	1100
16	998	1780	2100	1720	1200	1260	1840	2170	1840	1280	1210	1730	2110	1780	1010
	736	1230	1440	1210	903	935	1310	1500	1300	921	888	1210	1450	1230	742
14	452	658	756	680	557	591	721	784	723	604	569	687	737	658	456
	326	435	491	464	430	442	483	503	478	432	439	468	477	435	327
12	387	551	629	587	489	495	604	662	601	487	482	579	628	560	389
	625	1020	1200	991	722	754	1050	1210	1070	753	730	988	1190	1010	621
10	834	1540	1830	1460	949	1000	1550	1870	1550	996	939	1460	1830	1530	843
	833	1540	1820	1460	933	982	1550	1860	1530	1000	952	1450	1810	1540	831
8	589	997	1180	974	701	724	1030	1200	1020	735	695	972	1170	998	601
	367	527	594	559	461	479	580	617	575	466	453	549	596	537	364
6	289	384	426	400	371	382	439	459	434	388	373	419	433	393	286
	385	589	660	585	481	487	630	690	626	498	477	604	661	598	395
4	634	1090	1300	1060	733	775	1130	1340	1130	769	739	1070	1300	1100	649
	839	1570	1850	1450	927	974	1560	1890	1560	981	939	1460	1850	1560	843
2	771	1420	1690	1350	874	927	1430	1720	1430	920	870	1360	1700	1420	782
	497	841	985	822	597	615	862	1010	883	613	597	827	973	843	498
	(249)	375	427	389	327	323	412	446	403	323	329	387	412	381	253
		2	4	6	8	10	12	14							

Illuminance [lx]

Height of the reference plane

Average illuminance

Minimum illuminance

Maximum illuminance

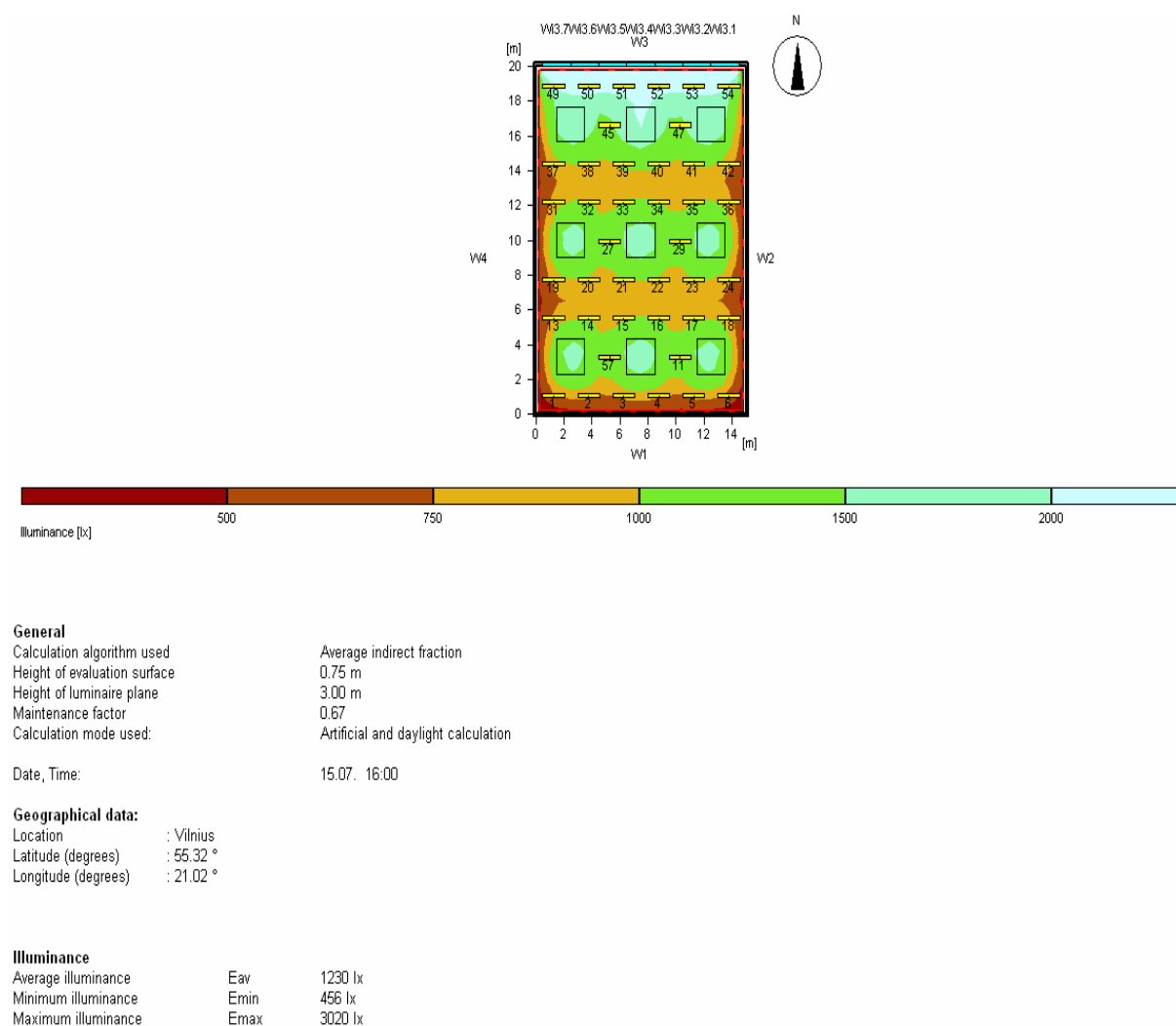
Uniformity g1

Uniformity g2

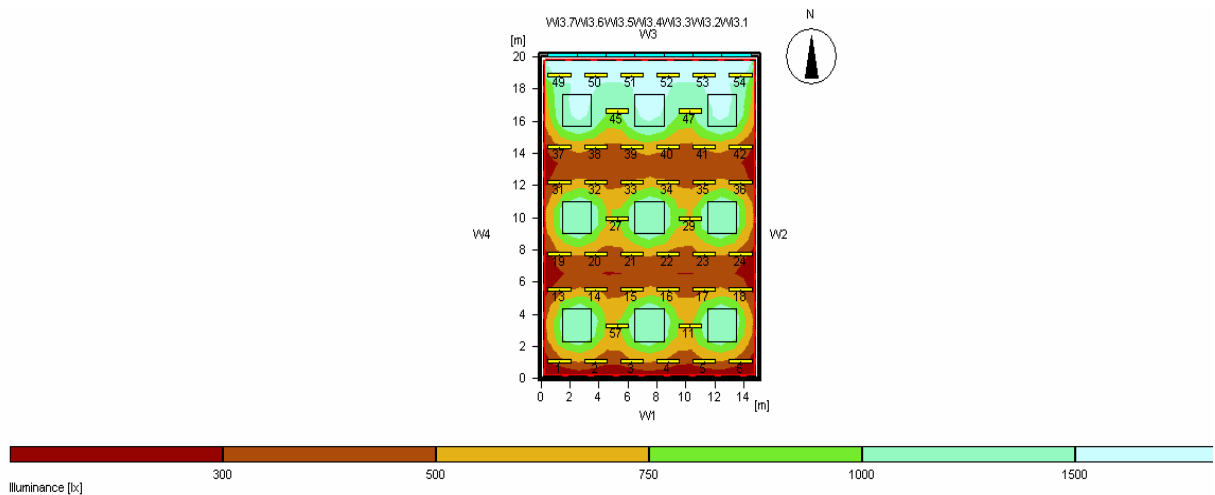
Date, Time

: 0.75 m
: 1090 lx
: 249 lx
: 3360 lx
: 1 : 4.37 (0.23)
: 1 : 13.51 (0.07)
: 15.07. 12:30

43 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. liepos mėn. 15 d. 12.30 val.), kai dangus apsiniaukęs



44 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. liepos mėn. 15 d. 16.00 val.), kai dangus apsiniaukęs



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 15.07. 16:00

Geographical data:

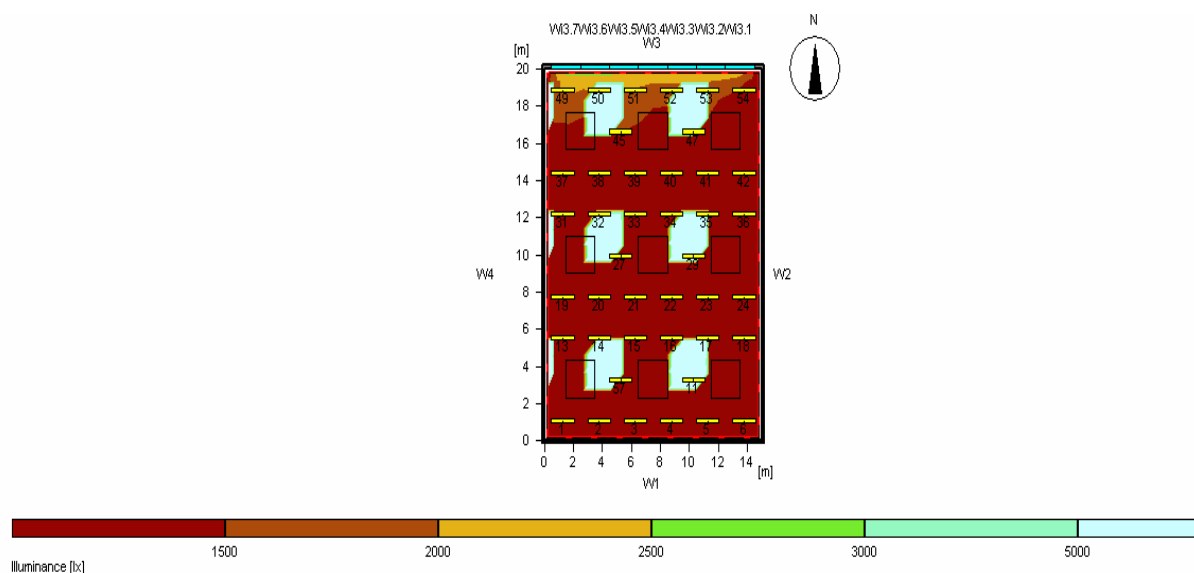
Location : Vilnius
Latitude (degrees) : 55.32 °
Longitude (degrees) : 21.02 °

	1600	2380	2590	2550	2530	2530	2600	2610	[2620]	2530	2540	2550	2560	2370	1600
18	945	1420	1640	1560	1390	1420	1610	1710	1610	1400	1380	1560	1630	1430	948
	862	1430	1700	1460	1100	1150	1540	1770	1550	1130	1090	1460	1700	1450	858
16	787	1380	1640	1340	947	988	1440	1700	1440	983	930	1350	1650	1380	787
	578	967	1120	947	695	721	1010	1160	1010	728	695	953	1120	967	576
14	356	513	583	536	444	460	558	611	567	463	441	542	589	514	359
	258	340	372	360	341	345	381	401	381	336	333	358	372	344	253
12	304	440	490	446	373	390	474	511	482	396	376	452	485	435	301
	480	792	931	773	558	576	827	942	830	586	566	774	928	796	482
10	659	1210	1430	1140	732	779	1210	1460	1200	778	735	1150	1420	1210	660
	646	1200	1410	1130	732	779	1200	1450	1200	768	736	1120	1420	1200	658
8	463	783	915	758	544	575	806	938	815	572	550	767	910	779	476
	282	418	464	426	361	368	449	478	438	370	349	423	463	413	286
6	222	303	338	317	291	299	336	352	344	298	298	318	338	303	224
	306	453	517	468	377	386	485	530	491	380	378	467	518	462	302
4	493	874	1020	830	572	601	889	1040	887	599	578	839	1010	864	502
	650	1220	1460	1140	713	769	1230	1480	1210	770	726	1150	1450	1220	659
2	614	1130	1320	1050	680	718	1110	1340	1120	731	682	1060	1320	1120	609
	393	663	773	644	465	484	680	784	688	479	466	644	763	654	399
	(197)	300	342	310	251	258	317	350	323	253	247	305	335	283	204
		2	4	6	8	10	12	14	[m]						
	Illuminance [lx]														

Height of the reference plane
Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity g1
Uniformity g2
Date, Time

: 0.75 m
: 848 lx
: 197 lx
: 2620 lx
: 1 : 4.30 (0.23)
: 1 : 13.26 (0.08)
: 15.07. 16:00

45 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. liepos mėn. 15 d. 16.00 val.), kai dangus apsiniaukęs



General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction
 Height of evaluation surface: 0.75 m
 Height of luminaire plane: 3.00 m
 Maintenance factor: 0.67
 Calculation mode used: Artificial and daylight calculation

Date, Time: 15.07. 09:00

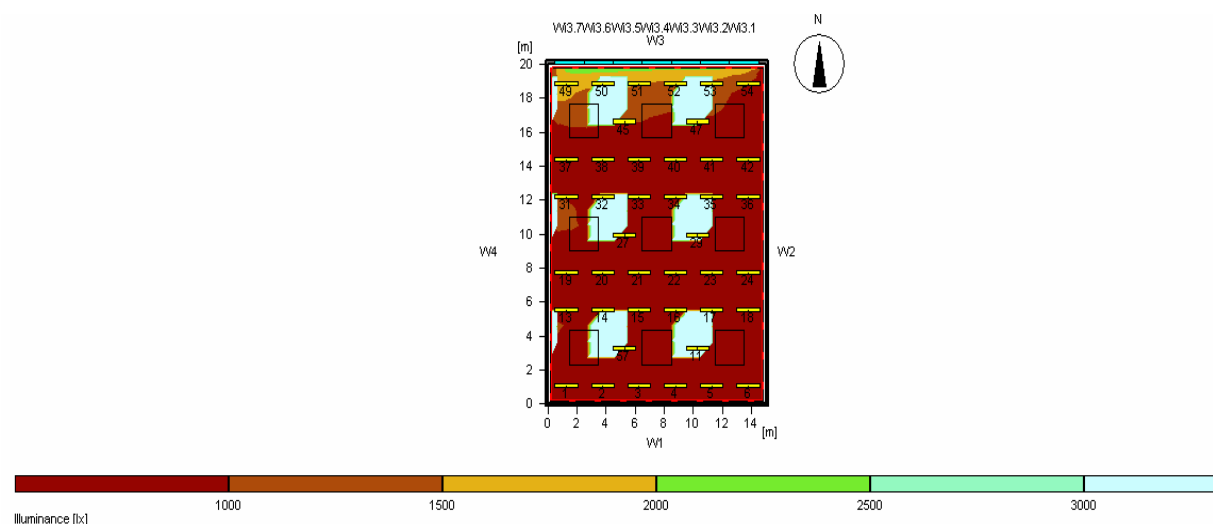
Geographical data:

Location: Vilnius
 Latitude (degrees): 55.32 °
 Longitude (degrees): 21.02 °

Illuminance

Average illuminance: Eav 2450 lx
 Minimum illuminance: Emin 406 lx
 Maximum illuminance: Emax 19500 lx

46 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. liepos mėn. 15 d. 9.00 val.), kai dangus giedras



General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction
 Height of evaluation surface: 0.75 m
 Height of luminaire plane: 3.00 m
 Calculation mode used: clear sky according to CIE

Date, Time: 15.07. 09:00

Geographical data:

Location: Vilnius
 Latitude (degrees): 55.32 °
 Longitude (degrees): 21.02 °

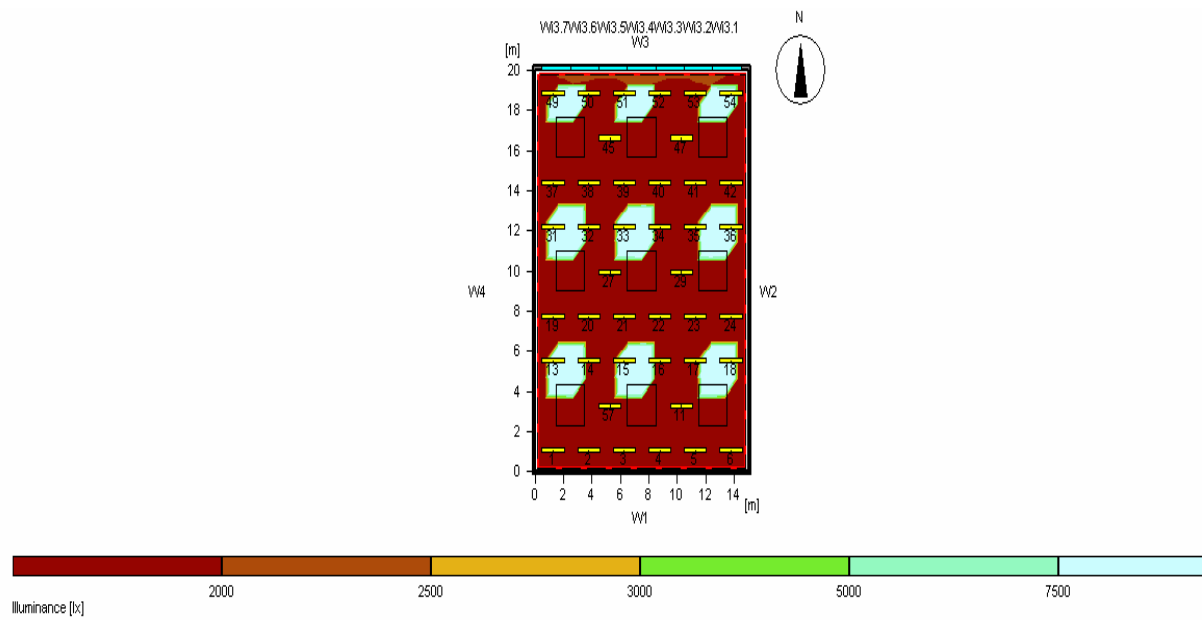
	1570	1860	1850	1820	1770	1730	1700	1650	1630	1640	1640	1610	1530	1400	1070
18	1550	1540	1370	18900	18900	1380	1300	1210	1170	19000	[19100]	1200	1040	865	645
	1450	1400	1220	18700	18800	1280	1190	1070	1030	18900	19000	1110	937	755	570
16	929	1030	1020	992	961	953	917	894	891	868	853	825	789	746	605
	507	651	727	747	675	607	593	629	651	599	530	527	548	561	501
14	477	565	562	539	500	455	445	426	424	401	374	361	356	344	304
	645	642	547	501	461	421	387	366	352	340	333	309	281	255	222
12	920	836	662	596	521	516	479	432	419	404	399	386	328	263	206
	1230	1070	823	18400	18400	770	703	582	535	18500	18600	623	478	334	220
10	1170	1090	898	18500	18500	869	824	706	669	18600	18700	748	615	496	352
	674	752	762	746	685	651	625	619	639	617	570	561	559	545	455
8	366	471	515	524	464	410	404	423	441	411	360	354	375	388	342
	352	409	405	382	340	316	299	301	287	276	256	254	240	235	202
6	521	475	395	368	332	320	306	271	266	258	257	240	215	189	155
	782	660	498	493	452	443	415	373	355	365	379	349	294	221	154
4	1060	924	682	18300	18400	728	682	551	512	18500	18700	628	471	304	186
	925	870	747	18400	18500	766	732	640	620	18600	18700	685	583	482	347
2	448	546	600	614	555	507	494	524	560	540	474	466	479	506	427
	244	311	342	361	325	286	282	313	326	303	267	268	290	300	268
	170	182	188	198	178	167	172	168	176	166	163	163	159	154	(135)
	2	4	6	8	10	12	14								

Illuminance [lx]

Height of the reference plane
 Average illuminance
 Minimum illuminance
 Maximum illuminance
 Uniformity g1
 Uniformity g2
 Date, Time

: 0.75 m
 : 2050 lx
 Emin : 135 lx
 Emax : 19100 lx
 Emin/Em : 1 : 15.16 (0.07)
 Emin/Emax : 1 : 141.07 (0.01)
 : 15.07. 09:00

47 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. liepos mėn. 15 d. 9.00 val.), kai dangus giedras



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.67
Calculation mode used:	Artificial and daylight calculation

Date, Time: 15.07. 12:30

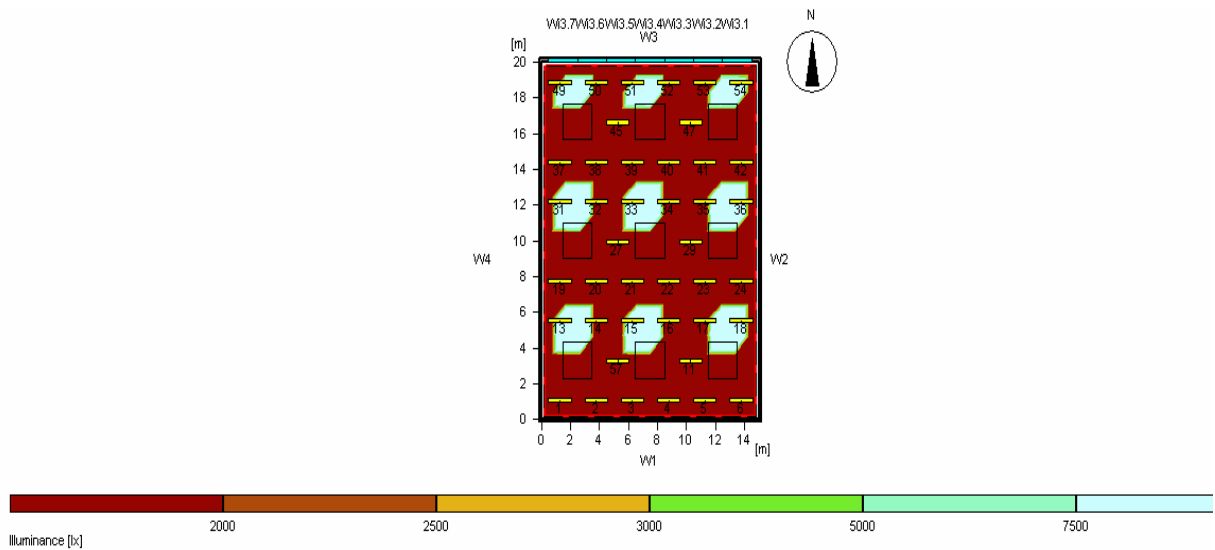
Geographical data:

Location : Vilnius
Latitude (degrees) : 55.32 °
Longitude (degrees) : 21.02 °

Illuminance

Average illuminance	Eav	3620 lx
Minimum illuminance	Emin	346 lx
Maximum illuminance	Emax	28200 lx

48 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. liepos mėn. 15 d. 12.30 val.), kai dangus giedras



General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction
 Height of evaluation surface: 0.75 m
 Height of luminaire plane: 3.00 m
 Calculation mode used: clear sky according to CIE

Date, Time: 15.07. 12:30

Geographical data:

Location: Vilnius
 Latitude (degrees): 55.32 °
 Longitude (degrees): 21.02 °

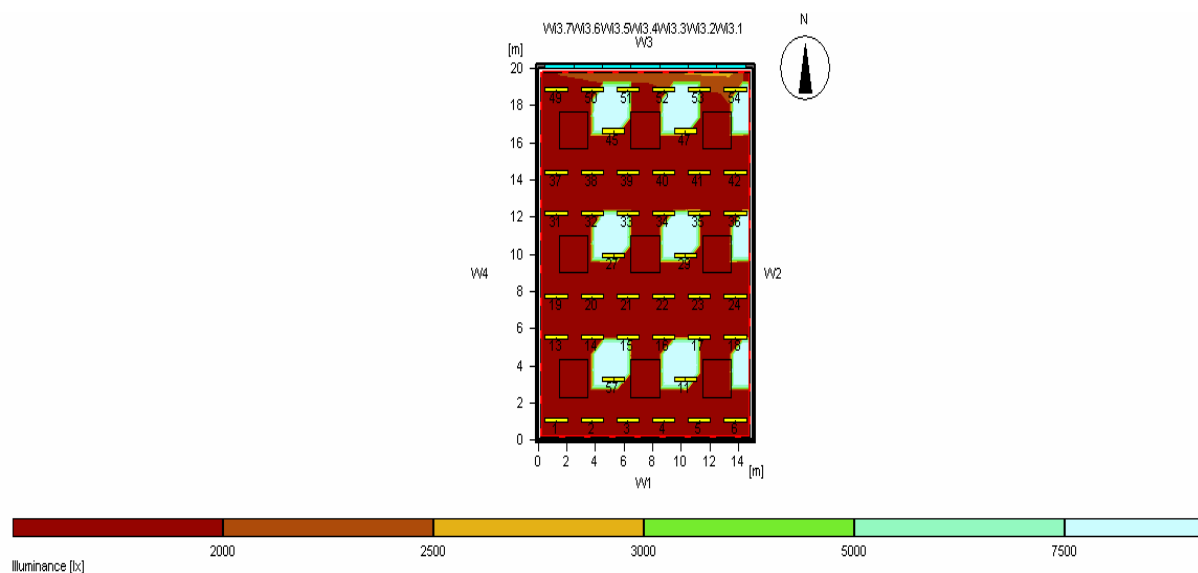
	948	1490	1660	1510	1400	1430	1640	1710	1570	1410	1410	1570	1660	1450	932
18	769	27400	27600	1290	997	1060	27500	27700	1410	1010	1020	1390	27700	27400	724
	655	1240	1450	1120	794	849	1290	1530	1220	821	803	1200	1470	1160	611
16	473	800	951	781	601	632	864	1000	852	623	602	802	948	787	472
	324	471	534	500	425	436	526	580	537	448	430	497	530	470	329
14	250	325	366	355	333	345	378	390	390	342	333	356	359	326	246
	255	355	385	360	327	338	391	430	380	318	323	369	399	334	245
12	339	26900	27000	549	378	424	26900	27100	608	396	394	607	27000	26900	311
	477	27300	27500	789	463	518	27300	27600	885	487	483	905	27600	27300	413
10	456	943	1130	782	465	516	934	1160	865	492	477	849	1130	884	416
	326	581	684	549	385	405	592	710	586	398	378	555	687	575	322
8	218	328	375	339	274	292	353	398	363	290	280	340	371	329	226
	189	254	267	261	235	248	278	287	277	239	239	277	281	247	185
6	225	324	364	314	259	280	360	380	344	261	266	338	361	310	202
	339	27200	27400	551	342	380	27300	27400	607	356	362	613	27400	27200	288
4	435	27600	27800	776	412	487	27600	[27900]	873	438	450	881	[27900]	27600	377
	397	835	1020	710	403	442	839	1020	783	427	409	762	1030	795	368
2	261	472	560	451	308	317	484	575	481	327	303	447	554	476	265
	152	229	262	238	196	197	247	275	250	200	195	235	261	233	158
	(86)	112	126	126	117	119	126	141	131	118	118	124	128	114	91
		2	4	6	8	10	12	14							

Illuminance [lx]

Height of the reference plane
 Average illuminance
 Minimum illuminance
 Maximum illuminance
 Uniformity g1
 Uniformity g2
 Date, Time

: 0.75 m
 : 3230 lx
 : 86 lx
 : 27900 lx
 : 1 : 37.67 (0.03)
 : 1 : 324.55 (0.00)
 : 15.07. 12:30

49 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. liepos mėn. 15 d. 12.30 val.), kai dangus giedras



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.67
Calculation mode used:	Artificial and daylight calculation

Date, Time: 15.07. 16:00

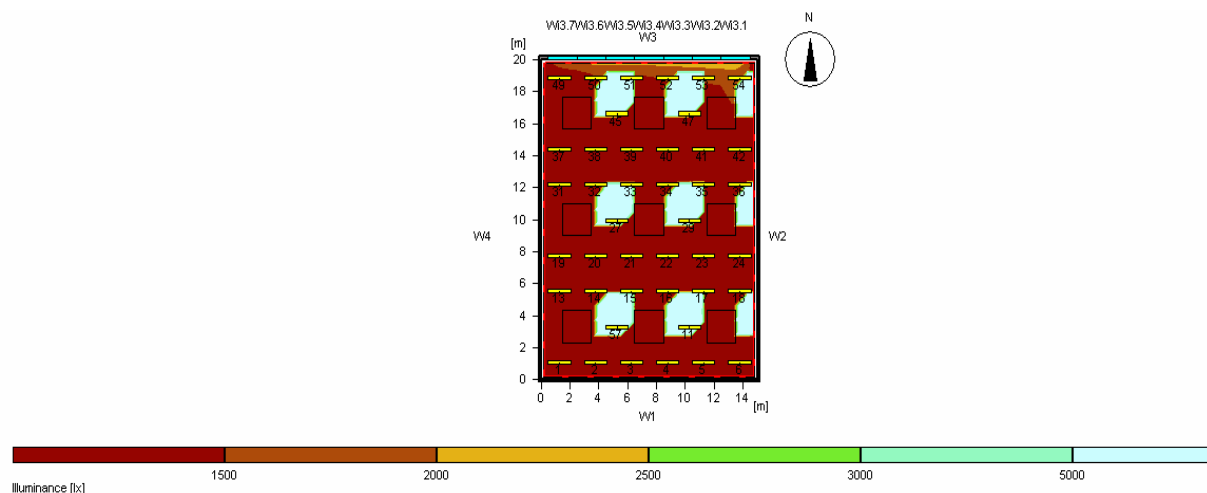
Geographical data:

Location	: Vilnius
Latitude (degrees)	: 55.32 °
Longitude (degrees)	: 21.02 °

Illuminance

Average illuminance	Eav	3000 lx
Minimum illuminance	Emin	401 lx
Maximum illuminance	Emax	21200 lx

50 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. liepos mėn. 15 d. 16.00 val.), kai dangus giedras



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
clear sky according to CIE

Date, Time: 15.07. 16:00

Geographical data:

Location : Vilnius
Latitude (degrees) : 55.32 °
Longitude (degrees) : 21.02 °

	1030	1380	1520	1610	1640	1630	1630	1660	1720	1760	1790	1840	1900	2000	1760
[m]	632	865	1080	1280	20700	20600	1170	1240	1380	20700	20600	1400	1470	1730	[20800]
18	562	771	992	1180	20600	20500	1020	1110	1280	20500	20400	1200	1300	1560	20600
	594	747	810	842	853	862	894	922	943	935	955	1030	1100	1100	980
16	486	563	547	514	530	596	661	639	604	615	699	783	771	697	530
	298	345	358	374	383	407	425	448	461	475	518	574	611	609	502
14	221	272	292	327	351	361	376	392	410	454	497	555	607	716	725
	209	285	361	432	458	435	436	465	531	566	601	673	728	960	1090
12	228	360	545	724	20300	20100	563	658	818	20200	20100	790	916	1260	20600
	362	519	667	833	20400	20200	694	782	905	20300	20200	889	998	1240	20500
10	451	563	587	578	572	619	653	660	659	669	713	799	853	838	738
	335	389	385	348	360	414	466	456	439	441	521	595	604	557	419
8	203	241	252	269	273	299	314	321	348	366	407	474	527	550	460
	161	201	231	267	284	289	296	316	354	384	425	486	567	689	747
6	165	244	335	411	438	406	393	431	506	551	559	627	703	956	1110
	199	340	544	743	20400	20200	522	637	806	20300	20200	757	890	1240	20700
4	349	506	635	759	20400	20300	637	730	818	20300	20200	808	908	1110	20400
	426	517	495	475	472	520	572	565	524	530	588	677	707	659	536
2	267	310	300	274	276	311	349	338	315	315	365	413	402	357	269
	(140)	158	162	164	163	177	190	195	197	199	211	230	224	211	170
		2		4		6		8		10		12		14	[m]

Illuminance [lx]

Height of the reference plane

Average illuminance

Minimum illuminance

Maximum illuminance

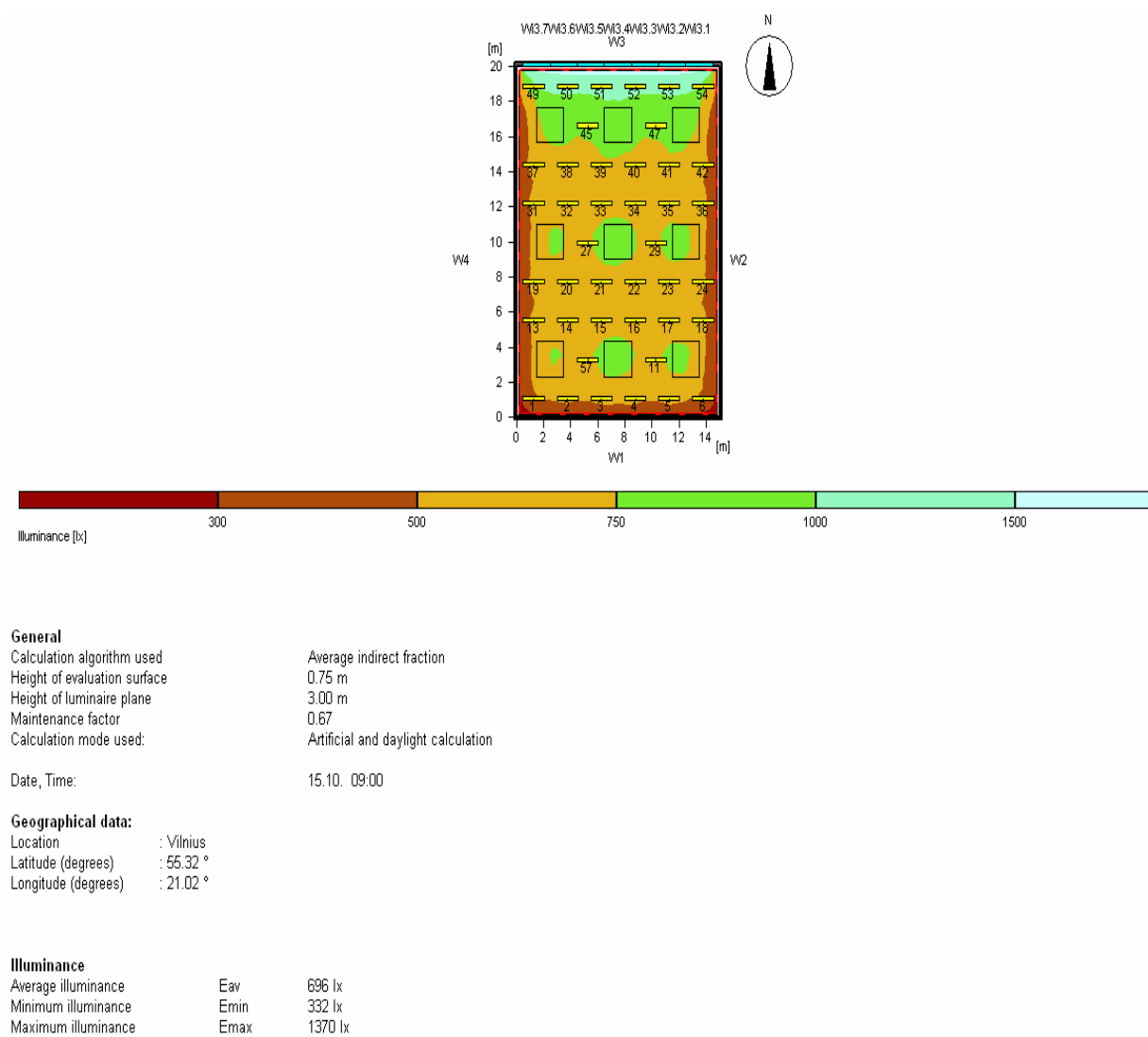
Uniformity g1

Uniformity g2

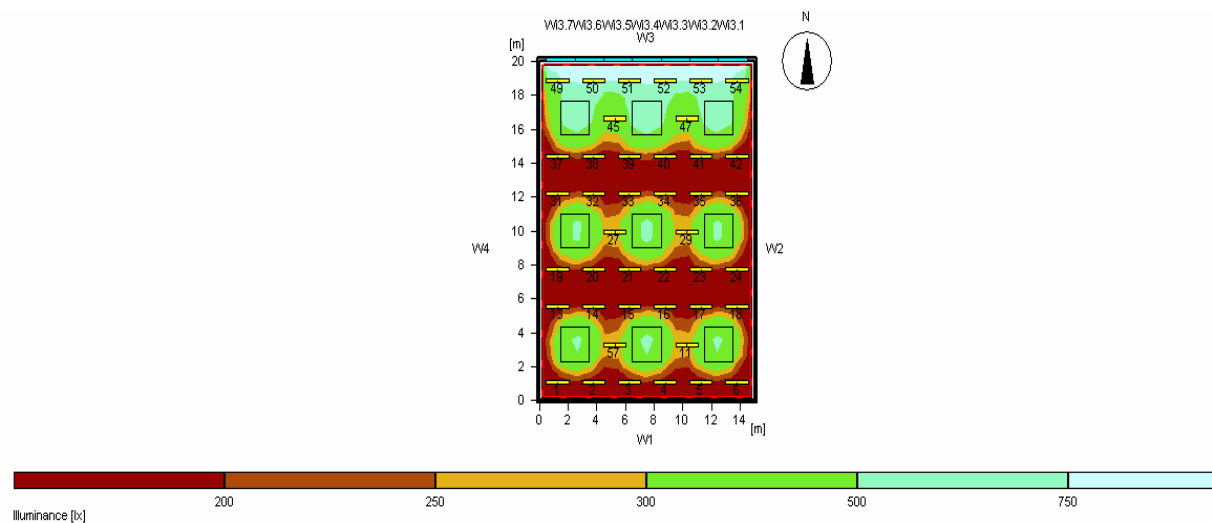
Date, Time

: 0.75 m
: 2610 lx
: 140 lx
: 20800 lx
: 1 : 18.73 (0.05)
: 1 : 148.77 (0.01)
: 15.07. 16:00

51 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. liepos mėn. 15 d. 16.00 val.), kai dangus giedras



52 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. spalio mėn. 15 d. 9.00 val.), kai dangus apsiniaukęs



General

Calculation algorithm used
 Height of evaluation surface
 Height of luminaire plane
 Calculation mode used:

Average indirect fraction
 0.75 m
 3.00 m
 Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 15.10. 09:00

Geographical data:

Location : Vilnius
 Latitude (degrees) : 55.32 °
 Longitude (degrees) : 21.02 °

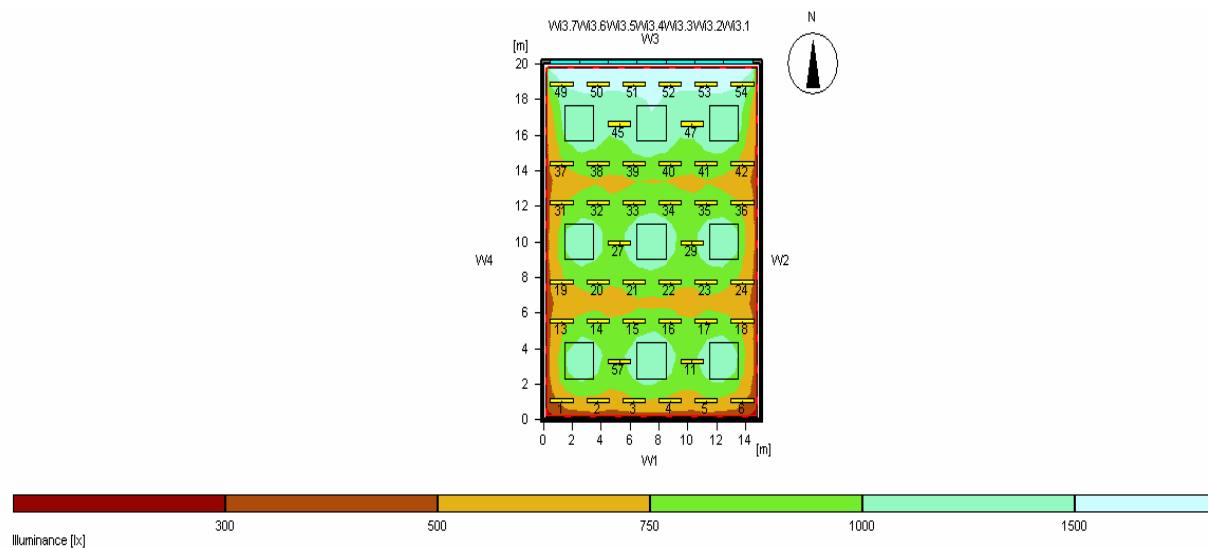
	590	876	952	949	933	933	962	[972]	965	934	938	949	952	877	591
[m]	347	527	604	575	513	517	594	632	594	519	512	574	608	527	345
18	318	536	629	539	409	422	568	657	568	419	407	538	627	535	317
	290	514	602	499	347	361	534	628	532	366	344	496	605	513	290
16	213	358	417	350	257	270	372	434	375	271	256	354	416	355	214
	129	191	214	199	167	173	207	221	207	170	165	198	217	191	131
14	96	125	138	131	126	125	140	148	138	127	124	130	139	129	94
	110	163	183	168	140	145	176	190	174	147	141	167	183	165	110
12	173	295	341	287	207	214	306	353	305	218	210	289	342	298	177
	243	443	528	419	272	287	453	537	447	284	274	421	526	448	240
10	239	444	523	417	271	288	443	536	442	286	271	421	524	445	245
	174	286	333	279	201	208	296	344	303	209	198	284	336	289	172
8	107	154	172	156	132	136	165	181	165	135	132	158	173	154	109
	82	111	124	119	108	113	124	128	125	110	107	119	125	113	81
6	113	172	189	171	134	141	180	201	181	142	137	174	189	169	114
	184	321	377	309	210	221	328	385	325	224	214	307	374	321	185
4	242	453	533	426	266	284	448	548	450	286	270	424	534	453	243
	223	414	492	384	252	269	413	496	415	266	252	391	491	415	222
2	144	242	282	239	171	178	252	291	253	181	172	238	283	240	145
	(72)	107	123	110	92	96	118	128	120	94	90	112	121	109	75
	2	4	6	8	10	12	14	[m]							

Illuminance [lx]

Height of the reference plane
 Average illuminance
 Minimum illuminance
 Maximum illuminance
 Uniformity g1
 Uniformity g2
 Date, Time

: 0.75 m
 : 313 lx
 : 72 lx
 : 972 lx
 : 1 : 4.33 (0.23)
 : 1 : 13.43 (0.07)
 : 15.10. 09:00

53 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. spalio mėn. 15 d. 9.00 val.), kai dangus apsiniaukęs



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.67
Calculation mode used:	Artificial and daylight calculation

Date, Time: 15.10. 12:30

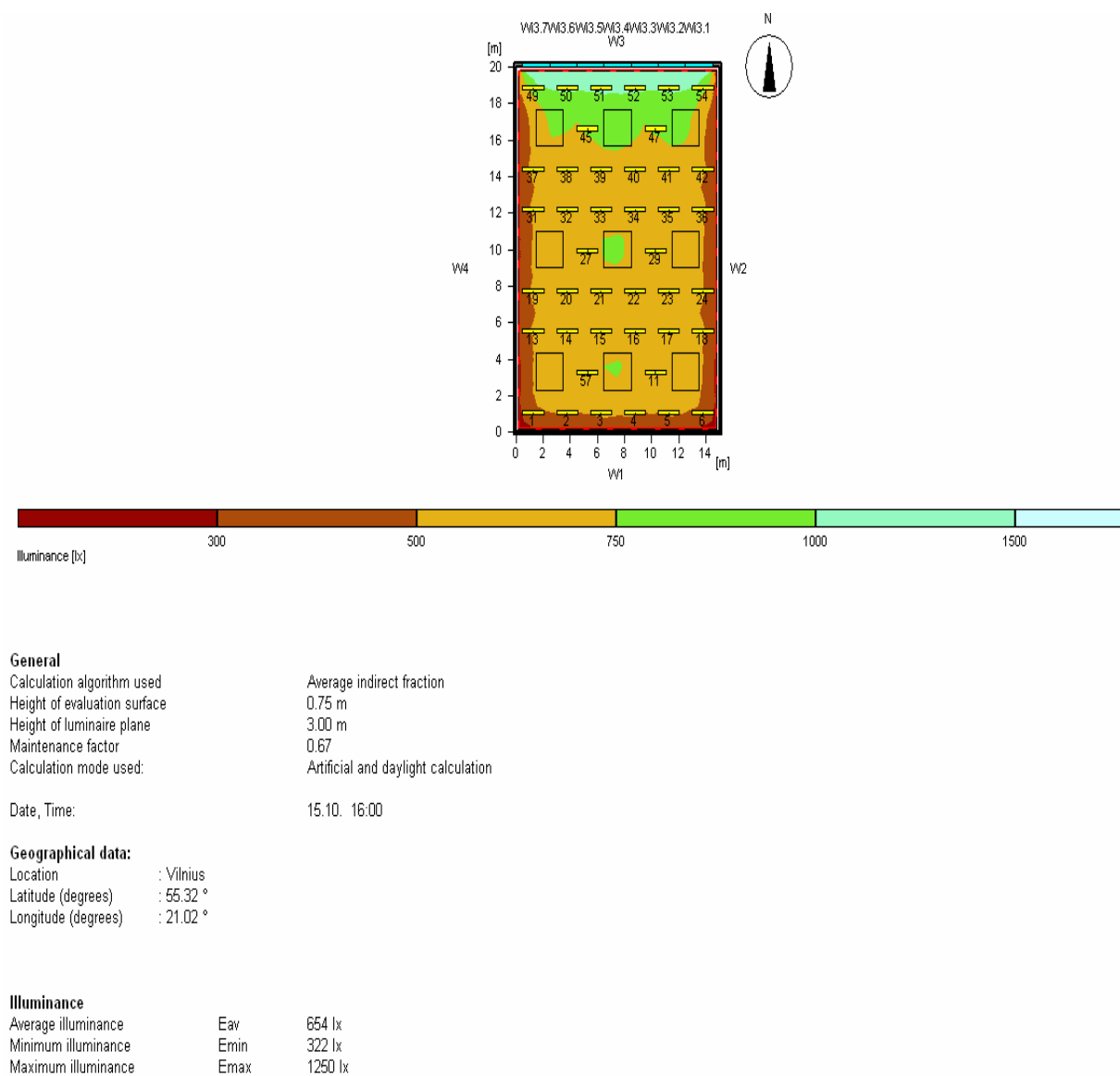
Geographical data:

Location	: Vilnius
Latitude (degrees)	: 55.32 °
Longitude (degrees)	: 21.02 °

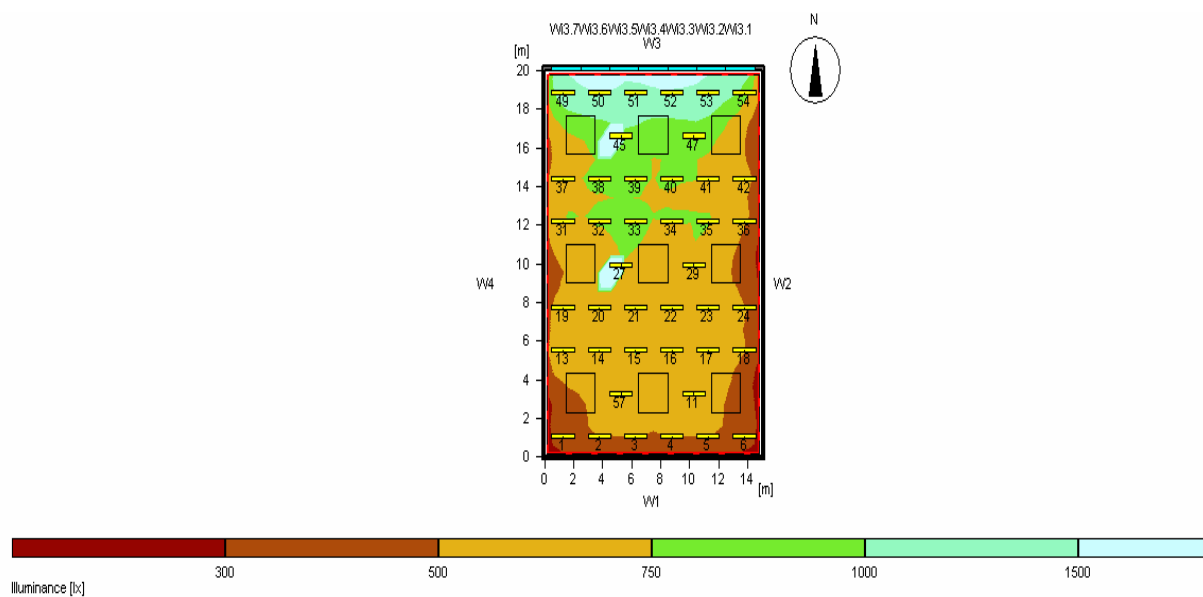
Illuminance

Average illuminance	Eav	957 lx
Minimum illuminance	Emin	391 lx
Maximum illuminance	Emax	2170 lx

54 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. spalio mėn. 15 d. 12.30 val.), kai dangus apsiniaukęs



56 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. spalio mėn. 15 d. 16.00 val.), kai dangus apsiniaukęs



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.67
Calculation mode used:	Artificial and daylight calculation

Date, Time: 15.10. 09:00

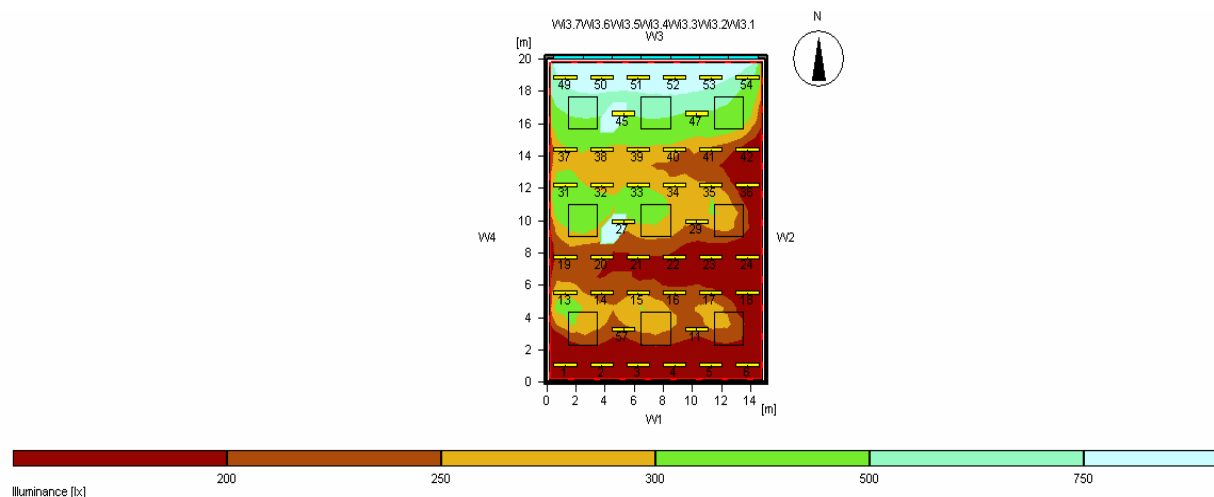
Geographical data:

Location	: Vilnius
Latitude (degrees)	: 55.32 °
Longitude (degrees)	: 21.02 °

Illuminance

Average illuminance	Eav	729 lx
Minimum illuminance	Emin	310 lx
Maximum illuminance	Emax	4600 lx

58 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. spalio mėn. 15 d. 9.00 val.), kai dangus giedras



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
clear sky according to CIE

Date, Time: 15.10. 09:00

Geographical data:

Location : Vilnius
Latitude (degrees) : 55.32 °
Longitude (degrees) : 21.02 °

	791	1030	1200	1310	1230	1060	1090	1190	1380	1390	1260	1010	908	795	542
18	659	777	836	856	822	806	826	840	881	888	826	755	645	515	360
	545	632	642	626	610	620	652	643	636	614	595	580	520	422	300
16	404	486	504	489	[4170]	460	498	507	488	443	430	437	419	361	268
	316	361	377	369	351	352	374	380	370	333	311	316	302	275	217
14	273	297	303	300	282	284	286	272	277	248	254	238	218	189	154
	286	293	268	256	264	271	261	245	242	240	229	215	185	155	122
12	317	320	290	278	280	294	289	266	253	259	248	245	209	163	120
	354	373	326	309	302	320	343	316	291	277	296	302	259	197	133
10	329	376	352	321	298	315	351	336	299	277	281	308	291	240	165
	267	310	321	292	4020	258	284	291	283	245	233	254	263	235	176
8	224	254	249	242	212	212	229	228	226	198	188	194	191	177	139
	215	223	213	217	186	187	188	189	184	165	161	162	149	129	101
6	238	234	213	197	207	206	187	193	170	170	180	159	140	110	86
	281	278	244	230	233	237	245	225	216	215	220	214	176	134	93
4	320	337	292	258	253	284	304	275	247	234	256	278	241	175	110
	256	304	294	262	235	255	291	287	265	232	236	270	263	217	147
2	151	209	234	223	193	195	219	235	226	203	186	207	218	202	151
	99	132	147	148	134	133	150	153	150	133	132	139	145	131	103
	(63)	80	87	88	87	87	94	95	89	82	85	87	85	78	(63)
	2	4	6	8	10	12	14	[m]							

Illuminance [lx]

Height of the reference plane

Average illuminance

Minimum illuminance

Maximum illuminance

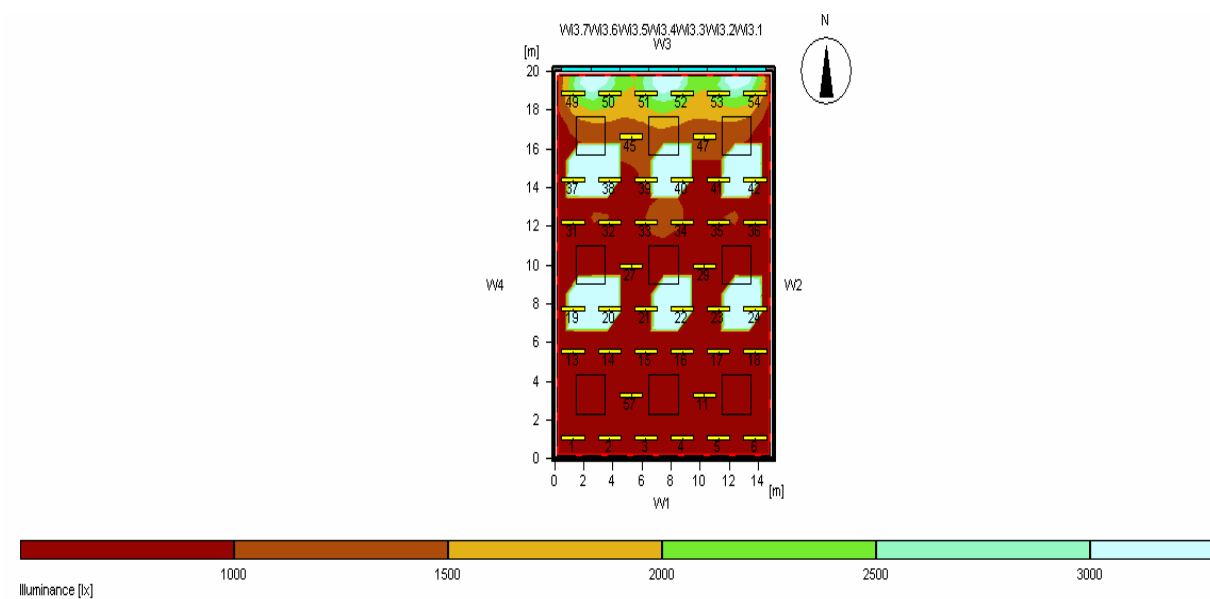
Uniformity g1

Uniformity g2

Date, Time

: 0.75 m
: 351 lx
: 63 lx
: 4170 lx
: 1 : 5.59 (0.18)
: 1 : 66.54 (0.02)
: 15.10. 09:00

59 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. spalio mėn. 15 d. 9.00 val.), kai dangus giedras



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.67
Calculation mode used:	Artificial and daylight calculation

Date, Time: 15.10. 12:30

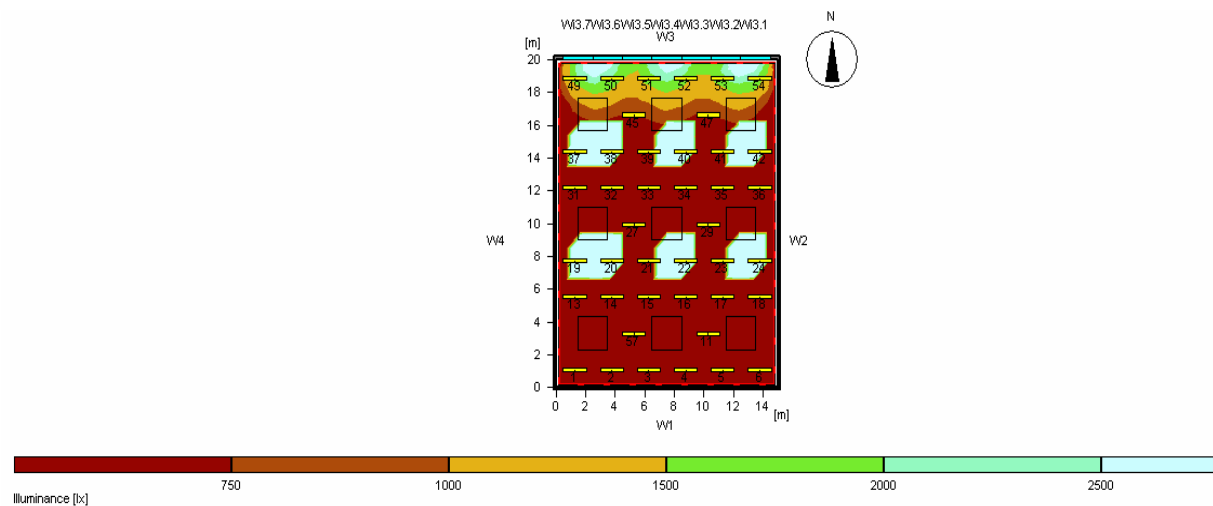
Geographical data:

Location	: Vilnius
Latitude (degrees)	: 55.32 °
Longitude (degrees)	: 21.02 °

Illuminance

Average illuminance	Eav	2020 lx
Minimum illuminance	Emin	341 lx
Maximum illuminance	E _{max}	12400 lx

60 pav. Apšvietos skaičiavimas (2006 m. spalio mėn. 15 d. 12.30 val.), kai dangus giedras



General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction
 Height of evaluation surface: 0.75 m
 Height of luminaire plane: 3.00 m
 Calculation mode used: clear sky according to CIE

Date, Time: 15.10. 12:30

Geographical data:

Location: Vilnius
 Latitude (degrees): 55.32 °
 Longitude (degrees): 21.02 °

	1230	2370	3000	2380	1690	1490	2150	2640	2340	1600	1590	2140	2960	2600	1590
18	980	1490	1780	1630	1250	1180	1500	1690	1510	1240	1240	1500	1750	1660	1050
	688	1000	1140	1070	902	889	1040	1160	1070	911	905	1060	1150	1040	735
16	502	695	792	733	679	686	770	822	777	673	667	748	814	714	529
	385	11800	11800	11800	510	514	567	[11900]	11800	515	507	555	11800	11800	402
14	316	11700	11800	11700	411	412	482	11800	11800	431	413	461	11800	11700	335
	291	426	483	445	387	381	454	536	478	395	384	433	486	442	324
12	285	452	539	479	378	384	485	570	515	388	380	459	553	488	328
	295	485	572	507	379	391	525	597	537	403	381	484	576	500	338
10	280	439	516	459	359	373	486	548	491	354	354	448	523	460	297
	243	367	425	394	314	323	393	447	398	318	307	374	427	374	255
8	213	11800	11800	11800	262	277	315	11800	11800	281	259	312	11800	11800	221
	194	11800	[11900]	11800	255	253	321	[11900]	11800	264	250	315	11800	11800	217
6	206	329	386	331	262	272	339	422	374	284	285	326	398	351	229
	232	391	465	388	282	280	401	487	427	305	278	369	453	405	253
4	236	408	487	405	289	295	425	509	443	312	286	400	487	425	259
	219	360	421	359	259	271	378	437	378	276	260	352	420	365	226
2	167	256	295	261	206	220	278	309	278	220	209	262	296	262	169
	118	163	184	173	151	154	182	197	184	155	155	173	184	164	119
	(76)	101	106	108	107	105	114	120	116	102	102	107	108	102	79
	2	4	6	8	10	12	14								

Illuminance [lx]

Height of the reference plane

Average illuminance

Minimum illuminance

Maximum illuminance

Uniformity g1

Uniformity g2

Date, Time

Eav : 0.75 m

Emin : 76 lx

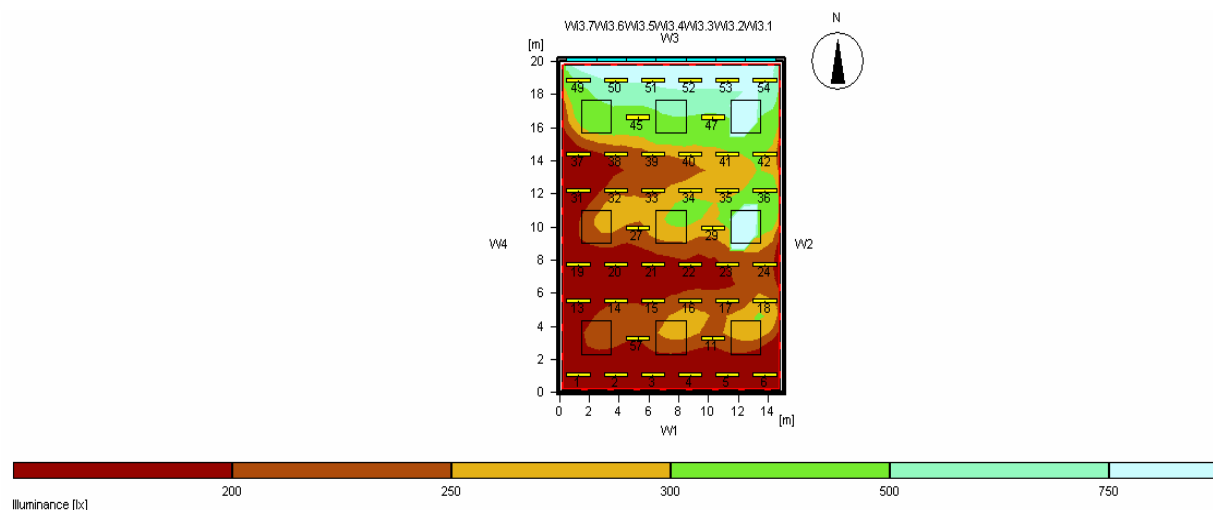
Emax : 11900 lx

Emin/Emax : 1 : 20.95 (0.05)

Emin/Emax : 1 : 155.22 (0.01)

Date, Time : 15.10. 12:30

61 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. spalio mėn. 15 d. 12.30 val.), kai dangus giedras



General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction
 Height of evaluation surface: 0.75 m
 Height of luminaire plane: 3.00 m
 Calculation mode used: clear sky according to CIE

Date, Time: 15.10. 16:00

Geographical data:

Location: Vilnius
 Latitude (degrees): 55.32 °
 Longitude (degrees): 21.02 °

	514	744	839	886	914	929	999	1090	1090	995	1020	1090	1160	1030	795
[m]	337	474	579	637	648	650	693	744	760	741	737	762	774	766	653
18	279	387	464	509	501	501	532	576	591	573	558	585	[3120]	608	529
	257	331	380	387	384	397	433	456	455	435	435	471	3000	466	402
16	199	253	277	285	283	295	332	338	350	330	344	365	375	357	314
	143	175	196	212	223	227	254	254	259	271	268	291	303	314	279
14	116	142	165	190	204	213	218	230	231	247	256	265	281	303	290
	108	150	183	217	225	231	233	253	262	271	268	284	295	338	330
12	123	180	231	275	265	258	261	293	317	308	299	308	336	389	379
	151	220	266	285	263	254	286	314	322	300	296	325	2890	381	360
10	165	221	245	244	224	237	263	279	276	254	258	287	2870	312	269
	133	168	183	183	175	189	205	211	218	203	210	239	251	250	223
8	93	118	138	147	155	160	173	178	181	186	183	201	221	224	204
	81	104	122	146	158	161	167	180	183	190	187	193	211	232	219
6	86	120	160	192	190	191	196	209	225	222	222	228	232	265	252
	105	162	215	248	233	217	232	254	280	261	244	252	269	309	288
4	139	201	242	249	223	223	249	270	272	248	238	259	277	280	238
	141	190	205	198	179	187	214	220	213	197	194	216	221	201	148
2	101	128	139	137	128	132	146	151	148	135	133	144	144	130	97
	(60)	74	82	84	83	81	87	90	92	86	82	87	84	80	65
	2	4	6	8	10	12	14	[m]							

Illuminance [lx]

Height of the reference plane

Average illuminance

Minimum illuminance

Maximum illuminance

Uniformity g1

Uniformity g2

Date, Time

: 0.75 m
 : 335 lx
 : 60 lx
 : 3120 lx
 : 1 : 5.58 (0.18)
 : 1 : 52.01 (0.02)
 : 15.10. 16:00

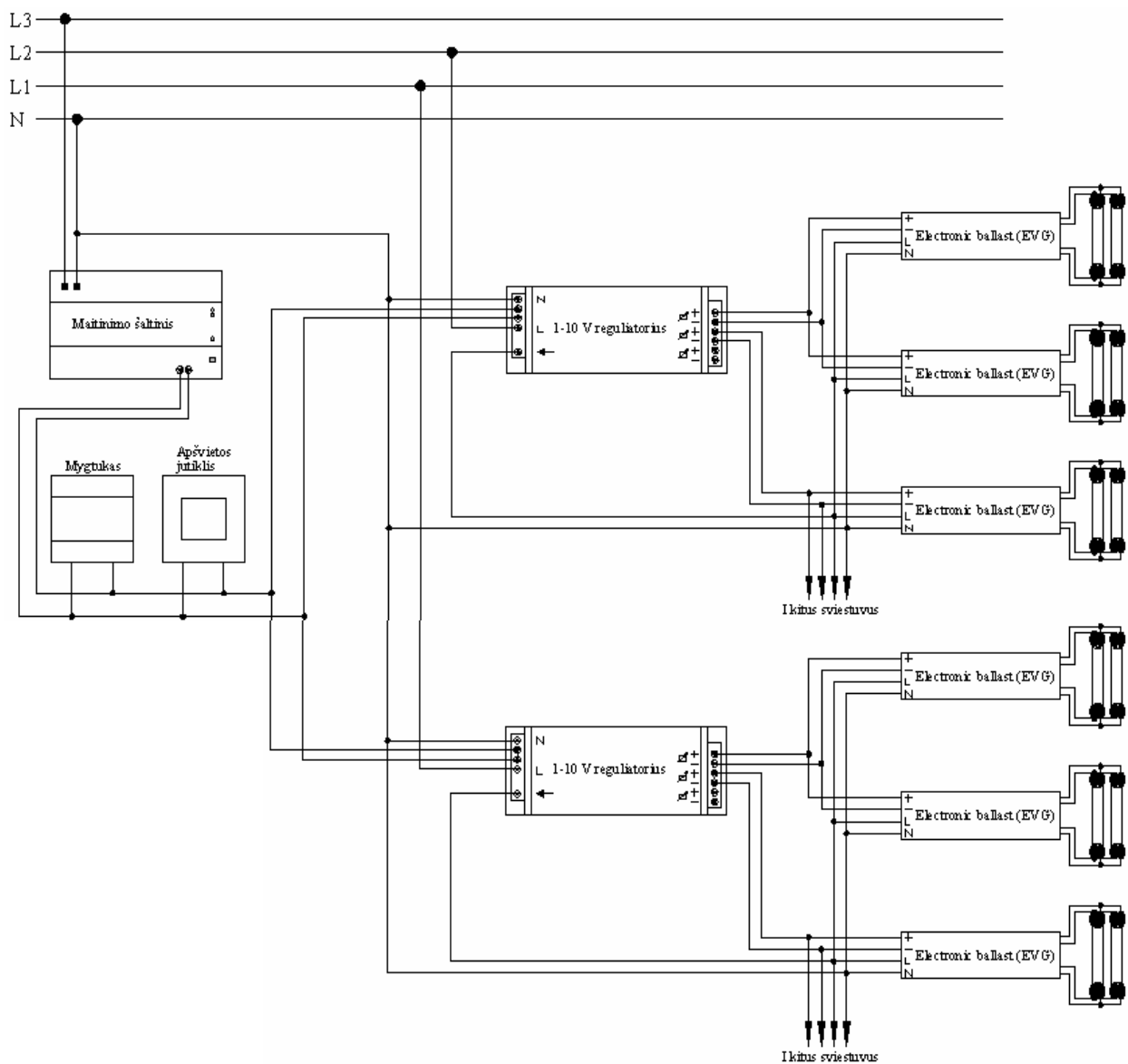
63 pav. Apšvietos skaičiavimas neįvertinant šviestuvų (2006 m. spalio mėn. 15 d. 16.00 val.), kai dangus giedras

Pateikti skaičiavimai rodo, kad patalpos apšvietimo valdymas labiausiai reikalingas rudenį ir žiemą. Vasarą ir pavasarį 500 lx apšvietai gauti pakanka natūralaus apšvietimo. Iš lentelių, kuriose pateikti skaičiavimo duomenys neįvertinant šviestuvų matome, kad žiemą ir rudenį taip pat gaunamas nemažas natūralus apšvietimas. Šiuo atveju efektyvu yra naudoti automatinį apšvietimo valdymą, panaudojant skaitmeninius prietaisus. Šiais prietaisais, priklausomai nuo natūralaus apšvietimo, galima reguliuoti lempų skleidžiamą šviesos srautą ir sutaupyti daug elektros energijos.

Šviesos srauto reguliavimui daugiausia naudojamos liuminescencinės lempos. Liuminescencinė lempa yra mažaslėgis dujinio elektros išlydžio šviesos šaltinis. Ją sudaro stiklinis vamzdelis, kuris, išsiurbus orą, pripildomas inertinių dujų. Vamzdelio galuose yra elektrodai. Kaitinamos elektrodų spiralės intensyviai skleidžia elektronus. Elektrodams atsijungus, lempos grandinėje srovė nutrūksta, joje vyksta pereinamasis procesas, elektrodus kaitinanti srovė turi nukristi iki nulio. Ritėje sukaupto magnetinio lauko energijos pokytis indukuoja gana didelę saviindukcijos elektrovarą, kuri kartu su tinklo įtampa sudaro pakankamai stiprų elektrinį lauką tarp lempos elektrodų. Šio lauko veikiami elektronai įgreitinami tiek, kad dalis jų jonizuoja gyvsidabrio garus. Dėl jonizacijos atsiranda nauji krūvininkai. Šis procesas yra griūtinis ir, susidarius pakankamai krūvininkų koncentracijai, lemposje esančios dujos tampa plazma, laidžia elektros srovei. Lempa pradeda tekėti srovė, lempa užsidega. Norint reguliuoti šviesos srautą, liuminescencinės lempos jungiamos prie elektros tinklo kartu su specialiais aukštadažniais elektroniniais balastais (64 pav.). Schemoje pavaizduotas specialus jungiklis, apšvietos jutiklis, 1-10V reguliatorius, skirtas elektroninių balastų su 1-10V sąsaja valdymui. Į reguliatoriaus postūmio registrą įvedama skaitinė šviesos srauto vertė. Registras yra 8 skilčių, todėl leidžia išskirti 256 šviesos srauto vertes. PR išėjimo kontaktai yra sujungti su skaitmeninio analoginio keitiklio įėjimais. SAK priklausomai nuo PR įrašyto skaičiaus (nuo 0 iki 256), generuoja atitinkamą valdymo įtampą nuo 0 iki 10 V. Ši valdymo įtampa yra naudojama elektroniniame valdomame balaste. Elektroniniai balastai iš 1-10V reguliatoriaus gauna valdymo signalą, pagal kurį, reguliuojant tiristorių atidarymo (uždarymo) kampą, formuoja norimą išėjimo įtampos kreivę.

8 lentelė. Apšvietos skaičiavimų rezultatai

Data	Dangus giedras		Dangus apsiniaukęs	
	Natūrali ir dirbtinė apšvieta, lx	Natūrali apšvieta, lx	Natūrali ir dirbtinė apšvieta, lx	Natūrali apšvieta, lx
2006 01 15 9.00 val.	589	204	532	149
2006 01 15 12.30 val.	795	412	688	305
2006 01 15 16.00 val.	383	0	383	0
2006 04 15 9.00 val.	1650	1270	996	613
2006 04 15 12.30 val.	3090	2700	1290	910
2006 04 15 16.00 val.	1730	1340	1030	643
2006 07 15 9.00 val.	2450	2050	1180	794
2006 07 15 12.30 val.	3620	3230	1470	1090
2006 07 15 16.00 val.	3000	2610	1230	848
2006 10 15 9.00 val.	729	351	696	313
2006 10 15 12.30 val.	2020	1600	957	575
2006 10 15 16.00 val.	719	335	654	272

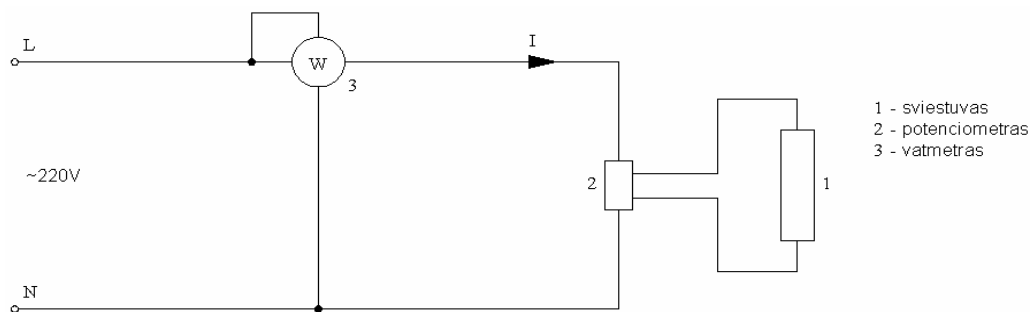


64 pav. Apšvietimo valdymo prietaisų sujungimo schema

3.3 AUTOMATINIO IR NEAUTOMATINIO APŠVIETIMO VALDYMO PALYGINAMOJI ANALIZĖ

Lyginant neautomatinį apšvietimo valdymą su automatinio, pastarojo pagrindinis privalumas yra elektros energijos taupymas. Tai pat, automatinis apšvietimo valdymas yra daug patogesnis, nes šviestuvai, skaitmeniniais prietaisais patys palaiko pastovų apšvietimo lygį. Vienintelis automatinio apšvietimo valdymo trūkumas yra kaina, tačiau taupant elektros energiją ši valdymo sistema atsiperka.

Norėdamas apskaičiuoti kiek sutaupoma elektros energijos sumodeliuotoje patalpoje, sujungiau 65 pav. pavaizduotą schemą ir atlikau eksperimentą, kurio metu prie liuminescencinės lempos padėjau liuksmetrą ir potenciometrą keisdamas lempos šviesos srautą, atlikau apšvietos ir galios matavimus (9 lent.).

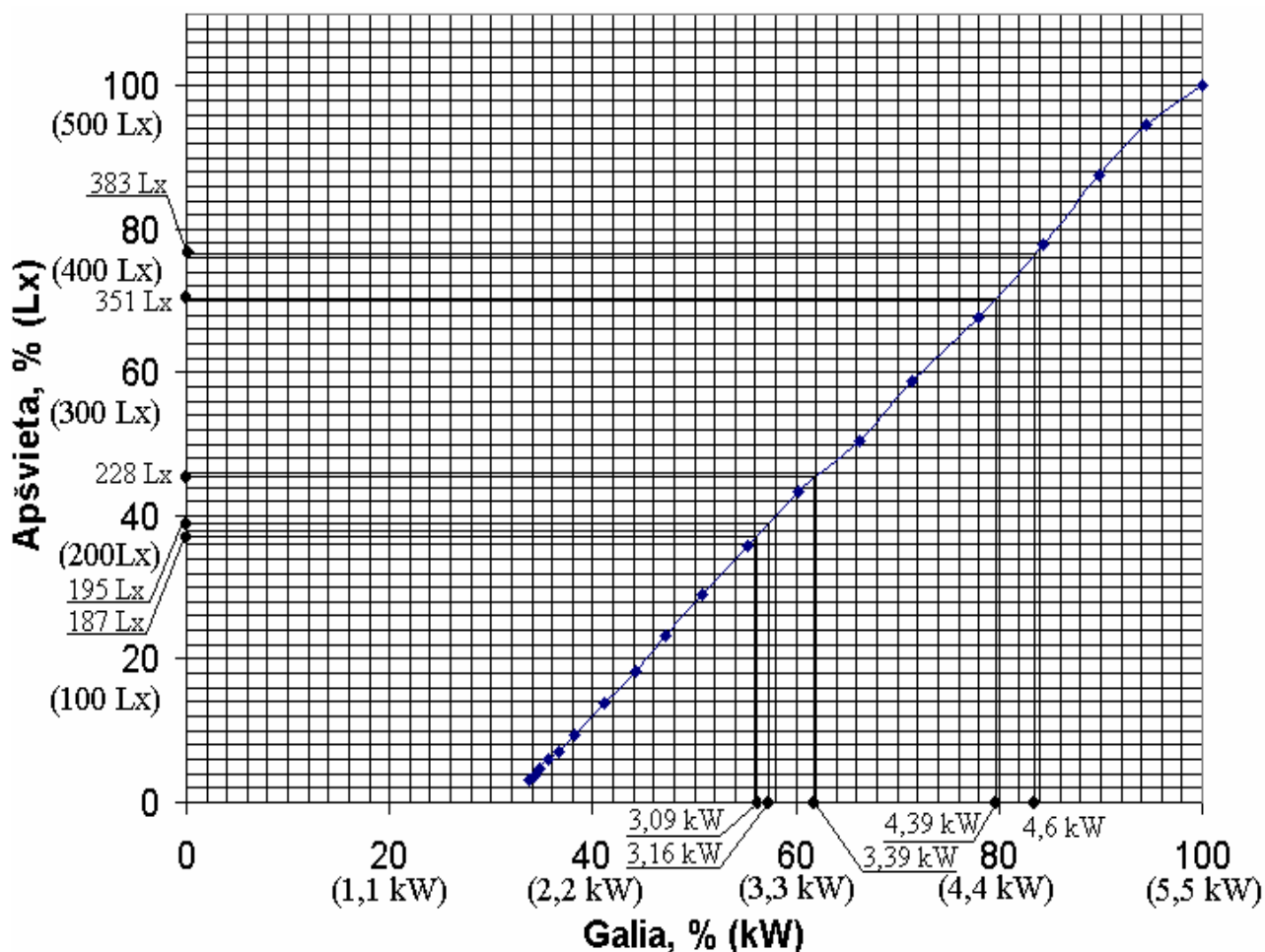


65 pav. Prietaisų sujungimo schema

9 lentelė. Eksperimento metu atliktų matavimų rezultatai

Eil. Nr.	U, V	I, mA	P, W (%)	Q, VAr	S, VA	Cos φ	E, Lx (%)
1	224	41	6,7 (33,7)	6,4	9,2	0,72	148 (3,1)
2	224	41	6,7 (33,7)	6,4	9,3	0,72	153 (3,2)
3	224,3	42	6,8 (34,2)	6,4	9,3	0,72	173 (3,6)
4	224	42	6,9 (34,7)	6,4	9,4	0,73	222 (4,7)
5	223,7	43	7,1 (35,7)	6,4	9,6	0,74	290 (6,1)
6	224	43	7,3 (36,7)	6,4	9,7	0,75	335 (7,1)
7	224	44	7,6 (38,2)	6,5	10	0,76	440 (9,3)
8	224	47	8,2 (41,2)	6,6	10,5	0,78	660 (13,9)
9	224,5	49	8,8 (44,2)	6,6	11	0,8	870 (18,3)
10	225,5	51	9,4 (47,2)	6,7	11,6	0,81	1100 (23,2)
11	225	54	10,1 (50,8)	6,7	12,2	0,83	1380 (29,1)
12	225,5	57	11,0 (55,3)	6,8	12,9	0,85	1700 (35,8)
13	225	61,5	12,0 (60,3)	6,8	13,8	0,87	2060 (43,4)
14	225	66	13,2 (66,3)	6,9	14,9	0,89	2390 (50,3)
15	223	71	14,2 (71,4)	6,8	15,8	0,91	2800 (58,9)
16	223,5	76	15,5 (77,9)	6,9	16,9	0,92	3210 (67,6)
17	223	81	16,8 (84,4)	6,9	18,1	0,93	3700 (77,9)
18	223	86	17,9 (89,9)	6,9	19,1	0,94	4150 (87,4)
19	223	90	18,8 (94,5)	6,9	20,1	0,94	4500 (94,7)
20	225	94	19,9 (100)	7	21,1	0,94	4750 (100)

Pagal 9 lentelės duomenis gauta charakteristika pateikta procentais 66 pav.

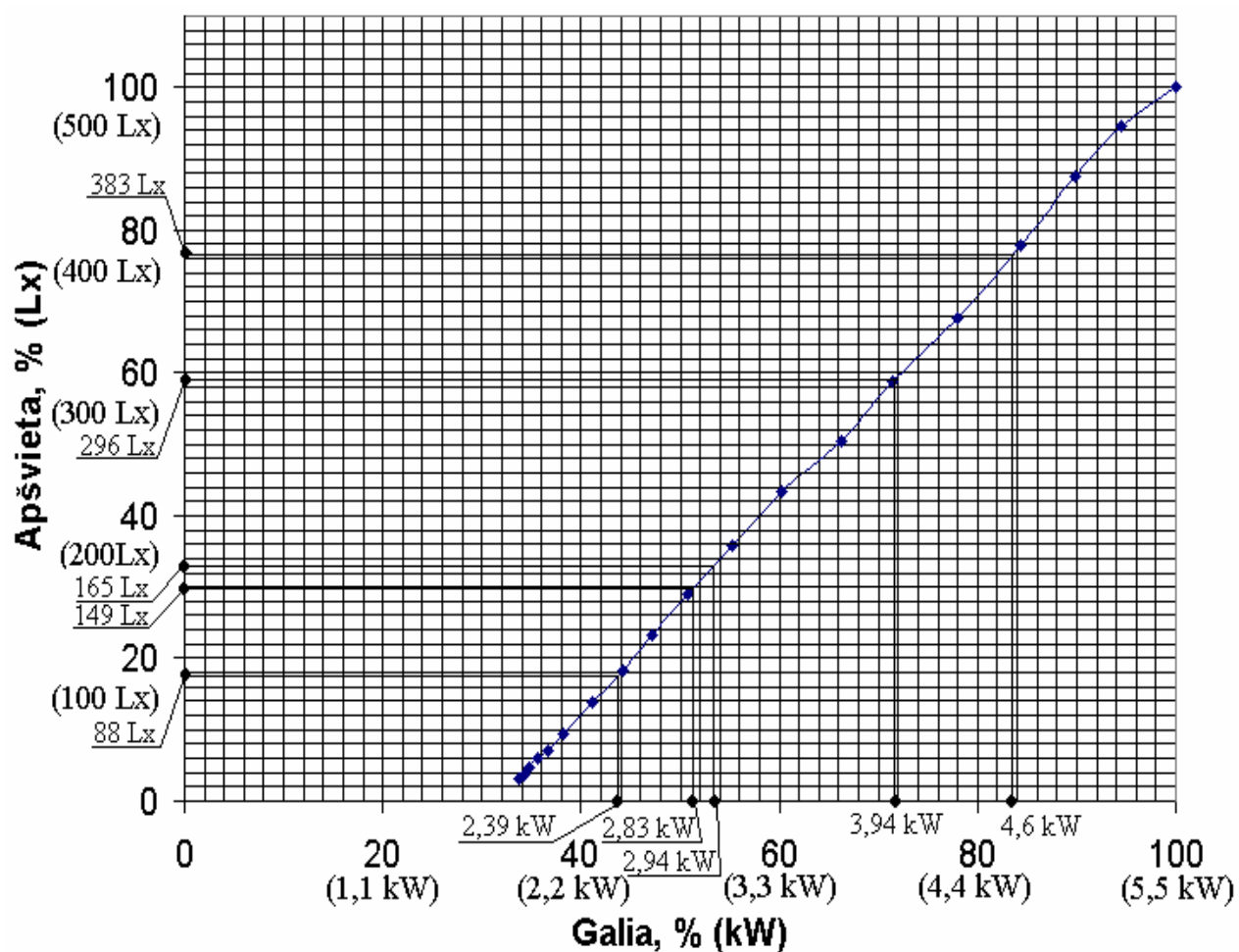


66 pav. Liuminescencinių lempų apšvietos priklausomybė nuo galios

Pagal šią charakteristiką, procentus pakeitus į apšvietos ir galios matavimo vienetus, apskaičiuota, kiek sutaupoma elektros energijos sumodeliuotoje patalpoje.

8 lentelėje pateiktos natūralios apšvietos vertės, kai dangus apsiniaukęs. Turint šiuos duomenis, galima apskaičiuoti trūkstamą liuksų skaičių, kuris reikalingas norint patalpą apšviesti 500 lx. Trūkstamos apšvietos vertės randamos iš 500 lx atėmus esamas natūralios apšvietos vertes. Gauti rezultatai pavaizduoti 66 pav. Pagal šiuos rezultatus ir turimą charakteristiką randama lempų sunaudojama galia. Gauti skaičiai rodo, kad žiemą sumodeliuotoje patalpoje per valandą vidutiniškai sutaupoma 1 kW, o rudenį – 1,4 kW.

67 pav. pateiktos apšvietos ir galios vertės, kai dangus giedras.



67 pav. Liuminescencinių lempų apšvietos priklausomybė nuo galios, kai dangus giedras

Iš šios priklausomybės gauti skaičiai rodo, kad žiemą per valandą vidutiniškai sutaupoma 1,4 kW, o rudenį – 1,9 kW.

4. APIBENDRINANČIOJI DALIS

4.1 ATLIKTŲ TYRIMŲ REZULTATŲ SUSISTEMINIMAS IR APIBENDRINIMAS

Apšvietimo valdymui yra panaudota Europinės instaliacijos sistema EIB. Ši sistema yra gryna skaitmeninės technikos vystymosi pasekmė. Ji bendra magistrale jungia įvairius pastato instaliacijos įrenginius. Per ją vykdomos paprastos ir kompleksinės valdymo ir kontrolės funkcijos. Tokia sistema pakeičia klasikinę elektros instaliaciją, kuri negali patenkinti didėjančių poreikių. Tradiciniai instaliaciniai jungikliai pakeisti skaitmeniniais įrenginiais, kurie informacijos mainus vykdo magistraliniu kabeliu, jungiančiu visus sistemos elementus. Magistralinis 4 gyslų kabelis (2 gyslos - atsarginės) klojamas šalia 230V kabelių, todėl instaliacijai prireikia iki 60% mažiau kabelių, supaprastėja sistemos įdiegimas, projektavimas ir montavimas, o galimybių žymiai padaugėja. Šia sistema galima valdyti, reguliuoti ir kontroliuoti elektros įrenginius, o per juos - apšvietimą, šildymą, oro klimatizaciją ir ventiliaciją, žaliuzes, praėjimo kontrolės sistemas ir t.t.

Šio darbo tikslas yra sumodeliuoti patalpą, suprojektuoti jos neautomatinį ir automatinį apšvietimo valdymą ir ištirti pastarojo efektyvumą, panaudojant naujausius technikos pasiekimus.

Atlikti apšvietimo valdymo sistemų tyrimai rodo, kad automatinio apšvietimo valdymu, panaudojant skaitmeninius prietaisus, sumodeliuotoje patalpoje žiemą galima sutaupyti apie 26%, o rudenį apie 37% elektros energijos. Dar daugiau elektros energijos būtų galima sutaupyti įdiegus automatinę apšvietimo valdymo sistemą ne vienoje patalpoje, o visame pastate.

4.2 IŠVADŲ IR REKOMENDACIJŲ PARENGIMAS

Apibendrinus atliktą darbą, galima suformuluoti šias išvadas:

1. Apšvietimo valdymui tikslingiausia yra naudoti EIB sistemą ir skaitmeninės technikos prietaisus. EIB valdymo sistema yra patogi, komfortabili, pateikia platų elementų pasirinkimą ir taupo pinigus.
2. Automatinę apšvietimo valdymo sistemą su skaitmeniniais prietaisais ekonomiškiausia naudoti patalpose, kuriose yra nemažas natūralus apšvietimas.
3. Apšvietimo skaičiavimui tikslingiausia yra naudoti šiuolaikinius reikalavimus atitinkančią "RELUX" kompiuterinę programą.
4. Norint sutaupyti kuo daugiau elektros energijos, apšvietimo valdymui tikslingiausia yra naudoti EIB sistemą visame pastate.

5. EIB apšvietimo valdymo sistema daugiausia elektros energijos sutaupoma žiemą ir rudenį.
6. Patalpose, kuriose reikia nuolat palaikyti pastovų apšvietos lygį, efektyviausia naudoti šviestuvus su liuminescencinėmis lempomis.
7. Skaitmeniniai prietaisai reguliuoja liuminescencinių lempų šviesos srautą keisdami aktyviąją galią. Reaktyvioji galia beveik nekinta.
8. Apšvietimo vertės ir bendrieji reikalavimai atitinka Europos standarto EN 12464 – 1 reikalavimus.

5. LITERATŪROS SĄRAŠAS

Pateiktame literatūros sąrašė yra visa reikalinga informacija, norint suprojektuoti automatinio valdymo apšvietimo sistemą ir ištirti jos efektyvumą. Sąrašė yra 21 literatūros šaltinis:

1. Berker installation programme. Hightech and design. The programme of the future. 2003.
2. Gaudrė. Katalogas. 2004/2005.
3. Europos standartas EN 12464 – 1. Šviesa ir apšvietimas – Darbo vietų apšvietimas – 1 dalis: Darbo vietos patalpose.
4. F. Staniulis. Darbo apsauga. 1988.
5. Edward Musiak. Elektros energetiniai įrengimai ir instaliacija. 2001.
6. Glamox. Lighting and heating. 1995.
7. Project engineering for EIB installations. Basic principles. 1998.
8. Elektros įrenginių įrengimo taisyklės. Patvirtinta LR ūkio ministro. LR aplinkos ministro. Įsakymas 2000 12 28 Nr. 4331547. Vilnius. 2001.
9. **Энциклопедия по безопасности и гигиене труда. Том 3. 1986. 325 с.**
10. Elektros erdvės. Leidinys. 2003.
11. Lighting Manual. Philips Lighting B. V. Eindhoven. 1993.
12. Saugos taisyklės eksploatuojant elektros įrenginius. DT II – 02. Patvirtinta LR ūkio ministro įsakymu. 2002 m. vasario 5 d. Nr. 40. Vilnius. 2002.
13. Visuotinė lietuvių enciklopedija. 2001.
14. Lamps and lighting. Fourth Edition. J. R. Coaton and A. M. Marsden. 1997.
15. Thorn Lighting people and places. Žiūrėtas 2005 02 15. Prieiga per internetą:
<http://www.thorn.ru>
16. Gaudrė. Žiūrėtas 2005 03 06. Prieiga per internetą:
<http://www.gaudre.lt/lt/valdymas/eib/funkcijos.php>
17. Ardena. Žiūrėtas 2004 10 15. Prieiga per internetą:
<http://www.ardena.lt/katalogas/Biuras.pdf>
18. Topolina. Žiūrėtas 2004 08 02. Prieiga per internetą: <http://www.topolina.lt/lt/apie/>
19. Sviesos pasaulis. Žiūrėtas 2006 02 14. Prieiga per internetą:
www.sviesospasaulis.lt/str/str.php
20. Meco dizainas. Žiūrėtas 2006 03 23. Prieiga per internetą: <http://www.meco.lt>
21. Interjeras.lt. Žiūrėtas 2006 01 27. Prieiga per internetą:
<http://www.interjeras.lt/index.php3?mid=312&pid=119>