Modeliranje sustava rasvjete na teniskim terenima

Jakus, Darko

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:880154

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Sveučilišni studij

MODELIRANJE SUSTAVA RASVJETE NA TENISKIM TERENIMA

Diplomski rad

Darko Jakus

Osijek, 2017.

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac D1: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za obranu diplomskog rada

Osijek, 11.07.2017.

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za obranu diplomskog rada

Ime i prezime studenta:	Darko Jakus
Studij, smjer:	DEB - Održiva elektroenergetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	D 929, 12.10.2015.
OIB studenta:	01222322244
Mentor:	Doc.dr.sc. Danijel Topić
Sumentor:	
Sumentor iz tvrtke:	Jurica Perko, mag.ing.
Predsjednik Povjerenstva:	Prof.dr.sc. Marinko Stojkov
Član Povjerenstva:	Doc.dr.sc. Zvonimir Klaić
Naslov diplomskog rada:	Modeliranje sustava rasvjete na teniskim terenima
Znanstvena grana rada:	**Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)**
Zadatak diplomskog rada:	U uvodu diplomskog rada opisati sustav rasvjete na teniskim terenima. Ukratko opisati svjetlotehničke parametre, zahtjeve za rasvjetu sportskih terena te dati pregled tehnologije rasvjete sportskih terena. U programskom paketu DIALux nacrtati situaciju na terenu te modelirati sustav rasvjete (LED tehnologija i Metal halogena) s obzirom na važeće norme te provesti i usporediti rezultate simulacije. Napraviti financijsku analizu isplativosti modernizacije rasvjete teniskih terena i dati zaključna razmatranja na temelju provedenog istraživanja. (Sumentor: Jurica Perko, mag.ing., Regionalna energetska agencija sjever, Koprivnica)
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (diplomskog rada):	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
Datum prijedloga ocjene mentora:	11.07.2017.

Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 18.07.2017.

Ime i prezime studenta:	Darko Jakus
Studij:	DEB - Održiva elektroenergetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	D 929, 12.10.2015.
Ephorus podudaranje [%]:	7

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**: Modeliranje sustava rasvjete na teniskim terenima**

izrađen pod vodstvom mentora Doc.dr.sc. Danijel Topić

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

Sadržaj

1 Uvod ... 1

2 Svjetlotehničke veličine, parametri i norme ... 2

2.1 Svjetlotehničke veličine ... 2

2.1.1 Svjetlosni tok ... 2

2.1.2 Jakost svjetlosti ... 3

2.1.3 Rasvijetljenost ... 4

2.1.4 Sjajnost ... 5

2.2 Svjetlotehnički parametri ... 6

2.2.1 Svjetlosna iskoristivost ... 6

2.2.2 Temperatura boje ... 7

2.2.3 Indeks uzvrata boje ... 9

2.2.4 Kontrast ... 10

2.2.5 Životni vijek izvora svjetlosti ... 11

2.3 Norme i propisi ... 12

2.4 Značajke kvalitetne rasvjete ... 13

3 Pregled tehnologije rasvjete sportskih terena ... 16

3.1 Rasvjeta sportskih objekata ... 16

3.2 Rasvjeta teniskih terena ... 16

3.2.1 Izvori svjetlosti ... 17

3.2.2 Svjetiljke ... 19

3.2.3 Položaj rasvjetnih stupova ... 22

4 Modeliranje rasvjete i simulacija u programskom paketu DIALux ... 25

4.1 Opis teniskog terena 25
4.2 Rezultati svjetlotehničkog proračuna 26
4.2.1 Simulacija za postojeće stanje 26
4.2.2 Novo stanje - metalhalogena svjetiljka 28
4.2.3 Novo stanje - LED svjetiljka 30
4.2.4 Tehnička usporedba novog stanja za različite tehnologije rasvjete 32
5 Analiza isplativosti modernizacije rasvjete teniskih terena LED tehnologijom 33
6 Zaključak 38
Literatura 39
Sažetak 41
Abstract 41
Životopis 42
Prilozi 43

1 Uvod

Električna rasvjeta prisutna je u svakodnevnom životu već više od 130 godina, a danas bez nje naš suvremeni način života gotovo je nezamisliv. Stoga je zabilježena sve veća potražnja za umjetnom rasvjetom a zahtjevi i očekivanja su sve stroži jer vrlo je važno da ona bude dostupna u bilo kojem trenutku na bilo kojem mjestu i kao svaka roba da ima određenu kvalitetu.

Sport i fizička aktivnost su zastupljeni u većini grana društva i imaju važnu ulogu u svim područjima ljudskog života. S ciljem povećanja iskoristivosti sportskih objekata i osiguravanja osnovnog uvjeta za nesmetano bavljenje sportom i u noćnom periodu te za vrijeme lošijih vremenskih uvjeta potrebna je kvalitetna rasvjeta. Na tržištu postoji više tehnologija rasvjete bolje i lošije kvalitete, kao i učinkovitije i neučinkovitije. Moderna i energetski učinkovita rasvjeta može značajno smanjiti potrošnju električne energije te se takva investicija brzo vraća.

U diplomskom radu je opisan sustav rasvjete na teniskim terenima. Ukratko su opisani svjetlotehnički parametri, zahtjevi za rasvjetu sportskih terena i dan je pregled tehnologije rasvjete sportskih terena. U programskom paketu DIALux nacrtana je situacija na terenu i modelirani su sustavi rasvjete (LED tehnologija i Metal halogena) s obzirom na važeće norme. Potom su uspoređeni rezultati simulacije, provedena financijska analiza isplativosti modernizacije rasvjete teniskih terena i dana zaključna razmatranja na temelju provedenog istraživanja.

2 Svjetlotehničke veličine, parametri i norme

2.1 Svjetlotehničke veličine

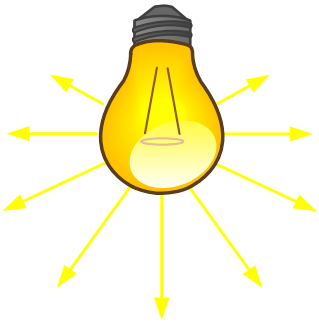
Svjetlost se može opisati fizikalnim i svjetlotehničkim veličinama. Među fizikalne veličine ubrajaju se sve one veličine, koje definiraju svjetlost uz pomoć energetskih jedinica. Svjetlost (vidljivo zračenje) je u fizikalnom smislu definirano kao energija ili prijenos energije u obliku vala ili čestica. Svjetlotehničke (fotometrijske) veličine razlikuju se od fizikalnih po tome, što vrednuju svjetlo na bazi ljudskog oka. Osnovne svjetlotehničke veličine su:

- svjetlosni tok
- jakost svjetlosti
- rasvijetljenost
- sjajnost.

Osim njih postoji i niz drugih parametara koje je potrebno uzeti u obzir prilikom projektiranja rasvjete [1].

2.1.1 Svjetlosni tok

Svjetlosni tok pokazuje kolikom količinom svjetlosti zrači određeni svjetlosni izvor (Slika 2.1). Pritom se mjeri zračenje u svim smjerovima. Svjetlosni tok označava se s velikim grčkim slovom Φ, a mjerna jedinica je lumen [lm]. To je izvedena jedinica SI sustava, a točkasti izvor svjetla ima svjetlosni tok od 1 lm kada u prostorni kut od 1 sr zrači jakošću svjetlosti od 1 cd.



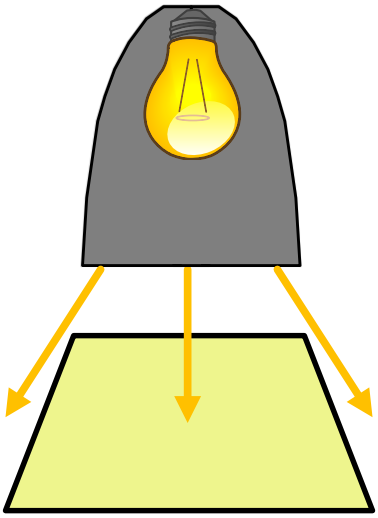
Slika 2.1 Svjetlosni tok

Stoga je svjetlosni tok mjera količine energije koju zrači izvor svjetlosti u prostoru, pri čemu je ta količina prilagođena osjetljivosti oka. Intenziteti svjetlosnih tokova nekih poznatih izvora svjetlosti su kako slijedi:

- uobičajena žarulja sa žarnom niti 100 W ≈ 1.300 lm
- fluorescentna žarulja 58 W ≈ 5.200 lm
- visokotlačna natrijeva žarulja 100 W ≈ 10.000 lm
- niskotlačna natrijeva žarulja 90 W ≈ 13.500 lm [2].

2.1.2 Jakost svjetlosti

Jakost svjetlosti definirana je kao snaga zračenja koju izvor svjetlosti emitira u određenom smjeru u prostoru (Slika 2.2). Jakost svijetlosti jedna je od sedam osnovnih veličina SI sustava, označava se sa *I*, a mjeri u kandelama [cd] [2].



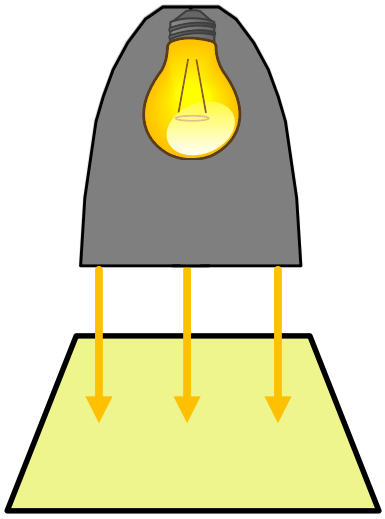
Slika 2.2 Jakost svjetlosti

U nastavku se nalaze vrijednosti jakosti svjetlosti za neke poznate izvore svjetla:

- svijeća ≈ od 0,6 cd do 1 cd
- uobičajena žarulja sa žarnom niti 100W ≈ 110 cd
- visokotlačna natrijeva žarulja 70W ≈ 500 cd
- Sunce (izvan atmosfere) ≈ 3 x 10^{27} cd.

2.1.3 Rasvijetljenost

Rasvijetljenost je mjera za količinu svjetlosnog toka koja pada na određenu površinu (Slika 2.3). Označava se slovom *E*, a mjeri se u luksima [lx]. Luks je izvedena jedinica, a definira se kao rasvijetljenost jednog kvadratnog metra na koju pada ravnomjerno raspodijeljen svjetlosni tok od 1 lm i predstavlja jednu od najčešće mjerenih veličina u fotometriji, budući da se često navodi u standardima i preporukama za rasvjetu. Rasvijetljenost neke površine ovisi o udaljenosti od izvora svjetlosti i kutu pod kojim svjetlo pada na površinu [2].



Slika 2.3 Rasvijetljenost

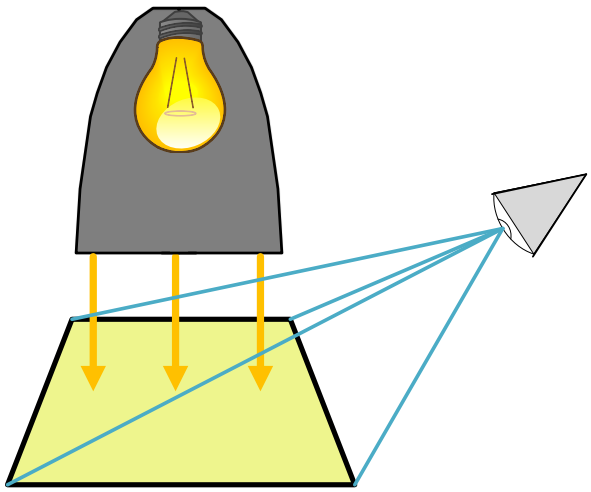
U tablici 2.1 je prikazano nekoliko primjera razine rasvijetljenosti [3].

Tablica 2.1 Razine rasvijetljenosti

Primjer	Rasvijetljenost [lx]
Sunčan ljetni dan	60.000 – 100.000
Oblačan ljetni dan	20.000
Oblačan zimski dan	3.000
Dobro rasvijetljeno radno mjesto	500 – 750
Pješačka zona	5 – 100
Noć s punim mjesecom	0,25
Noć s mladim mjesecom	0,01

2.1.4 Sjajnost

Sjajnost je mjera za svjetlinu površine i to je jedina fotometrijska veličina koju vidi ljudsko oko (Slika 2.4). Označava se slovom *L* a mjeri se u kandelama po kvadratnom metru [cd/m^2]. Iznos rasvijetljenosti od 1 kandele po metru kvadratnom definirana je kao sjajnost homogenog izvora svjetlosti površine 1 kvadratnog metra, koji zrači svjetlosnom jakošću 1 kandele pravokutno na tu površinu [4].



Slika 2.4 Sjajnost

Primjeri nekih tipičnih vrijednosti sjajnosti su navedeni u tablici 2.2.

Tablica 2.2 Iznosi sjajnosti za različite izvore svjetla

Izvor svjetla	**Prosječna sjajnost [cd/m^2]**
Sunce u podne	1,6 x 10^9
Bistra standardna žarulja	0,2 x 10^7 – 2 x 10^7
Fluorescentna cijev	1,3 x 10^4
Bijeli oblak	1 x 10^4
Svijeća	7.500
Vedro nebo	3.000 – 5.000
Mjesec	2.500
Ugodna unutarnja rasvjeta	50 – 500
Noćno nebo	0,001

Sjajnost opisuje fiziološki učinak svjetlosti na oko, te predstavlja najvažniji čimbenik projektiranja javne rasvjete. Naglašene razlike u sjajnosti vidnog polja umanjuju vizualnu izvedbu i utječu na naš osjećaj ugode, pa bi se stoga trebale izbjegavati. To se odnosi i na unutrašnju i na vanjsku rasvjetu (npr. sportski objekti ili cestovna rasvjeta) [5].

2.2 Svjetlotehnički parametri

2.2.1 Svjetlosna iskoristivost

Svjetlosna iskoristivost izvora svjetlosti je mjera količine električne energije koju izvor svjetlosti pretvara u svjetlo. Svjetlosna iskoristivost je izvedena veličina koja je definirana izrazom (2–1) kao omjer svjetlosnog toka izvora svjetlosti [lm] i snage [W] koju izvor svjetlosti koristi za stvaranje tog svjetlosnog toka. Oznaka za svjetlosnu iskoristivost je η, a mjerna jedinica [lm/W].

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \tag{2–1}$$

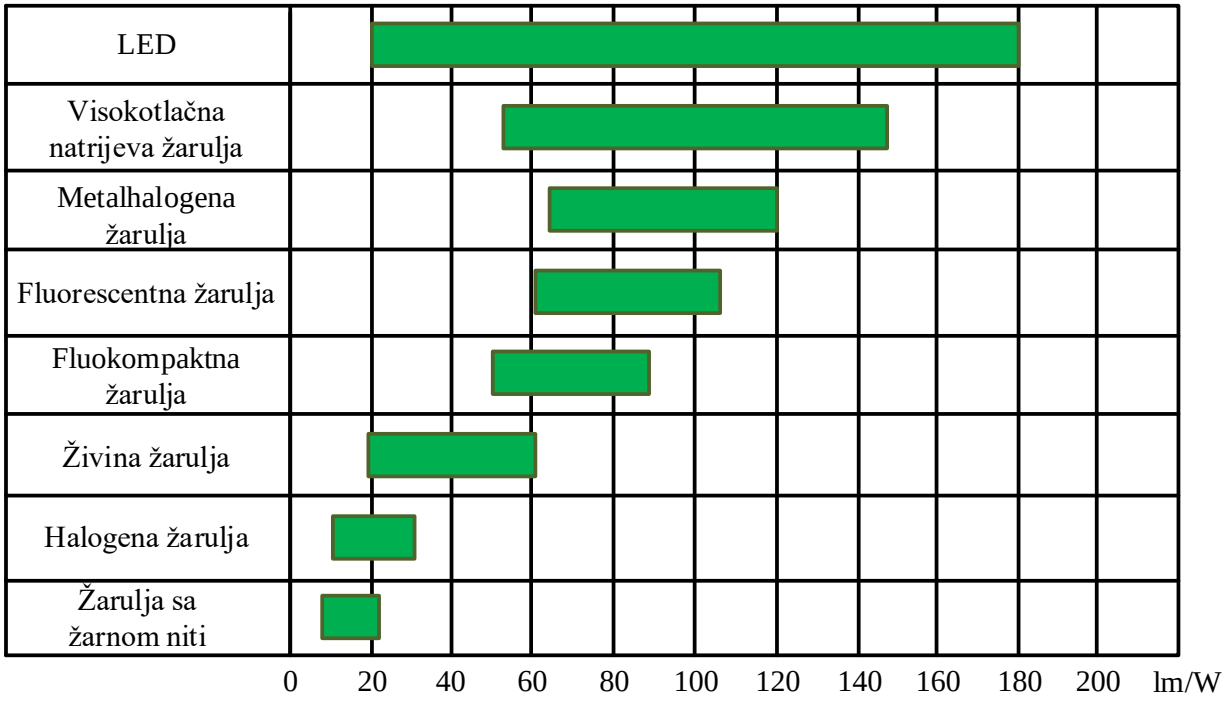
gdje je

η – svjetlosna iskoristivost [lm/W]

Φ – svjetlosni tok [lm]

P – snaga izvora svjetlosti [W].

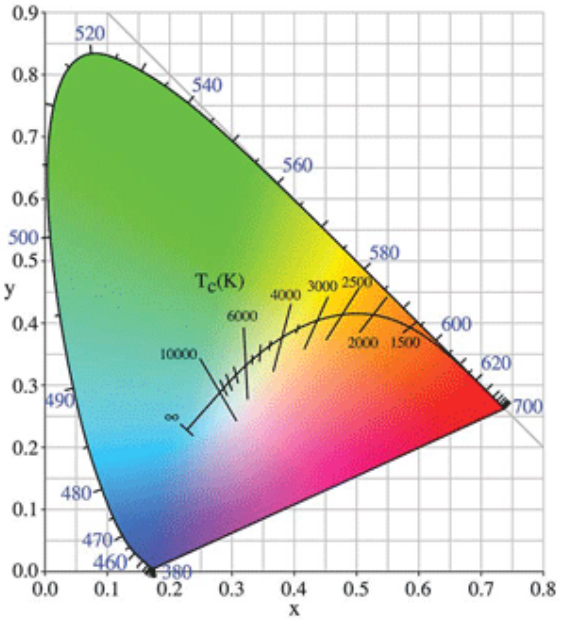
Na slici 2.5 prikazana je svjetlosna iskoristivost za najčešće korištene izvore svijetlosti. Teoretski maksimum iskoristivosti, pri kojem se sva energija pretvara u vidljivo svjetlo iznosi 683 lm/W. U stvarnosti vrijednosti su puno manje i iznose između 10 i 150 lm/W. Svjetlosna iskoristivost predstavlja jedan od osnovnih parametara za ocjenu ekonomičnosti rasvjetnog sustava, a posebno je bitna u prostorima gdje je rasvjeta postavljana na duži period gdje je maksimalno iskorištavana [5].



Slika 2.5 Svjetlosna iskoristivost izvora svjetlosti [6]

2.2.2 Temperatura boje

Ljudsko oko ne opaža vidljivo zračenje samo po jačini svjetlosti već i po bojama, a taj osjećaj naziva se podražaj boja. Pri tome je svejedno radi li se o zračenju izvora (boja svjetlosti) ili osvijetljenom objektu (boja predmeta), jer je upravo svjetlost jedini izvor boje na svijetu. Svjetlost je uvijek obojena, a zastupljenost pojedinih boja može se odrediti analizom pojedinih valnih duljina. Temeljem teorije triju boja (RGB) sve boje mogu se prikazati u dvodimenzionalnom koordinatnom sustavu ako svaka točka sustava predstavlja određenu boju, na čemu se zasniva trikromatski dijagram (Slika 2.6). Uz njegovu pomoć moguće je precizno odrediti svaku boju izvora svjetlosti uz poznate udjele barem dviju osnovnih boja (x i y) [4].



Slika 2.6 Trikromatski dijagram [4]

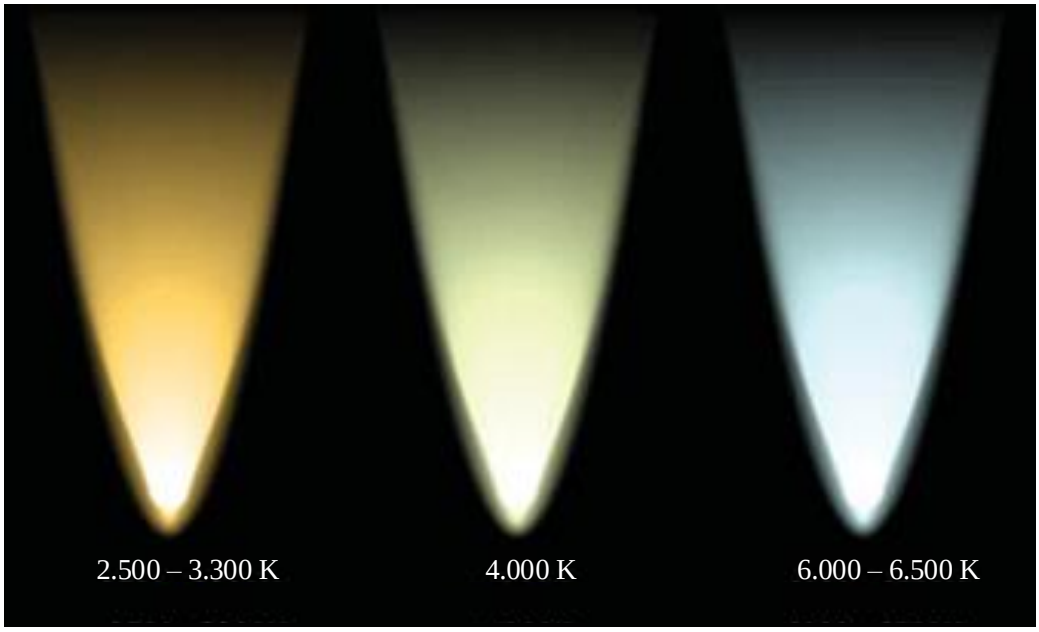
Za označavanje boje nekog izvora svjetlosti uz trikromatski dijagram korišten je i pojam temperature boje. Temperatura boje korištena je za označavanje boje izvora svjetlosti u usporedbi s bojom svjetlosti „crnog tijela“. „Crno tijelo“ idealizirano je čvrsto tijelo koje ne reflektira nikakvo zračenje. Stoga, ono apsorbira svu svjetlost koja padne na njega. Kad se polako ugrijava, prolazi kroz niz različitih boja pa je tako pri nižim temperaturama tamno crveno, dok povećanjem temperature blijedi te poprima sve više plavih elemenata u spektru [2].

Zbog standardizacije, temperature boja izvora svjetlosti podijeljene su u tri grupe:

- toplo bijelo
- neutralno bijelo
- hladno bijelo.

Temperatura boje toplog bijelog svjetla je ispod 3.300 K te je slična boji klasične žarulje sa žarnom niti. Sadrži više elemenata crvenog spektra te utječe na ugodno i pozitivno raspoloženje. Pogodna je za kućanstva, stambene zgrade i hotele. Temperatura neutralne bijele boje je otprilike između 3.300 K i 5.300 K. Potiče veselo, ugodno i razigrano raspoloženje. Pogodna je za dućane, bolnice, urede, restorane i čekaonice. Temperatura boje hladnog bijelog svjetla je iznad 5.300 K te je najbliža prirodnom svjetlu. Potiče ugodnu radnu okolinu i koncentraciju pa je pogodna za

urede, sale za sastanke, knjižnice i izloge [7]. Na slici 2.7 su prikazane temperature za određene izvore svjetlosti.



Slika 2.7 Različite temperature boje [4]

2.2.3 Indeks uzvrata boje

Ovisno o primjeni, umjetno svjetlo treba omogućiti prepoznavanje boja kao da su obasjane prirodnim svjetlom. Izvori svjetlosti imaju različita svojstva uzvrata boje i ne prikazuju uvijek točno boje promatranih predmeta. Na primjer, pod svjetlošću određenih žarulja lice može izgledati blijedo, a povrće neukusno. Primjer dobrog i lošeg uzvrata boje nalazi se na slici 2.8 [8].



Slika 2.8 Indeks uzvrata boje 75 gore i 95 dolje [9]

Ova kvaliteta izvora svjetla naziva se uzvrat boje i izražava se indeksom uzvrata boje (tzv. *Ra* faktorom). Uzvrat boje nije povezan s temperaturom boje, te se ne može na osnovu temperature boje izvoditi zaključak o kvaliteti svjetla. Indeks uzvrata boje izvora svjetlosti pokazuje koliko vjerodostojno vidimo boju nekog objekta ako je ona rasvijetljena svjetlom tog izvora svjetlosti. Vrijednosti *Ra* faktora se kreću u rasponu od 0 do 100, pri čemu vrijednost 100 znači da se boje vide jednako dobro kao na Suncu. Kategorije indeksa uzvrata boje prikazane su u tablici 2.3. Najkvalitetnija rasvjetna tijela spadaju u klasu 1A, i imaju *Ra* > 90, dok najčešće korištene žarulje koje većinom spadaju u klasu 1B sa *Ra* između 80 i 90 [7].

Tablica 2.3 Kategorije indeksa uzvrata boje [10]

Uzvrat boje	**Kategorija uzvrata boje**	**Indeks uzvrata boje**
Vrlo dobar	1A	≥ 90
	1B	80 – 89
Dobar	2A	70 – 79
	2B	60 – 69
Dovoljan	3	40 – 59
Loš	4	≤ 39

U svakodnevnom životu nailazimo na niz površinskih boja koje se mogu razlikovati po izgledu ovisno o tome kako su osvijetljene; ali mi imamo „pohranjene vizualne standarde“ koji nadilaze efekt rasvjete. Na primjer, pohranjeni dojam boje ljudske kože na dnevnoj svjetlosti. Ako umjetnoj rasvjeti nedostaje spektralna boja ili ako su neke boje prenaglašene koža će izgledati drukčije, ali i dalje je percipirana kao „normalna“. U slučaju obojenih materijala za koje čovjek nema pohranjene standarde, moguće je percipirati potpuno različite boje [8].

2.2.4 Kontrast

Razlika sjajnosti ili boje između promatranog objekta i njegove okoline presudna je za raspoznavanje objekta. U subjektivnom smislu, kontrast je ocjena razlike izgleda dvaju područja vidnog polja koji su promatrani istovremeno ili uzastopno (prividni kontrast). Objektivno gledano, kontrast sjajnosti (fotometrijski kontrast) definiran je sljedećim izrazom:

$$L_c = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \tag{2–2}$$

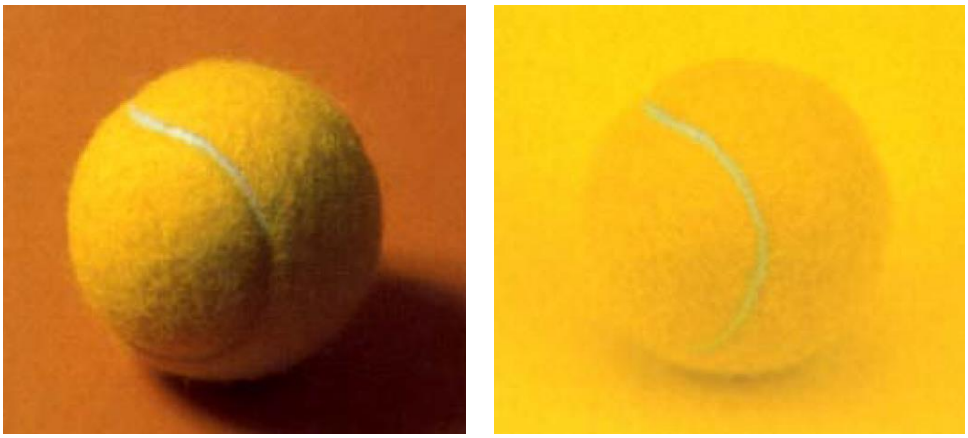
gdje je

L_c – fotometrijski kontrast

L_1 – sjajnost pozadine

L_2 – sjajnost objekta.

Zbog prevelikog kontrasta u vidnom polju promatrača prouzročeno umjetnim svjetlom, pri kojem snop svjetla ulazi izravno u oko dolazi do efekta blještanja (Slika 2.9).



Slika 2.9 Primjer dobrog i lošeg kontrasta [1]

2.2.5 Životni vijek izvora svjetlosti

Kod navođenja životnoga vijeka izvora svjetla uglavnom su korištena dva načina definiranja životnog vijeka – 50 % i 75 %. Način 50 % znači da će nakon perioda rada koji je naveden kao životni vijek izvora svjetlosti, zadovoljavajuće raditi polovica svjetlosnih izvora od promatranog uzorka. Način 75 % prema tome znači da će nakon toga vremena zadovoljivo raditi čak 75 % izvora svjetlosti od promatranog uzorka [2].

2.3 Norme i propisi

Općenito govoreći, sport predstavlja zabavu, bilo da se radi o rekreaciji, treningu ili natjecanju. Međutim, kada padne mrak, igračima, sucima i publici sport je zabavan samo uz adekvatnu razinu svjetlosti i minimalno bliještanje. To su ujedno i preduvjeti dobre vizualne izvedbe i lakog obavljanja vizualnih zadataka [8].

Za rasvjetu sportskih terena projektanti koriste Europsku normu HRN EN 12193:2008 „Sportska rasvjeta“, odgovarajućim preporukama Međunarodnog svjetlotehničkog komiteta – CIE ili rasvjetu projektiraju sukladno pravilnicima međunarodnih sportskih saveza (FIFA, UEFA, FIBA itd.). Norma definira rasvjetne razrede ovisno o minimalnim razinama rasvijetljenosti potrebnim za različite sportske događaje. Primarni faktori za razmatranje jesu brzina pokreta, a kod sportova s loptom i veličina i brzina lopte. U profesionalnom sportu kriteriji rasvjete su uvijek veći nego u rekreativnom sportu: prema standardima HRN EN 12193 vrhunski treninzi i natjecanja zahtijevaju znatno veću količinu horizontalne rasvijetljenosti nego bavljenje istim sportom u školi ili na rekreacijskoj razini [11].

Vrijednosti rasvijetljenosti za pojedini sport također se razlikuju ovisno o tome radi li se o vanjskoj ili unutarnjoj varijanti. Vrijednosti za vanjski teren uvijek su manje jer je na vanjskom terenu noću lakše postići zadovoljavajući kontrast, odnosno razliku rasvijetljenosti između objekta kretanja (igrača, lopte) i pozadine, nego u sportskoj dvorani. Razlog niže rasvijetljenosti dijelom je i ekonomske prirode. Normom je propisan i raspon temperature boje koje rasvjeta treba zadovoljiti. Kod terena sa značajnim doprinosom dnevnog svjetla, temperatura boje umjetne rasvjete treba biti između 4.000 K i 6.500 K, dok se kod terena bez doprinosa dnevnog svjetla donja granica temperature boje može spustiti do 3.000 K.

Svaki sport ima svoje karakterističnosti s obzirom na pravilan položaj reflektora, pravilno usmjerenje reflektora (vezano uz problem bliještanja) te pravilnu obojenost podloge i pozadine. Norme ne obrađuju sve potrebne parametre. Na primjer vrijednost vertikalne rasvijetljenosti nije uvijek normirana (osim kod TV snimanja), a također je značajna za kvalitetno praćenje sporta. Kod pojedinih sportova, vrijednosti horizontalne i vertikalne rasvijetljenosti na različitim visinama, a ne samo referentnoj, također su značajne jer se lopta ne kreće samo na malim visinama, blizu tla [11].

Zbog malih lopti velikih brzina, tenis nameće visoke zahtjeve vezane uz razinu rasvjete kako bi igrači mogli ispravno procijeniti brzinu i smjer lopte. Tako na primjer za slučaj tenisa na otvorenom, jednostavna natjecanja, treninzi, školski ili rekreativni sport spadaju u razred III za koji je minimum propisane rasvijetljenosti 200 luksa. Razred II, s propisanim minimumom horizontalne rasvijetljenosti ($E_{h,av}$) od 300 luksa, obuhvaća srednje velika natjecanja i treninge snage, dok sportska natjecanja i treninzi na najvišem nivou spadaju u razred I, koji iziskuje minimalnu rasvijetljenost od 500 luksa (Tablica 2.4) [8].

Tablica 2.4 Zahtjevi za vanjski teniski teren [12]

Klasa	$E_{h,av}$ **[lx]**	$E_{h,min}/E_{h,av}$	***GR***	***Ra***
I	500	0,7	50	60
II	300	0,7	50	60
III	200	0,6	55	20

Osim toga, potrebno je ostvariti propisanu vrijednost jednolikosti rasvjete, rasvjeta ne smije uzrokovati blještanje i sjene te mora održavati naglašene kontraste između lopte i pozadine kao što je prikazano na slici 2.9. Također ne bi trebalo biti oštrih padova horizontalne rasvijetljenosti nekoliko metara izvan graničnih linija terena jer su igrači i u tim područjima često aktivni.

2.4 Značajke kvalitetne rasvjete

Kvaliteta umjetne rasvjete nije samo ključna za vid, ona također utječe na osjećaj ugode i na raspoloženje. Kako bi dobra rasvjeta bila osigurana, prilikom projektiranja rasvjete potrebno je obratiti pozornost na svaku pojedinu karakteristiku, a ne samo na jedan kriterij, na primjer rasvijetljenost već je potrebno u obzir uzeti i druge faktore koji određuju kvalitetu rasvjete [8].

Ovisno o namjeni prostorije i vizualnog utjecaja koji treba izvršiti, značajke kvalitete treba različito procjenjivati kako bi bila osigurana maksimalna kvaliteta rasvjeti. Naglasak mora biti na:

- vizualnoj izvedbi na koju utječu razina svjetlosti i ograničenje blještanja
- vizualnom komforu koji određuju uzvrat boja i uravnotežena raspodjela sjajnosti
- vizualnom ambijentu na koji utječu boja i usmjeravanje svjetlosti.

Uvođenjem europskih standarda, osobito EN 12464-1, na listu kriterija kvalitete rasvjete dodani su aspekti poput iskoristivosti dnevne svjetlosti i proizvodnje energetski učinkovite svjetlosti. Vizualni ambijent i arhitektura također su važni, a dobra rasvjeta treba udovoljavati standardima.

Prilikom projektiranja rasvjete, prema [1] potrebno je ispuniti sljedeće zahtjeve:

- Odgovarajuća rasvijetljenost - efikasnost ljudskog oka uvelike ovisi o rasvijetljenosti u vidnom polju. Porastom rasvijetljenosti i razlučivanje ljudskog oka raste te se smanjuje mogućnost pogreške i zabune.
- Ravnomjerna distribucija sjajnosti - uravnotežena distribucija sjajnosti na različitim površinama, čini ambijent vizualno interesantnim. Neadekvatni ili pretjerani kontrast, otežava vid te unosi nemir.
- Ravnomjerni udio blještanja - blještanje samo po sebi nije opasno ali smanjuje optičku percepciju budući da unosi smetnju u vizualni podražaj te stoga djeluje iritantno.
- Dobar odziv kontrasta - rasvjetni sustav s dobrim udjelom kontrasta sprječava pojavu blještanja čak i na glatkim plohama, odnosno blještanje ne umanjuje kvalitetu slike.
- Dobar upadni kut svjetla - ovaj kut presudan je u kontekstu odziva boje, budući da je u relaciji s kutom pod kojim bilo koja refleksija od plohe može biti vidljiva. U isto vrijeme utječe na raspodjelu svjetla i sjene što je ključ trodimenzionalne percepcije okoline odnosno objekta koji se promatra. U slučaju preteških sjena vizualna informacija može biti izuzetno neugodna i iritirajuća.
- Ugodni dio sjene - sjene pomažu pri trodimenzionalnoj percepciji prostora o objekata u prostoru. Dobar udio sjene je proizvod efikasne kombinacije difuznog i direktnog svjetla u ambijentu.
- Odgovarajuća pojava boja - tijekom dana mijenja se spektar boja koje percipiramo, a proizlaze iz sunčevog spektra. Umjetno svjetlo se također proizvodi u smislu emisije različitih boja čime se zadovoljavaju različiti zahtjevi za rasvjetu određenog ambijenta.
- Prirodni odziv boja - ljudsko oko percipira samo boje koje proizlaze iz dolaznog spektra proisteklog iz nekog određenog izvora. Ako je emisija izvora svjetla ograničenog spektralnog raspona, percepcija reflektiranih boja biti će ograničena na taj dio spektra.
- Atmosfera ambijenta - svjetlo u velikoj mjeri utječe na raspoloženje i osjećaj ugode u nekom prostoru. Za razliku od nekoliko egzaktnih parametara koji su ovdje spomenuti,

ostvarenje dobre atmosfere je pitanje osjećaja projektanta kao i njegovog iskustva te mašte i sposobnosti vizualizacije budućeg rješenja.

- Potrošnja energije - osnovni parametar kvalitetnog projekta rasvjete je precizna procjena potrošnja energije kao i uključenje svih mogućih načina uštede energije u sam projekt. Današnja tehnološka rješenja omogućuju rekonstrukciju starijih sustava u kontekstu uštede energije.
- Utjecaj na okoliš - na okoliš ne utječe samo svjetlost već i proizvodi korišteni u instalacijama umjetne rasvjete. Stoga je prihvatljivost za okoliš bitan kriterij kvalitete za mnoge proizvođače svjetiljki, žarulja i predspojnih naprava.

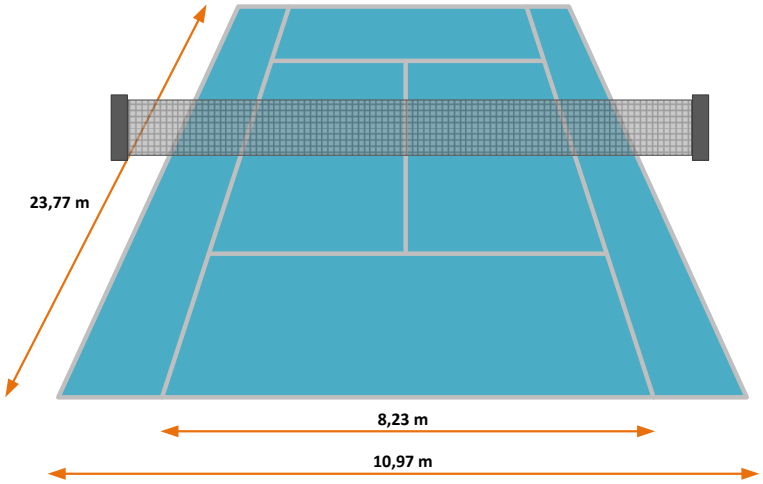
3 Pregled tehnologije rasvjete sportskih terena

3.1 Rasvjeta sportskih objekata

Rasvjeta sportskih objekata mora se pomno planirati, vodeći pritom računa o vrsti sporta i brzini pokreta koje taj sport uključuje, veličini i brzini lopte, kao i o položaju gledatelja. Zbog različitih zahtjeva rasvjete, sportski objekti podijeljeni su na dvije kategorije: vanjske (uglavnom igrališta) i unutarnje (sportske dvorane). Mogu biti korišteni kao multifunkcionalni objekti za više sportova ili biti posebno dizajnirani za jedan sport. Tako npr. tereni projektirani za nogomet prikladni su i za druge sportove poput bejzbola, hokeja ili ragbija dok se neki sportovi poput tenisa igraju samo na terenima koji su dizajnirani posebno za njih. Često takvi sportovi imaju posebne vizualne zahtjeve i zahtijevaju drugačiji raspored rasvjete nego je to kod standardnih rješenja. Vanjski tereni koji su korišteni prvenstveno za trening obično imaju četiri rasvjetna stupa, dok tereni za natjecanja koriste sustav od šest rasvjetnih stupova koji su smješteni uz rubove terena [8].

3.2 Rasvjeta teniskih terena

Teren za tenis je pravokutnik, duljine 23,77 m te širine 8,23 m, za igru pojedinaca, dok za igru parova širina igrališta iznosi 10,97 m. Uobičajeno je da na jednom terenu postoje oznake za obje varijante (Slika 3.1). Igralište je po sredini mrežom podijeljeno na dva dijela. Mreža je nategnuta užetom ili metalnom žicom koja prolazi iznad ili je učvršćena za dva stupa na visini od 1,07 m. Sve dimenzije igrališta mjerene su do vanjskih krajeva linija i sve linije na igralištu trebaju biti u istoj boji, dovoljno različitoj od boje podloge [13].

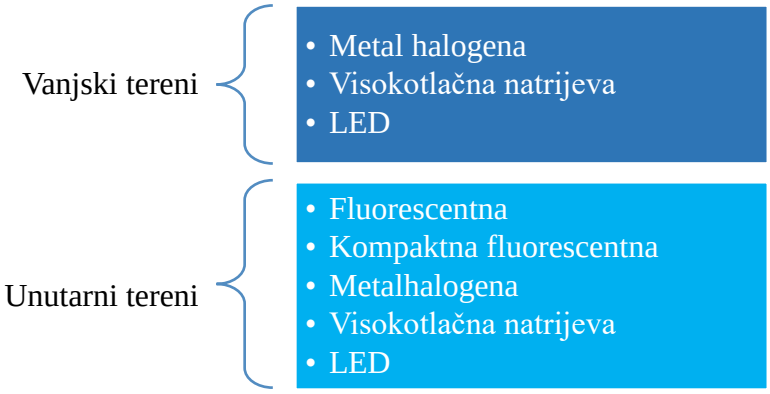


Slika 3.1 Dimenzije teniskog terena

3.2.1 Izvori svjetlosti

Industrija rasvjete doživjela je široku paletu različitih vrsta svjetiljki i izvora svjetlosti od 1879. kada je Thomas Alva Edison izumio žarulju sa žarnom niti i pokrenuo njezinu proizvodnju. Pojedini izvori svjetlosti razlikuju se u dizajnu, a osobito u načinu na koji stvaraju svjetlost. Najvažniji kriteriji za suvremene svjetlosne izvore su kvaliteta i učinkovitost rasvjete - niska potrošnja energije i dugi vijek trajanja. Izvore svjetlosti prvenstveno dijelimo prema načinu generiranja svjetlosti – princip termičkog zračenja (žarulje sa žarnom niti), princip luminiscencije (žarulje na izboj) i elektroluminiscencije (poluvodički izvori svjetlosti) [14].

Postoji više vrsta izvora svjetlosti za rasvjetu sportskih terena, a prikazani su na slici 3.2. Izbor se često vrši ovisno o boji svjetla koje emitiraju, potrošnji energije i predviđenom životnom vijeku [15].



Slika 3.2 Izvori svjetlosti za rasvjetu sportskih terena

Metal halogene žarulje su korištene za rasvjetu velikih prostora gdje je važna kvaliteta svjetla i visoka razina rasvijetljenosti, što je osobito važno za efektivnu igru kod sportske rasvjete. Proizvode bijelo svjetlo temperature 3.000 K – 7.000 K sa dobrim uzvratom boje i visokom svjetlosnom iskoristivošću do 110 lm/W. Za rasvjetu vanjskih teniskih terena koriste se snage 400 W, 1.000 W i 2.000 W, imaju male troškove rada i dug životni vijek. Nedostatak im je to što trebaju 10-15 min za punu snagu i imaju viši trošak zamjene nego visokotlačne natrijeve [16].

Visokotlačne natrijeve žarulje proizvode blijedo žutu boju svjetla temperature boje oko 2.000 K, a prednost im je visoka svjetlosna iskoristivost (do 130 lm/W) te manji troškovi rada i trošak zamjene u odnosu na metal halogene žarulje. Za rasvjetu vanjskih teniskih terena koriste se žarulje snage 250 W – 1.000 W. Zbog lošeg uzvrata boje i vremena paljenja duljeg od 10 min rijetko se koriste u novim instalacijama.

LED žarulje proizvode boje svjetlosti od 2.700 K do 7.000 K , imaju dobar uzvrat boje, svjetlosnu iskoristivost do 150 lm/W, proizvode malo topline, ne sadrži štetne materijale poput žive i imaju male troškove zamjene i održavanja. Imaju nekoliko puta duži životni vijek od prethodno navedenih žarulja, odmah daju maksimalni intenzitet svjetlosti te je njihov rad gotovo nečujan. Za rasvjetu vanjskih teniskih terena koriste se žarulje snage 100 W – 400 W. Najveća mana LED rasvjete je početna investicija i na višim temperaturama smanjuje joj se efikasnost [17].

U sljedećoj tablici prikazane su karakteristike izvora svjetlosti za rasvjetu vanjskih teniskih terena.

Tablica 3.1 Usporedba izvora svjetlosti za rasvjetu vanjskih sportskih terena [16,17]

	Metal halogena	**Visokotlačna natrijeva**	**LED**
Temperatura boje [K]	3.000 – 7.000	2.000	2.700 – 7.000
Uzvrat boje	85 – 95	< 25	65 – 95
Svjetlosna iskoristivost [lm/W]	< 110	< 130	<150
Životni vijek [h]	<10.000	< 20.000	> 30.000

3.2.2 Svjetiljke

Svjetiljka je naprava koja služi za kontrolu, distribuciju, filtriranje i transformiranje svjetla koje proizvode izvori svjetla. Svjetiljka se sastoji od jednog ili više izvora svjetlosti, optičkih uređaja za distribuciju svjetla, grla za pozicioniranje i priključak izvora svjetlosti na napajanje, predspojnih naprava za pogon izvora svjetla (ako su potrebne) i mehaničkih elemenata za montažu i zaštitu [18].

Danas postoji širok spektar kvalitetnih svjetiljki prikladnih za svaku namjenu. U osnovi se razlikuju unutarnje i vanjske svjetiljke, tj. svjetiljke za primjenu u zatvorenim i otvorenim prostorima. Pri odabiru odgovarajućih svjetiljki bitno je obratiti pozornost na četiri ključne rasvjetne karakteristike:

- distribuciju svjetlosnog toka
- distribuciju jakosti svjetlosti
- količinu proizvedene svjetlosti
- ograničenje bliještanja.

Svjetiljke raspršuju i usmjeravaju svjetlost koju emitiraju žarulje. Svaki tip žarulje proizvodi određenu količinu svjetlosti. Ukupan svjetlosni tok svjetiljke čini zbroj pojedinih svjetlosnih tokova koji se emitiraju u gornjoj i donjoj polovici svjetiljke. Ovisno o količini emitiranog svjetlosnog toka u svakoj polovici, svjetiljke se svrstaju u direktne i indirektne [8].

Najekonomičnije osvjetljenje je direktno osvjetljenje, ali je ravnomjernost osvjetljenja mala. Indirektno osvjetljenje stvara atmosferu i ne osvjetljava sve točke prostora. Kod ovog osvjetljenja svjetlost je usmjerena prema površini od koje se reflektira nazad. Optimalan odnos ekonomičnosti i ravnomjernosti osvjetljenja postiže se mješovitim osvjetljenjem. Kod ovog osvjetljenja izvor je postavljen direktno iznad ili malo ispred definiranog mjesta, što za posljedicu ima stvaranje sjene [19].

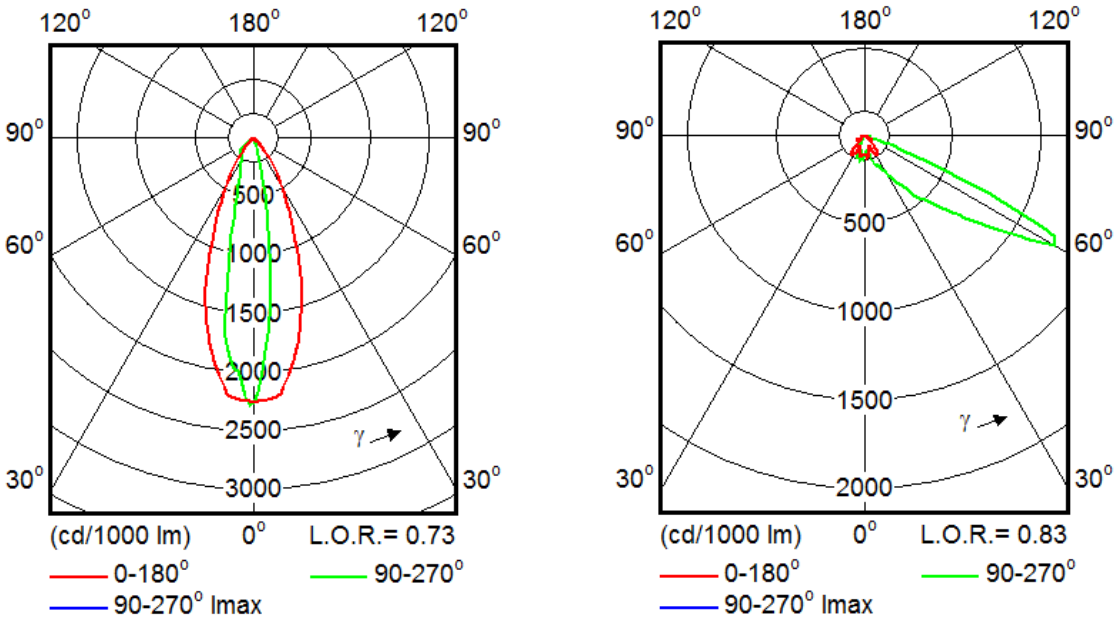
Električne karakteristike naznačene na svjetiljci osiguravaju pouzdan i jednostavan rad. Po njima se može utvrditi je li svjetiljka odabrana za određenu svrhu uistinu prikladna za takvu upotrebu. Osnovne električne karakteristike uključuju:

- zaštitu od opasnog napona na kontaktu
- zaštitu od prodiranja stranih tijela ili vlage
- elektromagnetsku kompatibilnost
- sigurnost od požara
- otpornost na udarce.

Stupanj zaštite svjetiljke označava koliko je zapravo određena svjetiljka primjerena ciljnoj rasvjetnoj aplikaciji te koliko je njena upotreba u toj aplikaciji sigurna. U načelu, dizajn svjetiljki trebao bi onemogućiti prodiranje čvrstih stranih tijela i vlage. Stupanj zaštite dodijeljen svjetiljci označen je IP (International Protection) stupnjem zaštite. Prva brojka nakon slova IP označava stupanj zaštite od ulaska čvrstih stranih tijela, dok se druga brojka odnosi na vodootpornost. Na primjer, svjetiljka s oznakom IP 20 zaštićena je od ulaska čvrstih stranih tijela > 12 mm, ali ne i od vlage dok je svjetiljka s oznakom IP65 otporna je na čestice prašine i vodeni mlaz [8].

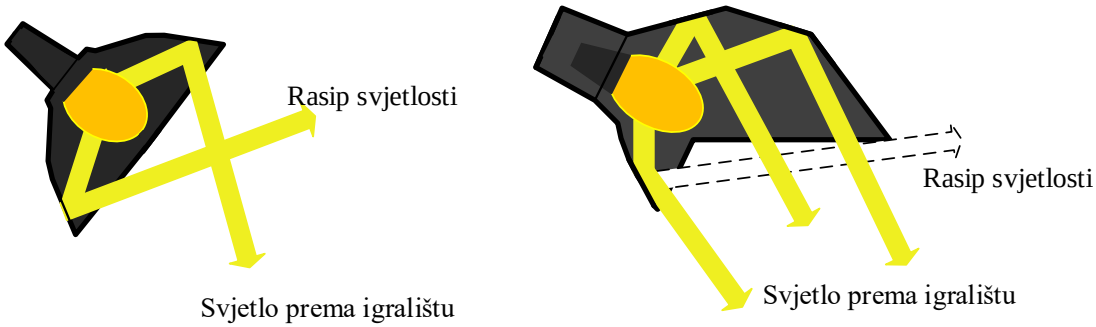
Sustavi za kontrolu svjetla bitno utječu na svjetlosnu iskoristivost svjetiljke, koja je definirana kao omjer između ukupnog svjetlosnog toka ugrađenih izvora svjetlosti i svjetlosnog toka koji izlazi iz svjetiljke. Za standardnu svjetiljku iskoristivost je 0,6 dok je kod visokokvalitetnih svjetiljaka iznosi i do 0,95. Proizvođači daju uglavnom podatke za pogonsku svjetlosnu iskoristivost svjetiljke koja uzima u obzir specifičan položaj gorenja ili utjecaj temperature okoline [18].

Kod proračuna rasvjete najvažniju informaciju predstavlja fotometrijska karakteristika svjetiljke tj. opis raspodjele jakosti svjetlosti u cijeli prostor (izokandelni dijagram). Da bi se fotometrijska karakteristika neke svjetiljke mogla koristiti za različite izvore svjetlosti, ona se obično normira za 1.000 lm, odnosno izražava u cd/klm. Prostor oko svjetiljke tretira se kao više ravnina. Ukoliko je karakteristika u ravnini simetrična za negativne i pozitivne kutove isijavanja, govorimo o simetričnoj krivulji, za razliku od asimetrične krivulje (Slika 3.3).



Slika 3.3 Simetrična (lijevo) i asimetrična (desno) svjetiljka [20]

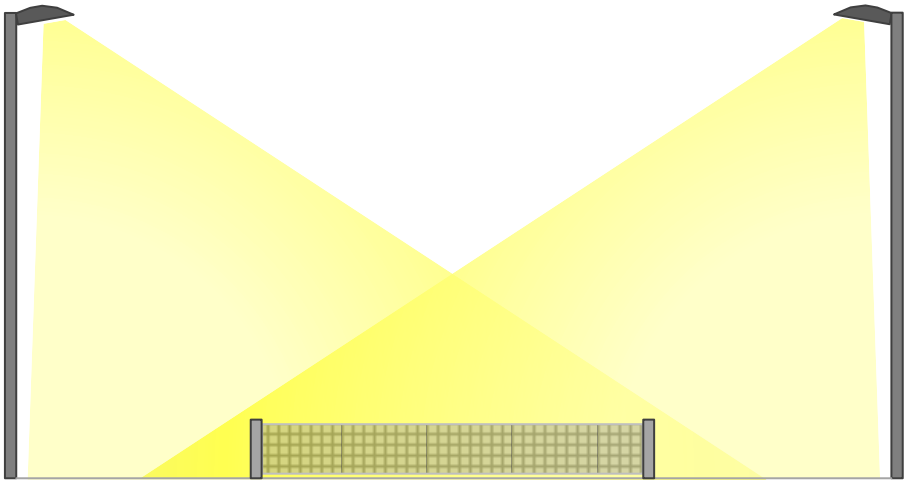
Kod projektiranja rasvjete sportskih objekata vrlo je važno odabrati pravi tip reflektora s obzirom na fotometrijsku karakteristiku. Simetrični reflektor osim što osvjetljava sportsko igralište, također bliješti u okoliš te izaziva svjetlosno onečišćenje za obližnje kuće. Asimetrični reflektor ne bliješti u okoliš, cijeli svjetlosni snop osvjetljava sportsko igralište i ima visoku svjetlosnu iskoristivost (Slika 3.4).



Slika *3.4 Starija i novija generacija reflektora* [21]

3.2.3 Položaj rasvjetnih stupova

Pažljivo planiranje rasporeda i visine stupova na koje će biti postavljena rasvjetna tijela od velike je važnosti prilikom dizajniranja rasvjete. Rasvjetna tijela trebala bi biti postavljena na što većoj visini kako bi jednolikost osvjetljenja bila što veća, ali visoki stupovi povećavaju troškove te narušavaju sliku okolnog prostora. Visina rasvjetnih stupova ovisi o duljini područja koje je potrebno osvijetliti, pa je za osvjetljavanje većih površina potrebno koristiti stupove veće visine. Reflektori koji su postavljeni dovoljno visoko sprečavaju blještanje pri gledanju u vis. Važan je i položaj gledatelja i zaštita njihovog pogleda od neugodnog blještanja. Preklapanje svjetlosti iz različitih reflektora štiti od pretjerano krutog oblikovanja obrisa na terenu. Stoga, kako neugodne duboke sjene bile izbjegnute, niti jedan dio terena ne smije biti osvijetljen samo iz jednog smjera kao što je to prikazano na slici 3.5 [8].

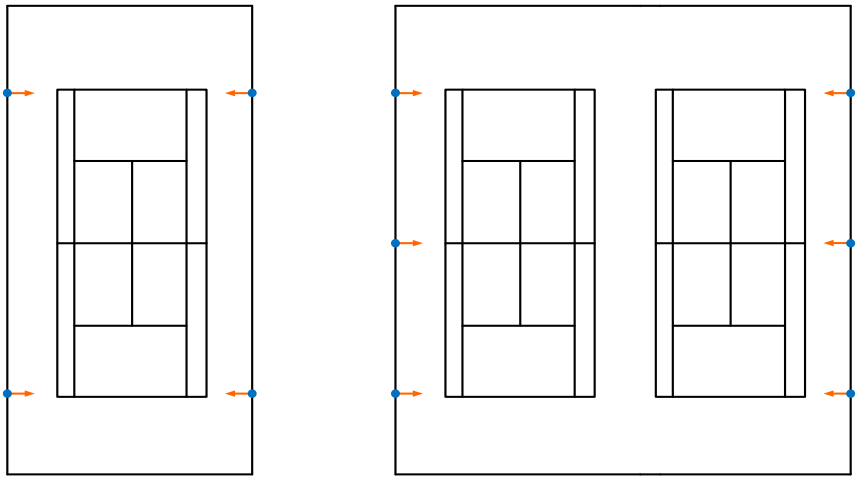


Slika 3.5 Osvjetljavanje terena iz 2 smjera

Ovisno o klasi koju treba postići, i broju terena koje treba osvijetliti potrebno je odabrati broj i snagu rasvjetnih tijela te njihovo usmjeravanje. Za rasvjetu jednog terena najčešće su korištena 4 stupa visine do 8 m dok su za rasvjetu više terena potrebni stupovi 10 do 12 m te veći broj reflektora. Stupovi mogu biti smješteni bočno, u kutu ili kombinirano [22].

Bočna rasvjeta terena

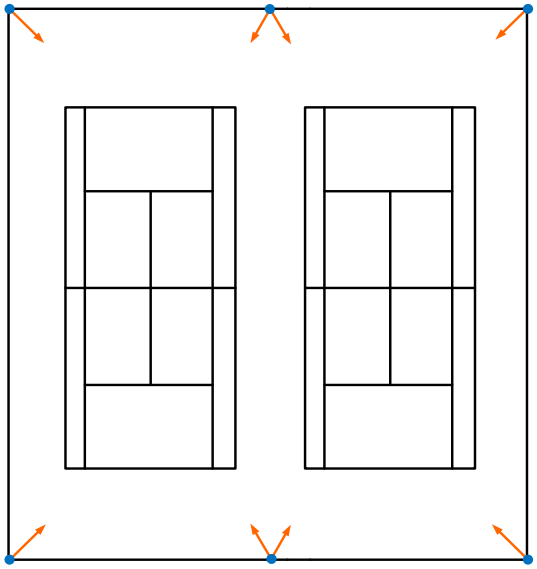
Ovakvim rasporedom stupova postiže se manje bliještanja na području terena i oko njega, sa stupovima od 8 m postiže se visoka razina jednolikosti rasvjete, te dobra kontrola prolivene svjetlosti, a moguće je osvijetliti i više terena. Zbog niskih stupova utjecaj na izgled prostora po danu je mali ali je potreban veći broj stupova. Poteškoće se javljaju kad 2 ili više terena treba osvijetliti pojedinačno jer je tada potrebno postaviti 3 stupa na svakoj strani terena što uzrokuje veće troškove nego kod drugačijeg rasporeda stupova. Na slici 3.6 je prikazano rješenje sa 4 ili 6 stupova.



Slika 3.6 Bočna rasvjeta terena

Rasvjeta iz kuta

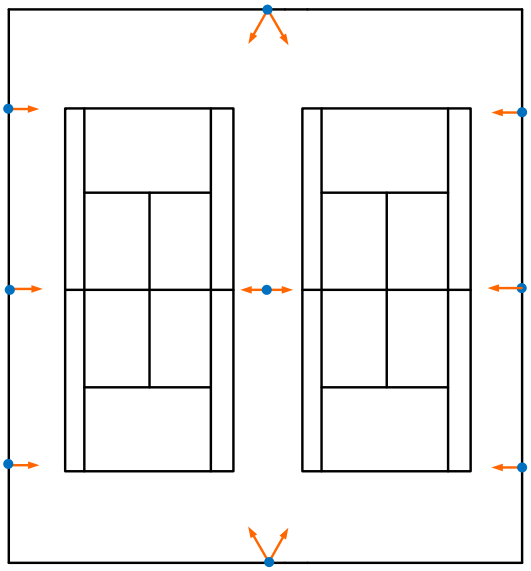
Za one lokacije s malo stambenih kuća, najčešće primijenjeno rješenje je primjena četiri stupa visine 10 m smještenih u kutnu konfiguraciju (Slika 3.7). Na taj način smanjen je broj stupova i bliještanje prema okolnim kućama. Ovakav raspored stupova koristi najmanji broj stupova za zadovoljenje standarda, postiže se visoka razina rasvijetljenosti i jednolikosti. Prikladno je za igrališta sa više terena gdje je potrebno individualno mijenjati koji teren je osvijetljen te gdje je dostupan ograničeni prostor između terena. Nedostatak je što može doći do prekomjernog bliještanja, a visoki stupovi od 10 m mogu biti primjetni za vrijeme dana.



Slika 3.7 Rasvjeta iz kuta

Stupovi sa strane i u kutu

Ovaj raspored koristi najniže stupove za ostvarivanje standarda, te je prikladan za mjesta gdje se ne želi narušiti izgled lokacije po danu (Slika 3.8.). Ova konfiguracija prikladna je za rasvjetu 2 ili više terena gdje je dostupno malo mjesta između terena. Nedostatak je što je potreban velik broj stupova što uzrokuje veće troškove od kutne konfiguracije.

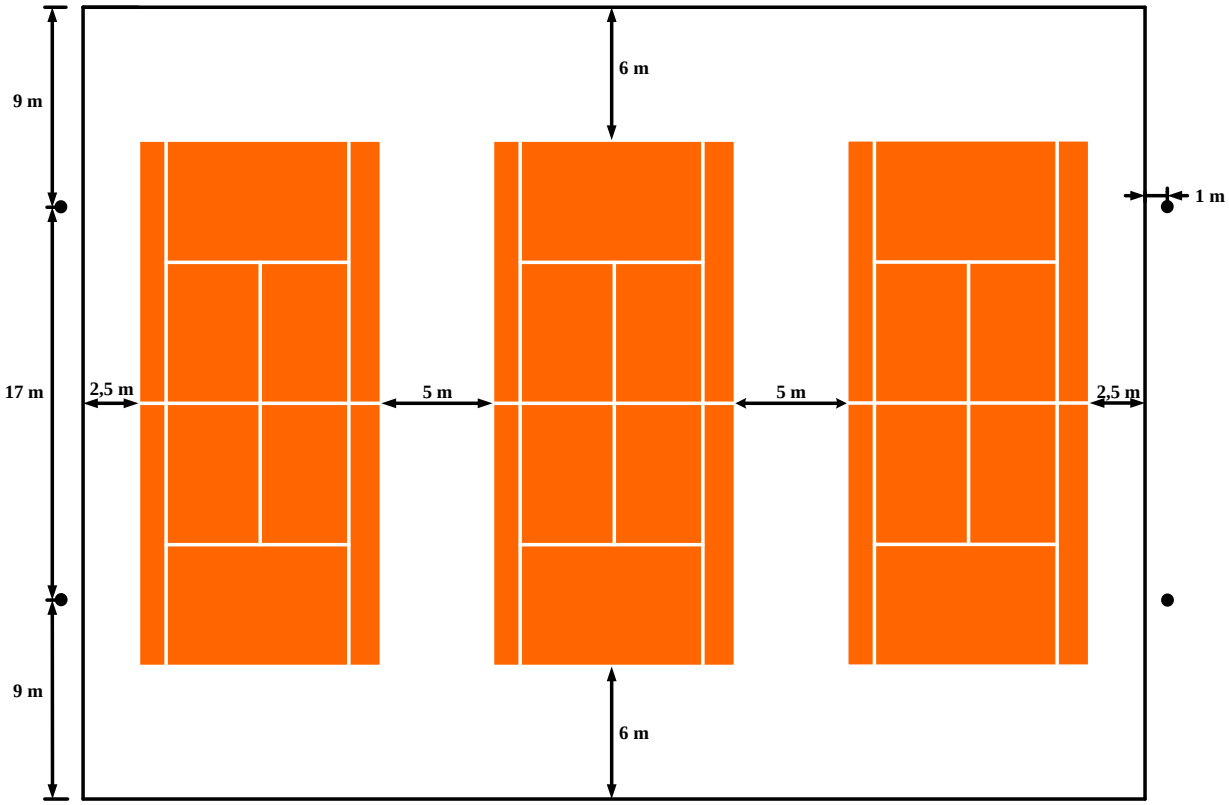


Slika 3.8 Rasvjeta sa strane i u kutu

4 Modeliranje rasvjete i simulacija u programskom paketu DIALux

4.1 Opis teniskog terena

Sportski teren za koji je provedena analiza zamjene postojeće rasvjete nalazi se u Koprivnici a obuhvaća 3 teniska terena čije dimenzije su prikazane na slici 4.1.



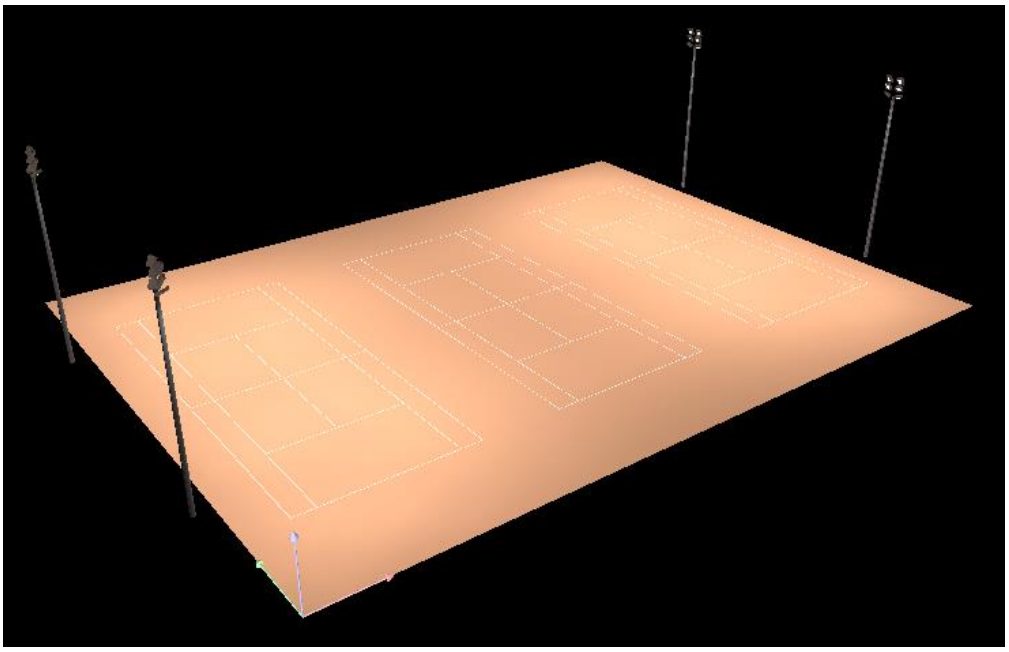
Slika 4.1 Izgled teniskih terena

Za rasvjetu teniskih terena korištena su 4 stupa visine 11,5 m, a trenutno se na svakom stupu nalazi 6 metal halogenih reflektora snage 400 W. Svaki od 3 teniska terena prikazanih slikom 4.1 ima sigurnosnu površinu 2,5 m izvan bočnih linija te 6 m iza osnovnih linija pa je ukupna površina svakog terena 36 x 16 = 576 m^2. Površina cijelog igrališta koju je potrebno osvijetliti je 1.728 m^2. Prema normi HRN EN 12193 potrebno je zadovoljiti 3. razred, što obuhvaća nisku razinu natjecanja, treninge, školske sportove te rekreacijske aktivnosti. Sustav rasvjete modeliran je u programskom paketu DIALux, a razmatrana su rješenja sa metal halogenom i LED tehnologijom.

4.2 Rezultati svjetlotehničkog proračuna

4.2.1 Simulacija za postojeće stanje

Stari sustav rasvjete obuhvaća 24 reflektora snage 400 W za koje nisu dostupni detaljni podaci pa je model postojećeg stanja izrađen sa sličnim reflektorima jednake snage. Za potrebe simulacije trenutnog stanja korišteni su reflektori Disano Indio 400 W čiji su detaljni podaci dostupni u Prilogu P.4.1. Izgled modela u DIALux-u prikazan je na slici 4.2.

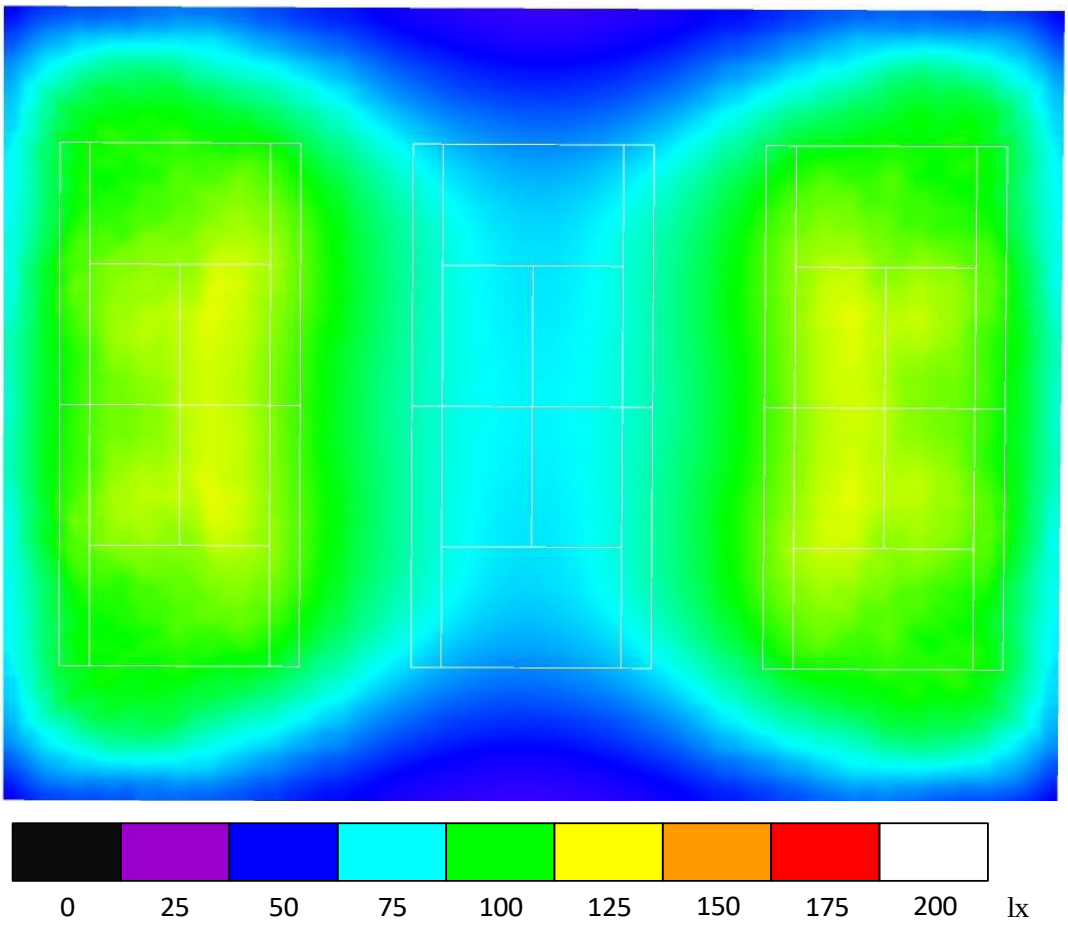


Slika 4.2 Zatečeno stanje

Rezultati proračuna dobiveni su u obliku razine prostorne rasvijetljenosti prikazane slikom 4.3, a iznosi rasvijetljenosti za svaki teren su prikazani u tablici 4.1. Zelenom bojom označene su vrijednosti koje zadovoljavaju zahtjeve norme, a crvenom one koje te zahtjeve ne zadovoljavaju.

Tablica 4.1 Rasvijetljenost pojedinih terena za trenutno stanje

	Teren 1	**Teren 2**	**Teren 3**	**Zahtjevi norme**
E_{min}	56	45	56	
E_{max}	121	90	121	
E_{avg}	96	71	96	> 200
E_{min}/E_{avg}	0,58	0,64	0,58	> 0,6
GR	32			< 0,55



Slika 4.3 Iznosi rasvijetljenosti za trenutno stanje

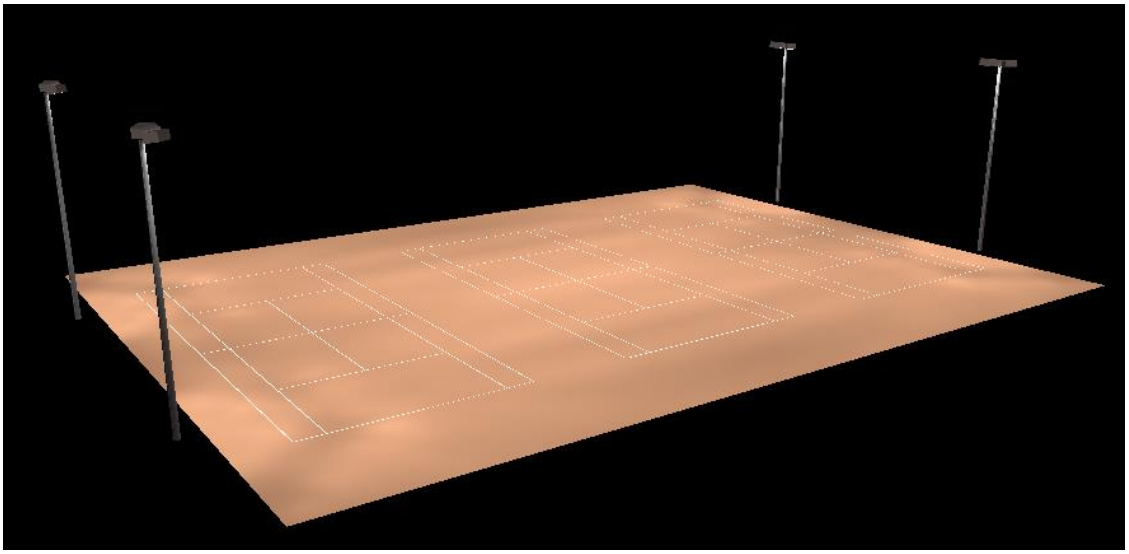
Iz rezultata simulacije vidljivo je kako trenutno instalirana rasvjeta ne zadovoljava normom propisane vrijednosti. U ovom slučaju vrijednosti prosječne rasvijetljenosti su ispod 100 lx što je značajno manje od 200 lx propisanih normom. Omjer minimalne i prosječne rasvijetljenosti samo na središnjem terenu zadovoljava normu, dok je bliještanje na cijelom igralištu unutar propisanih vrijednosti. Jedan od razloga ovako niske vrijednosti rasvijetljenosti je taj što je sustav rasvjete pri kraju svog životnog vijeka, pa žarulje rade sa smanjenim intenzitetom svjetlosti. Zbog toga svaki stari reflektor proizvodi gotovo dvostruko manji svjetlosni tok u odnosu na onaj koji bi proizveo novi reflektor jednake snage. Moguće je i kako je stari sustav pogrešno projektiran. Zbog toga što trenutno instalirana rasvjeta ne zadovoljava normu potrebno je renovirati rasvjetu.

4.2.2 Novo stanje - metalhalogena svjetiljka

Za modeliranje sustava rasvjete sa metal halogenim svjetiljkama korišteno je 12 reflektora Philips Optivision snage 1 kW čiji podaci su prikazani u tablici 4.2. Izgled modela u DIALux-u prikazan je na slici 4.4.

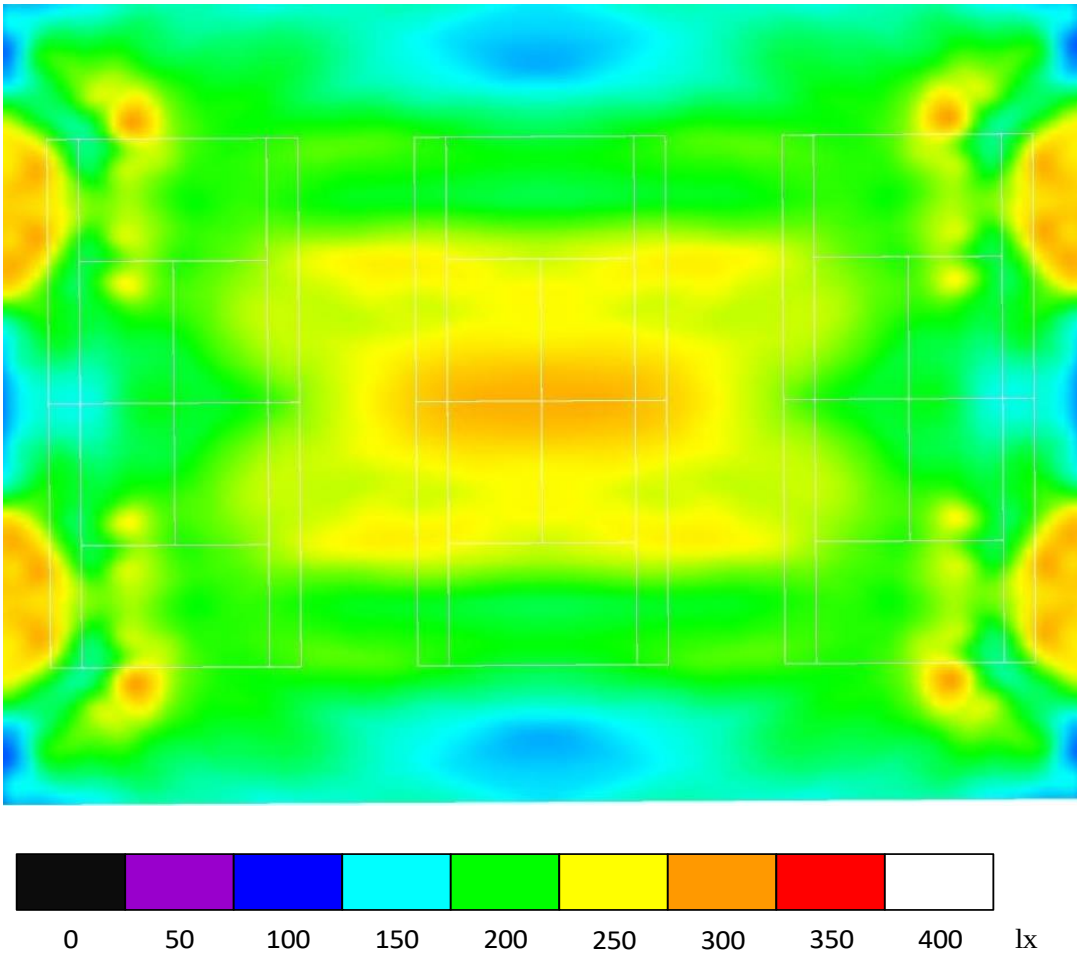
Tablica 4.2 Karakteristike metal halogenih svjetiljki

Naziv svjetiljke	**Broj svjetiljki**	P_i **[W]**	Φ **[lm]**	P_{uk} **[W]**
Philips OptiVision MVP507 NB SI	8	1.100	83.700	8.800
Philips OptiVision MVP507 WB SI	4	1.078	68.400	4.312
Ukupno				13.112



Slika 4.4 Metal halogene svjetiljke

Rezultati proračuna prikazani su na slici 4.5 i u tablici 4.3.



Slika 4.5 Iznosi rasvijetljenosti za slučaj sa novim metal halogenim svjetiljkama

Tablica 4.3 Rasvijetljenost pojedinih terena za slučaj sa novim metal halogenim svjetiljkama

	Teren 1	**Teren 2**	**Teren 3**	**Zahtjevi norme**
E_{min}	145	142	145	
E_{max}	286	296	286	
E_{avg}	208	211	208	> 200
E_{min}/E_{avg}	0,7	0,68	0,7	> 0,6
GR	41			< 0,55

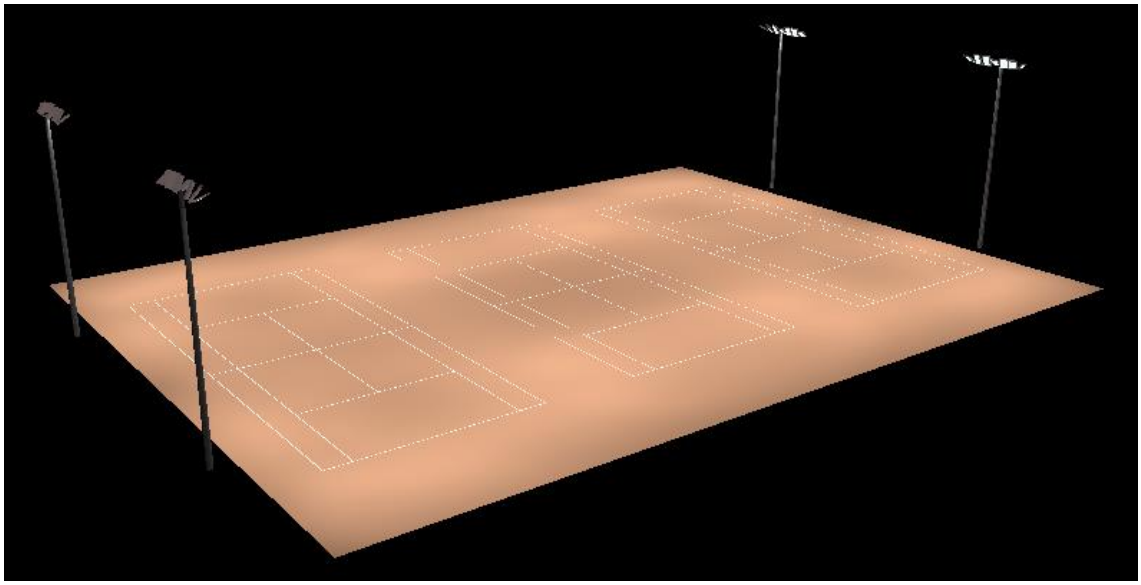
Upotrebom novih metal halogenih reflektora sve vrijednosti propisane normom su zadovoljene. Najviše vrijednosti rasvijetljenosti postignute su na srednjem terenu i oko rasvjetnih stupova, dok su područja u kutovima terena najslabije osvijetljena

4.2.3 Novo stanje - LED svjetiljka

Za modeliranje sustava rasvjete sa metal LED svjetiljkama korištena su 24 reflektora Gewiss 200 W i 4 reflektora 100 W. Ukupna snaga novog sustava rasvjete je 6.136 W, a popis svjetiljki prikazan je u tablici 4.4. Izgled modela u DIALux-u prikazan je na slici 4.6.

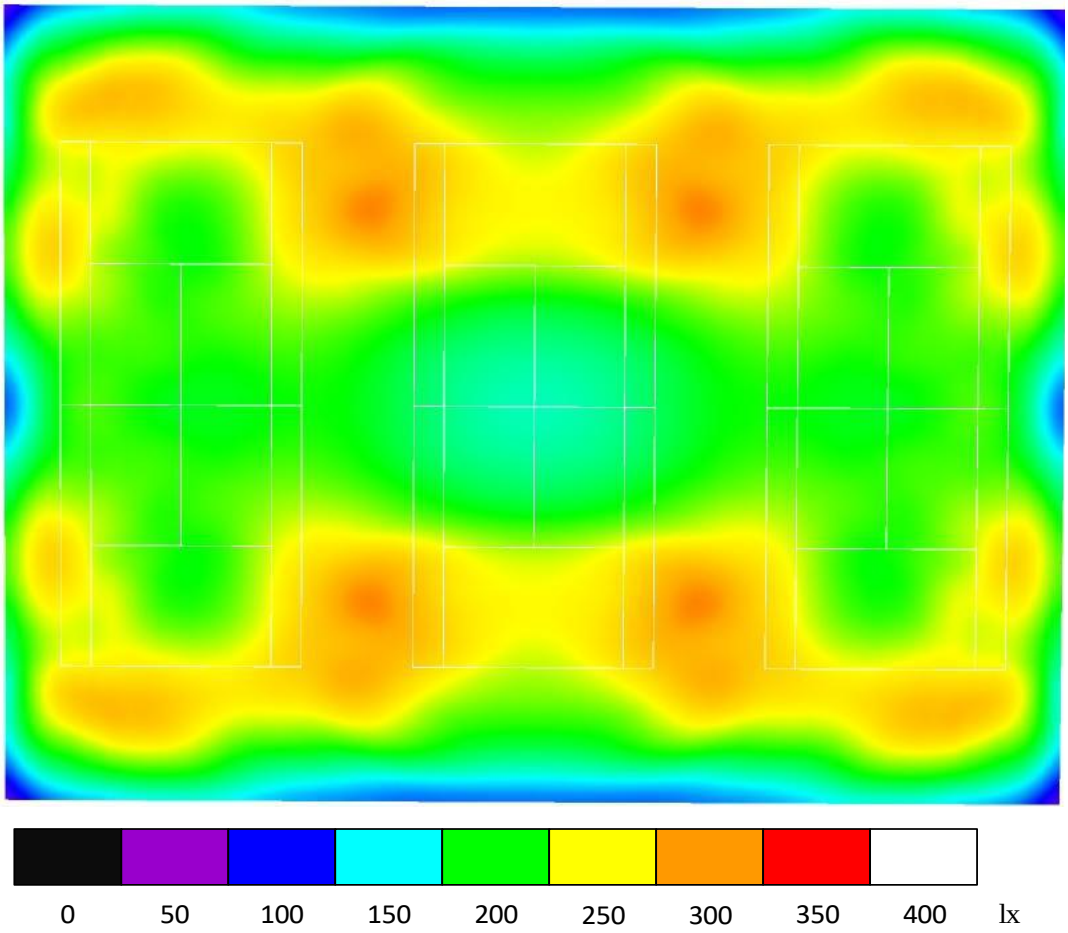
Tablica 4.4 Karakteristike LED svjetiljki

Naziv svjetiljke	**Broj svjetiljki**	P_i **[W]**	Φ **[lm]**	P_{uk} **[W]**
GEWISS GWS4152GS	4	118	10294	472
GEWISS GWS4171GS	8	236	21230	1.888
GEWISS GWS4172GS	8	236	20589	1.888
GEWISS GWS4173GS	8	236	37288	1.888
Ukupno				6.136



Slika 4.6 LED svjetiljke

Rezultati proračuna prikazani su na slici 4.7 i u tablici 4.5.



Slika 4.7 Iznosi rasvijetljenosti za slučaj sa novim LED svjetiljkama

Tablica 4.5 Rasvijetljenost pojedinih terena za slučaj sa novim LED svjetiljkama

	Teren 1	**Teren 2**	**Teren 3**	**Zahtjevi norme**
E_{min}	147	154	147	
E_{max}	292	307	292	
E_{avg}	226	222	226	> 200
E_{min}/E_{avg}	0,65	0,69	0,65	> 0,6
GR	38			< 0,55

Upotrebom novih LED svjetiljki zadovoljene su sve vrijednosti propisane normom. Najniže razine rasvijetljenosti postignute su uz rubove te na srednjem dijelu terena, dok na ostatku terena razlike u rasvijetljenosti nisu toliko izražene.

4.2.4 Tehnička usporedba novog stanja za različite tehnologije rasvjete

U tablici 4.6 prikazana je usporedba karakteristika i rezultata simulacije za različite tehnologije rasvjete.

Tablica 4.6 Usporedba novog stanja za različite tehnologije rasvjete

	LED	**Metal halogena**
Broj svjetiljki	28	12
Snaga svjetiljki [kW]	6,136	13,112
E_{min} [lx]	149,33	144,00
E_{max} [lx]	297,00	289,33
E_{avg} [lx]	224,66	209,00
E_{min}/E_{avg}	0,66	0,69
GR	38	41

Iz priložene tablice vidljivo je kako je najveća razlika između LED i metal halogenih svjetiljaka u ukupnoj instaliranoj snazi i broju svjetiljaka. LED svjetiljke troše značajno manje električne energije za svoj rad od metal halogenih, a zbog manje pojedinačne snage svake LED svjetiljke potrebno ih je više kako bi bile ostvarene vrijednosti propisane normom. Primjenom LED tehnologije postignute su malo veće vrijednosti minimalne, maksimalne i prosječne rasvijetljenosti dok je jednolikost rasvijetljenosti i bliještanje veće u slučaju sa metal halogenim svjetiljkama, ali je i dalje u granicama Norme.

5 Analiza isplativosti modernizacije rasvjete teniskih terena LED tehnologijom

Budući da je trenutnom sustavu rasvjete teniskih terena u Koprivnici istekao životni vijek, potrebno je investirati u novi sustav rasvjete. Uz to, postojeća rasvjeta ne zadovoljava zahtjeve norme HRN EN 12193. Ova analiza pokazuje da li je isplativije koristiti LED tehnologiju ili metal halogenu kroz životni vijek sustava rasvjete koji iznosi 15 godina sukladno Pravilniku o sustavu za praćenje, mjerenje i verifikaciju ušteda energije. Ukupni trošak investicije definiran je temeljem ponuda od distributera svjetiljki, a prikazan je u nastavku.

Tablica 5.1 Prikaz troška instalacije metal halogene rasvjete

	Opis stavke	**Količina**	**Jedinična cijena [kn]**	**Ukupni iznos [kn]**
	Philips OptiVisionMVP507 NB SI	8	8.100	64.800
	Philips OptiVisionMVP507 WB SI	4	8.100	32.400
Ukupno [kn]				97.200
PDV (25 %)				24.300
Sveukupno [kn]				121.500

Tablica 5.2 Prikaz troška instalacije LED rasvjete

	Opis stavke	**Količina**	**Jedinična cijena [kn]**	**Ukupni iznos [kn]**
	GEWISS GWS4152GS	4	3.500	14.000
	GEWISS GWS4171GS	8	4.600	36.800
	GEWISS GWS4172GS	8	4.600	36.800
	GEWISS GWS4173GS	8	4.600	36.800
Ukupno [kn]				124.400
PDV (25 %)				31.100
Sveukupno [kn]				155.500

Proračunske pretpostavke

Sustav rasvjete koristi se 3 sata dnevno u proljeće i jesen, 2 sata dnevno ljeti, a zimi se ne koristi. Uzevši u obzir faktor lošeg vremena od 0,5 - godišnje vrijeme rada rasvjetnog sustava iznosi 460 sati. Cijena električne energije određena je prema tarifnim stavkama HEP-ODS (distribucija električne energije) i RWE (opskrba električnom energijom) za kupce kategorije poduzetništvo tarifni model plavi, a ukupna cijena po kWh prikazana je u tablici 5.3.

Tablica 5.3 Ukupna cijena električne energije

	TM Plavi (distribucija)	**TM Plavi (opskrba)**
RVT [kn/kWh]	0,31	0,3708
Naknada OIE [kn/kWh]		0,035
Naknada za NPU [kn/kWh]		0,0075
Ukupno [kn]	0,7233	
PDV (13 %)	0,0940	
Sveukupno [kn/kWh]	0,8173	

Potrošnja električne energije sustava rasvjete sa metal halogenim svjetiljkama izračunata je prema sljedećoj formuli:

$$W_{\mathrm{MH}} = \sum_{i=1}^{n} P_{\mathrm{i,MH}} \cdot t \cdot n_{\mathrm{i}} \qquad (5\text{–}1)$$

gdje je

W_{MH} – ukupna potrošnja el. energije sustava rasvjete s metal halogenom tehnologijom [kWh]

$P_{\mathrm{i,MH}}$ – snaga i-te skupine metal halogenih žarulja [kW]

t – godišnji broj sati rada sustava rasvjete [h]

n_{i} – broj žarulja u i-toj skupini.

Potrošnja električne energije sustava rasvjete sa LED svjetiljkama izračunata je prema sljedećoj formuli:

$$W_{\text{LED}} = \sum_{i=1}^{n} P_{i,LED} \cdot t \cdot n_i \qquad (5\text{–}2)$$

gdje je

W_{LED} – ukupna potrošnja el. energije sustava rasvjete s LED tehnologijom [kWh]

$P_{i,LED}$ – snaga i-te skupine metal halogenih žarulja [kW].

Ušteda električne energije prelaskom na LED tehnologiju jednaka je razlici izračunatih energija:

$$W_{\text{ušteda}} = W_{\text{MH}} - W_{\text{LED}} \qquad (5\text{–}3)$$

gdje je

$W_{\text{ušteda}}$ – iznos uštede električne energije prelaskom na LED tehnologiju [kWh]

Godišnji trošak električne energije za LED tehnologiju izračunat je prema sljedećoj formuli:

$$C_{\text{LED}} = W_{\text{LED}} \cdot c_{\text{el.en}} \qquad (5\text{–}4)$$

gdje je

C_{LED} – troškovi električne energije za LED tehnologiju [kn]

$c_{\text{el.en}}$ – cijena el. energije [kn/kWh].

Godišnji trošak električne energije za metal halogenu tehnologiju računa se prema sljedećoj formuli:

$$C_{\text{MH}} = W_{\text{MH}} \cdot c_{\text{el.en}} \qquad (5\text{–}5)$$

gdje je

C_{MH} – trošak električne energije za metal halogenu tehnologiju [kn].

Ušteda LED tehnologije u odnosu na metal halogenu računa se prema sljedećoj formuli:

$$C_{\text{ušteda}} = C_{\text{MH}} - C_{\text{LED}} \tag{5–6}$$

gdje je

$C_{\text{ušteda}}$ – ušteda LED tehnologije u odnosu na metal halogenu [kn].

Zbog većeg troška instalacije LED u odnosu na metal halogeni sustav rasvjete potrebno je uložiti dodatna novčana sredstva. Dodatna investicija definirana je sljedećom formulom:

$$I_{\text{dod}} = I_{\text{LED}} - I_{\text{MH}} \tag{5–7}$$

gdje je

I_{dod} – potrebna dodatna ulaganja za realizaciju LED sustava rasvjete [kn]

I_{LED} – iznos investicije u LED sustav rasvjete [kn]

I_{MH} – iznos investicije u metal halogeni sustav rasvjete [kn].

Za usporedbu i procjenu isplativosti projekata rasvjete danas se najčešće koristi jednostavni period povrata ulaganja. Ova metoda daje informacije o vremenu potrebnom za isplaćivanje investicije, a računa se prema sljedećoj formuli:

$$JPP = \frac{I_{\text{dod}}}{C_{\text{ušteda}}} \tag{5–8}$$

gdje je

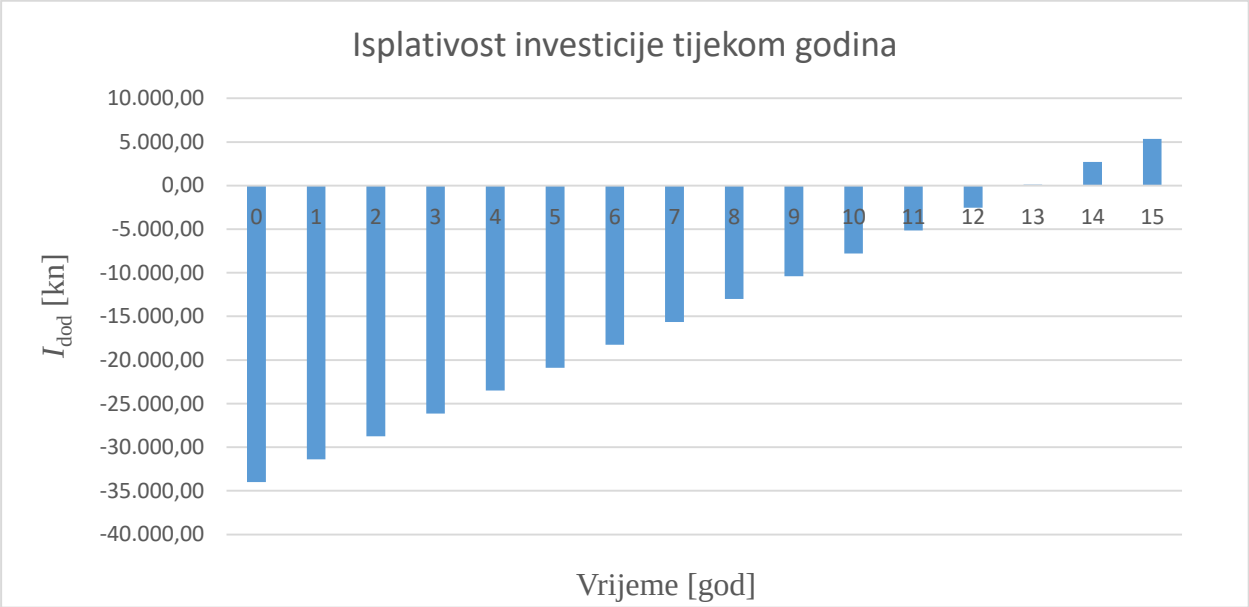
JPP – jednostavni period povrata ulaganja [god].

Izračun troškova svjetiljki i isplativosti ugradnje LED svjetiljki u odnosu na metal halogene prikazan je u tablici 5.4 i na slici 5.5.

Tablica 5.4 Usporedba troškova svjetiljki

	MH	**LED**
Broj svjetiljki	12	28
Ukupna snaga svjetiljke [kW]	13,112	6,136
Godišnja potrošnja električne energije [kWh]	6.031,52	2.822,56
Godišnji trošak električne energije [kn]	4.929,56	2.306,88
Cijena investicije [kn]	121.500	155.500
I_{dod} [kn]	34.000	
Godišnje uštede LED sustava [kWh]	3.208,96	
Godišnje uštede LED sustava [kn]	2.622,68	

Slika 5.1 Isplativost investicije tijekom godina



Novi sustav LED rasvjete skuplji je u odnosu na sustav sa metal halogenom rasvjetom za 34.000 kn. Korištenjem LED tehnologije uštede na troškovima električne energije iznose 2.622 kn godišnje, a povrat investicije je nakon 13 godina. Budući da sukladno Pravilniku o sustavu za praćenje, mjerenje i verifikaciju ušteda energije propisani životni vijek sustava rasvjete iznosi 15 godina, a izračunati povrat investicije iznosi 13 godina, donesen je zaključak kako investicija nije isplativa. Isplativost investicije u LED rasvjetu potrebno je dodatno provjeriti korištenjem svjetiljki drugih proizvođača koje ispunjavaju tražene uvjete.

6 Zaključak

Modernizacija sustava rasvjete sportskih objekata podrazumijeva zamjenu neučinkovitog i tehnološki zastarjelog sustava rasvjete sa novim, visokoučinkovitim sustavom koji zadovoljava današnje standarde. Kako bi novi sustav rasvjete ispunio očekivanja korisnika, ovisno o sportu i razini natjecanja, mora se projektirati u skladu sa važećim normama i propisima, s posebnim naglaskom na normu HRN EN 12193. Projektiranje sustava rasvjete izvodi se pomoću simulacijskih softvera poput DIALux-a koji na temelju podataka o prostoru, vrsti svjetiljke i željenoj razini rasvijetljenosti vrše svjetlotehničke proračune. Modernizirana rasvjeta sportskih terena, osim što korisnicima sportskih terena omogućuje kvalitetnije uvjete za bavljenje sportom, također omogućuje uštedu na troškovima električne energije i troškova održavanja. Zbog dugog životnog vijeka i male potrošnje električne energije, posljednjih godina zabilježen je porast ugradnje LED reflektorske rasvjete koja zamjenjuje manje učinkovitu metal halogenu rasvjetu. Budući da je cijena LED rasvjete viša u odnosu na metal halogenu, investicija u LED ponekad nije isplativa, a proračun je potrebno provesti sa više svjetiljaka različitih proizvođača.

Literatura

1. R. Skansi, Parametri svjetla u kontekstu javne rasvjete, Zagreb, 2003., dostupno online: http://www.elicom.hr/dokumenti/opcenito_jr.pdf, (lipanj 2017.)
2. Svjetlotehnički priručnik, katalog energetski učinkovite rasvjete, dostupno online: http://www.regea.org/assets/files/1_publikacije/Svijetlotehnicki-prirucnik_Varcuj-Stedi.pdf, (lipanj 2017.)
3. Grupa autora, Priručnik za energetsko certificiranje zgrada 1.dio, Zagreb, 2010., dostupno online: http://www.encert-eihp.org/wp-content/uploads/2013/02/Prirucnik-za-energetsko-certificiranje-zgrada-1.pdf, (lipanj 2017.)
4. Svjetlotehničke veličine, mjerne jedinice, vrste rasvjetnih tijela, dostupno online: http://korak.com.hr/korak-051-svjetlost-1-dio-svjetlotehnicke-velicine-mjerne-jedinice-vrste-rasvjetnih-tijela/, (lipanj 2017.)
5. S. Krajcar, A. Šribar, L. Lugarid, Svjetlotehničke veličine i jedinice, predavanja, FER, Zagreb, dostupno online: https://www.fer.hr/_download/repository/Predavanje2[1].pdf
6. Lighting with Artificial Light, Frankfurt am Main, 2016., dostupno online: https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/1603_lw01_Kuenstliches-Licht_web.pdf, (lipanj 2017.)
7. Mala škola LED tehnologije i rasvjete, dostupno online: http://www.energetika.potrosac.hr/images/pdf/led_tehnologija.pdf, (lipanj 2017.)
8. Projektiranje svjetlotehnike, dostupno online: http://www.lipapromet.hr/, (lipanj 2017.)
9. Easy guide to colour rendering index, dostupno online: http://www.beamled.com/info/blog/your-guide-to-cri/, (lipanj 2017.)
10. Električna rasvjeta, predavanja, FER Zagreb, dostupno online: http://www.avc.com.hr/eurostar/Teh_Podrska/Dokumentacija/Svjetlo/Svjetlo%20i%20rasvjeta.pdf (lipanj 2017.)
11. Rasvjeta sportskih objekata, dostupno online: https://www.telektra.hr, (lipanj 2017.)
12. HRN EN 12193:2008 Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta sportskih terena
13. Dimenzije teniskog terena, dostupno online: http://www.tk-koprivnica.hr/index.php/HR/zanimljivosti/114-dimenzije-teniskog-terena, (srpanj 2017.)
14. The Lighting Handbook, Zumtobel, Dornbirn, 2013, dostupno online: http://www.zumtobel.com/PDB/teaser/EN/lichthandbuch.pdf, (lipanj 2017.)

15. Artificial sports lighting updated guidance for 2012, dostupno online: https://www.sportengland.org/media/4181/artificial-sports-lighting-design-guide-2012-051112.pdf, (lipanj 2017.)
16. ITF guide to lighting tennis courts, dostupno online: http://www.itftennis.com/technical/facilities/facilities-guide/lighting.aspx, (lipanj 2017.)
17. LED vs Metal Halide, dostupno online: http://www.stouchlighting.com/blog/led-lights-versus-metal-halide, (srpanj 2017.)
18. S. Krajcar, A. Šribar, Svjetiljke, predavanja, FER, Zagreb, dostupno online: https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/ElRasvjeta_rasvjeta_5%5B1%5D.pdf, (lipanj 2017.)
19. D. Motika, N. Cincar, B. Popović, Električno osvjetljenje i njegov značaj, Glasnik BAS, 2015., dostupno online: http://www.bas.gov.ba/images/upload/glasnik/clanak1_1_2_15.pdf, (lipanj 2017.)
20. Philips product catalog, dostupno online: http://www.lighting.philips.com, (lipanj 2017.)
21. Energy efficient sports lighting, dostupno online: http://www.sports-lighting.com.au/resources/green-lighting, (lipanj 2017.)
22. Floodlighting outdoor tennis courts, dostupno online: https://www.lta.org.uk/globalassets/venue/support-your-venue/documents/floodlighting-outdoor-courts-guidance.pdf, (lipanj 2017.)

Sažetak

U diplomskom radu opisani su svjetlotehnički parametri, zahtjevi za rasvjetu sportskih terena te je dan pregled tehnologije rasvjete sportskih terena. U programskom paketu DIALux modeliran je sustav rasvjete za teniske terene za LED i metal halogenu tehnologiju s obzirom na važeće norme i propise. Na temelju rezultata simulacije napravljena je financijska analiza isplativosti modernizacije rasvjete teniskih terena LED tehnologijom.

Ključne riječi: DIALux, LED, rasvjeta, reflektor, teren za tenis,

Abstract

The graduate thesis describes light technology parameters, requirements for lighting of sports grounds and a review of the technology of lighting of sports grounds. The lighting system for tennis courts for LED and metal halide technology was modeled with DIALux software in accordance with current standards and regulations. Based on the results of the simulation, a cost-effectiveness analysis of the modernization of tennis courts lighting with LED technology was made.

Key words: DIALux, floodlight, LED, lighting, tennis court

Životopis

DARKO JAKUS

rođen je 9. rujna 1993. u Koprivnici, sa prebivalištem u Velikoj Mučni. U Sokolovcu završava osnovnu školu te upisuje „Gimnaziju Fran Galović Koprivnica“, opći smjer koju završava 2012. s odličnim uspjehom. Iste godine upisuje preddiplomski sveučilišni studij elektrotehnike na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku. Preddiplomski studij završava 2015. godine te upisuje diplomski studij na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku, smjer Održiva energetika. Aktivno se služi engleskim i njemačkim jezikom te je iskusni korisnik programskog paketa Microsoft Office. Slobodno vrijeme provodi u druženju s prijateljima.

U Osijeku, 18. srpnja 2017. Darko Jakus

Potpis:

Prilozi

PRILOG P.4.1

RASVJETA TENISKIH TERENA

Postojeće stanje

Date: 25.06.2017

Operator: Darko Jakus

FERIT Osijek
Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Table of contents

RASVJETA TENISKIH TERENA

Project Cover 43

Table of contents 44

Luminaire parts list 45

Exterior Scene 1

Planning data 46

Sport Luminaires (Coordinates List) 57

GR Observer (Results Overview) 49

False Color Rendering 50

Exterior Surfaces

Ground Element 1

Surface 1

Isolines (E) 51

Tennis 1 Calculation Grid (PA)

Value Chart (E, Horizontal) 52

Tennis 2 Calculation Grid (PA)

Value Chart (E, Horizontal) 53

Tennis 3 Calculation Grid (PA)

Value Chart (E, Horizontal) 54

FERIT Osijek

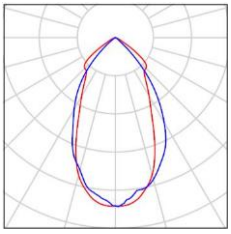
Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

RASVJETA TENISKIH TERENA / Luminaire parts list

24 Pieces Disano 1158 Indio Disano 1158 JM-T 400 CNR-L
graphite + 71 baffle louvre
Article No.: 1158 Indio
Luminous flux (Luminaire): 14356 lm
Luminous flux (Lamps): 32000 lm
Luminaire Wattage: 418.8 W
Luminaire classification according to DIN: A60
CIE flux code: 81 99 100 100 45
Fitting: 1 x JMT400P (Correction Factor 1.000).



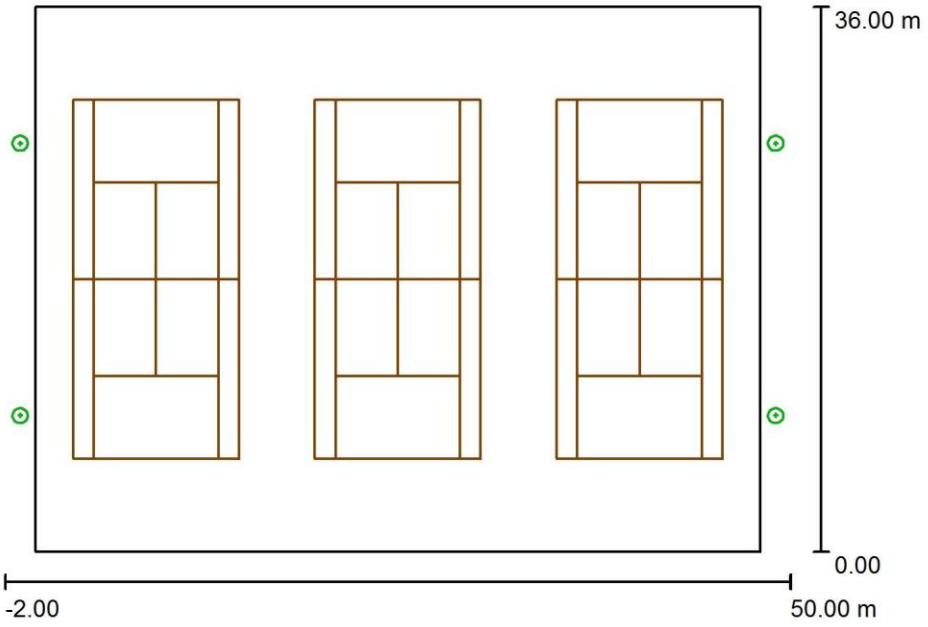


FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / Planning data



Light loss factor: 0.80, ULR (Upward Light Ratio): 8.0%

Scale 1:500

Luminaire Parts List

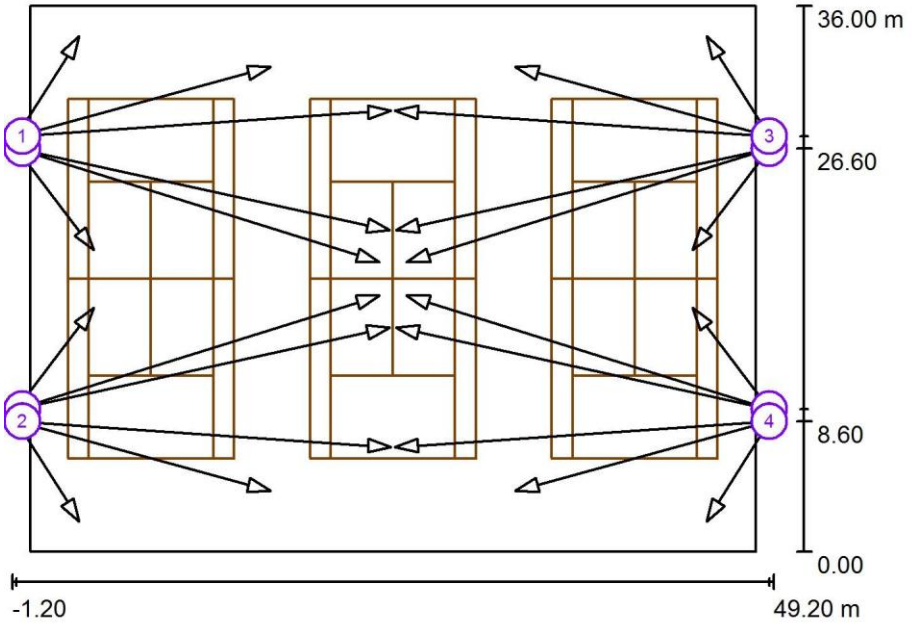
No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ (Luminaire) [lm]	Φ (Lamps) [lm]	P [W]
1	24	Disano 1158 Indio Disano 1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre (1.000)	14356	32000	418.8
			Total: 344551	Total: 768000	10051.2

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / Sport Luminaires (Coordinates List)



Scale 1 : 500

List of the Sport Luminaires

Luminaire	Index	Position [m] X	Y	Z	Aiming Point [m] X	Y	Z	Angle [°]	Alignment	Pole
Disano 1158 Indio Disano 1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	1	-0.900	27.400	12.151	15.900	32.000	0.000	34.9	(C 90, G 0)	Pole Position 1
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	2	-0.900	8.600	12.151	15.900	4.000	0.000	34.9	(C 90, G 0)	Pole Position 2
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	3	48.900	27.400	12.151	32.100	32.000	0.000	34.9	(C 90, G 0)	Pole Position 3
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	4	48.900	8.600	12.151	32.100	4.000	0.000	34.9	(C 90, G 0)	Pole Position 4
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	5	-0.900	26.600	12.151	23.800	21.200	0.000	25.7	(C 0, G 0)	Pole Position 1
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	6	-0.900	9.400	12.151	23.800	14.800	0.000	25.7	C 0, G 0)	Pole Position 2
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	7	48.900	26.600	12.151	24.200	21.200	0.000	25.7	C 0, G 0)	Pole Position 3
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre	8	48.900	9.400	12.151	24.200	14.800	0.000	25.7	C 0, G 0)	Pole Position 4

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / Sport Luminaires (Coordinates List)

List of the Sport Luminaires

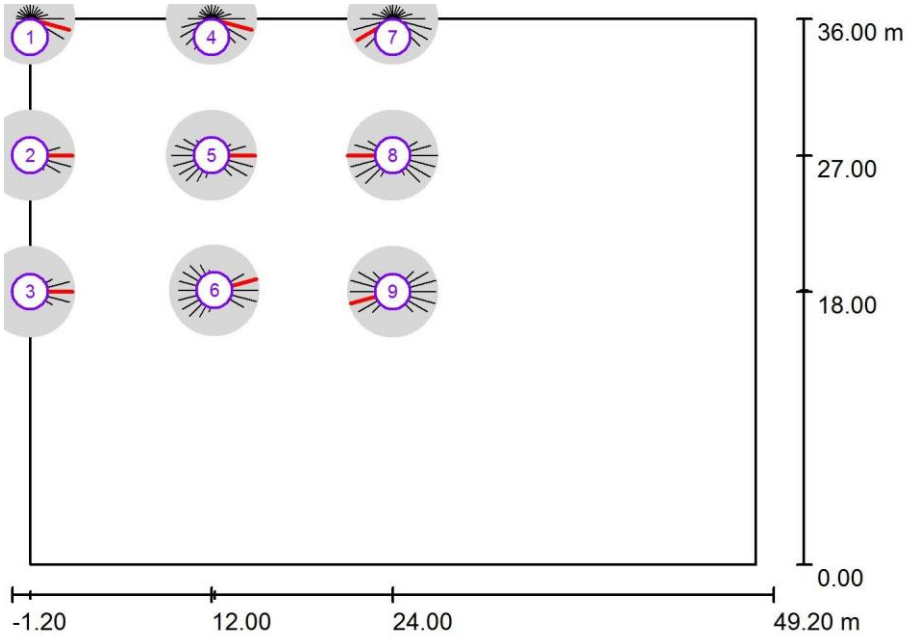
Luminaire	Index	Position [m] X	Y	Z	Aiming Point [m] X	Y	Z	Angle [°]	Alignment	Pole
Disano 1158 Indio Disano 1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	5	-0.900	26.600	11.651	4.200	19.900	0.000	54.1	(C 90, G 0)	Pole Position 1
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	6	-0.900	9.400	11.651	4.200	16.100	0.000	54.1	(C 90, G 0)	Pole Position 2
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	7	48.900	26.600	11.651	43.800	19.900	0.000	54.1	(C 90, G 0)	Pole Position 3
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	8	48.900	9.400	11.651	43.800	16.100	0.000	54.1	(C 90, G 0)	Pole Position 4
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	1	-0.900	27.400	11.651	3.255	34.007	0.000	56.2	(C 90, G 0)	Pole Position 1
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	2	-0.900	8.600	11.651	3.255	1.993	0.000	56.2	(C 90, G 0)	Pole Position 2
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	3	48.900	27.400	11.651	44.745	34.007	0.000	56.2	(C 90, G 0)	Pole Position 3
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	4	48.900	8.600	11.651	44.745	1.993	0.000	56.2	(C 90, G 0)	Pole Position 4
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	5	-0.900	26.600	12.651	23.100	19.100	0.000	26.7	(C 0, G 0)	Pole Position 1
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	6	-0.900	9.400	12.651	23.100	16.900	0.000	26.7	(C 0, G 0)	Pole Position 2
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	7	48.900	26.600	12.651	24.900	19.100	0.000	26.7	(C 0, G 0)	Pole Position 3
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	8	48.900	9.400	12.651	24.900	16.900	0.000	26.7	(C 0, G 0)	Pole Position 4
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	1	-0.900	27.400	12.651	23.863	29.100	0.000	27.0	(C 0, G 0)	Pole Position 1
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	2	-0.900	8.600	12.651	23.863	6.900	0.000	27.0	(C 0, G 0)	Pole Position 2
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre Disano 1158 Indio Disano	3	48.900	27.400	12.651	24.137	29.100	0.000	27.0	(C 0, G 0)	Pole Position 3
1158 JM-T 400 CNR-L graphite + 71 baffle louvre	4	48.900	8.600	12.651	24.137	6.900	0.000	27.0	(C 0, G 0)	Pole Position 4

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / GR Observer (Results Overview)



Scale 1 : 500

GR Observerlist

No.	Designation	Position [m]			Viewing sector [°]				Max
		X	Y	Z	Start	End	Increment	Slope angle	
1	GR Observer 1	0.000	36.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	29 2)
2	GR Observer 2	0.000	27.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	30 2)
3	GR Observer 3	0.000	18.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	30 2)
4	GR Observer 4	12.000	36.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	29 2)
5	GR Observer 5	12.000	27.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	31 2)
6	GR Observer 6	12.000	18.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	31 2)
7	GR Observer7	24.000	36.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	29 2)
8	GR Observer 8	24.000	27.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	32 2)
9	GR Observer 9	24.000	18.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	31 2)

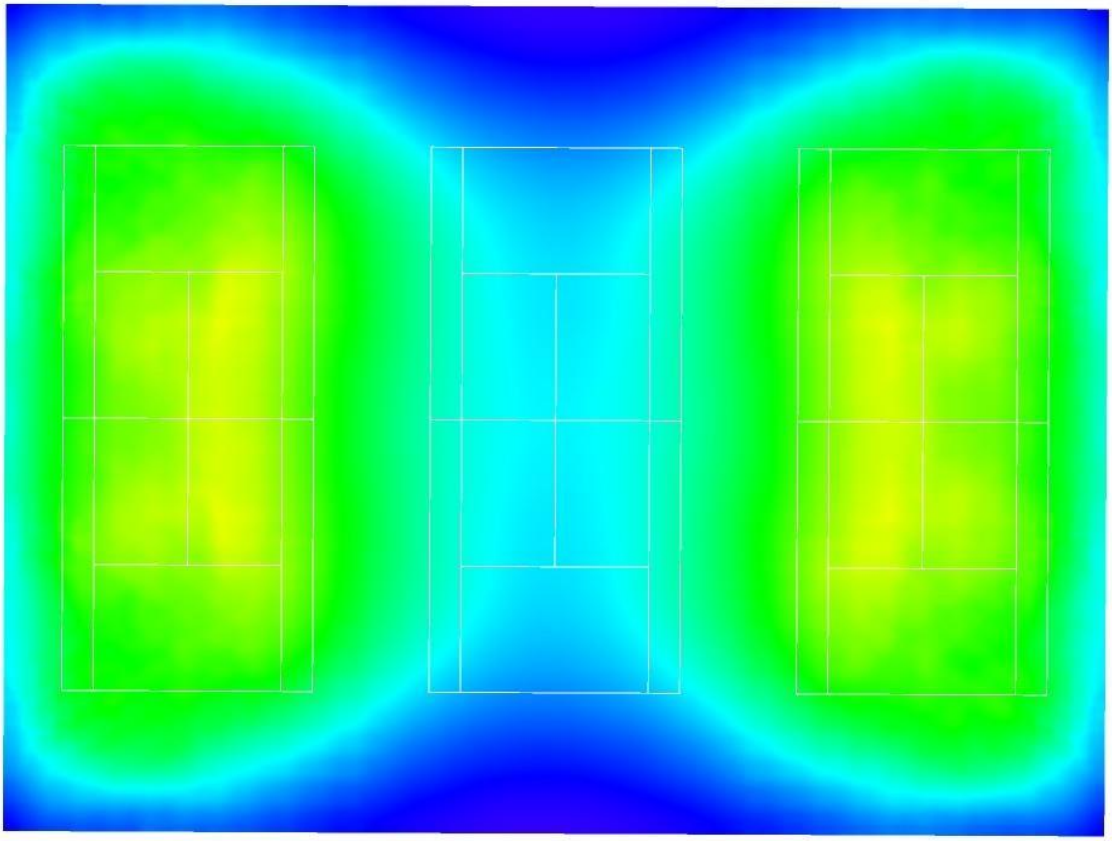
2) The calculated equivalent veil luminance of the environment is based on the assumption of a complete diffuse reflection behavior of the environment (acc. EN 12464-2).

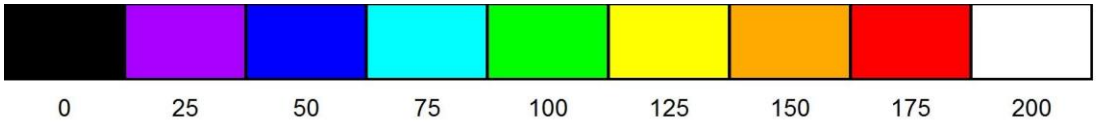
FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / False Color Rendering



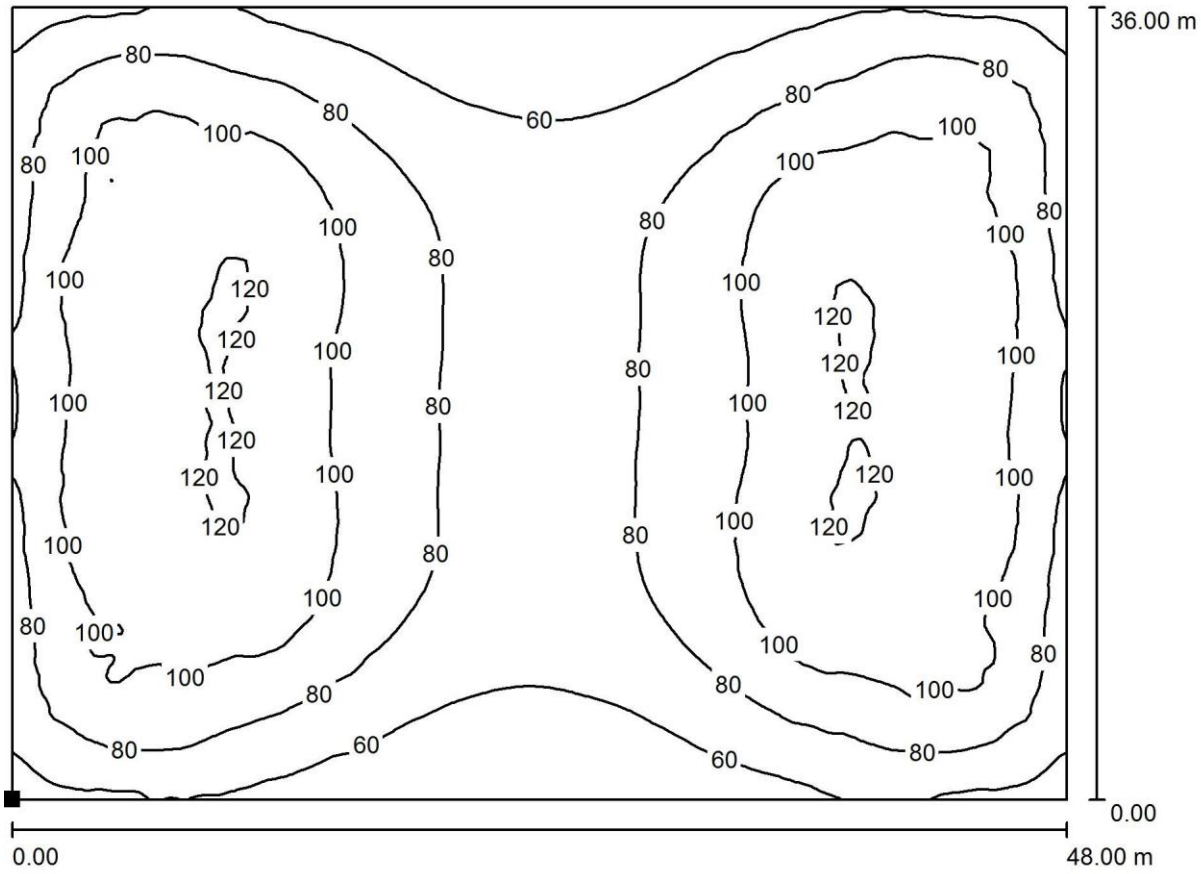


FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / Ground Element 1 / Surface 1 / Isolines (E)



Values in Lux, Scale 1 : 344

Position of surface in external scene:

Marked point:
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Grid: 128 x 128 Points

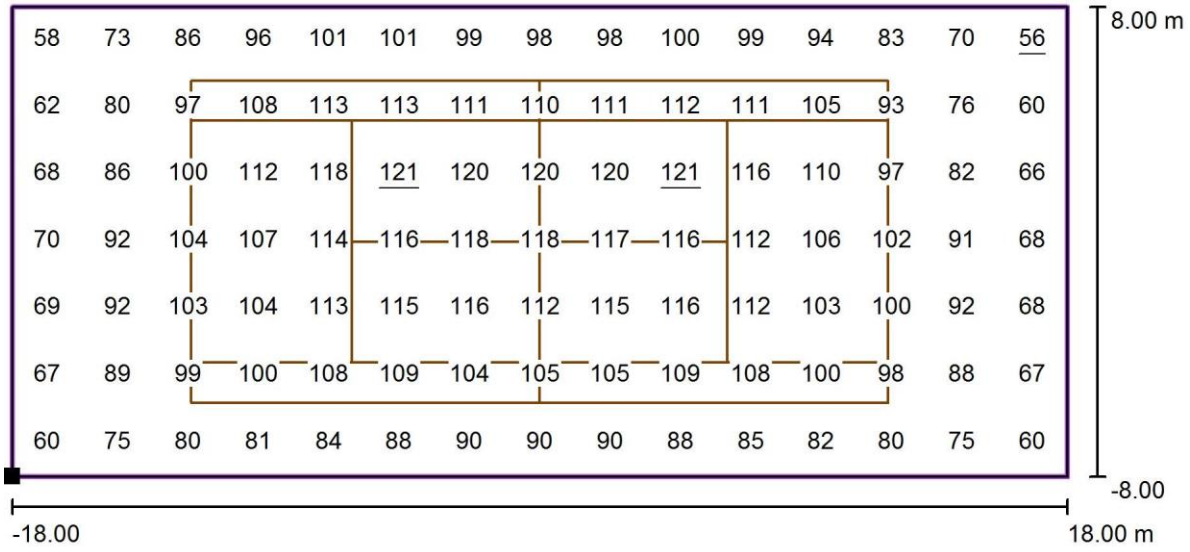
E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
87	43	125	0.488	0.342

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

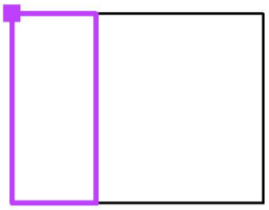
Exterior Scene 1 / Tennis 1 Calculation Grid (PA) /Value Chart (E, Horizontal)



Values in Lux, Scale 1 : 258

Position of surface in external scene:

Marked point:
(0.000 m, 36.000 m, 0.000 m)



Grid: 15 x 7 Points

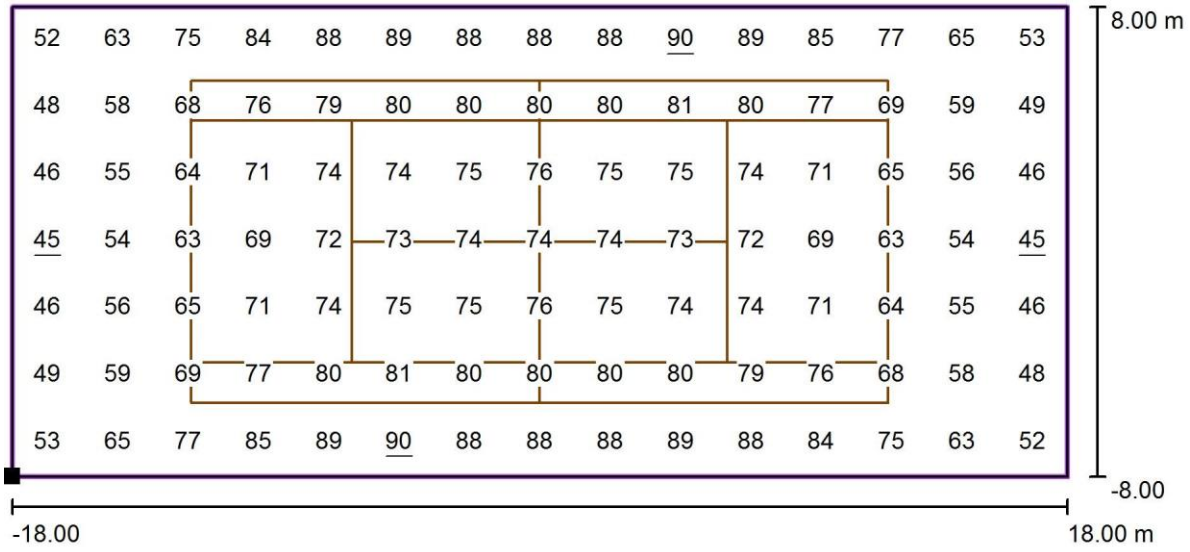
E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
96	56	121	0.58	0.46

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

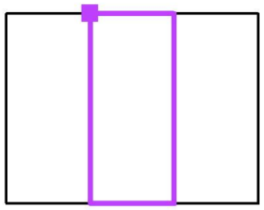
Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / Tennis 2 Calculation Grid (PA) / Value Chart (E, Horizontal)



Values in Lux, Scale 1 : 258

Position of surface in external scene:
Marked point: (16.000 m, 36.000 m, 0.000 m)



Grid: 15 x 7 Points

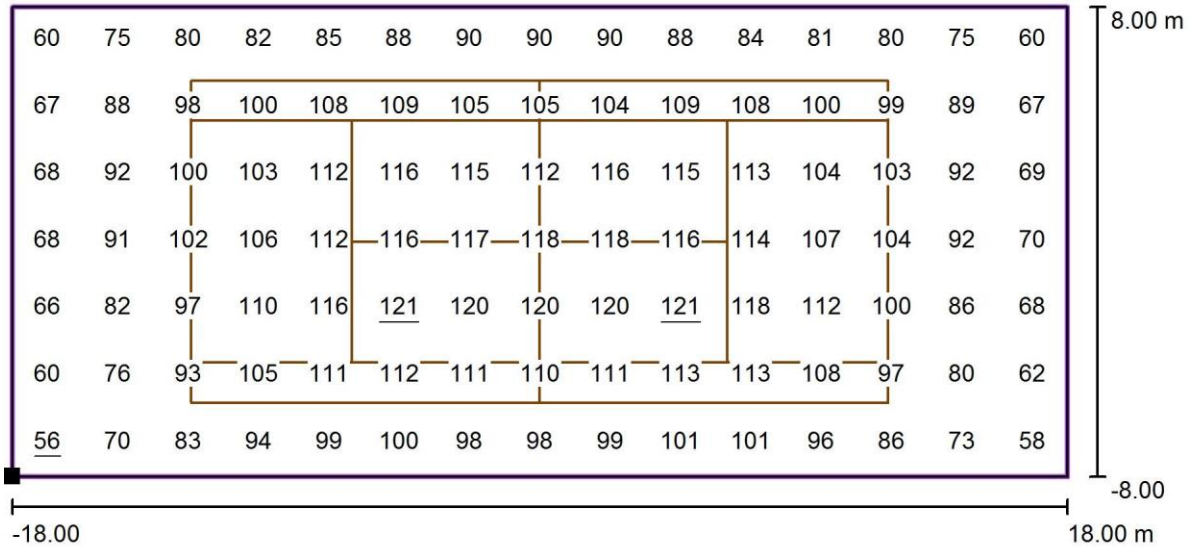
E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
71	45	90	0.64	0.50

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

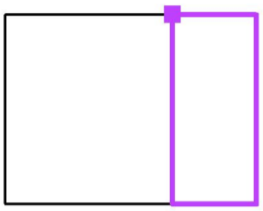
Exterior Scene 1 / Tennis 3 Calculation Grid (PA) / Value Chart (E, Horizontal)



Values in Lux, Scale 1 : 258

Position of surface in external scene:

Marked point:
(32.000 m, 36.000 m, 0.000 m)



Grid: 15 x 7 Points

E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
96	56	121	0.58	0.46

PRILOG P.4.2

RASVJETA TENISKIH TERENA

Novo stanje- metal halogena svjetiljka

Date: 25.06.2017

Operator: Darko Jakus

FERIT Osijek
Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Table of contents

RASVJETA TENISKIH TERENA

Project Cover 55

Table of contents 56

Luminaire parts list 57

Exterior Scene 1

Planning data 58

Sport Luminaires (Coordinates List) 59

GR Observer (Results Overview) 61

False Color Rendering 62

Exterior Surfaces

Ground Element 1

Surface 1

Isolines (E) 63

Tennis 1 Calculation Grid (PA)

Value Chart (E, Horizontal) 64

Tennis 2 Calculation Grid (PA)

Value Chart (E, Horizontal) 65

Tennis 3 Calculation Grid (PA)

Value Chart (E, Horizontal) 66

FERIT Osijek

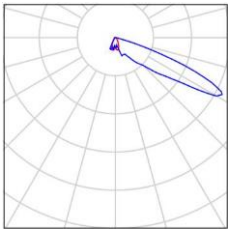
Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

RASVJETA TENISKIH TERENA / Luminaire parts list

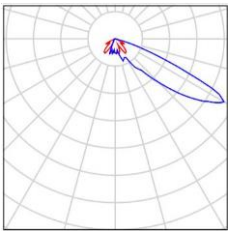
8 Pieces Philips Leuchten 910403748712 OptiVision MVP507 MHN-FC1000W/740 230V NB SI
Article No.: 910403748712
Luminous flux (Luminaire): 83700 lm
Luminous flux (Lamps): 93000 lm
Luminaire Wattage: 1100.0 W
Luminaire classification according to DIN: A10
CIE flux code: 27 62 98 100 90
Fitting: 1 x MHN-FC1000W/230V/740 (Correction Factor 1.000).





4 Pieces Philips Leuchten 910403969912 OptiVision MVP507 MHN-LA1000W/956 WB SI Article No.: 910403969912
Luminous flux (Luminaire): 68400 lm
Luminous flux (Lamps): 90000 lm
Luminaire Wattage: 1078.0 W
Luminaire classification according to DIN: A10
CIE flux code: 22 64 98 100 76
Fitting: 1 x MHN-LA1000W/230V/956 (Correction Factor 1.000).



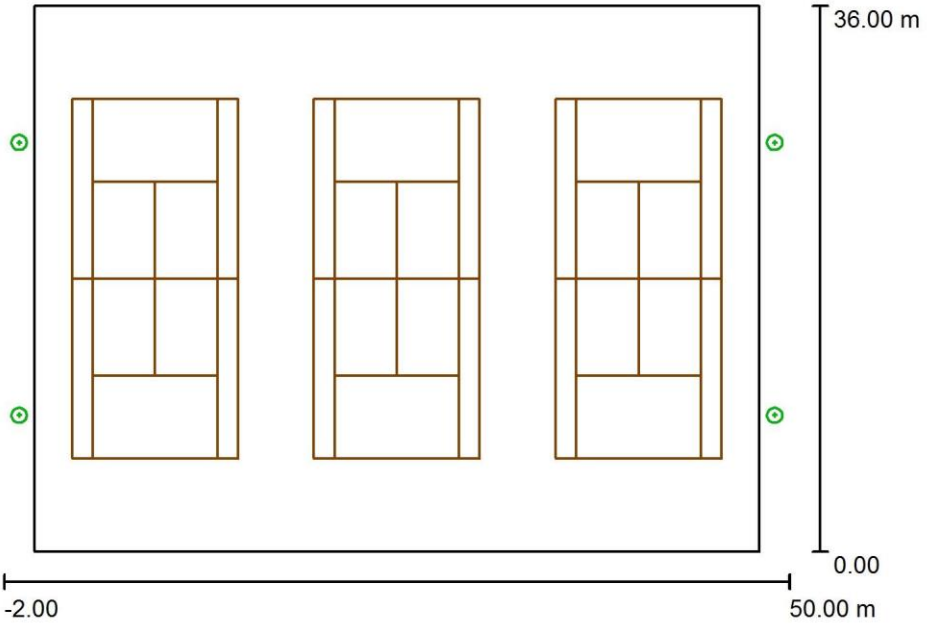


FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / Planning data



Light loss factor: 0.80, ULR (Upward Light Ratio): 8.0% Scale 1:500

Luminaire Parts List

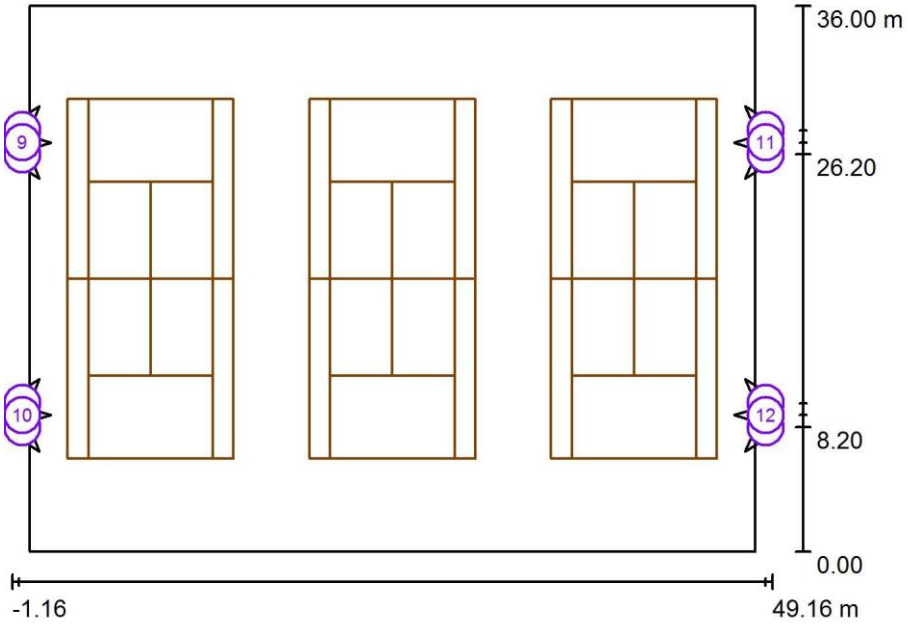
No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ (Luminaire) [lm]	Φ (Lamps) [lm]	P [W]
1	8	Philips Leuchten 910403748712 OptiVision MVP507 MHN-FC1000W/740 230V NB SI (1.000)	83700	93000	1100.0
2	4	Philips Leuchten 910403969912 OptiVision MVP507 MHN-LA1000W/956 WB SI (1.000)	68400	90000	1078.0
			Total: 94320	Total: 1104000	13112.0

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / Sport Luminaires (Coordinates List)



Scale 1 : 500

List of the Sport Luminaires

Luminaire	Index	Position [m]			Aiming Point [m]			Angle [°]	Alignment	Pole
		X	Y	Z	X	Y	Z			
Philips Leuchten 910403748712 OptiVision MVP507 MHN-FC1000W/740 230V NB SI	1	-0.700	27.800	11.887	0.647	29.406	0.000	80.0	(C 90, G 0)	/
Philips Leuchten 910403748712 OptiVision MVP507 MHN-FC1000W/740 230V NB SI	2	-0.700	8.200	11.887	0.647	6.594	0.000	80.0	(C 90, G 0)	/
Philips Leuchten 910403748712 OptiVision MVP507 MHN-FC1000W/740 230V NB SI	3	48.700	27.800	11.887	47.353	29.406	0.000	80.0	(C 90, G 0)	/
Philips Leuchten 910403748712 OptiVision MVP507 MHN-FC1000W/740 230V NB SI	4	48.700	8.200	11.887	47.353	6.594	0.000	80.0	(C 90, G 0)	/

FERIT Osijek
Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / Sport Luminaires (Coordinates List)

List of the Sport Luminaires

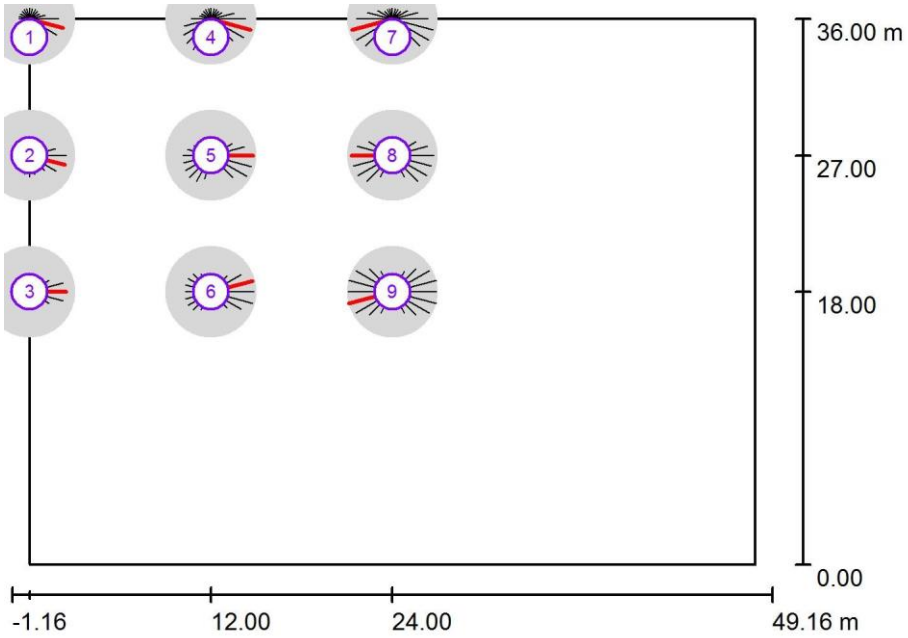
Luminaire	Index	Position [m]			Aiming Point [m]			Angle [°]	Alignment	Pole
		X	Y	Z	X	Y	Z			
Philips Leuchten 910403969912 OptiVision MVP507 MHN-LA1000W/956 WB SI	5	-0.700	26.200	11.887	0.647	24.594	0.000	80.0	(C 90, G 0)	/
Philips Leuchten 910403969912 OptiVision MVP507 MHN-LA1000W/956 WB SI	6	-0.700	9.800	11.887	0.647	11.406	0.000	80.0	(C 90, G 0)	/
Philips Leuchten 910403969912 OptiVision MVP507 MHN-LA1000W/956 WB SI	7	48.700	26.200	11.887	47.353	24.594	0.000	80.0	(C 90, G 0)	/
Philips Leuchten 910403969912 OptiVision MVP507 MHN-LA1000W/956 WB SI	8	48.700	9.800	11.887	47.353	11.406	0.000	80.0	(C 90, G 0)	/
Philips Leuchten 910403748712 OptiVision MVP507 MHN-FC1000W/740 230V NB SI	9	-0.700	27.000	11.887	1.396	27.000	0.000	80.0	(C 90, G 0)	Pole Position 1
Philips Leuchten 910403748712 OptiVision MVP507 MHN-FC1000W/740 230V NB SI	10	-0.700	9.000	11.887	1.396	9.000	0.000	80.0	(C 90, G 0)	Pole Position 2
Philips Leuchten 910403748712 OptiVision MVP507 MHN-FC1000W/740 230V NB SI	11	48.700	27.000	11.887	46.604	27.000	0.000	80.0	(C 90, G 0)	Pole Position 3
Philips Leuchten 910403748712 OptiVision MVP507 MHN-FC1000W/740 230V NB SI	12	48.700	9.000	11.887	46.604	9.000	0.000	80.0	(C 90, G 0)	Pole Position 4

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / GR Observer (Results Overview)



Scale 1 : 500

GR Observerlist

No.	Designation	Position [m]			Viewing sector [°]				Max
		X	Y	Z	Start	End	Increment	Slope angle	
1	GR Observer 1	0.000	36.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	31 2)
2	GR Observer 2	0.000	27.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	33 2)
3	GR Observer 3	0.000	18.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	33 2)
4	GR Observer 4	12.000	36.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
5	GR Observer 5	12.000	27.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
6	GR Observer 6	12.000	18.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
7	GR Observer7	24.000	36.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
8	GR Observer 8	24.000	27.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
9	GR Observer 9	24.000	18.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)

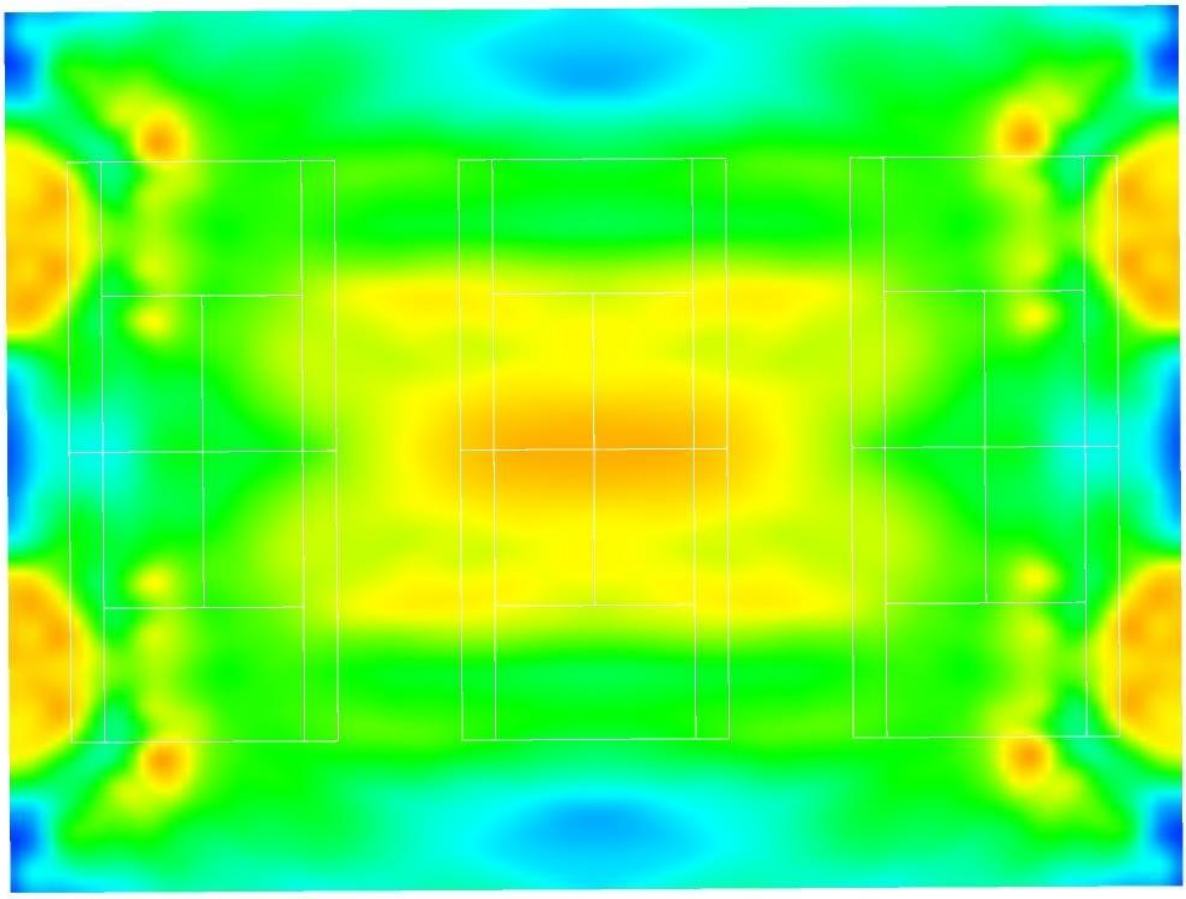
2) The calculated equivalent veil luminance of the environment is based on the assumption of a complete diffuse reflection behavior of the environment (acc. EN 12464-2).

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / False Color Rendering



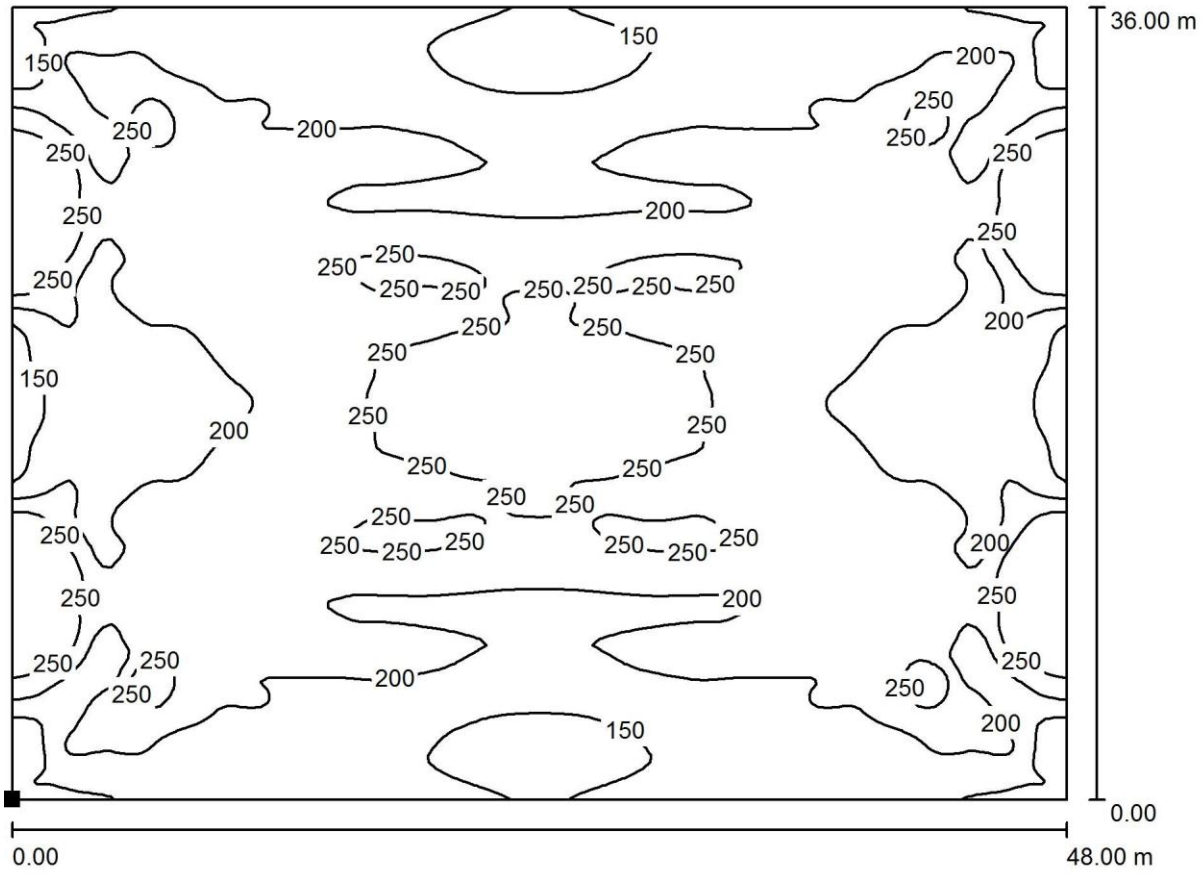


FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / Ground Element 1 / Surface 1 / Isolines (E)



Values in Lux, Scale 1 : 344

Position of surface in external scene:

Marked point:
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Grid: 128 x 128 Points

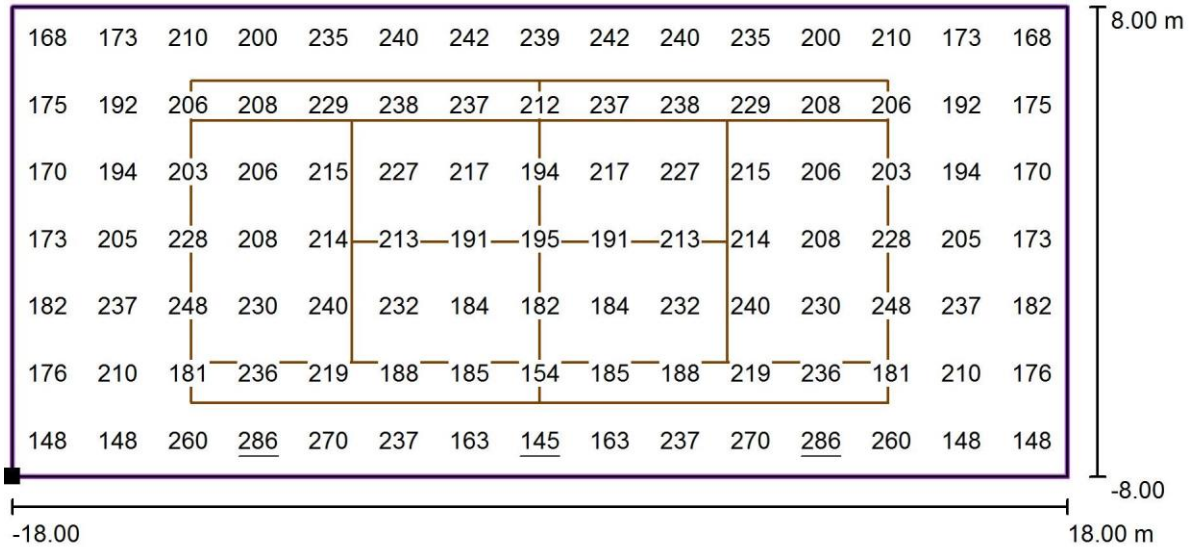
E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
209	109	315	0.520	0.344

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

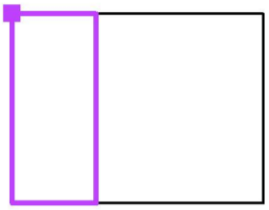
Exterior Scene 1 / Tennis 1 Calculation Grid (PA) /Value Chart (E, Horizontal)



Values in Lux, Scale 1 : 258

Position of surface in external scene:

Marked point:
(0.000 m, 36.000 m, 0.000 m)



Grid: 15 x 7 Points

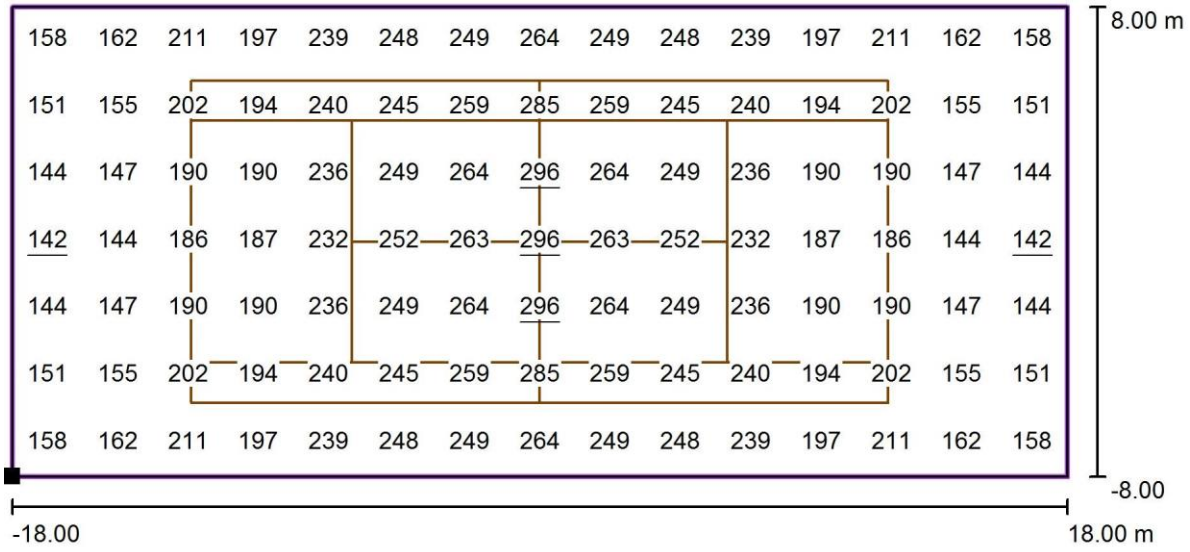
E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
208	145	286	0.70	0.51

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

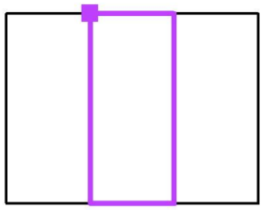
Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / Tennis 2 Calculation Grid (PA) / Value Chart (E, Horizontal)



Values in Lux, Scale 1 : 258

Position of surface in external scene:
Marked point: (16.000 m, 36.000 m, 0.000 m)



Grid: 15 x 7 Points

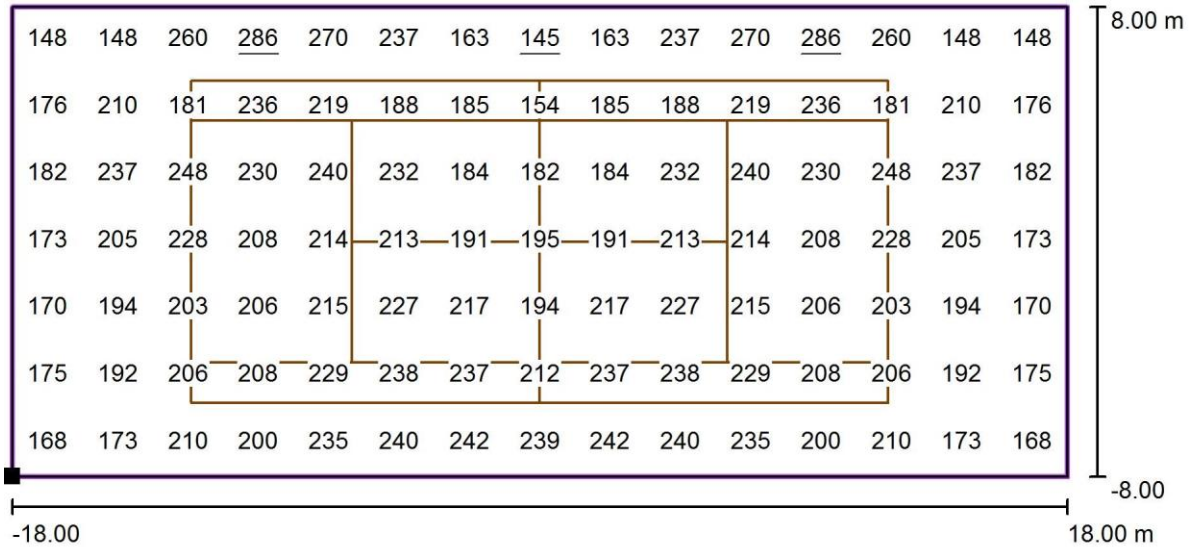
E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
211	142	296	0.68	0.48

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

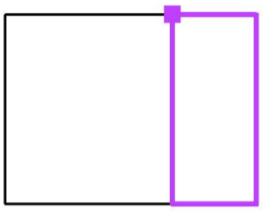
Exterior Scene 1 / Tennis 3 Calculation Grid (PA) / Value Chart (E, Horizontal)



Values in Lux, Scale 1 : 258

Position of surface in external scene:

Marked point:
(32.000 m, 36.000 m, 0.000 m)



Grid: 15 x 7 Points

E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
208	145	286	0.70	0.51

PRILOG P.4.3

RASVJETA TENISKIH TERENA

Novo stanje - LED svjetiljka

Date: 25.06.2017
Operator: Darko Jakus

FERIT Osijek
Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Table of contents

RASVJETA TENISKIH TERENA

Project Cover 67

Table of contents 68

Luminaire parts list 69

Exterior Scene 1

Planning data 70

Sport Luminaires (Coordinates List) 71

GR Observer (Results Overview) 74

False Color Rendering 75

Exterior Surfaces

Ground Element 1

Surface 1

Isolines (E) 76

Tennis 1 Calculation Grid (PA)

Value Chart (E, Horizontal) 77

Tennis 2 Calculation Grid (PA)

Value Chart (E, Horizontal) 78

Tennis 3 Calculation Grid (PA)

Value Chart (E, Horizontal) 79

FERIT Osijek

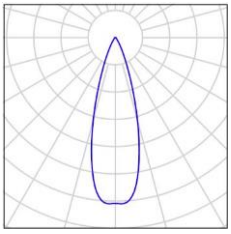
Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

RASVJETA TENISKIH TERENA / Luminaire parts list

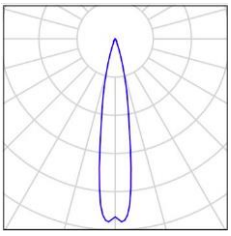
4 Pieces GEWISS GWS4152GS SMART [4] 2.0 - FL 5+5L - concentrated 30°
Article No.: GWS4152GS
Luminous flux (Luminaire): 10294 lm
Luminous flux (Lamps): 10301 lm
Luminaire Wattage: 118.0 W
Luminaire classification according to DIN: A40
CIE flux code: 95 98 100 100 100 Fitting: 1 x LED SMART [4] 2.0 FL 5+5L 30° (Correction Factor 1.000).





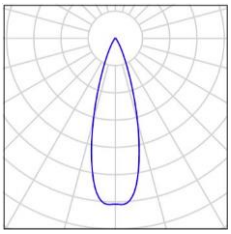
8 Pieces GEWISS GWS4171GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L - spot 10°
Article No.: GWS4171GS
Luminous flux (Luminaire): 21230 lm
Luminous flux (Lamps): 21265 lm
Luminaire Wattage: 236.0 W
Luminaire classification according to DIN: A 0
CIE flux code: 96 99 100 100 100 Fitting: 1 x LED SMART [4] 2.0 FL 4x5L 10° (Correction Factor 1.000).





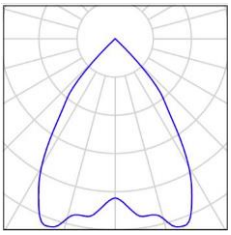
8 Pieces GEWISS GWS4172GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L - concentrated 30°
Article No.: GWS4172GS
Luminous flux (Luminaire): 20589 lm
Luminous flux (Lamps): 20603 lm
Luminaire Wattage: 236.0 W
Luminaire classification according to DIN: A40
CIE flux code: 95 98 100 100 100 Fitting: 1 x LED SMART [4] 2.0 FL 4x5L 30° (Correction Factor 1.000).





8 Pieces GEWISS GWS4173GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L - medium 60°
Article No.: GWS4173GS
Luminous flux (Luminaire): 27288 lm
Luminous flux (Lamps): 27291 lm
Luminaire Wattage: 236.0 W
Luminaire classification according to DIN: A60





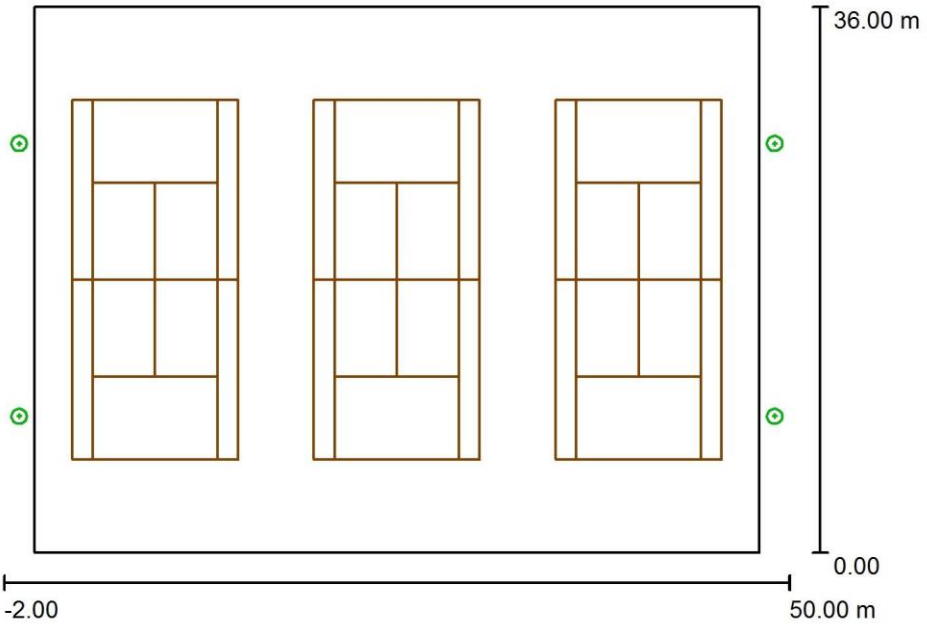
FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

CIE flux code: 93 100 100 100 100 Fitting: 1 x LED SMART [4] 2.0 FL 4x5L 60° (Correction Factor 1.000).

Exterior Scene 1 / Planning data



Light loss factor: 0.80, ULR (Upward Light Ratio): 8.0%

Scale 1:500

Luminaire Parts List

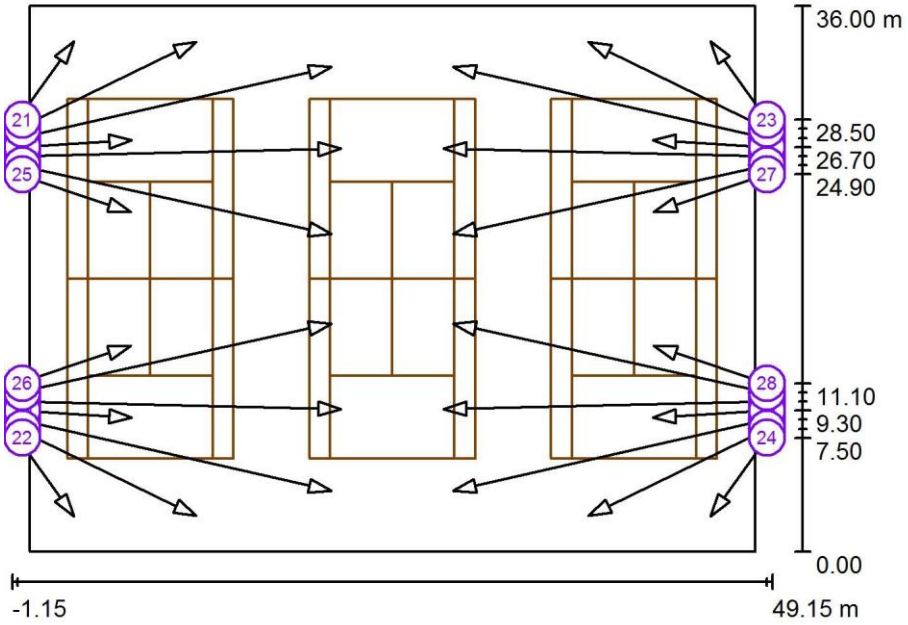
No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ (Luminaire) [lm]	Φ (Lamps) [lm]	P [W]
1	4	GEWISS GWS4152GS SMART [4] 2.0 - FL 5+5L - concentrated 30° (1.000)	10294	10301	118.0
2	8	GEWISS GWS4171GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L - spot 10° (1.000)	21230	21265	236.0
3	8	GEWISS GWS4172GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L - concentrated 30° (1.000)	20589	20603	236.0
4	8	GEWISS GWS4173GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L - medium 60° (1.000)	27288	27291	236.0
			Total: 594029	Total: 594476	6136.0

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / Sport Luminaires (Coordinates List)



Scale 1 : 500

List of the Sport Luminaires

Luminaire	Index	Position [m] X	Y	Z	Aiming Point [m] X	Y	Z	Angle [°]	Alignment	Pole
GEWISS GWS4171GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L spot 10°	1	-0.800	27.300	11.585	19.982	31.990	0.000	28.5	(C 90, G 0)	Pole Position 1
GEWISS GWS4171GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L spot 10°	2	-0.800	8.700	11.585	19.982	4.010	0.000	28.5	(C 90, G 0)	Pole Position 2
GEWISS GWS4171GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L spot 10°	3	48.800	27.300	11.585	28.018	31.990	0.000	28.5	(C 90, G 0)	Pole Position 3
GEWISS GWS4171GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L spot 10°	4	48.800	8.700	11.585	28.018	4.010	0.000	28.5	(C 90, G 0)	Pole Position 4
GEWISS GWS4171GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L spot 10°	5	-0.800	26.100	11.585	20.600	26.600	0.000	28.4	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4171GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L spot 10°	6	-0.800	9.900	11.585	20.600	9.400	0.000	28.4	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4171GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L spot 10°	7	48.800	26.100	11.585	27.400	26.600	0.000	28.4	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4171GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L spot 10°	8	48.800	9.900	11.585	27.400	9.400	0.000	28.4	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4173GS										

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / Sport Luminaires (Coordinates List)

List of the Sport Luminaires

Luminaire	Index	Position [m]			Aiming Point [m]			Angle [°]	Alignment	Pole
GEWISS GWS4173GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L medium 60°	9	-0.800	26.700	11.585	6.772	27.150	0.000	56.8	(C 90, G 0)	Pole Position 1
GEWISS GWS4173GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L medium 60°	10	-0.800	9.300	11.585	6.772	8.850	0.000	56.8	(C 90, G 0)	Pole Position 2
GEWISS GWS4173GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L medium 60°	11	48.800	26.700	11.585	41.228	27.150	0.000	56.8	(C 90, G 0)	Pole Position 3
GEWISS GWS4173GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L medium 60°	12	48.800	9.300	11.585	41.228	8.850	0.000	56.8	(C 90, G 0)	Pole Position 4
GEWISS GWS4172GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L concentrated 30°	13	-0.800	25.500	11.585	19.982	20.945	0.000	28.6	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4172GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L concentrated 30°	14	-0.800	10.500	11.585	19.982	15.055	0.000	28.6	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4172GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L concentrated 30°	15	48.800	25.500	11.585	28.018	20.945	0.000	28.6	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4172GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L concentrated 30°	16	48.800	10.500	11.585	28.018	15.055	0.000	28.6	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4172GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L concentrated 30°	17	-0.800	27.900	11.585	11.049	33.649	0.000	41.3	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4172GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L concentrated 30°	18	-0.800	8.100	11.585	11.049	2.351	0.000	41.3	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4172GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L concentrated 30°	19	48.800	27.900	11.585	36.951	33.649	0.000	41.3	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4172GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L concentrated 30°	20	48.800	8.100	11.585	36.951	2.351	0.000	41.3	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4152GS SMART [4] 2.0 - FL 5+5L concentrated 30°	21	-0.800	28.500	11.575	2.928	33.668	0.000	61.2	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4152GS SMART [4] 2.0 - FL 5+5L concentrated 30°	22	-0.800	7.500	11.575	2.928	2.332	0.000	61.2	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4152GS SMART [4] 2.0 - FL 5+5L concentrated 30°	23	48.800	28.500	11.575	45.072	33.668	0.000	61.2	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4152GS SMART [4] 2.0 - FL 5+5L concentrated 30°	24	48.800	7.500	11.575	45.072	2.332	0.000	61.2	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4173GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L medium 60°	25	-0.800	24.900	11.575	6.700	22.407	0.000	55.7	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4173GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L medium 60°	26	-0.800	11.100	11.575	6.700	13.593	0.000	55.7	(C 90, G 0)	/

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / Sport Luminaires (Coordinates List)

List of the Sport Luminaires

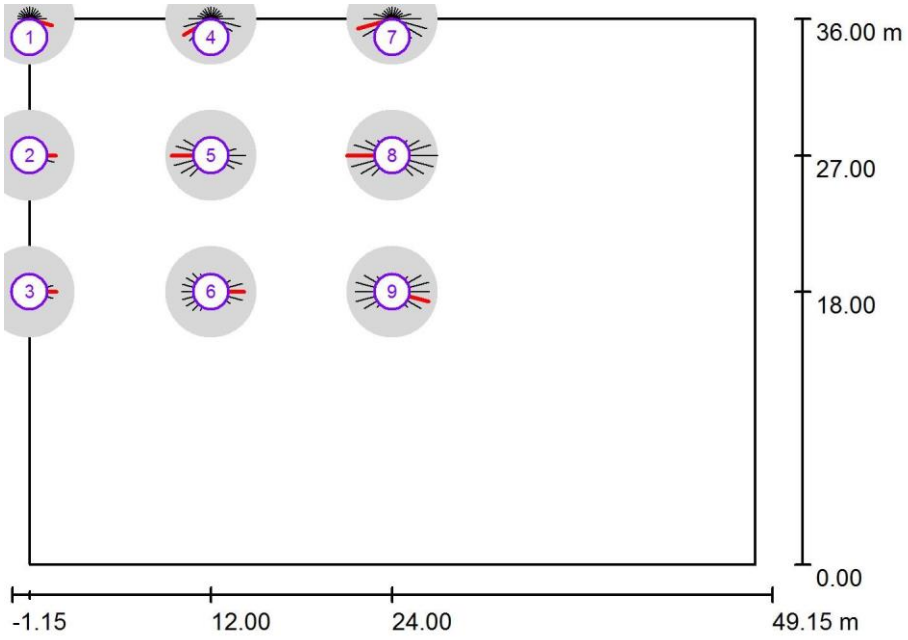
Luminaire	Index	Position [m]	Aiming Point [m]	Angle [°]	Alignment	Pole
GEWISS GWS4173GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L medium 60°	27	48.800 24.900 11.575	41.300 22.4070.000	55.7	(C 90, G 0)	/
GEWISS GWS4173GS SMART [4] 2.0 - FL 4x5L medium 60°	28	48.800 11.100 11.575	41.300 13.593 0.000	55.7	(C 90, G 0)	/

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / GR Observer (Results Overview)



Scale 1 : 500

GR Observerlist

No.	Designation	Position [m]			Viewing sector [°]				Max
		X	Y	Z	Start	End	Increment	Slope angle	
1	GR Observer 1	0.000	36.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	19 2)
2	GR Observer 2	0.000	27.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	22 2)
3	GR Observer 3	0.000	18.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	23 2)
4	GR Observer 4	12.000	36.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	26 2)
5	GR Observer 5	12.000	27.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	33 2)
6	GR Observer 6	12.000	18.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	28 2)
7	GR Observer7	24.000	36.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	30 2)
8	GR Observer 8	24.000	27.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
9	GR Observer 9	24.000	18.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	31 2)

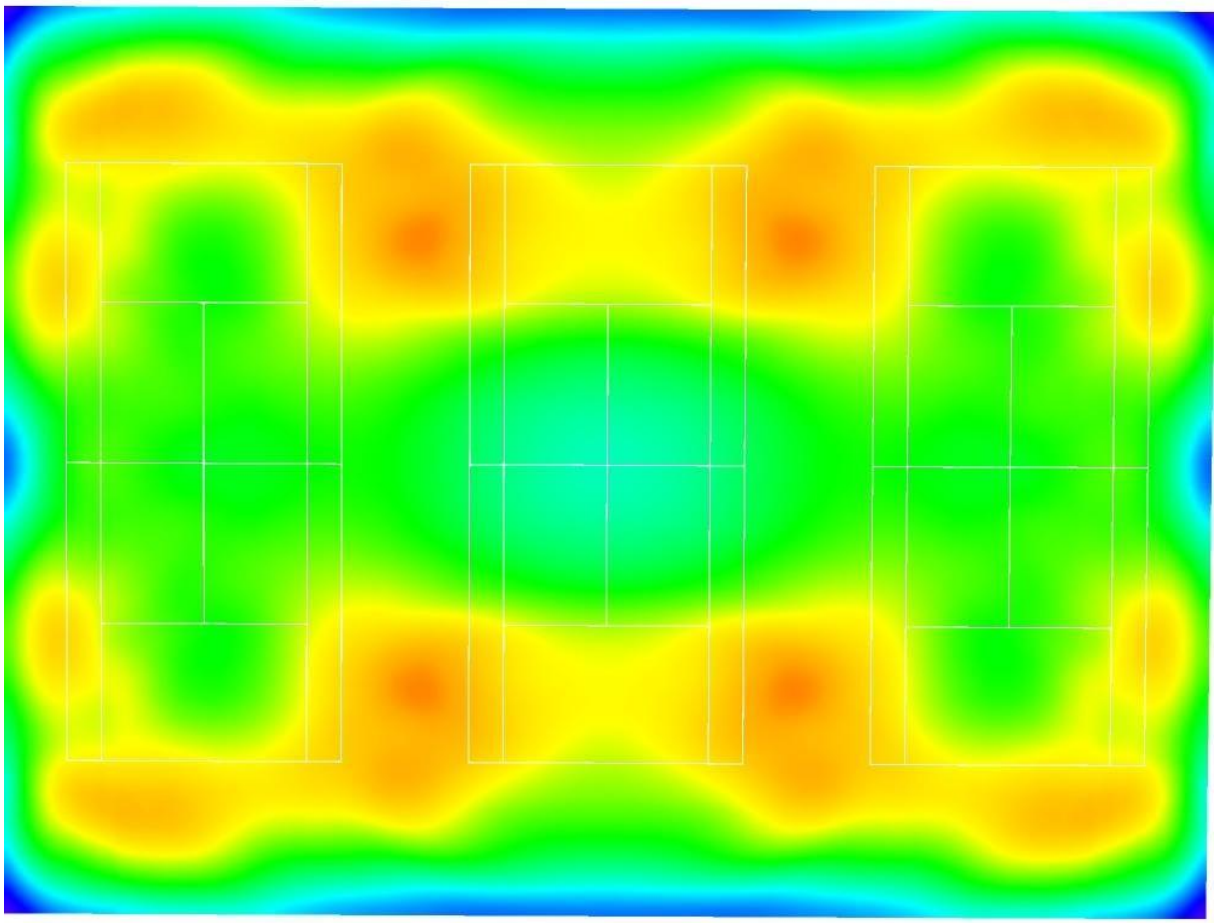
2) The calculated equivalent veil luminance of the environment is based on the assumption of a complete diffuse reflection behavior of the environment (acc. EN 12464-2).

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / False Color Rendering



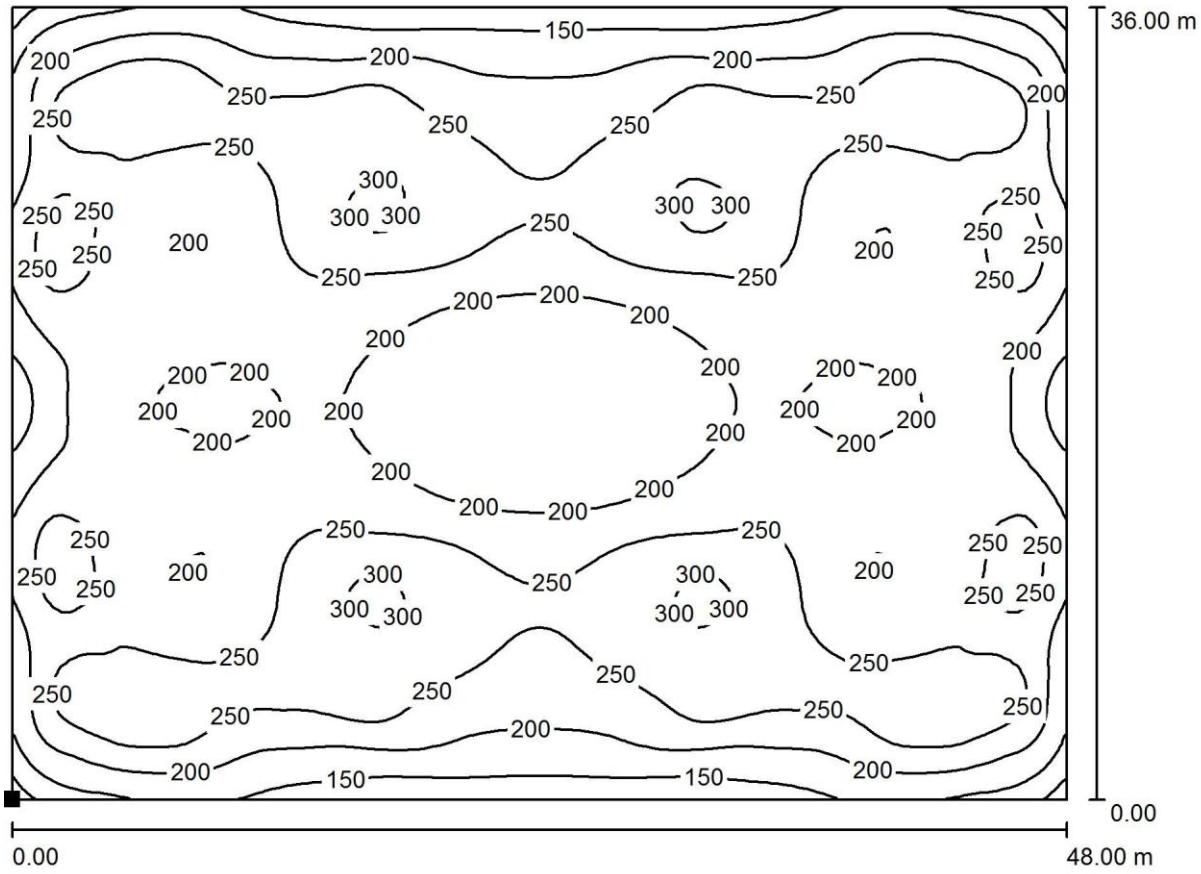


FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / Ground Element 1 / Surface 1 / Isolines (E)



Values in Lux, Scale 1 : 344

Position of surface in external scene:

Marked point:
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Grid: 128 x 128 Points

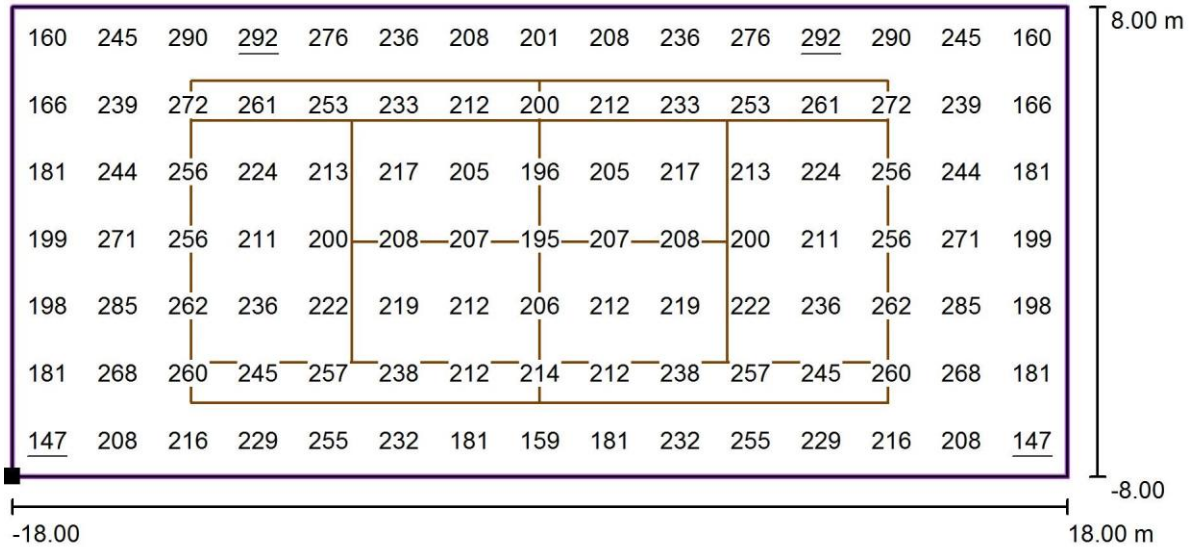
E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
224	78	312	0.348	0.250

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

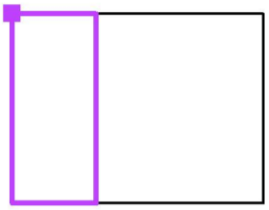
Exterior Scene 1 / Tennis 1 Calculation Grid (PA) /Value Chart (E, Horizontal)



Values in Lux, Scale 1 : 258

Position of surface in external scene:

Marked point:
(0.000 m, 36.000 m, 0.000 m)



Grid: 15 x 7 Points

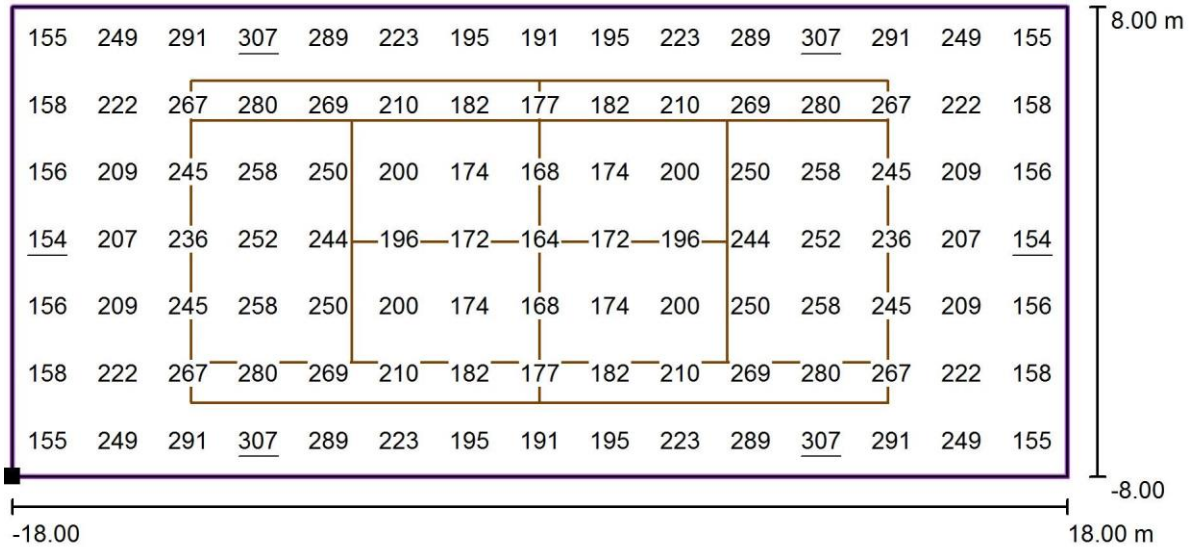
E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
226	147	292	0.65	0,50

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

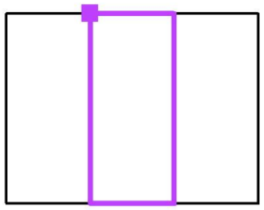
Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

Exterior Scene 1 / Tennis 2 Calculation Grid (PA) / Value Chart (E, Horizontal)



Values in Lux, Scale 1 : 258

Position of surface in external scene:
Marked point: (16.000 m, 36.000 m, 0.000 m)



Grid: 15 x 7 Points

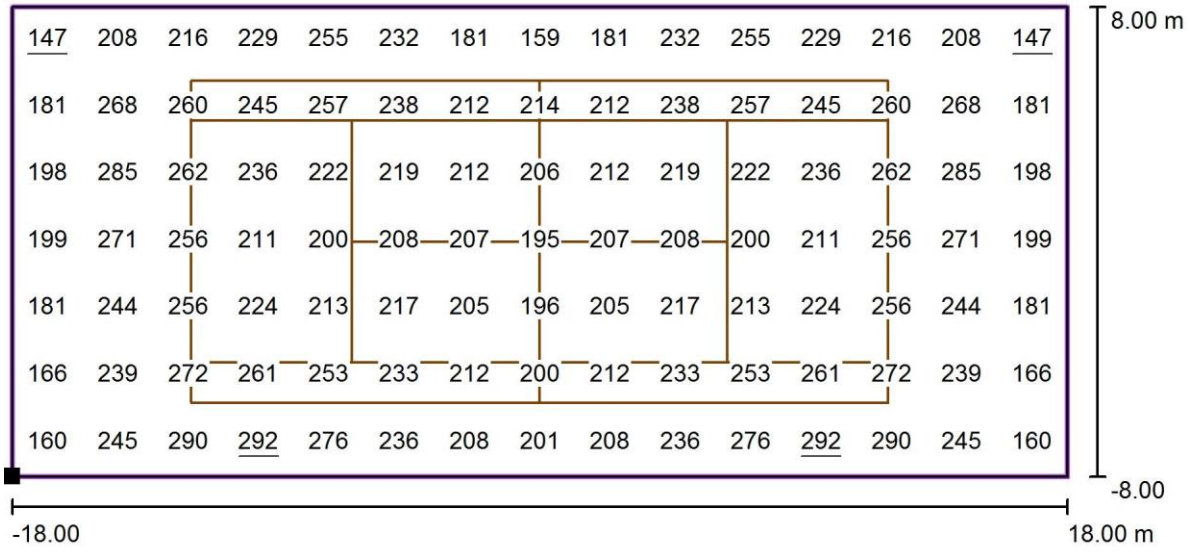
E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
222	154	307	0.69	0.50

FERIT Osijek

Trpimirova 2B
31000 Osijek

Operator Darko Jakus
Telephone 0995046816
Fax
e-Mail djakus@etfos.hr

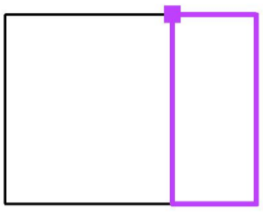
Exterior Scene 1 / Tennis 3 Calculation Grid (PA) / Value Chart (E, Horizontal)



Values in Lux, Scale 1 : 258

Position of surface in external scene:

Marked point:
(32.000 m, 36.000 m, 0.000 m)



Grid: 15 x 7 Points

E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0	E_{min} / E_{max}
226	147	292	0.65	0.50