

Osvjetljenje sportskih dvorana

Dragana Motika
Univerzitet u Istočnom Sarajevu
Elektrotehnički fakultet
Istočno Sarajevo, BiH
draganamotika@yahoo.com

Nada Cincar, Božidar Popović
Univerzitet u Istočnom Sarajevu
Elektrotehnički fakultet
Istočno Sarajevo, BiH
nada.cincar@etf.unssa.rs.ba
bozidar.popovic@etf.unssa.rs.ba

Sažetak— U radu je detaljno objašnjeno električno osvjetljenje sportskih objekata, prikazani su zahtjevi za efikasnim osvjetljenjem i navedeni su izvori svjetlosti koji se koriste za osvjetljenje sportskih objekata. Pored toga, opisan je značaj i način osvjetljenja sportskih dvorana. Definirani su električni izvori svjetlosti koji se primjenjuju. Prikazan je i konkretan praktični primjer mjerenja osvjetljenja sportske dvorane.

Ključne riječi—električno osvjetljenje sportskih objekata; luksmetri; električni izvori svjetlosti; osvjetljenje sportskih dvorana

I. UVOD

Neosporno je da je uživanje u praćenju nekog sportskog događaja najveće ako se on odvija pri dnevnoj svjetlosti i lijepom vremenu. Ipak, savremeno radno vrijeme je dovelo do toga da se većina sportskih takmičenja organizuje u večernjim satima, tako da je vještačko osvjetljenje postalo nezaobilazna faza u izgradnji novih ili rekonstrukciji postojećih sportskih objekata. Prema vizuelnim zahtjevima svi korisnici sportskih objekata mogu se svrstati u četiri karakteristične kategorije:

- takmičari,
- službena lica (sudije, predstavnici sportskih događaja),
- gledaoci i
- mediji (fotografi i snimatelji) [2].

Vidno polje je različito za različite kategorije korisnika, jer se u slučaju takmičara (često i sudija) položaji aktera mijenjaju što dodatno komplikuje rješavanje problema kvalitetnog osvjetljenja određenog sportskog objekta. Osvjetljenje postiže svoj cilj ako omogući jasno raspoznavanje svih detalja takmičenja, bez obzira da li se događaj prati sa samog terena, iz gledališta ili preko TV ekrana.

Osvjetljenost neke površine mjeri se u luksima [lx] i predstavlja izvedenu jedinicu. Osvjetljenost je srazmjerna sa svjetlosnim intenzitetom, a obrnuto srazmjerna sa kvadratom rastojanja između izvora i tačke (posmatrača) [1].

Instrumenti za mjerenje osvjetljenja nazivaju se luksmetri. Moderni luksmetri imaju mogućnost mjerenja osvjetljenja u veoma širokom opsegu 10^5 - 10^6 [lx]. Prema načinu usmjeravanja svjetlosti na radnu površinu postoji pet sistema osvjetljenja:

- direktno osvjetljenje,
- poludirektno osvjetljenje,
- mješovito osvjetljenje,
- indirektno osvjetljenje,
- poluindirektno osvjetljenje.

Direktno osvjetljenje je najekonomičnije osvjetljenje, ali je ravnomjernost osvjetljenja mala. Kod indirektnog osvjetljenja svjetlost je usmjerena ka površini kao što je zid, koja ga odbija nazad. Mješovito osvjetljenje postiže optimalan odnos ekonomičnosti i ravnomjernosti. Kod mješovitog osvjetljenja izvor svjetlosti je postavljen direktno iznad ili malo ispred mjesta za sjedenje, što stvara neprijatne sijenke kad se osoba koja tu sjedne nagne naprijed [1].

U poglavlju II ovog rada navedeni su zahtjevi za efikasnim osvjetljenjem. Treće poglavlje je posvećeno električnom osvjetljenju zatvorenih prostora. Objašnjen je značaj osvjetljenja sportskih objekata. Posljednje poglavlje prikazuje praktičan primjer mjerenja osvjetljenja sportskih dvorana

II. ZAHTJEVI ZA EFIKASNIM ELEKTRIČNIM OSVJETLJENJEM

Da bi neki prostor bio efikasno osvjetljen moraju biti zadovoljeni sljedeći zahtjevi:

- ravnomjernost osvjetljenja,
- dovoljna osvjetljenost,
- izbjegavanje blještanja,
- izbjegavanje stroboskopskog efekta,
- dobre sjene i
- dobro prepoznavanje boja [1].

Standardima je takođe propisana potrebna ravnomjernost osvjetljenja [8]. Ravnomjernost osvjetljenja se definiše kao odnos minimalne i srednje vrijednosti osvjetljenosti u prostoriji:

$$\rho = \frac{E_{\min}}{E_{\text{sred}}} \quad (1)$$

Dobro raspoznavanje boja se postiže tako što se biraju izvori svjetlosti sa bojom koja odgovara boji dnevne svjetlosti. Takođe se mora voditi računa o florescentnim i uglačanim površinama, kao i pregradama koje smanjuju optičku vidljivost a time i osvjeljenost ako postoje u posmatranom objektu. Proračun električnog osvjeljenja se danas većinom vrši pomoću računara, ali se može i praktično izračunati kao:

$$\Phi_p = 1,7 * E * A \quad (2)$$

gdje je: Φ_p - potreban fluks svjetlosti,

E - potrebna osvjeljenost,

A - površina prostorije.

Potreban broj svjetiljki se određuje po formuli:

$$\eta = \frac{\Phi_p}{\Phi_s} \quad (3)$$

gdje je Φ_s svjetlosni fluks odabrane svjetiljke.

Električne instalacije osvjeljenja sportskih objekata mogu biti relativno jednostavne, ali i veoma kompleksne zavisno od namjene. Instalacije u glavnom razvodnom ormaru su jednostavne, ukoliko je predviđena rasvjeta samo za nivo rekreacije i treninga. U ovom slučaju se najčešće projektuje samo jedna mogućnost uključenja instalacije osvjeljenja za cijelu površinu igrališta. Ukoliko je teren višenamjenski, treba isprojektovati instalacije osvjeljenja tako da se može uključivati po pojedinačnim segmentima koji su određeni dimenzijama terena. Za osvjeljenje sportskih objekata najčešće se koriste fluo cijevi, halogeni, metal-halogeni i natrijumovi izvori visokog pritiska, u posljednjem period i LED rasvjeta [2]. Prilikom izbora izvora svjetlosti, moraju se imati u vidu sledeći opredjeljujući faktori:

- vrsta objekta (otvoren/zatvoren),
- nivoi sportskih aktivnosti u objektu,
- svjetlosna iskoristivost izvora,
- indeks reprodukcije boje izvora,
- vijek trajanja izvora,
- temperatura boje izvora,
- oblik i dimenzije izvora svjetlosti, i
- troškovi investicije i održavanja [5].

Za svaku sportsku disciplinu definisane su dimenzije glavog terena karakteristične za tu vrstu sporta i to je stvarna površina terena (Principal Area-PA).

Sportovi kao što su tenis, stoni tenis i odbojka se odvijaju i značajno izvan zvanično obilježenog glavnog terena. U tim slučajevima se definiše ukupna površina za takmičenje (TA), a ona uključuje i službeno obilježeni teren (PA). Posmatrajući potrebu za osvjeljenjem, ovde se tretira kompletna površina TA [4].

U tabeli I prikazane su najvažnije karakteristike izvora svjetlosti koji se koriste za osvjeljenje sportskih objekata. Svjetiljke koje se koriste za osvjeljenje sportskih objekata nazivaju se još i reflektori ili projektori. Po pravilu se radi o čvrstim mehaničkim konstrukcijama visokog stepena zaštite (do IP65 kod svjetiljki namjenjenih osvjeljenju otvorenih sportskih objekata). Prilikom izbora reflektora, mora se strogo voditi računa i o njegovim električnim i mehaničkim osobinama, a ukoliko se koristi za osvjeljenje bazena, i o otpornosti na korozione efekte [4].

TABELA I. IZVOR SVJETLOSTI ZA OSVJETLJENJE SPORTSKIH OBJEKATA [6]

Izvor svjetlosti	Snaga do [W]	Svjetlosna iskoristivost do [lm/W]	Pridružena temperatura Boje [K]	Indeks reprod. Boje [Ra]
Halogeni	2000	30	2800-3300	100
Fluo cijev	58	100	2500-6500	60-90
Natrijumov izvor visokog pritiska	1000	150	2000-2500	20-80
Metal-halogeni	3500	95	3500-6500	65-95

III. OSVJETLJENJE SPORTSKIH DVORANA

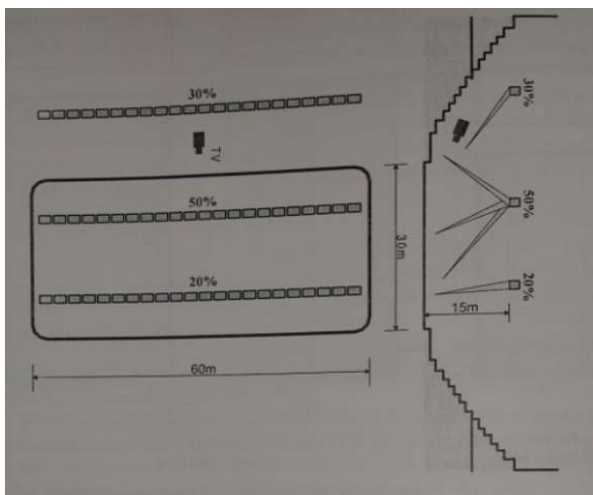
Zatvoreni sportski objekti gotovo nikada nisu namjenjeni jednoj vrsti sporta. Najčešće su to višenamjenske sportske dvorane. Standardnu instalaciju osvjeljenja koja bi mogla da zadovolji zahtjeve svakog od sportova, nije moguće ostvariti. Električno osvjeljenje mora da odgovara svojoj namjeni. Blještanje i gubitak kontrasta u dvorani je moguće izbjeći izbjegavanjem providnih dijelova krova iznad terena. Ukoliko neki dijelovi krova moraju da budu providni, najbolje je koristiti difuzne materijale, postavljene iznad dijelova sale koji odvajaju pojedine terene u njoj. Smještaj reflektora takođe treba izbjegavati iznad terena i glava igrača, kada je to moguće [4].

Postoji nekoliko različitih tipova sportskih dvorana:

- sportske sale,
- sportske hale, i
- sportske arene.

Sve školske sale i dvorane namjenjene rekreativnom bavljenju sportom se ubrajaju u sportske sale. Njihova visina je do 7 m i ne posjeduju tribine za gledaoce. Za osvjeljenje sportskih sala koriste se svjetiljke sa fluo cijevima. Dvorane

čija je visina veća od 7 m su sportske hale. One imaju rukometni teren (20x40) za aktivnu sportsku površinu, opremljene su tribinama za gledaoce i uključuju mogućnost instalacije osvjjetljenja za TV prenose. Za njihovo osvjjetljenje koriste se svjetiljke sa fluo cijevima i reflektori sa metal – halogenim izvorima. Sportske arene su višenamjenski sportski objekti velike visine, sa aktivnim sportskim površinama većim od rukometnog terena pa sve do mogućnosti postavljanja atletske staze [5]. Sistem osvjjetljenja sportskih arena zavisi od aktivnosti kojima je arena namjenjena, pa se ne može generalno opisati, ali konačno rješenje sistema osvjjetljenja mora da zadovolji potrebe igrača, gledalaca kao i zahtjeve za TV prenose. Na slici 1 je prikazan primjer rasporeda reflektora u sportskim halama i arenama, koji obezbjeđuje i uslove za TV prenose.



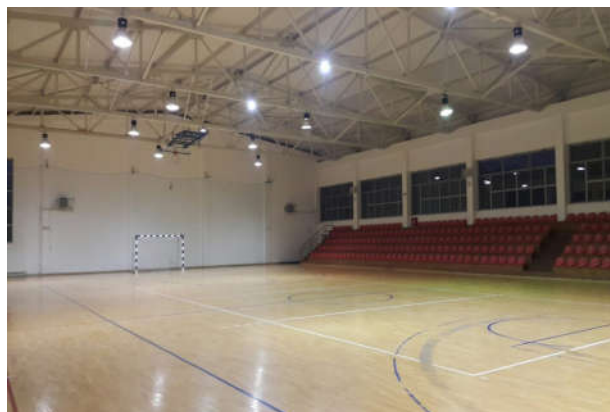
Slika 1. Primjer rasporeda reflektora u sportskim halama i arenama

IV. MJERENJE OSVJETLJENOSTI SPORTSKIH DVORANA

Osnovna svrha instalacije sistema rasvjete sportske dvorane je kvalitetno i sigurno odvijanje sportskog događaja. Uopšteno govoreći, rasvjeta sportske dvorane mora omogućiti sportistima nesmetano bavljenje sportom, te prisutnim i televizijskim gledaocima nesmetano praćenje sportskog događaja. Sportske dvorane se mogu koristiti za različite sportove, pa se potrebe vezane za rasvjetu mijenjaju. Standardno raspoređene svjetiljke predstavljaju najčešće rješenje. Svjetiljke u sportskim dvoranama moraju biti otporne na udarce. Ukoliko lopta udari u svjetiljku, ona mora biti otporna na bilo kakvo oštećenje zbog kojeg bi dijelovi svjetiljke mogli pasti na tlo. Za dobar pogled na cijelo igralište važno je osigurati jednoliku osvjjetljenost cijele dvorane i osvjjetljenost od bar 200 [lx] [3]. Kao mjerač osvjjetljenosti korišteni su digitalni luksmetri *VOLTCRAFT MS-1300* i *LX1010B*.

Mjerenje osvjjetljenja je izvršeno sa parketa dvorane pomoću dva luksmetra različitih klasa tačnosti. Kao izvor svjetlosti upotrijebljene su svjetiljke sa fluo cijevima, što je karakteristično za sportske sale. Izmjerena visina dvorane iznosi 6.30 [m]. Osvjetljenje je mjereno u karakterističnim tačkama dvorane za rukometni, košarkaški i odbojkaški teren i uočene su bitne razlike. Između prethodna dva luksmetra postoje male razlike, koje ih karakterišu jer su različitih klasa

tačnosti. Jako male razlike između ovih instrumenata ukazuju na to da i mjerenja u karakterističnim tačkama moraju biti približno ista. Na slici 2 prikazana je sportska dvorana u Istočnom Sarajevu (sportska dvorana Osnovne škole Aleksa Šantić, Vojkovići) u kojoj su vršena određena mjerenja.

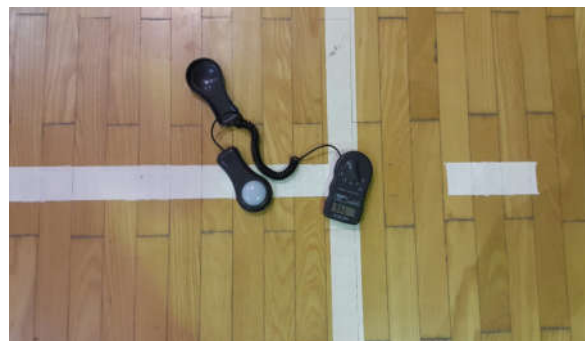


Slika 2. Sportska dvorana u Istočnom Sarajevu

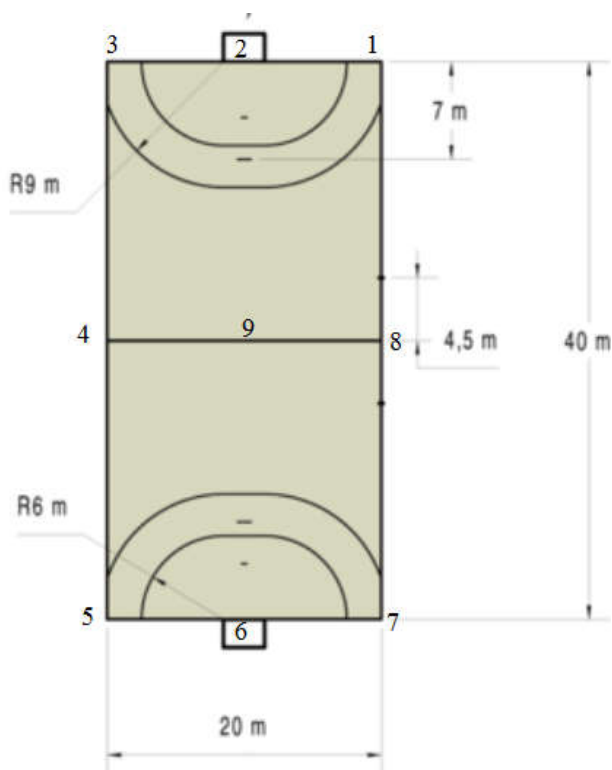
TABELA II. IZMJERENE VRIJEDNOSTI OSVJETLJENJA ZA RUKOMETNI TEREN U KARAKTERISTIČNIM TAČKAMA

	VOLTCRAFT MS-1300	LX1010B
	M1[lx]	M2[lx]
1.	34	34.2
2.	41	42
3.	20	21
4.	38	38.1
5.	39	39.6
6.	84	85
7.	60	60.3
8.	76	78
9.	90	91

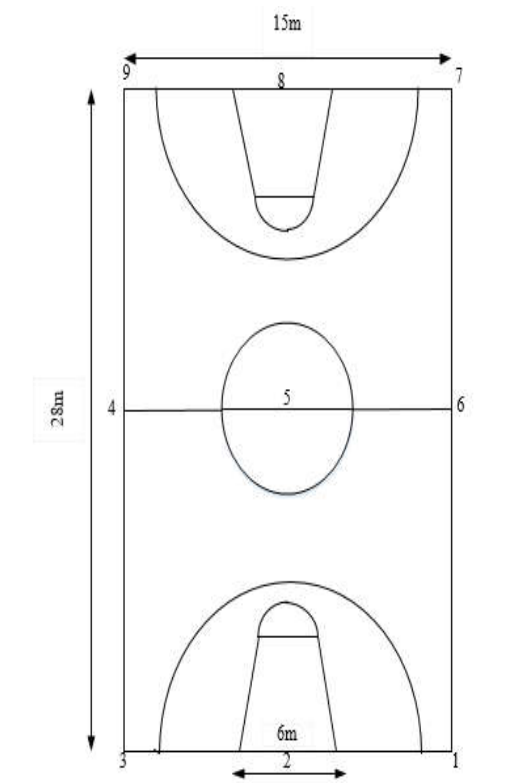
Na slici 3 je prikazano mjerenje osvjjetljenja u karakterističnoj tački terena.



Slika 3. Mjerenje osvjjetljenja u karakterističnoj tački terena



Slika 4. Rukometni teren sa karakterističnim tačkama



Slika 5. Košarkaški teren sa karakterističnim tačkama

TABELA III. IZMJERENE VRIJEDNOSTI OSVJETLJENJA ZA KOŠARKAŠKI TEREN U KARAKTERISTIČNIM TAČKAMA

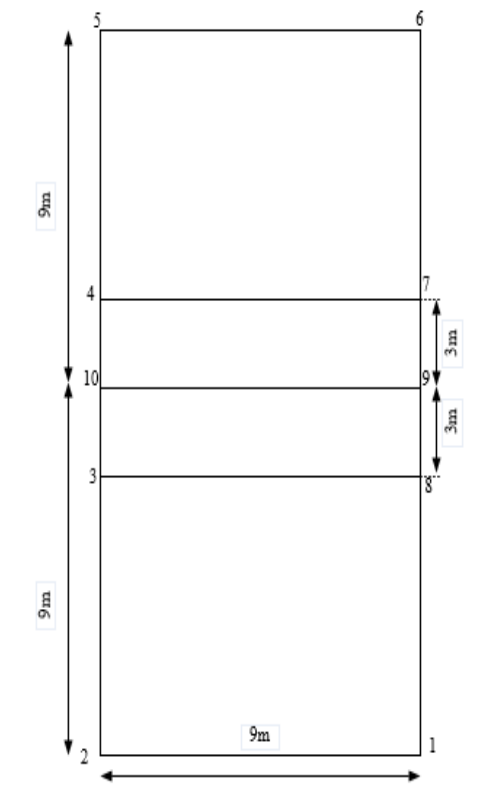
VOLT CRAFT MS-1300		LX1010B
M1[lx]		M2[lx]
1.	64	65
2.	145	147
3.	127	126
4.	98	99
5.	92	91
6.	65	66
7.	51	52
8.	119	120
9.	89	90

Na slici 5 je prikazan košarkaški teren sa stvarnim dimenzijama terena i karakterističnim tačkama.

TABELA IV. IZMJERENE VRIJEDNOSTI OSVJETLJENJA ZA ODOJKAŠKI TEREN U KARAKTERISTIČNIM TAČKAMA

VOLT CRAFT MS-1300		LX1010B
M1[lx]		M2[lx]
1.	133	131
2.	123	122
3.	78	76
4.	92	91
5.	118	120
6.	114	112
7.	106	105
8.	89	88
9.	91	90
10.	83	82

Na slici 6 je prikazan odbojkaški teren sa stvarnim dimenzijama terena i karakterističnim tačkama.



Slika 6. Odbojkaški teren sa karakterističnim tačkama

Iz prethodnih podataka se može doći do zaključka da je sportska dvorana nije propisno osvijetljena, mada je izgrađena u periodu od 2009. do 2011. godine. Potrebno je pregledati sva rasvjetna tijela, raspored, snagu postavljenih rasvjetnih tijela, stanje reflektujuće površine. Najbolje osvijetljenje je na sredini dvorane i slabije za 50% od minimalno potrebnog. Mjerenja su pokazala da je na ivicama terena puno slabije osvijetljenje tako da se definitivno može zaključiti da je potrebno napraviti rekonstrukciju osvijetljenja. Višenamjenska dvorana zahtjeva i višenamjensku rasvjetu. S obzirom na to da je ova dvorana višenamjenska, svjetiljke trebaju biti otporne na udarce, a one koje ne zadovoljavaju ovim zahtjevima trebaju se ukloniti iz dvorane. Kako je za dobar pogled na cijelo igralište sportske dvorane važno osigurati osvijetljenost od minimalno 200 [lx], ranije je zaključeno da ova dvorana nije dovoljno osvijetljena da bi zadovoljila standarde kojima su definisani zahtjevi kojima bi osvijetljenje ispunilo očekivanja korisnika. Za postizanje više osvijetljenosti u dvoranama svjetiljke mogu biti ili gušće raspoređene ili opremljene snažnijim žaruljama. Prilikom usputnog mjerenja osvijetljenja radnog stola, ono je iznosilo 122 [lx]. Osvjetljenje zavisi od visine na kojoj se mjerenje vrši. Najbolji rezultati bi bili oni mjereni u nivou očiju.

V. ZAKLJUČAK

Većina sportskih takmičenja se organizuje u večernjim satima, tako da je vještačko osvijetljenje faza koja se ne može zaobići u izgradnji novih ili rekonstrukciji postojećih sportskih objekata. Kvalitetno osvijetljenje određenog objekta postiže se uz dobro proučavanje i precizno definisanje osnovnih zahtjeva koje je potrebno ispuniti da bi se postigli dobra vidljivost i dovoljan vidni komfor.

Postoje standardi u kojima su specifikirani zahtjevi koji moraju biti ispunjeni da bi osvijetljenje ispunilo zahtjeve odnosno očekivanja korisnika [8]. Svaka zemlja ima svoje nacionalno tijelo za standardizaciju koje donosi standarde, a tijela za ocjenjivanje usaglašenosti izdaju sertifikate ukoliko proizvod ispunjava zahtjeve relevantnog standarda.

LITERATURA

- [1] Momir B. Kostić, Teorija i praksa projektovanja električnih instalacija, drugo prošireno izdanje, Akademska misao Beograd 2005.
- [2] <http://www.knjizara.com/Teorija-i-praksa-projektovanja-elektricnih-instalacija-Miomir-Kostic-94889>.
- [3] BAS EN 12193:2014 – Rasvjeta sportskih objekata,
- [4] Amir Halep “Električne instalacije i osvetljenje” http://www.4shared.com/office/kD6YztmW/Amir_Halep_-_Elektricne_instal.html.
- [5] Momir B.Kostić “Teorija i praksa projektovanja električnih instalacija”,
- [6] Dragana Motika, Nada Cincar, Božidar Popović “Električno osvijetljenje i njegov značaj” http://www.bas.gov.ba/images/upload/glasnik/clanak1_1_2_15.pdf
- [7] BAS EN 13032-1:2004+A1:2012 - Mjerenje i prikaz fotometrijskih podataka za sijalice i svjetiljke, I.dio: Mjerenje i oblik podataka,
- [8] BAS EN 12665:2012 - Osnovni pojmovi i kriterijumi za utvrđivanje zahtjeva za osvijetljenje

ABSTRACT

The lighting is unavoidable phase in construction of new or reconstruction of existing objects. In order to achieve quality lighting it is necessary to study and precisely define primary requirements that need to be fulfilled in order to achieve good visibility and sufficient visual comfort. The requirements for efficient electrical lighting of sports halls are represented during work, as well as recommendations for efficient lighting of sport as well as other objects, open or closed.

THE LIGHTING OF SPORTS HALLS

Dragana Motika
Nada Cincar
Božidar Popović