

## Ukrasno drveće i osvetljenost središnjeg dela Beograda

*Nebojša Anastasijević*

*Odsek za pejzažnu arhitekturu i hortikulturu, Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu*

### **Abstract:**

*Anastasijević, N., Ornamental trees and illumination of central Belgrade. Proceeding of the 7<sup>th</sup> Symposium on Flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions, Dimitrovgrad, 2002.*

Leaf density of most frequently used tree species in urban landscape of Belgrade differs considerably. Manifold consequences arise from this variety: diverse heating level under the tree and surrounding inert areas, distinct variation in air humidity around particular trees, very divergent shadowiness under tree crowns. Variation in illumination (level of light) caused by different crown density directly affects "helioplastics" of the site, and has great impact on general character and basic aesthetics of street landscape as a whole, especially in central city zones.

**Key words:** illumination, ornamental trees, central Belgrade.

### **Uvod**

Količina sunčevog zračenja koje dolazi na gornju granicu atmosfere veoma je velika, a samo fenomen odbijanja velikog dela ove moćne energije čini da je život na planeti uopšte moguć. Intenzitet Sunčevog svetla na površini Zemlje znatno umanjuju oblaci, a realna dnevna svetlost kojom operiše biologija ima nekoliko karakterističnih termina, upotrebljivanih za opis pojava koje definišu različite energetske karakteristike zračenja. Sem osnovnog pojma, *svetlost*, operiše se i svetlosnim protokom, svetlosnim fluksom, intenzitetom osvetljenja, dozom osvetljenja, itd. Za intenzitet, jačinu osvetljenosti neke površine, na fizičkom nivou često se koristi i termin *količina svetla*, a ona se izražava u luksima (lx); on se definiše kao osvetljenost jedinične površine (1 m<sup>2</sup>) na koju pada ravnomerno raspoređen svetlosni tok (fluks) od 1 lm (lumen). Jačina, intenzitet osvetljenja ili jednostavnije *osvetljenost* kao pojam koji kvantifikuje neke osobine sunčeve energije na samoj površini tla ili u njenoj neposrednoj blizini (do visine krošnji najvećih biljaka) ima najveći značaj u šumarstvu, opštoj biologiji i botanici, a isto tako i u urbanističkim i pejzažnoarhitektonskim naporima da se gradski pejzaž učini prijatnijim sa gledišta

njegove letnje prevelike, odnosno zimske nedovoljne osvetljenosti. Ne zanemarujući činjenicu da različite vrste biljaka imaju različite potrebe za minimalnom osvetljenošću da bi prinosi bili optimalni (na primer, grašak 1100 lx, kukuruz do 1800 lx, pšenica gotovo 2000 lx, kako navodi Mihalić, 1985), treba reći da je opstanak uobičajenih ukrasnih biljaka u gradskom pejzažu moguć na našim geografskim širinama i pri mnogo nižim vrednostima osvetljenosti (Larher, 1978). To omogućuje ne samo velika prilagodljivost gotovo svih vrsta biljaka na velike promene svetlosnih uslova tokom dana, tokom vegetacionog perioda ili tokom godine, nego i činjenica da *albedo* (odnos reflektovane i ukupne energije pristigle na površinu, u gradskom pejzažu obično znatno veći nego u prirodi), kao svojevrsan fenomen refleksije vrlo često uvećava na površini tla raspoloživu svetlost (Bridgeman, 1976), pa mnoge ukrasne biljke, posebno one niske, uspevaju čak i kad egzistiraju u vrlo redukovanim uslovima sa gledišta osvetljenosti. To se isto tako odnosi i na visoke individue drveća, one strukture u gradskom pejzažu kojima se vrlo često kao jedna od funkcija pripisuje i zaštita od prejakog osvetljenja, refleksa ili bleštanja, koji nastaju kao rezultat odbijanja dela

zračenja o veoma glatke površine stakla, metala ili asfaltno-betonskih ploča.

Kako se mnogi temeljni podaci o Sunčevoj radijaciji dobijaju od meteoroloških službi (intenzitet globalnog Sunčevog zračenja, trajanje zračenja, intenzitet UV i ICR zračenja, itd), stvarnu situaciju sa gledišta stepena osvetljenosti urbanog područja, slično kao kad se radi o šumama i poljoprivrednim površinama, moguće je efikasno dobiti merenjem i upoređivanjem rezultata osvetljenosti izmerenih luksmetrom. Budući da omogućuje brzo i neposredno očitavanje (kad je na vreme i redovno baždaren), luksmetar predstavlja efikasan instrument za upoređivanje nekad vrlo suptilnih razlika između različitih područja osvetljenih punim Sunčevim svetlom, zatim zona polusenki i sasvim zasenčenih prostora u gradskom pejzažu. Helioplastika, uostalom, počiva i na tim razlikama, a ne samo na manipulacijama činjenicom da se senka predmeta menja po obliku i kreće tokom dana i vremena uopšte. Uz pomoć luksmetra je, dakle, moguće i neposredno upoređivanje efikasnosti pojedinih vrsta ukrasnih biljaka u pogledu regulisanja uslova osunčanosti u zelenim površinama, odnosno u širem smislu u urbanom pejzažu čiji su biljke strukturni deo.

## Materijal i metod

Na trideset lokaliteta u najužem centru Beograda, među kojima se neki nalaze na različitim parcelama centralnih gradskih parkova, obavljeno je merenje (u tri serije) intenziteta osvetljenja (osvetljenosti) na dve tačke: neposredno uz odabrane primerke stabala odraslog drveća (najčešće vrste u zelenim površinama Beograda) i ispod krošnji istih individua, na zasenčenom delu koji je vizuelno izgledao najtamniji (zona "najdebljeg lisnog filtera"). Merenja su vršena što je moguće više jednoobrazno: fotočelijom instrumenta uperenom direktno u Sunce, i u osvetljenoj i u zasenčenoj zoni. Kao što je i uobičajeno u sličnim radovima (Kolić, 1969), vodilo se računa da osenčenost bude homogena u zoni merenja, odnosno da se što je moguće više izbegnu svetla područja nastala kretanjem lisne mase tokom merenja. Može se reći da su izneseni rezultati dobijani uvek u okviru određene margine i do uobičajenog nivoa (do oko 5% odstupanja) zavisno od položaja fotočelije. Oni se, što je vidljivo u **Tab. 1**, odnose na kontinuirane promene očitavanja zbog (metodski i predviđenog) sistematskog pokretanja fotočelije instrumenta oko horizontalne ose za približno 15 stepeni. Vrednosti su beležene u svakom merenju kad se digitalna vrednost očitane osvetljenosti

(izražena neposredno u luksima) zadržavala na ekranu dovoljno dugo da je zapisivanje bilo moguće (oko 1 sekunde). Sve vrednosti su očitavane na istom području skale instrumenta, čime su izbegnute izvesne tehničke razlike zbog različitog reagovanja fotočelije, izazvanog specifičnim uticajem reflektovanih zrakova na pojedina merna područja, odnosno zone očitavanja. Nema ni najmanje sumnje da je u većini očitavanja određeni uticaj na krajnju vrednost imao albedo, promenljiv ne samo zbog pokretanja fotočelije za 15<sup>0</sup>, nego i zbog dodatne refleksije od vozila, zastakljenih površina i drugih glatkih ravni u blizini, iako je učinjen napor da se uticaj povremenog reflektovanog svetla svede na najmanju meru. Instrument kojim je merenje vršeno marke je *EXTECH*, model 401025, a sva merenja su obavljena tokom leta 2001. godine.

## Rezultati i diskusija

Redukovanje osvetljenosti na ulicama i u parkovima centra Beograda ima veliki značaj u letnjem periodu, ne samo zbog intenziteta osvetljenosti grada koja je posledica geografskih uslova i zato sama po sebi velika, nego i zato što u centralnom gradskom jezgru postoji vrlo veliki broj površina koje intenzivno reflektuju svetlost. Takve su, sem asfaltnih i betonskih ploča duž kolovoza i trotoara, i velike zastakljene površine većine savremenih građevina (tržni centar na Trgu republike jeste izrazit primer), velike staklene površine izloga, metalne i uglačane plastične površine kioska, sjajna vozila i različite privremene strukture na ulicama, odnosno trotoarima (npr. privremene letnje bašte sa mnogobrojnim bleštavim detaljima). Polazeći od činjenice da je redukcija opšte osvetljenosti koju prouzrokuju krošnje drveća sama po sebi nesporna i da se u skladu s tom činjenicom može zapaziti kako prolaznici često i po cenu velikih zaobilaženja biraju ulice u kojima će leti koristiti senku drvoreda (Bunuševac, 1977; Kulen, 1990), zapaženo je već u prvim merenjima da je sasvim tačan podatak koji, pored ostalih, navodi Daubenmire (1959), prema kome krošnje šumskog drveća prosečno redukuju osvetljenost za oko 90%, a da u mnogim slučajevima redukcija iznosi i 99%. Slični su rezultati dobijeni u gotovo svim slučajevima tokom ovih merenja, naročito onih obavljenih za vreme punog sunčevog sjaja, tj. u trenutku kad na nebu nije bilo oblaka. Iz tabele se zapaža da je prosečna vrednost redukovanja osvetljenosti u tim časovima 89-96%. Iako su kao objekti istraživanja stepena redukovanja većinom, dakle namenski, birane vrste (i individue

Tabela 1. Uticaj krošnji pojedinih vrsta drveća u centru Beograda na osvetljenje

Osvetljenje (u lx) pored i pod krošnjama odabranih individua drveća u najužem centru Beograda			
Vrsta i lokalitet	Osvetljenje na suncu	Osvetljenje pod krošnjom	Primedba
15.07.2001. 15,00 sati			
<i>Morus nigra</i> L. (ul. Kraljevića Marka)	11400 13800 12200	1360 1500 1240	
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh. (Trg republike)	8300-11000 9200-9600 1050-11500	850-3050 650-1700 550-2250	Veoma visok stepen promena osvetljenosti usled živog saobraćaja
<i>Tilia argentea</i> Desf. (ul. Makedonska)	9500-1050 8800-11500 10050-11600	450-1300 600-950 550-1400	
<i>Platanus x acerifolia</i> (Ait.) Willd. (ul. Makedonska)	8500-8800 9600-10550 8800-10020	450-1300 650-950 550-1400	
<i>Acer platanoides</i> L. (ul. Hilendarska)	8500-8800 9200-10500 10850-11550	450-1300 600-950 550-1400	
<i>Acer pseudoplatanus</i> L. (29. novembra)	7400-8500 8600-8800 8900-9500	400-1600 550-2000 450-1650	
Botanička bašta ( <i>Tilia sp.</i> , <i>Aesculus sp.</i> , <i>Fraxinus sp.</i> )	8500-8600	550-680	Vrlo gust sklop; razlike između osvetljenih i zasenčenih zona oštre
19,00 sati			
<i>Acer platanoides</i> L. (ul. Čarli Čaplina)	4150-4300 2800-3200	380-450 600-650	Slaba osvetljenje čitave ulice, oblačnost velika
<i>Tilia argentea</i> Desf. (kod hale Pionir)	2350 1800-3120	620 480-750	
29.07.2001. 14,00 sati			
Park kod Ekonomskog fakulteta			
<i>Platanus x acerifolia</i> (Ait.) Willd.	11500-13850 8800-9300	1250-1400 600-750	
<i>Acer dasycarpum</i> Ehrh.	9800-10600	1200-1450	
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	9600-11400	880-1250-1400	
Ulica Gavrila Principa			
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	9900-10350	1800-2050	
<i>Tilia parvifolia</i> Ehrh.	10100-10870	1760-1950	
<i>Ailanthus altissima</i> Desf.	10060-10750	450-850-3250	Jak vetar utiče na promene osvetljenosti
<i>Cerasus avium</i> L.	9200-9850	400-650-800-3860	
Terazijski park			
<i>Populus nigra</i> L.	8400-9200	750-2050	
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	4800-6400 7600-8400	1100-1300 1850-2300	Izražena oblačnost
<i>Pseudotsuga taxifolia</i> (Lamb.) Britt.	4800-6050	1700-1860	Izražena oblačnost
Terazije			
<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	3400-4800	1900-2400	Izražena oblačnost
<i>Acer platanoides</i> L.	4200-4600	1600-1850	Izražena oblačnost
<i>Platanus x acerifolia</i> (Ait.) Willd. (Trg N. Pašića)	9600-10100 9400-10800	450-650 1650-1800	Nebo čisto, trg vrlo jasno i izraženo osvetljen
Pionirski park			
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.	9600-10800	1850-2050	
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	9300-10500	1250-1370	
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	10500-10800	1950-2150	

<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	9900-10150	1300-1450	
<i>Quercus pedunculata</i> Ehrh.	8600-9200	600-780	
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	8800-9200	1350-1450	
Pinirski park, unutrašnjost, najgušći sklop vrlo starih stabala	8800-9700	220-280-350	Drastične razlike u osvetljenosti, u senci praktično vlada polumrak
Pionirski park, na otvorenom, van sklopa	1600-1850		Veoma visok nivo oblačnosti
Pionirski park, na otvorenom, van sklopa	9800-10290		Puno sunce
14.08.2001. 16,30 sati			
Park kod železničke stanice			
<i>Platanus x acerifolia</i> (Ait.) Willd.	8700-9500	1180-1650	
<i>Cercis siliquastrum</i> L.	11000-11500	2600-2860	
<i>Sophora japonica</i> L.	9800-11650	1400-3050	
<i>Tilia grandifolia</i> Ehrh.	9600-10800	920-1660	
<i>Ailanthus altissima</i> Desf.	8600-9800	960-1680	
Park kod autobuske stanice			
<i>Tilia argentea</i> Desf.	8400-9240	940-1090	
<i>Platanus x acerifolia</i> (Ait.) Willd.	8850-9800	420-650	Drvo orezano, zato vrlo guste krošnje
<i>Tilia grandifolia</i> Ehrh.	8600-9880	1240-1460	
<i>Acer negundo</i> L.	7050-9680	550-680	
<i>Acer pseudoplatanus</i> L. (ul. Karadjordjeva)	7900-10640	340-490	
<i>Pinus nigra</i> Arn. (Park Bristol veliki)	8290-10650	1470-1860	

se odlikovale većom gustinom krošnje (lipe, lužnjak, mleč, javor, itd.), visok stepen redukcije osvetljenosti pokazale su i one koje karakteriše retka krošnja (breza, jasen). Kod ovih poslednjih stepen redukovanja iznosio je približno 70 % po sunčanom vremenu. Sve individue pokazale su znatno manju efikasnost redukcije osvetljenosti za vreme oblačnih trenutaka, kad stepen redukovanja zavisi od vrste i lokalnih uslova uglavnom nije prelazio 65%.

Interesantno je pre iznošenja tabelarnih vrednosti zapaziti da najviša vrednost osvetljenosti izmerena u centru Beograda često jeste za gotovo 50 % niža od vrednosti koje su izmerene u planinskim uslovima Srbije (K o l i ć, 1969) u istom trenutku (lokalno vreme). To se svakako može objasniti visokim sadržajem smoga u Beogradu, stalnog sadržaja gradske atmosfere, koji u redukovanju stepena osvetljenosti očigledno dostiže kategoriju veoma ozbiljnog reduktora (20500 lx na Goču, 18950 lx u Debelom Lugu, odnosno 13800 lx u Beogradu, u 15,00 sati).

Merenje je obavljano u danima kad je bilo moguće varirati uslove osvetljenosti tokom kratkog vremena (relativno brze promene zaklanjanja Sunca oblacima). Tako su uslovi osvetljenosti u periodu merenja bili povremeno veoma različiti; oblaci bi često redukovali intenzitet osvetljenosti za više od 50%. Instrument je, međutim, direktno reagovao na sve ove promene, pa je postalo očigledno da se razlike među različitim vrstama u stepenu osvetljenosti ispod krošnje pravilno umanjuju sa smanjivanjem ukupne osvetljenosti na lokalitetu, što se poklapa sa rezultatima

mnogih starijih sovjetski istraživača koje navodi Lunc (1974). Ovu pravilnost demonstriraju mnogi pojedinačni rezultati.

Merenja pokazuju kao čest slučaj da se gustina senke, odnosno stepen zasenčivanja ispod krošnji koje su visoko od zemlje veoma smanjuje, posebno kad je krošnja sistematski tako orezana (najizrazitiji takav primer je drastično orezano stablo platana u Parku kod Autobuske stanice). Isto tako, potvrđeno je zapažanje T v a r o v s k o g (1969) da je stepen redukovanja osvetljenosti veoma zavisn ne samo od karaktera nego i od visine same prepreke koja izaziva senku, u ovom slučaju krošnje. Zato je na visini merenja (ujedno i visina prolaznika) osvetljenost uvek bila slabija kad su krošnje bile niske, a visok albedo bio prigušen samom niskom krošnjom. U posebnim slučajevima, kad se radilo o drvenastim individuama sa visokom krošnjom (uglavnom zbog orezivanja donjih grana) vrlo slične gustine, veličine listova i njihove ukupne količine - osvetljenost je bila visoka i neposredno ispod tih individua.

Ovo ima direktnu i očiglednu vrednost za uređivanje zelenih površina u gradskim uslovima, a može da pomogne u regulaciji stepena osvetljenosti pojedinih zona grada u letnjim mesecima. U tom pogledu i dalje se najvažnija sugestija odnosi na pravilan izbor vrsta sa gledišta gustine njihovih krošnji. Međutim, mnogi dobri efekti mogu se postići pravilnom, smišljenom dendrohirurgijom (B r i d g e m a n, 1976). Mogućnosti koje stoje pejsajznim inženjerima na raspolaganju su tako još veće:

tamo gde je potrebno i kad je to potrebno, može se u velikoj meri i orezivanjem, dakle posle sadnje, čak i decenijama posle nje, stručnim formiranjem (i korekcijom gustine) krošnji već odraslog gradskog drveća regulisati stepen zasenčenosti okoline (Anastasijević, Vratuša, 1998).

## Zaključci

Sprovedeno istraživanje i prikazani rezultati omogućuju izvođenje nekoliko zaključaka.

Osvetljenost u centralnom gradskom jezdru Beograda tokom leta relativno je visoka, a njena redukcija u oblasti pod krošnjama postojećih stabala visokog drvaća vrlo je visoka i kreće se u vrednostima koje su u skladu sa sličnim istraživanjima. Maksimalne vrednosti osvetljenosti zabeležene su u Parku kod Ekonomskog fakulteta (13850 lx), u ul. Kraljevića Marka (13800, odnosno 12200 lx) i u Hilendarskoj i Makedonskoj ulici (11550 lx). Najviši stepen redukovanja pokazala je individua *Tilia argentea* Desf. u Makedonskoj ulici (9500/450 lx), kao i stabla *Acer pseudoplatanus* L. u ul. 29 novembra i *Acer platanoides* L. u Hilendarskoj.

Redukovanje krošnje kao posledica dendrohigijene kao i uobičajeno prevršavanje (koje se kao pogrešna i iznuđena mera sprovodi na beogradskim ulicama), dovodi do uvećavanja redukcije osvetljenosti, jer se krošnje tada razvijaju na manjoj visini i prosečno su gušće. Tipičan takav primer u Beogradu zabeležen je na stablu *Platanus x acerifolia* (Ait.) Willd. u Parku kod glavne autobuske stanice.

Prosečna vrednost redukcije osvetljenosti pod krošnjama istpitivanog drveća u vreme punog sunčevog sjaja iznosi 89-96% za vrste sa gustom krošnjom i oko 70% za vrste čija krošnja se obično označava kao retka, svetla.

Visok stepen redukcije osvetljenosti u unutrašnjosti centralnih gradskih parkova u odnosu na otvorene gradske prostore (Pionirski park: 8800-9700/220-350 lx) ponekad čini unutrašnjost parka leti suviše mračnom, prvenstveno za najmlađe posetioce. O tome treba voditi računa pri proređivanju nekad veoma gustih sklopova u starim parkovima, posebno kad su oni dugo bili prepušteni sami sebi.

Prikazani rezultati potvrđuju zaključak da korišćenjem odgovarajućih vrsta drveća u zavisnosti od gustine njihove krošnje, kao i pravilnim orezivanjem grana na već postojećim stablima u gradu, pejzažni arhitekti mogu efikasno da doprinesu poboljšavanju opštih urbanističkih uslova u gradskom pejzažu tokom letnjih meseci.

## Literatura

- Anastasijević, N., Vratuša, V., 1998: Basic assumptions of Belgrade street tree lines general reconstruction - the first task of city greenscaping at the beginning of the new century. *Book of articles: International Scientific Symposium "50 years - Faculty of Forestry"*. Faculty of Forestry. Skopje. 135-140.
- Bridgeman, P.H., 1976: *Tree surgery*. David and Charles. London.
- Bunuševac, T., 1977: Uloga zelenih površina u melioraciji nepovoljnih uslova sredine naselja Srbije. *Glasn. Šumarskog fakulteta*, 51 (C): 9-34.
- Daubenmire, R.F., 1959: *Plants and environment*. John Willey and Sons. New York.
- Kulen, G., 1990: *Gradski pejzaž*. Građevinska knjiga. Beograd.
- Kolić, B., 1969: Merenje intenziteta osvetljenja u nekim šumskim fitocenoza na Goču i Debelom Lugu. *Šumarstvo*, 5-6: 33-42.
- Larher, V., 1978: *Ekologija rastenii*, Mir, Moskva.
- Lunc, L.B., 1974: *Gorodskoe zel'noe stroitel'stvo*. Stroizdat. Moskva.
- Mihalić, V., 1985: *Opća proizvodnja bilja*. Školska knjiga, Zagreb.
- Tvarovski, M., 1969: *Sunce u arhitekturi*. Građevinska knjiga, Beograd.

## Summary

### Ornamental trees and illumination of central Belgrade

Nebojša Anastasijević

Department for Landscape Architecture and Horticulture, Fac. of Forestry, Univ. of Belgrade

Illumination measurements under crowns of the most striking tree individuals were carried out in three series during spring and summer of the year 2001, with standard terrain light meter on 30 locations in central Belgrade. Measurements were taken close to chosen trees (in the open), and under the densest parts of their crowns. Results show that shadowiness may sometimes be very high, and that rate of light reduction may be as high as 96 % in comparison to open space. This means that crowns of mature trees in urban streets and parks of Belgrade enormously affect general environmental conditions of the city, in ecological as well as aesthetic sense.