Epifitski lišajevi na dendroflori sveučilišnog kampusa u Osijeku

Vujnović, Maksima

Master's thesis / Diplomski rad

2013

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:875814

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

ODJEL ZA BIOLOGIJU
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Repository / Repozitorij:

Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
ODJEL ZA BIOLOGIJU
Diplomski znanstveni studij biologije

Maksima Vujnović

Epifitski lišajevi na dendroflori sveučilišnog kampusa u Osijeku

Diplomski rad

Osijek, 2013.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**

Odjel za biologiju

Diplomski znanstveni studij biologije

Znanstveno polje: Biologija

Epifitski lišajevi na dendroflori sveučilišnog kampusa u Osijeku

Maksima Vujnović

Rad je izrađen: Odjel za biologiju i Poljoprivredni fakultet, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

Mentor: Dr.sc. Melita Mihaljević, doc.

Neposredni voditelj: Dr.sc. Siniša Ozimec, doc.

Kratak sadržaj diplomskog rada:

Flora epifitskih lišajeva istraživana je tijekom travnja i svibnja 2012. godine na drveću u sveučilišnom kampusu u Osijeku. Ukupno je zabilježeno 8 vrsta epifitskih lišajeva, svrstanih u 6 rodova liheniziranih gljiva. Najviše su zastupljeni lišajevi s lisnatim talusom (75 %), zatim lišajevi s grmastim i korastim talusom s podjednakim udjelima od 12,5 %. Lišajevi su zabilježeni na 21 vrsti drveća, najviše na: divljem kestenu, gledičiji, katalpi, brezi, lipi, javoru i jasenu. Primjenom lišajeva kao bioindikatora kakvoće zraka, zrak u gradu Osijeku procijenjen je kao umjereno onečišćen.

Broj stranica: 37

Broj slika: 35

Broj tablica: 7

Broj literaturnih navoda: 22

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: lišaj, dendroflora, bioindikator, kakvoća zraka, sveučilišni kampus, Osijek

Datum obrane: 12. travnja 2013.

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Dr.sc. Janja Horvatić, izv.prof., predsjednik
2. Dr.sc. Melita Mihaljević, doc., mentor
3. Dr.sc. Siniša Ozimec, doc., komentor
4. Dr.sc. Ivna Štolfa, doc., zamjena

Rad je pohranjen u:

U knjižnici Odjela za biologiju Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

BASIC DOCUMENTACION CARD

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek **MS thesis**

Department of Biology

Graduate study of Biology

Scientific Area: Natural science

Scientific Field: Biology

Epiphytic lichens on dendroflora of University campus in Osijek

Maksima Vujnović

Thesis performed at: Department of Biology and Faculty of Agriculture, University J. J. Strossmayer in Osijek

Supervisor: Dr.sc. Melita Mihaljević, assistant prof.

Assistant in charge: Dr.sc. Siniša Ozimec, assistant prof.

Short abstract:

Epiphytic lichen flora on trees in the University campus in Osijek was surveyed during April and May 2012. A total of 8 species of epiphytic lichens, classified into 6 genera of lichenized fungi, were recorded. Foliose lichens dominates (75%), followed by crustose and friticose lichen with equal shares of 12,5%. The lichens were found growing on 21 tree species, and the most on: horse chestnut, honey locust, catalpa, white birch, linden, maple and ash. By applying the lihens as bioindicators of air-quality, the air in the City of Osijek has been assessed ad as moderately polluted.

Number of page: 37

Number of figures: 35

Number of tables: 7

Number of reference: 22

Original in: Croatian

Key words: lichen, dendroflora, bioindicator, air quality, university campus, Osijek

Date of the thesis defence: 12. April 2013.

Reviewers:

1. Dr.sc. Janja Horvatić, associate prof., president
2. Dr.sc. MelitMihaljević, assistant prof., supervisor
3. Dr.sc. Siniša Ozimec, assistant prof., co-supervisor
4. Dr.sc. Ivna Štolfa, assistant prof., substitute member

Thesis deposited in:

Library of Department of Biology, University of J.J.Strossmayer in Osijek

Zahvaljujem doc.dr.sc. Meliti Mihaljević i doc.dr.sc. Siniši Ozimec na pruženoj pomoći, motivaciji, savjetima i strpljenju tijekom izrade diplomskog rada.

Svojim bližnjima zahvaljujem na razumijevanju i podršci tijekom cijelog studija.

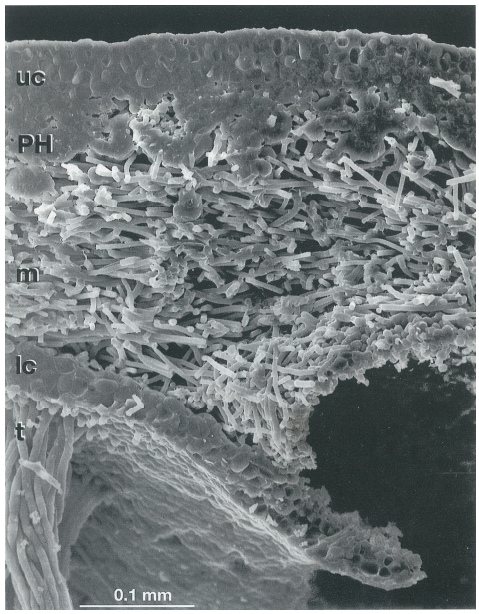
SADRŽAJ

1. **UVOD** 1
1.1. Biologija lišajeva 1
1.2. Ekologija lišajeva 5
1.3. Cilj 8
2. **MATERIJALI I METODE** 9
2.1. Područje istraživanja 9
2.1.1. Prirodno-geografska obilježja 9
2.1.2. Prostor sveučilišnog kampusa 11
2.2. Sakupljanje, obrada i determinacija lišajskog materijala 14
2.3. Određivanje indikatorskih vrijednosti i životnih oblika 15
2.4. Mjerenje kakvoće zraka 18
3. **REZULTATI** 19
3.1. Dendroflora sveučilišnog kampusa 19
3.2. Utvrđene vrste epifitskih lišajeva 20
3.3. Vezanost lišajeva i dendroflore 21
3.4. Učestalost lišajskih vrsta 22
3.5. Indikatorske vrijednosti i životni oblici 24
3.6. Kakvoća zraka 29
4. **RASPRAVA** 32
5. **ZAKLJUČAK** 35
6. **LITERATURA** 36

1. UVOD

1.1. Biologija lišajeva

Lišaj je zajednica koju tvori vanjski fungalni partner (mikobiont) i unutarnja populacija jednostaničnih ili nitastih alga ili cijanobakterija (fotobiont). To je ekološki obligatan, stabilan mutualizam u kojem mikobiont osigurava fotobiontu vodu i mineralne tvari, a fotobiont posjeduje sposobnost fotosinteze i stvaranja organskih spojeva koji se prenose heterotrofnom mikobiontu (Honegger, 1998). Građu lišajskog talusa pod elektronskim mikroskopom prikazuje slika 1.



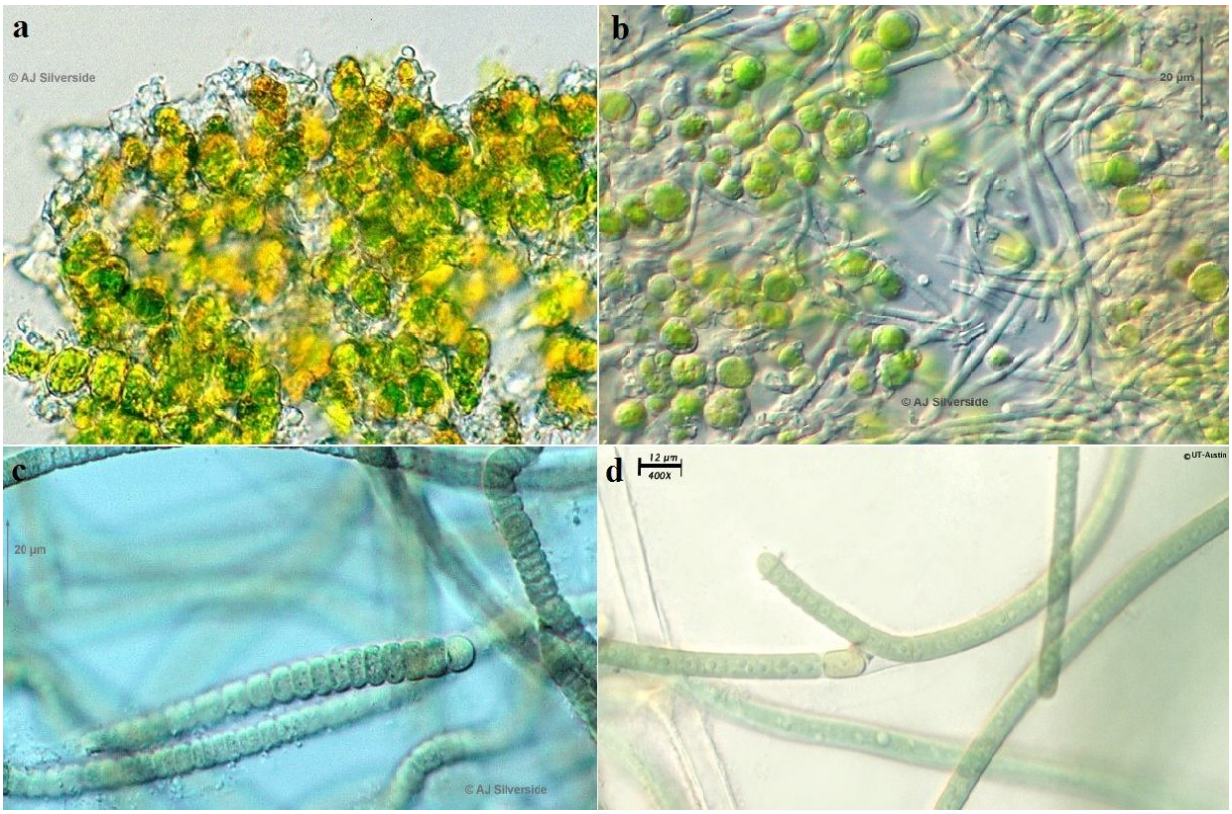
Slika 1. Građa lišajskog talusa; gornji korteks (uc); fotobionti (PH); medula koju čine mikobionti (m); donji korteks (lc) i tomentum-čuperci hifa (t)

(preuzeto iz: Honegger, 1998)

Lihenizacija je nutritivna strategija gljiva za stjecanje fiksiranog ugljika u obliku šećera i šećernih alkohola. Lišajevi nisu taksonomska kategorija kao što su paprati, nego su način života ekvivalentan parazitizmu ili saprofitizmu (Gilbert, 2000). Zato je njihova sistematika integrirana u carstvo Gljiva (*FUNGI*). Broj globalno poznatih vrsta lišajeva procijenjen je od 13.500 do 17.000 vrsta (Nash, 2008).

Najviše mikobionata pripada odjeljku gljiva Ascomycota (98 %), a ostatak pripada odjeljku Basidiomycota i Deuteromycota.

Autotrofni predstavnici lišajske simbioze (fotobionti) pripadnici su 25 rodova zelenih alga, od kojih su najčešći *Coccomyxa*, *Stichococcus, Trentepohlia* (Slika 2.a), *Trebouxia* (Slika 2.b), *Pseudotrebouxia* i 15 rodova cijanobakterija od kojih su najčešći *Calothrix* (Slika 2.c), *Gloeocapsa*, *Nostoc* i *Scytonema* (Slika 2.d).



Slika 2. Fotobionti u lišajskoj simbiozi: a) *Trentepohlia* sp.; b) *Trebouxia* sp.; c) *Calothrix* sp.; d) *Scytonema* sp. (Preuzeto s internetskih stranica: a), b), c) www.bioref.lastdragon.org; d) www.sbs.utexas.edu)

Vegetativno tijelo lišaja čini talus koji je specifične morfologije i anatomije.

Anatomski razlikujemo dva tipa talusa:

- **homeomerni talus** (jednolični talus) u kojemu su stanice fotobionta jednoliko raspoređene unutar cijelog talusa;
- **heteromerni talus** (slojeviti talus) se sastoji od gornjeg korteksa (kore) u kojem se nalaze pigmenti koji štite lišaj od UV zračenja, ispod njega se nalazi sloj fotobionata, zatim slijedi srž (medula) koju čine splet hifa mikobionata i intercelulari koji su ispunjeni vodom ili zrakom. S donje strane talusa se nalaze rizoidi u obliku tankih niti koji služe za pričvršćivanje za podlogu.

S obzirom na veličinu i izgled talusa, razlikujemo sljedeće morfološke oblike:

- **korasti lišaj** – donji dio talusa je čvrsto pričvršćen za podlogu (kora drveta, stijena), te se ne može odvojiti od podloge a da se pri tome ne ošteti, primjerice *Ochrolechia parella* (Slika 3).

- **lisnati lišaj** – talus režnjevit, u obliku lista. Djelomično su pričvršćeni za podlogu pa ih je lakše odvojiti, a da se pri tome ne oštete. Najčešće rastu na kori drveća, primjerice *Parmelia sulcata* (Slika 4).

- **grmasti lišaj** – ima nitasti, grmoliki ili bradoliki talus koji je često razgranat i slobodno visi s podloge. Za podlogu su uglavnom vezani na jednom mjestu koje se zove gomfa, te ih je lako odvojiti od podloge. Vrlo su osjetljivi na prisutnost raznih štetnih tvari u zraku. Uglavnom se nalaze u brdskim i pretplaninskim šumama, primjerice rod *Cladina* (Slika 5).



Slika 3. Korasti lišaj *Ochrolechia parella* (Foto: Siniša Ozimec)



Slika 4. Lisnati lišaj *Parmelia sulcata* (Foto: Siniša Ozimec)



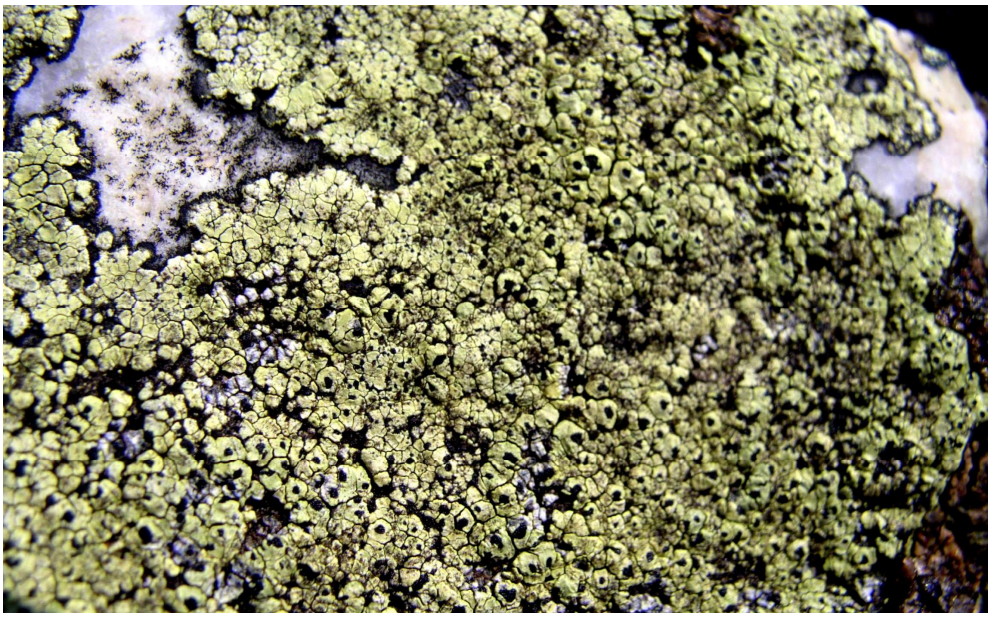
Slika 5. Grmasti lišaj *Cladina sp.* (Foto: Siniša Ozimec)

Lišajevi se mogu spolno razmnožavati sporama (askosporama) koje nastaju u apotecijima – zdjeličastim plodištima koje stvara mikobiont. Kod lišajeva je značajnije vegetativno razmnožavanje koje može biti fragmentacijom talusa; zatim pomoću soredija – tvorevine okruglastog oblika koje čine stanice alga obavijene spletom hifa i pomoću isidija – izrasline štapićastog oblika na površini talusa.

1.2. Ekologija lišajeva

Lišajevi rastu vrlo sporo, te na njihov rast utječu različiti okolišni uvjeti. Godišnji rast vrste *Rhizocarpon geographicum* (Slika 6) izmjeren je na nadgrobnim spomenicima u Škotskoj i otkriveno je povećanje u rastu od suhog istoka Škotske prema kišnom zapadu.

Značajno smanjenje u rastu talusa vrste *Lecanora muralis* utvrđeno je na azbestnim krovovima u centru Leedsa, zbog povećane razine onečišćenja (Gilbert, 2000). Zbog sporog rasta, prema veličini talusa moguće je odrediti starost lišajeva. Neki lišajevi dosegnu starost i do nekoliko tisuća godina. Za neke predstavnike vrste *Rhizocarpon geographicum* u Alpama se procjenjuje da su stari oko 1300 godina, a predstavnici iste vrste na Grenlandu oko 4500 godina, dok se za predstavnika vrste *Rhizocarpon alpicola* (promjera 480 mm) koji se nalazi u Švedskoj pretpostavlja da je star oko 9.000 godina (Gilbert, 2000).



Slika 6. *Rhizocarpon geographicum* (Foto: Siniša Ozimec)

Lišajevi mogu dulje podnijeti razdoblje suše, a kad upiju vodu vrlo brzo se oporave. Podnose vrlo velika kolebanja temperature tako da su rasprostranjeni po cijelome svijetu - od ledenih pustinja Arktika i Antarktika pa sve do najsuših i najtoplijih pustinja svijeta. Lišajevi pokrivaju oko 8 % kopnene površine Zemlje i rastu na različitim površinama: stijenama, tlu, kori drveća, na površini umjetnih materijala. S obzirom da mogu podnijeti ekstremne uvjete, u mnogim polarnim područjima su prevladavajući autotrofni organizmi. Lišajevi su pioniri vegetacije, lako nastanjuju svaku površinu ako imaju dovoljno svjetlosti i vlage.

Postoje dvije glavne grupe spojeva kod lišajeva: primarni metaboliti (intracelularni) i sekundarni metaboliti (ekstracelularni). U primarne metabolite pripadaju uobičajeni intracelularni produkti kao što su proteini, amino kiseline, polioli, karotenoidi, vitamini i polisaharidi – topljivi u vodi.

Većina organskih spojeva nađenih u lišajevima su sekundarni metaboliti mikobionata koji se izlučuju na površinu hifa i nisu topljivi u vodi (Nash, 2008). Poznato je oko 700 sekundarnih lišajskih metabolita i većina je karakteristična samo za lišajeve kao takve, dok ih je svega 50-60 prisutno u ostalim gljivama ili višim biljkama.

Upotreba lišajeva je vrlo raznolika. Primjenjuju se u narodnoj medicini još od davnih dana sve do danas (Gilbert, 2000). Imaju terapeutsko djelovanje zahvaljujući lišajskim kiselinama, od kojih neke imaju antibiotička svojstva, npr. usninska kiselina koja se dobiva iz lišajskih rodova *Evernia* i *Usnea* (Slika 8). Ta kiselina se koristi u proizvodnji krema za razne infekcije kože, šampone protiv prhuti, deodoranse i pudere za stopala. Islandski lišaj, *Cetraria islandica*, (Slika 7) upotrebljava za pročišćavanje dišnih puteva, a primjenjuje se u obliku čaja, sirupa i pastila za ublažavanje kašlja. Kod islandskog lišaja terapeutski učinak ima protolihesterinska kiselina. Moderna medicinska istraživanja pokazala su da 50 % lišajskih vrsta ima antibiotička svojstva, te da protolihesterinska kiselina djeluje protutumorski (Gilbert, 2000). Osim u medicinske svrhe, lišajevi su nekada korišteni i u tekstilnoj industriji za bojanje tkanina. Boja kojom se impregnira poznati lakmus-papir, nekada široko korišten indikator u analitičkoj kemiji, dobiva se iz talusa lišaja *Roccella phycopsis*.



Slika 7. Islandski lišaj (*Cetraria islandica*)
(Foto: Siniša Ozimec)



Slika 8. Bradati lišaj (*Usnea* sp.)
(Foto: Siniša Ozimec)

Kako imaju ljekovita svojstva, tako neke vrste imaju i štetna svojstva. U sjevernoj Europi je vučji lišaj, *Letharia vulpina,* (Slika 9) korišten je u mamcima za trovanje vukova i lisica (Nash, 2008). Kontaktni dermatitis, teški osip kože dobro je poznat šumarskim radnicima u Sjevernoj Americi, a javlja se kao alergijska reakcija na neke lišajske spojeve.



Slika 9. Vučji lišaj, *Letharia vulpina* (Foto: Siniša Ozimec)

Za razliku od vaskularnih biljaka, lišajevi nemaju kutikulu koja bi ih štitila od isušivanja i sprječavala prolazak plinova. Lišajevi vodu, plinove i nutrijente primaju apsorpcijom iz atmosfere i akumuliraju ih unutar talusa. Zbog industralizacije europskih gradova početkom 19. stoljeća, a time i povećanjem količine i koncentracije štetnih plinova u zraku došlo je do osiromašenja lišajske flore unutar gradova. Time su potaknuta razna istraživanja koja su povezala lišajeve s onečišćenjem zraka.

Finski prirodoslovac William Nylander opazio je 1866. osiromašenje lišajske flore, a 1896. nestanak lišajeva sa stabala u Luksemburškom parku u Parizu (Slika 10). Zaključio je da je uzrok nestanka lišajeva onečišćeni zrak zbog brojnih ložionica na ugljen, koje su ispuštale velike količine štetnih plinova u zrak. To je bilo doba primjene parnoga stroja (I. Industrijska revolucija) kada je ugljen bio maksimalno korišten kao gorivo. U razdoblju 1943.-1946. godine na stablima je primijećena samo jedna vrsta lišaja. Do rekolonizacije lišajeva u spomenutom parku došlo je nakon više od stotinu godina kada su Seaward i Letrouit-Galinou (1991) zabilježili 11 vrsta lišajeva.



Slika 10. Luksemburški park u Parizu (Foto: Siniša Ozimec).

Prvo kartiranje lišajeva u urbanom području proveo je Sernander (1926) u Stockholmu. Područje gradskog središta u kojem nisu prisutni lišajevi nazvao je lišajskom pustinjom („lichen desert“), područje izvan središta grada u kojem lišajevi rijetko naseljavaju stabla, ali ih ipak ima, naziva zonom borbe. Normalna zona obuhvaća područje s izraženom brojnosti i raznolikosti epifitskih lišajeva, daleko od središta grada.

Istražujući pojavljivanje 50-ak vrsta lišajeva na drveću u Engleskoj i Walesu, Hawksworth i Rose (1970) izradili su polu-kvantitativnu tablicu za procjenu srednje godišnje koncentracije SO_2 u zraku.

Brojna istraživanja potvrdila su osjetljivost lišaja na onečišćeni zrak, stoga se primjenjuju kao bioindikatori kakvoće zraka. Pomoću lišajeva mogu se otkriti i druge onečišćujuće, odnosno štetne tvari prisutne u atmosferi, npr. radioaktivni izotopi; teški metali: Hg, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe (Cicek i sur., 2008) i fluoridi, (Richardson, 1992).

1.3. Cilj

Cilj diplomskog rada je utvrditi sastav flore epifitskih lišajeva na dendroflori na području sveučilišnog kampusa u Osijeku. Primjenom indikatorskih vrijednosti lišajske flore procjenit će se kakvoća zraka u gradu Osijeku i utvrditi potencijalni izvori onečišćenja.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Područje istraživanja

2.1.1 Prirodno-geografska obilježja

Područje istraživanja je sveučilišni kampus u Osijeku koji se nalazi na području bivše vojarne Drava, također poznate i pod nazivom Bijela vojarna (Slika 11).



Slika 11. Položaj sveučilišnog kampusa na karti grada (Preuzeto iz: Nadilo, 2010.)

Grad Osijek nalazi se u sjeveroistočnoj Hrvatskoj (geografski položaj: 45°32´ N, 18°44´ E), na nadmorskoj visini od 90 metara. Smješten je uz desnu obalu rijeke Drave. Površina gradskog područja iznosi 169 km^2, a prema popisu iz 2011. godine ovdje živi 107.748 stanovnika.

U Osijeku prevladava umjereno kontinentalna, semihumidna klima. Za prikaz klime korišteni su podaci Državnog meteorološkog zavoda za meteorološku postaju Osijek, za razdoblje 1971.-2000. godine (Zaninović, 2008), a prikazani su u tablici 1.

Srednja godišnja temperatura zraka iznosi 11.0 ^oC. Najviša srednja mjesečna temperatura, 21.3 ^oC je u srpnju, a najniža, -0.2 ^oC u siječnju. Apsolutna maksimalna temperatura zraka iznosi 38.6 ^oC; apsolutna minimalna iznosi -27.1 ^oC, pa amplituda temperature iznosi 65.7 ^oC. Srednja temperatura vegetacijskog razdoblja (IV-IX) iznosi 17.9 ^oC.

Godišnja količina oborina iznosi 654.9 mm. Treba napomenuti da količina oborina u Slavoniji i Baranji opada od zapada prema istoku.

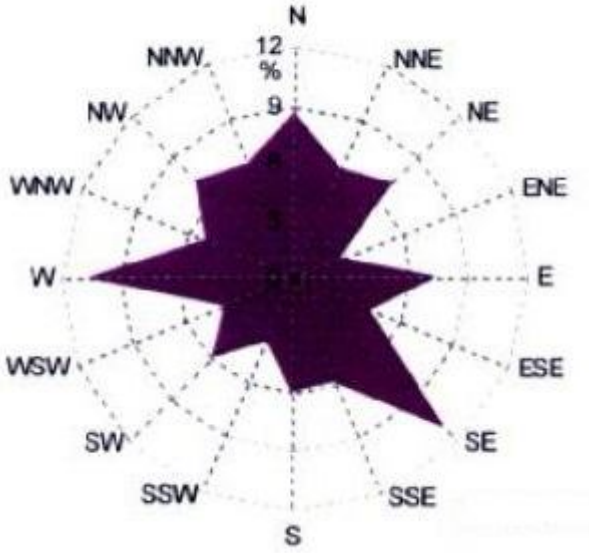
Godišnji hod oborina pripada kontinentskom režimu, što znači da većina oborina pada u toploj polovici godine (IV-IX), odnosno u vegetacijskom razdoblju padne 370.5 mm (56.5 %), a u hladnoj polovici godine (X-II) padne 243.9 mm (37.2 %). Glavni oborinski maksimum je ljetni (lipanj, 82.0 mm), a drugi sporedni u kasnu jesen (studeni, 61.7 mm). Jasno se ističu dva oborinska minimuma: u veljači (35.1 mm) i u ožujku (40.5 mm).

Srednja godišnja relativna vlaga zraka iznosi 77.3 %. Relativna vlaga je najviša zimi, i to u prosincu kada iznosi 88.5 %, a najniža u srpnju kada iznosi 69.6 %.

Tablica 1: Srednje mjesečne i godišnje vrijednosti nekih klimatskih elemenata i pojava za meteorološku postaju Osijek (1971.-2000.)

KLIMATSKI ELEMENTI I POJAVE	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	GOD.
Srednja temperatura zraka (°C)	-0.2	1.8	6.4	11.2	16.7	19.7	21.3	20.8	16.5	11.0	5.1	1.2	**11.0**
Minimalna temperatura zraka (°C)	-3.3	-2.1	1.3	5.5	10.5	13.6	14.8	14.5	10.8	6.1	1.6	-1.7	**6.0**
Maksimalna temperatura zraka (°C)	3.3	6.5	12.3	17.2	22.6	25.6	27.6	27.5	23.4	17.4	9.4	4.7	**16.5**
Apsolutna minimalna temperatura zraka (°C)	-27.1	-24.8	-21.0	-5.9	-0.6	2.8	5.6	5.1	0.7	-5.5	-15.7	-21.1	**-27.1**
Apsolutna maksimalna temperature zraka (°C)	17.5	20.6	26.9	28.6	35.0	35.7	38.5	38.6	34	29.2	23.7	20.0	**38.6**
Količina oborina (mm)	41.4	35.1	40.5	51.0	59.2	82.0	65.4	61.9	51.0	56.6	61.7	49.1	**654.9**
Srednja relativna vlažnost zraka (%)	87.5	81.9	74.1	71.3	70.1	70.9	69.6	71.8	76.2	79.2	86.1	88.5	**77.3**

Na području grada Osijeka, najučestaliji vjetrovi su iz sjeverozapadnog, zapadnog te podjednakog udjela sjevernog, južnog i jugoistočnog smjera (Slika 12). Zimi je najčešći vjetar iz sjevernog i sjeveroistočnog smjera, dok su u ljeto, proljeće i jesen najčešći vjetrovi iz sjeverozapadnog smjera. Pojave tišina vezuju se uz ljeto i jesen. Jačina vjetra u većini slučajeva iznosi 1-2 bofora.



Slika 12. Ruža vjetrova za grad Osijek (1981.-2005.)

2.1.2 Prostor sveučilišnog kampusa

Sveučilišni kampus u Osijeku smješten je na području bivše vojarne Drava. Taj relativno veliki prostor površine 232.048 m^2 omeđen je sa sjevera ulicom cara Hadrijana, s juga Vukovarskom ulicom i željezničkom prugom Osijek – Erdut, sa zapada ulicom kralja Petra Svačića i s istoka ulicom Josipa Huttlera (Slika 11).

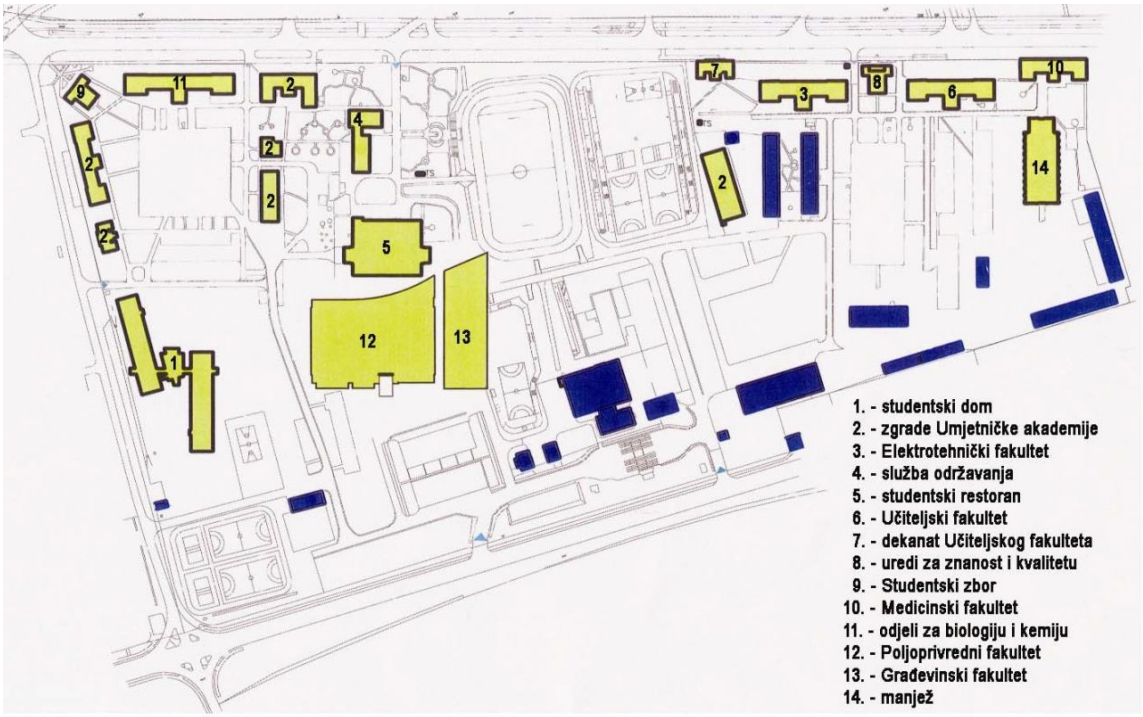
Pretpostavljeno je da je prva vojarna na prostoru između Tvrđe i Donjeg grada izgrađena nedugo nakon što je 1786. godine vrhovno vojno zapovjedništvo za Slavoniju i Srijem premješteno u Petrovaradin, a dio vojnih sadržaja u Tvrđi prepušten je civilnim vlastima (Nadilo, 2010). Prva vojarna se zvala Ophodnička vojarna i vjerovatno je zauzimala cijeli sadašnji prostor kampusa. Na istom mjestu 1896. godine počela je izgradnja Topničke vojarne (Slika 13), koja je dovršena 1897. godine. Raspadom Austro-ugarske monarhije, vojarnu su koristile vojske iz obiju jugoslavenskih država. Dok je Hrvatska bila jedna od republika bivše jugoslavenske države, prostor vojarne kasarna koristila je Jugoslavenska narodna armija. U to vrijeme nosila je ime: „Milan Stanivuković“. S vremenom su zgrade dograđivane i pridodani su novi sadržaji. Za vrijeme Domovinskog rata iz vojarne su agresori pucali po gradu, naročito po osječkoj bolnici. Vojarnu su hrvatski branitelji zauzeli u rujnu 1991. i potom je neko vrijeme u njoj bila smještena Hrvatska vojska (Nadilo, 2010).



Slika 13. Topnička vojarna početkom 20. stoljeća. (Preuzeto s internetskog portala: www.skyscrapercity.com).

Sporazum o ustupanju prava korištenja i prenamjeni vojarni za potrebe Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku potpisali su 25. ožujka 1997. godine čelnici Osječko-baranjske županije i četiriju resornih ministarstava. Ministarstvo obrane ustupilo je Sveučilištu na korištenje zgrade i poligon vojarne „Drava“ za smještaj i razvitak programskih, znanstveno-istraživačkih i nastavnih sadržaja sukladno Dugoročnom programu razvitka i djelovanja Sveučilišta. Sporazum je potvrdila 27. ožujka 1997. godine Vlada Republike Hrvatske i donijela odluku o prijenosu nekretnina u vlasništvu Republike Hrvatske u vlasništvo Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

Danas, na tom prostoru se nalazi sveučilišni kampus čija izgradnja je započela sredinom 2002. godine i još uvijek je u planskoj izgradnji (Slika 14 i 15).



Slika 14. Tlocrtni raspored zgrada u sveučilišnom kampusu (Preuzeto iz: Nadilo, 2010)



Slika 15. Današnji izgled prostora sveučilišnog kampusa u Osijeku

(Foto: Maksima Vujnović)

2.2. Sakupljanje, obrada i determinacija lišajskog materijala

Epifitski lišajevi koji rastu na različitim vrstama drveća na području sveučilišnog kampusa, sakupljani su pri terenskim istraživanjima, provedenima: 13. travnja 2012., 30. travnja 2012. i 2. svibnja 2012. godine.

Lišajski materijal (Slika 16) sakupljan je s kore stabala i grana drveća do visine oko 2 m iznad tla. Grmasti primjerci su rukom odvojeni od podloge, a za skidanje većih lisnatih lišajeva korišten je nož. Sakupljeni materijal spremljen je u vrećice na kojima su zabilježeni terenski podaci, a svi relevantni podaci bilježeni su u terenski dnevnik.



Slika 16. Epifitski lišajevi na stablu divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum*)

(Foto: Maksima Vujnović)

Oblik i vanjska obilježja lišajskih talusa, bitnih za determinaciju, promatrani su u laboratoriju pomoću binokularne lupe LEICA MZ6 s povećanjem 6.3–40 x. Suhi materijal prije promatranja je kratko nakvašen destiliranom vodom kako bi talusi bili rehidrirani.

U laboratoriju su korišteni testovi obojenih reakcija talusa („spot“-reakcije) nanošenjem kapljice test-reagensa na korteks ili medulu, apotecije i sorale lišaja. Ovi testovi primjenjuju se u lihenologiji radi potvrde prisutnosti ili nedostatka specifičnih kemijskih spojeva koji mogu biti raspršeni ili strogo vezani za određena tkiva unutar talusa. Pojava specifičnog obojenja označava pozitivnu reakciju, a izostanak obojenja označava negativnu reakciju.

Korišteni su sljedeći test-reagensi:

- kalij-hidroksid, KOH, 10 %-tna otopina; daje reakciju žute boje, žutu koja prelazi u crvenu, crvenu ili smeđkastu boju;
- kalcij-hipoklorit, $Ca(OCl)_2$, zasićena otopina; daje reakciju crvene, ružičaste, narandžaste ili zelene boje.

Dio lišajeva određivan je na terenu pomoću ručne lupe povećanja od 10 x. Za determinaciju lišajeva korišteni su priručnici i specijalizirana lihenološka literatura: Orange (1994), Brodo i sur. (2001), te Dobson (2011),

2.3. Određivanje indikatorskih vrijednosti i životnih oblika

Indikatorske vrijednosti za vrste i životne oblike lišajeva određene su prema Wirth (1992).

Definicije indikatorskih vrijednosti za lišajeve:

X indiferentno ili vrlo promjenjivo ponašanje.

I. Oznaka svjetlosti (L)

1 raste u dubokoj sjeni (< 1 % r.o., rjeđe > 10 %)
2 između 1 i 3
3 raste u sjeni, uglavnom < 5 % r.o., ali i na svjetlijim mjestima
4 između 3 i 5
5 raste u polusjeni, rjeđe na punom svjetlu, uglavnom > 10 % r.o.
6 između 5 i 7
7 raste na polusvjetlu, ali može rasti i u djelomičnoj sjeni
8 raste na punom svjetlu, rjeđe pri < 40 % r.o.
9 raste isključivo na punom svjetlu, rjeđe pri < 50 % r.o.

II. Oznaka temperature (T)

1 indikator hladnoće. Uglavnom alpinsko-nivalnog/borealno-arktičkog rasprostranjenja. Srednja god. temp. zraka < 1.5 ^{o}C
2 između 1 i 3. Alpske vrste, često raširene i u subalpskom pojasu. Srednja god. temp. zraka (1.0)-1.5-(3.5) ^{o}C
3 indikator umjerene hladnoće. Dolazi u subalpskom i visokomontanom pojasu, rjeđe ispod 1400 m n/v. Srednja god. temp. zraka (2.0)-3.0-(4.0) ^{o}C

4 između 3 i 5. Dolazi na umjereno hladnim mjestima montanog pojasa. Srednja god. temp. zraka (3.5)-4.5-(5.5) ^{o}C

5 dolazi na umjereno hladnim do umjereno toplim mjestima. Uglavnom u montanom i submontanom pojasu od 1000 do 1500 m. Srednja god. temp. zraka (5.0)-6.0-(7.0) ^{o}C

6 dolazi uglavnom u submontanom i kolinskom pojasu, ali i na toplijim mjestima montanog pojasa. Srednja god. temp. zraka (6.5)-7.5-(8.5) ^{o}C

7 indikator topline. Dolazi uglavnom u kolinskom pojasu. Srednja god. temp. zraka (8.0)-9.0-(9.5) ^{o}C

8 između 7 i 9. Submediteranskog rasprostranjenja, ali dolazi i u montanom pojasu na mjestima izloženim jakom dnevnom zagrijavanju. Srednja god. temp. zraka (9.0)-10.0-(10.5) ^{o}C

9 indikator vrućine. Mediteranskog/submediteranskog rasprostranjenja. Srednja god. temp. zraka > 10.5 ^{o}C

III. Oznaka kontinentalnosti (K)

1 euoceanski. U srednjoj Europi dolazi samo na nekoliko lokaliteta

2 oceanski. Rasprostranjen u zapadnoj Europi, uključujući i zapad srednje Europe. U ostalom susjednom području jedino na staništima s pogodnom mikroklimom

3 između 2 i 4

4 suboceanski. Dolazi u čitavoj srednjoj Europi, prema istoku nazaduje.

5 prijelazni. Premda širokog rasprostranjenja od zapadne Europe do Sibira ili s težištem u srednjoj Europi, rjeđe dolazi na zapadu i istoku

6 vrlo širokog rasprostranjenja, od zapadne do istočne Europe, dalje u kontinentalna područja Azije, npr. vrste u šumama četinjača borealnog pojasa

7 subkontinentalni. Nedostaju ili rijetko prisutne u zapadnoj Europi

8 kontinentalni. Središte rasprostranjenja u istočnoj Europi. U srednjoj Europi samo na posebnim staništima

9 kontinentalni. Ne dolazi u srednjoj Europi

IV. Oznaka vlažnosti (F)

1 dolazi na najsušim mjestima

2 na mjestima s niskim iznosom oborina (< 750 mm)

3 podnosi mjesta s niskim iznosom oborina, često i na vlažnijim mjestima

4 na mjestima kao 2 i 3, no samo uz visoku vlagu zraka

5 izbjegava mjesta s niskim iznosom oborina. Uglavnom na mjestima s > 700 mm

6 između 5 i 7, na mjestima s iznosom oborina > 800 mm

7 na mjestima s obilnim oborinama (> 1000 mm)

8 na mjestima s vrlo obilnim oborinama (u pravilu > 1400 mm). Dolazi i na mjestima jakih kolebanja vlažnosti zraka, što često isušuje talus

9 na mjestima s vrlo obilnim oborinama (uvijek > 1400 mm). Na vrlo humidnim staništima. Talus ne isušuje.

V. Oznaka reakcije podloge (R)

1 ekstremno kisela, pH < 3.4

2 vrlo kisela, pH 3.4 – 4.0

3 prilično kisela, pH 4.1 – 4.8

4 između 3 i 5

5 umjereno kisela, pH 4.9 – 5.6

6 između 5 i 7

7 subneutralna, pH 5.7 – 6.5

8 neutralna, pH 6.6 – 7.5

9 bazična, pH > 7.0

VI. Oznaka hranidbene vrijednosti podloge (N)

1 kora je siromašna mineralima (na brezi, smreci, jeli) vrlo niska eutrofizacija

2 između 1 i 3

3 kora stabla je umjereno bogata mineralima (npr. bukva, hrast), nije ili vrlo slabo eutrofizirana

4 između 3 i 5

5 kora stabla je bogata mineralima (npr. orah, bazga, javori) ili umjereno impregnirana nutrientima bogatom prašinom

6 između 5 i 7

7 staništa bogata nutrientima, često impregnirana prašinom ili umjereno eutrofizirana animalnim utjecajem

8 vidljivo eutrofizirana animalnim utjecajem, podnosi obilni unos prašine

9 podnosi vrlo snažnu eutrofizaciju

VII. Otpornost na štetne tvari u zraku (toksitolerancija, To)

1 vrlo niska, lišaj izuzetno osjetljiv na onečišćenje okoliša
2 prilično niska
3 između 2 i4
4 srednja
5 između 4 i 6
6 umjereno visoka
7 prilično visoka
8 visoka otpornost
9 vrlo visoka

VIII. Oznake životnih oblika lišajeva

K korasti lišaj
L lisnati lišaj
G grmasti lišaj

2.4. Mjerenje kakvoće zraka

Podaci o kakvoći zraka grada Osijeka preuzeti su iz Godinšjeg izvješća o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2011. godini (AZO, 2012).

Podaci o koncentracijama dušikovog dioksida (NO_2), ugljikovog monoksida (CO), sumporovog dioksida (SO_2) i lebdećih čestica za mjernu postaju Osijek-1 preuzeti su s internetske stranice Državne mreže za praćenje kakvoće zraka. Podaci obuhvaćaju razdoblje od ožujka do svibnja 2012. godine.

Mjerna postaja Osijek-1 nalazi se u Osijeku na raskrižju Ulice kneza Trpimira i Europske avenije. Prvenstvena namjena postaje je praćenje razina onečišćenja koje je posljedica prometa. Na mjernoj postaji Osijek-1 mjere se koncentracije slijedećih onečišćujućih tvari: ugljikov monoksid CO, dušikov dioksid NO_2, sumporov dioksid SO_2, lebdeće čestice PM_{10}, BTX (benzen, toluen, etilbenzen, o-p-m ksilen) te meteorološki parametri (temperatura, relativna vlažnost, smjer i brzina vjetra).

3. REZULTATI

3.1. Dendroflora sveučilišnog kampusa

Sveukupno je tijekom terenskog istraživanja na području sveučilišnog kampusa zabilježeno 365 stabala (Tablica 2), od čega je 16 vrsta listopadnog drveća (udjel od 76,2 %) i 5 vrsta četinjača s udjelom od 23,8 %. Najzastupljenije vrste drveća su: javorolisna platana (*Platanus acerifolia*), s udjelom od 16,71 %; nekoliko vrsta lipa iz roda *Tilia* (15,62 %) i divlji kesten, *Aesculus hippocastanum*, (Slika 17) s udjelom od 13,70 %.

Pogodnu podlogu za naseljavanje i rast epifitskih lišajeva čini 21 vrsta drveća.

Tablica 2: Sastav dendroflore sveučilišnog kampusa u Osijeku

Znanstveno ime	Hrvatsko ime	Broj primjeraka	Udjel (%)
Platanus acerifolia (Aiton) Willd.	javorolisna platana	61	16,71
Tilia sp. L.	lipa	57	15,62
Aesculus hippocastanum L.	divlji kesten	50	13,70
Picea abies (L.) H. Karst.	obična smreka	32	8,77
Thuja occidentalis L.	obična američka tuja	30	8,22
Gleditsia triacanthos L.	gledičija, trnovac	27	7,40
Acer sp. L.	javor	18	4,93
Catalpa bignonioides Walter	obična katalpa	18	4,93
Betula pendula Roth.	obična breza	16	4,38
Chamaecyparis lawsoniana (A. Murray) Parl.	Lawsonov pačempres	15	4,11
Robinia pseudoacacia L.	obični bagrem	9	2,47
Pinus nigra Arnold	crni bor	8	2,19
Populus nigra var. *pyramidalis* Spach	jablan	6	1,64
Fraxinus excelsior L.	obični jasen, bijeli jasen	5	1,37
Populus nigra L.	crna topola	3	0,82
Populus alba L.	bijela topola	2	0,55
Pinus strobus L.	Vajmutov bor, borovac	2	0,55
Juglans regia L.	obični orah, pitomi orah	2	0,55
Corylus colurna L.	medvjeđa lijeska	2	0,55
Quercus robur L.	hrast lužnjak	1	0,27
Koelreuteria paniculata Laxm.	kelreuterija	1	0,27



Slika 17. Drvoredi divljeg kestena (*Aesculus hippocastanum*) u sveučilišnom kampusu

(Foto: Maksima Vujnović)

3.2. Utvrđene vrste epifitskih lišajeva

Na području sveučilišnog kampusa u Osijeku zabilježeno je 8 vrsta epifitskih lišajeva, svrstanih u 6 rodova, 4 porodice i 3 reda. Porodice *Parmeliaceae* i *Physciacea* su vrstama najbrojnije porodice, obje su zastupljene s 3 vrste.

Carstvo: FUNGI

Odjeljak: Ascomycota

Razred: Lecanoromycetes

Red: Candelariales
Porodica: Candelariaceae
1. **Candelariella reflexa** (Nyl.) Lettau

Red: Lecanorales
Porodica: Parmeliaceae
2. ***Evernia prunastri*** (L.) Ach.
3. ***Flavoparmelia caperata*** (L.) Hale /Syn. *Parmelia caperata* (L.)Ach./
4. ***Parmelia sulcata*** Taylor
Porodica: Physciaceae
5. ***Physcia adscendens*** (Fr.) H. Olivier
6. ***Physcia caesia*** (Hoffm.) Fürnr
7. ***Physcia tenella*** (Scop.) DC

Red: Teloschistales
Porodica: Teloschistaceae
8. ***Xanthoria parietina*** (L.) Th. Fr.

3.3. Vezanost lišajeva i dendroflore

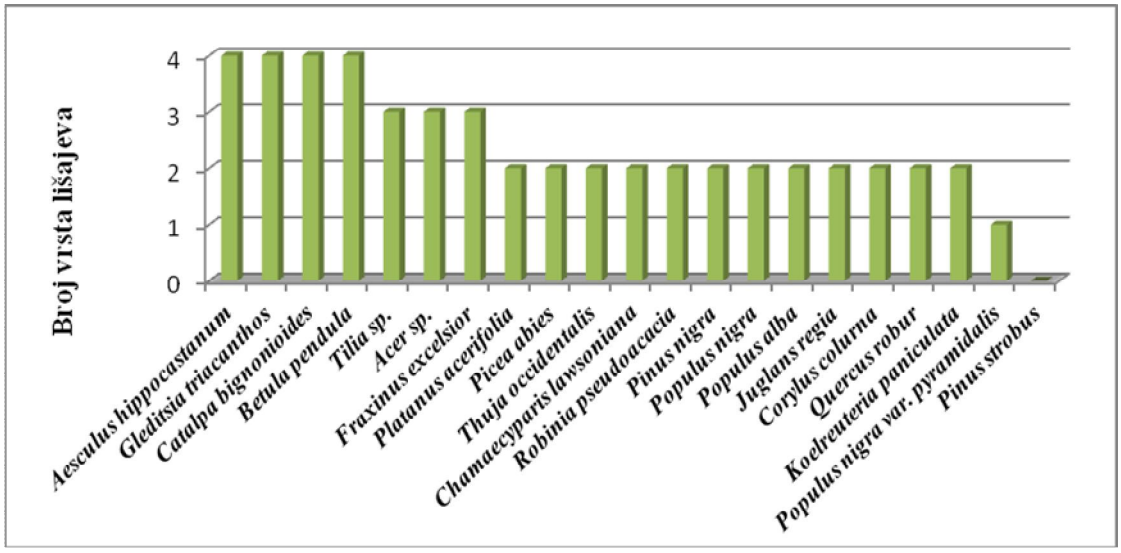
Podaci o vezanosti zabilježenih lišajeva za dendrofloru sveučilišnog kampusa u Osijeku prikazani su u tablici 3.

Na četinjačama su zabilježene 3 vrste lišajeva. Poznato je da su četinjače inače slabije obrasle lišajevima zbog njihove prirodno kisele kore (pH od 3,0 do 4,5), vrlo niskog vodnog kapaciteta, te veće koncentracije mangana i smole.

Najviše lišajskih vrsta je zabilježeno na sljedećim vrstama drveća: divljem kestenu (*Aesculus hippocastanum*), gledičiji (*Gleditsia triacanthos*), običnoj katalpi (*Catalpa bignonioides*) i običnoj brezi (*Betula pendula*) (Slika 18).

Tablica 3: Rasprostranjenost epifitskih lišajeva prema vrsti podloge

Podloga	Vrsta lišaja
Platanus acerifolia	*Xanthoria parietina; Physcia adscendens*
Tilia sp.	*Xanthoria parietina; Physcia adscendens; Parmelia sulcata*
Aesculus hippocastanum	*Xanthoria parietina, Physcia adscendens; Physcia caesia,Candelariella reflexa*
Picea abies	*Xanthoria parietina; Physcia adscendens*
Thuja occidentalis	*Xanthoria parietina; Physcia adscendens*
Gleditsia triacanthos	*Xanthoria parietina; Physcia adscendens; Parmelia sulcata; Evernia prunastri*
Acer sp.	*Xanthoria parietina; Physcia adscendens; Parmelia sulcata*
Catalpa bignonioides	*Xanthoria parietina; Physcia adscendens; Physcia caesia; Parmelia sulcata*
Betula pendula	*Xanthoria parietina; Physcia caesia; Parmelia sulcata; Flavoparmelia caperata*
Chamaecyparis lawsoniana	*Xanthoria parietina; Physcia adscendens*
Robinia pseudoacacia	*Xanthoria parietina; Physcia caesia*
Populus nigra var. *pyramidalis*	*Physcia adscendens*
Pinus nigra	*Physcia adscendens; Physcia tenella*
Fraxinus excelsior	*Xanthoria parietina; Physcia adscendens; Parmelia sulcata*
Populus nigra	*Xanthoria parietina; Physcia adscendens*
Populus alba	*Xanthoria parietina; Physcia adscendens*
Pinus strobus	-
Juglans regia	*Xanthoria parietina; Physcia adscendens*
Corylus colurna	*Xanthoria parietina; Physcia adscendens*
Quercus robur	*Xanthoria parietina; Physcia adscendens*
Koelreuteria paniculata	*Xanthoria parietina; Physcia adscendens*

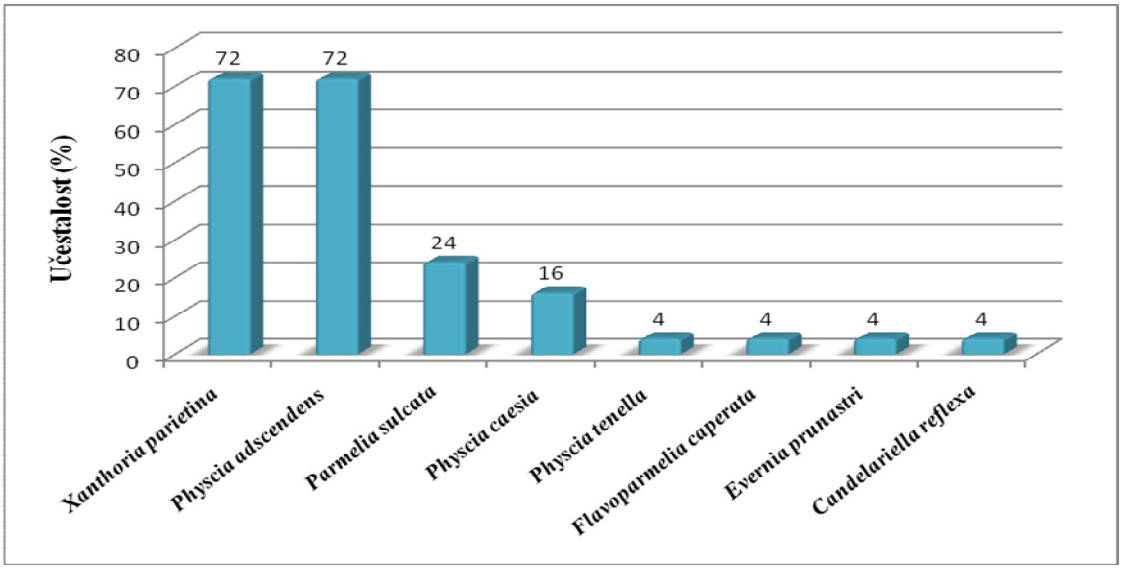


Slika 18. Rasprostranjenost epifitskih lišajeva prema vrsti podloge

3.4. Učestalost lišajskih vrsta na dendroflori

Učestalost lišajskih vrsta na dendroflori, izračunata kao postotak pojavljivanja lišajeva, prikazana je na slici 19.

Vrste *Xanthoria parietina* (Slika 20) i *Physcia adscendens* (Slika 22) zabilježene su na 72 % svih vrsta drveća; na 24 % je zabilježena *Parmelia sulcata* (Slika 21) , na 16 % je zabilježena *Physcia caesia*, dok su na 4 % drveća zabilježene: *Physcia tenella, Flavoparmelia caperata, Evernia prunastri* (Slika 23) i *Candelariella reflexa*.



Slika 19. Učestalost (%) lišajskih vrsta na dendroflori



Slika 20. *Xanthoria parietina*

(Foto: Maksima Vujnović)



Slika 21. *Parmelia sulcata*

(Foto: Maksima Vujnović)



Slika 22. *Physcia adscendens*

(Foto: Maksima Vujnović)



Slika 23. *Evernia prunastri*

(Foto: Maksima Vujnović)

3.5. Indikatorske vrijednosti i životni oblici

Obilježja epifitske lišajske flore utvrđena su primjenom ljestvice indikatorskih vrijednosti i životnih oblika (Tablica 4). Distribuciju oznaka indikatorskih vrijednosti prikazuje tablica 5.

Tablica 4: Indikatorske vrijednosti i životni oblici lišajeva

Vrsta	L	T	K	F	R	N	To	ŽO
Candelariella reflexa	6	6	3	5	5	7	4	K
Evernia prunastri	7	5	6	4	3	4	6	G
Flavoparmelia caperata	6	7	3	4	5	4	3	L
Parmelia sulcata	7	-	6	3	5	7	8	L
Physcia adscendens	7	5	6	3	7	8	8	L
Physcia caesia	8	-	6	x	8	9	-	L
Physcia tenella	7	-	6	3	6	7	8	L
Xanthoria parietina	7	5	6	3	7	8	7	L

Legenda: L= Svjetlost; T= Temperatura; K= Kontinentalnost; F= Vlažnost; R= Reakcija podloge; N= Hranidbena vrijednost podloge; To= Toksikotolerancija; ŽO= Životni oblici

Tablica 5: Distribucija lišajeva prema indikatorskim vrijednostima (%)

Brojčana oznaka	L	T	K	F	R	N	To
1	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	25	50	12,5	-	12,5
4	-	-	-	25	-	25	12,5
5	-	37,5	-	12,5	37,5	-	-
6	25	12,5	75	-	12,5	-	12,5
7	62,5	12,5	-	-	25	37,5	12,5
8	12,5	-	-	-	12,5	25	37,5
9	-	-	-	-	-	12,5	-

Legenda: L= Svjetlost; T= Temperatura; K= Kontinentalnost; F= Vlažnost; R= Reakcija podloge; N= Hranidbena vrijednost podloge; To= Toksikotolerancija

Raspodjela indikatorskih vrijednosti za svjetlost (Slika 24), pokazuje da niti jedan zabilježeni lišaj ne raste u dubokoj sjeni niti u sjeni (Tablica 5). Utvrđeno je da 62,5 % lišajeva raste na polusvijetlu, ali može rasti i u djelomičnoj sjeni; 25 % lišajeva raste u polusjeni, a 12,5 % raste na punom svjetlu. Guste krošnje potpuno olistalih stabala (*Tilia* sp., *Aesculus hippocastanum, Catalpa bignonioides*) značajno smanjuju prodiranje sunčeve svjetlosti do lišajeva na stablu i granama.

Raspodjela indikatorskih vrijednosti za temperaturu (Slika 25), pokazuje da su za 37,5 % lišajskih vrsta pogodna umjereno hladna do umjereno topla mjesta, a ostatku lišajeva (62,5 %) odgovaraju topla mjesta. Nedostaju vrste hladnih, borealnih, alpskih i umjereno hladnih područja, ali i termofilne vrsta submediteranskog i mediteranskog područja.

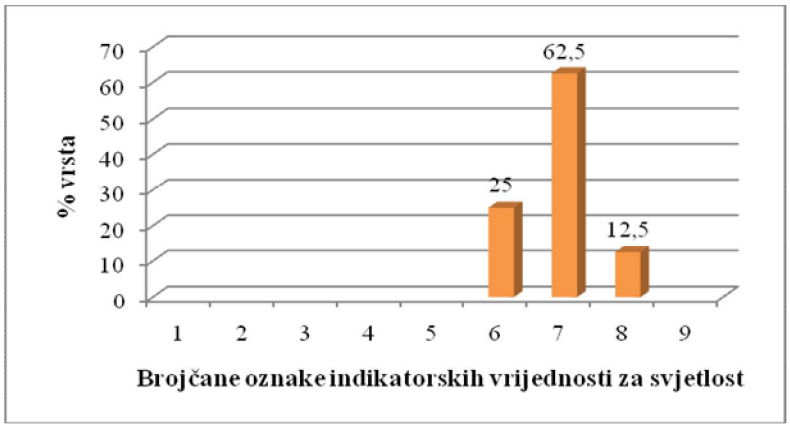
Raspodjela indikatorskih vrijednosti za kontinentalnost (Slika 26), pokazuje da 75 % vrsta ima široku rasprostranjenost, od zapadne do istočne Europe, te u kontinentalnim područjima Azije. Među zabilježenim lišajevima njih 25 % naseljava oceansko i suboceansko područje, tj. rasprostranjeni su u zapadnoj i srednjoj Europi.

Raspodjela indikatorskih vrijednosti za vlažnost (Slika 27), pokazuje da 50 % lišajeva podnosi mjesta s niskom količinom oborina, te se mogu naći i na vlažnijim mjestima. Na mjestima s niskom količinom oborina, ali samo uz visoku vlagu zraka raste 25 % lišajeva, dok 12,5 % raste na mjestima s većom količinom oborina (> 700 mm). Nisu prisutni lišajevi koji rastu u najsušim uvjetima. Budući da godišnja količina oborina u Osijeku iznosi 654,9 mm, također nisu prisutne ni vrste koje zahtijevaju humidniju klimu s količinom oborina iznad 800 mm.

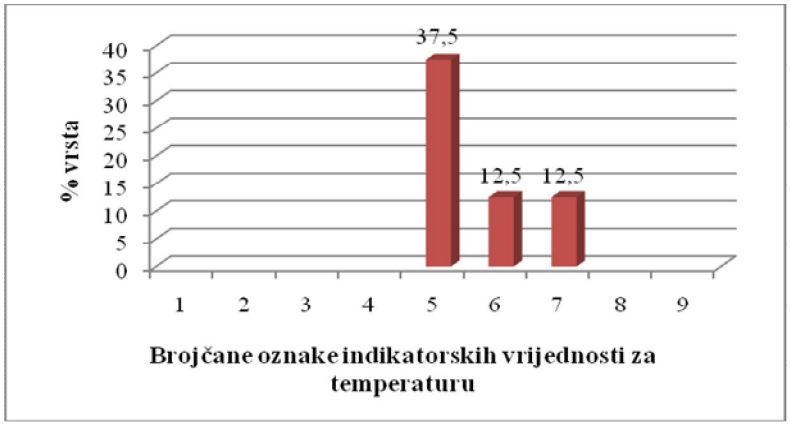
Raspodjela indikatorskih vrijednosti za reakciju podloge (Slika 28), pokazuje da je najveći broj vrsta (50 %) prisutan na umjereno kiselim podlogama (pH 4,9 – 5,6); 25 % vrsta na subneutralnim podlogama (pH 5,7 – 6,5); 12,5 % vrsta na srednje kiselim podlogama (pH 4,1 – 4,8), te preostalih 12,5 % vrsta raste na neutralnim podlogama (pH 6,6 – 7,5). Nisu zastupljeni lišajevi koji rastu na ekstremno kiselim (pH < 3,4), vrlo kiselim (pH 3,4 – 4,0) i bazičnim (pH > 7,0) podlogama.

Raspodjela indikatorskih vrijednosti za hranidbenu vrijednost podloge (Slika 29), pokazuje da svega 25 % vrsta lišajeva raste na kori stabala koja je umjereno bogata mineralima, dok najviše vrsta (62,5 %) raste na kori bogatoj nutrijentima, često impregniranoj prašinom. Čak 12,5 % vrsta lišajeva pronađenih na sveučilišnom kampusu podnose vrlo snažnu eutrofizaciju. Nedostaju vrste koje rastu na mineralima siromašnoj podlozi, izloženoj vrlo niskom intenzitetu eutrofizacije.

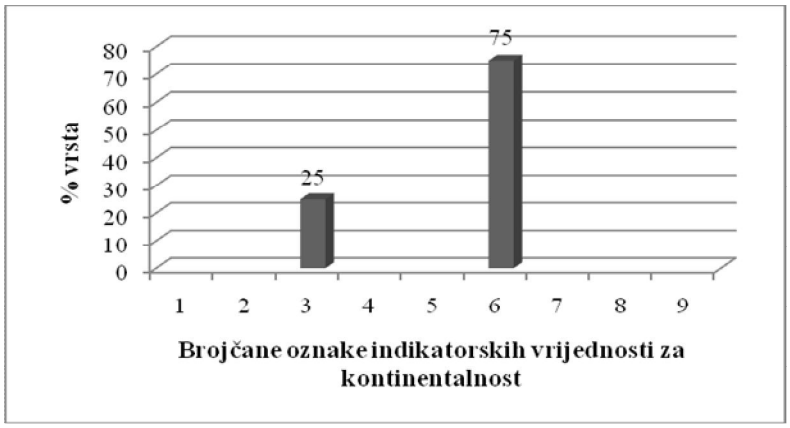
Raspodjela indikatorskih vrijednosti za toksikotoleranciju (Slika 30), pokazuje da 25 % vrsta ima srednju otpornost na štetne tvari u zraku; umjereno visoku otpornost ima 12,5 %, a 12,5 % prilično visoku otpornost. Najveći broj vrsta (37,5 %) ima visoku otpornost na štetne tvari u zraku. Nisu prisutne vrste lišajeva koje su izuzetno osjetljive na onečišćenje zraka.



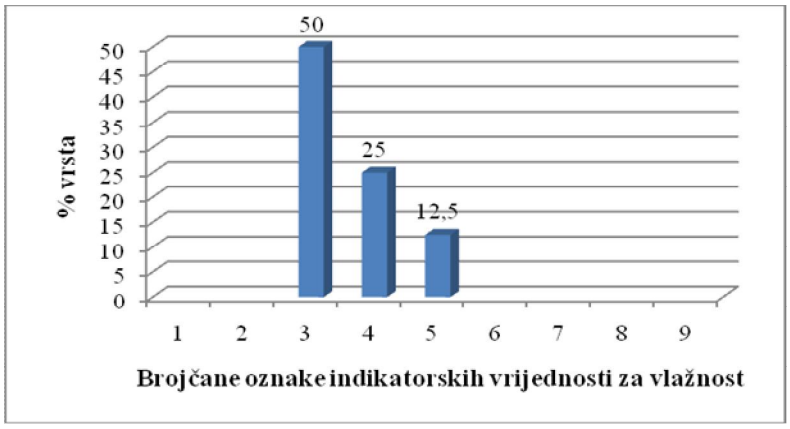
Slika 24. Raspodjela utvrđenih vrsta lišajeva prema brojčanim oznakama indikatorskih vrijednosti za svjetlost (L)



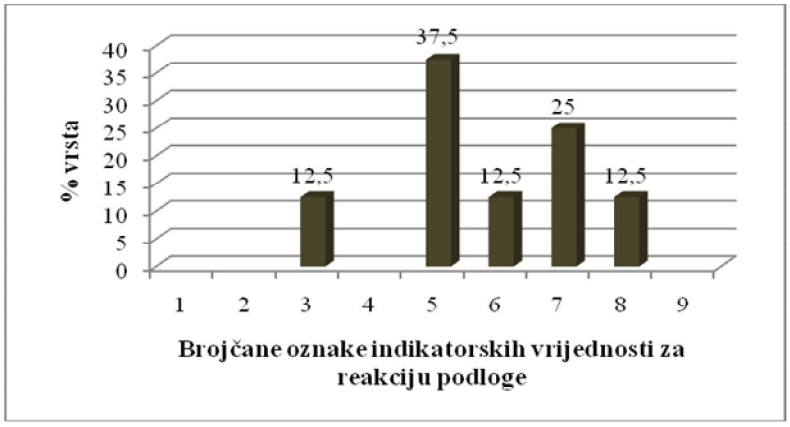
Slika 25. Raspodjela utvrđenih vrsta lišajeva prema brojčanim oznakama indikatorskih vrijednosti za temperaturu (T)



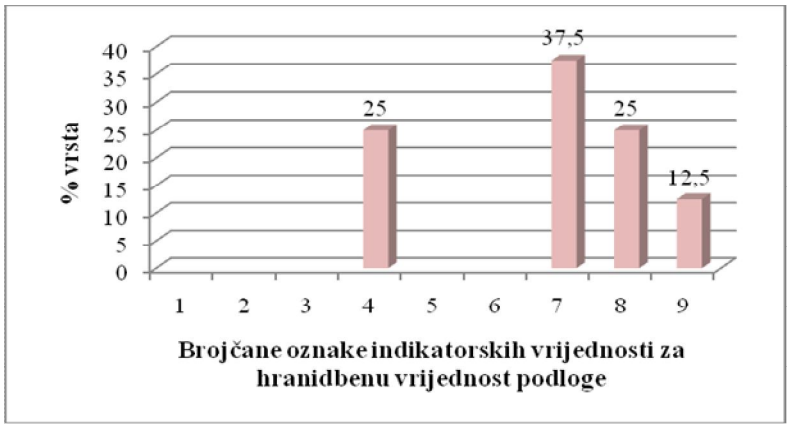
Slika 26. Raspodjela utvrđenih vrsta lišajeva prema brojčanim oznakama indikatorskih vrijednosti za kontinentalnost (K)



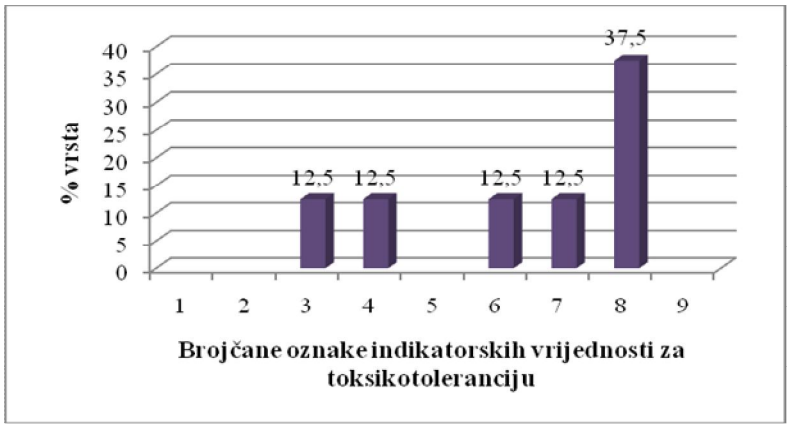
Slika 27. Raspodjela utvrđenih vrsta lišajeva prema brojčanim oznakama indikatorskih vrijednosti za vlažnost (F)



Slika 28. Raspodjela utvrđenih vrsta lišajeva prema brojčanim oznakama indikatorskih vrijednosti za reakciju podloge (R)

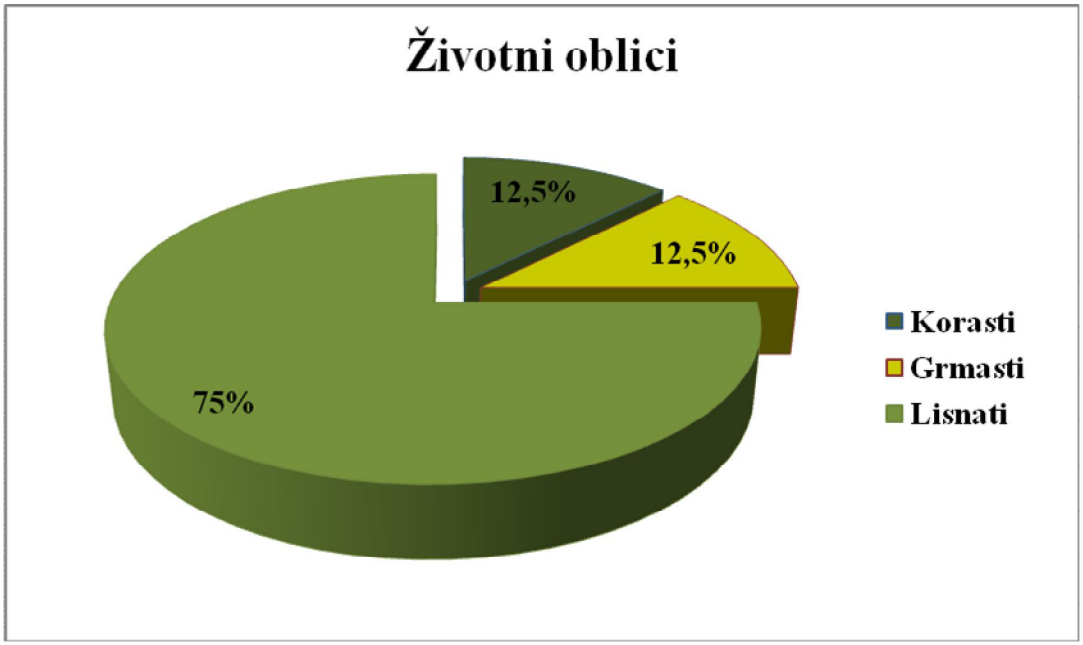


Slika 29. Raspodjela utvrđenih vrsta lišajeva prema brojčanim oznakama indikatorskih vrijednosti za hranidbenu vrijednost podloge (N)



Slika 30. Raspodjela utvrđenih vrsta lišajeva prema brojčanim oznakama indikatorskih vrijednosti za toksikotoleranciju (To)

Prema zastupljenosti životnih oblika (Slika 31), utvrđeno je da su najzastupljeniji (75 %) lišajevi s lisnatim talusom, slijede lišajevi s grmastim i korastim talusom s podjednakim udjelima od po 12,5 %.



Slika 31. Spektar životnih oblika epifitskih lišajeva sveučilišnog kampusa

3.6. Kakvoća zraka

Granična vrijednost (GV): granična razina onečišćenosti ispod koje, na temelju znanstvenih spoznaja, ne postoji ili je najmanji mogući, rizik štetnih učinaka na ljudsko zdravlje i/ili okoliš u cjelini i jednom kad je postignuta ne smije se prekoračiti.

Uredba o graničnim vrijednostima onečišćujućih tvari u zraku (NN 133/05) propisuje granične vrijednosti (GV) za pojedine onečišćujuće tvari u zraku (Tablica 6).

Tablica 6. Granične vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari u zraku

Onečišćujuća tvar	Vremenski period	Granična vrijednost (GV)	Učestalost dozvoljenih prekoračenja
Dušikov dioksid (NO_2)	1 sat	200 $\mu g/m^3$	GV ne smije biti prekoračena više od 18 puta tijekom kalendarske godine
	24 sata	80 $\mu g/m^3$	GV ne smije biti prekoračena više od 7 puta tijekom kalendarske godine
	1 godina	40 $\mu g/m^3$	-
Sumporov dioksid (SO_2)	1 sat	350 $\mu g/m^3$	GV ne smije biti prekoračena više od 24 puta tijekom kalendarske godine
	24 sata	125 $\mu g/m^3$	GV ne smije biti prekoračena više od 3 puta tijekom kalendarske godine
	1 godina	50 $\mu g/m^3$	-
Ugljikov monoksid (CO)	maksimalna dnevna osmosatna srednja vrijednost	10 mg/m^3	-
Lebdeće čestice (PM_{10})	24 sata	50 $\mu g/m^3$	GV ne smije biti prekoračena više od 35 puta tijekom kalendarske godine
	1 godina	40 $\mu g/m^3$	-

Rezultati mjerenja kakvoće zraka na mjernoj postaji Osijek-1 za mjesece: ožujak, travanj i svibanj 2012. godine, prikazani su u tablici 7.

Podaci mjerne postaje za trajno praćenje kakvoće zraka Osijek-1 (Tablica 7) pokazuju da koncentracija NO_2 tijekom ožujka, travnja i svibnja nije prelazila graničnu vrijednost (GV) koja iznosi 80 $\mu g/m^3$ (Slika 32). Najveća koncentracija NO_2 bila je tijekom ožujka, kada je srednja vrijednost iznosila 26,04 $\mu g/m^3$.

Tablica 7. Usporedni prikaz koncentracija onečišćujućih tvari u zraku za ožujak, travanj i svibanj 2012. godine na mjernoj postaju Osijek-1

Mjeseci	ožujak			travanj			svibanj		
Onečišćujuća tvar	C_{min}	C	C_{max}	C_{min}	C	C_{max}	C_{min}	C	C_{max}
NO_2 ($\mu g/m^3$)	9,4	26,04	53	7,5	19,66	33,4	1	17,95	32,9
SO_2 ($\mu g/m^3$)	2,8	9,79	14,5	1,5	3,06	6,9	1,5	1,78	6,9
CO (mg/m^3)	0,43	0,48	0,54	0,33	0,46	0,7	0,21	0,38	0,83
PM_{10} ($\mu g/m^3$)	12,1	34,308	61,8	9,5	21,73	61,6	2	20,406	46,1

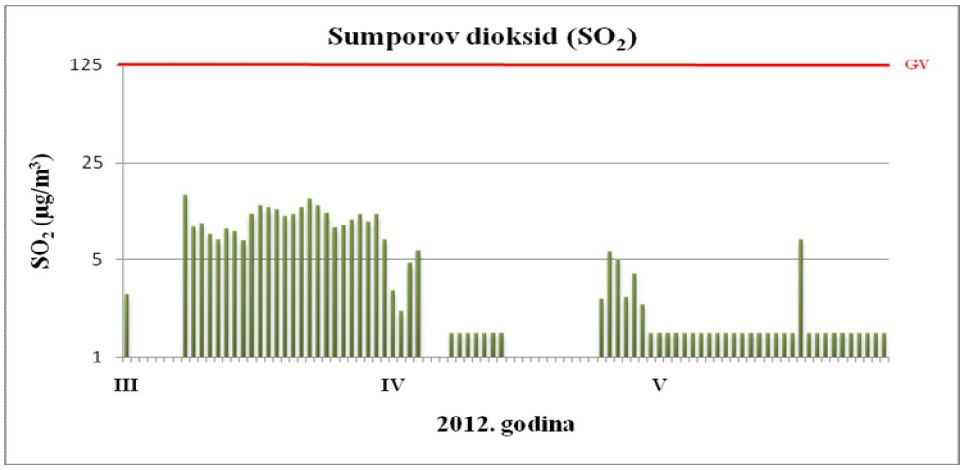
Legenda: C_{min} = minimalna dnevna koncentracija; C_{max} = maksimalna dnevna koncentracija; C = srednja dnevna koncentracija

Koncentracije za SO_2 (Slika 33) i CO (Slika 34) također nisu prelazile graničnu vrijednost, koja za SO_2 iznosi 125 $\mu g/m^3$, a za CO iznosi 10 mg/m^3. Najveća koncentracija SO_2 je bila tijekom ožujka, tada je srednja vrijednost iznosila 9,79 $\mu g/m^3$, a najveća koncentracija CO je bila tijekom ožujka kada je srednja vrijednost iznosila 0,48 mg/m^3.

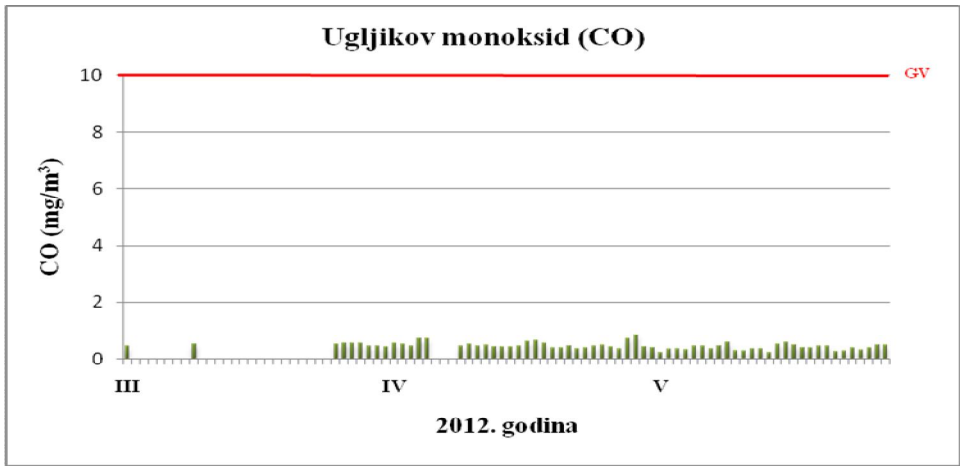
Koncentracija lebdećih čestica (PM_{10}) (Slika 35) je krajem ožujka i početkom travnja prelazila granične vrijednosti koje iznose 50 $\mu g/m^3$. Najveće koncentracije lebdećih čestica su bile tijekom ožujka, tada je srednja vrijednost iznosila 34,308 $\mu g/m^3$.



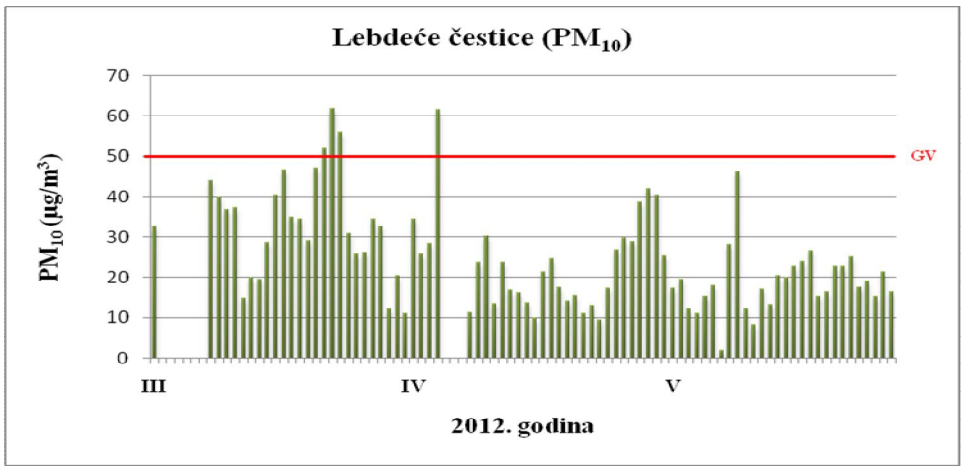
Slika 32. Srednje dnevne koncentracije dušikova dioksida (NO_2) u Osijeku za razdoblje ožujak-svibanj 2012. (GV-granična vrijednost)



Slika 33. Srednje dnevne koncentracije sumporova dioksida (SO_2) u Osijeku za razdoblje ožujak-svibanj 2012. (GV-granična vrijednost)



Slika 34. Srednje dnevne koncentracije ugljikova monoksida (CO) u Osijeku za razdoblje ožujak-svibanj 2012. (GV-granična vrijednost)



Slika 35. Srednje dnevne koncentracije lebdećih čestica (PM_{10}) u Osijeku za razdoblje ožujak-svibanj 2012. (GV-granična vrijednost)

4. RASPRAVA

Tijekom uzorkovanja lišajeva i inventarizacije dendroflore u travnju i svibnju 2012. godine, izvođena je sječa određenog broja stabala zbog prostornog preuređenja sveučilišnog kampusa. Zatečeno je stanje dendroflore koja broji sveukupno 365 stabala, odnosno 21 vrstu drveća, od čega je 16 vrsta listopadno (76,2 %), a 5 vrsta (23,8 %) su četinjače.

Doprinos obnovi dendroflore kampusa dali su pripadnici osječkih „Lions" klubova: „Mursa", „Osijek" i „Kuna", koji su 28. travnja 2012. u akciji ozelenjavanja zasadili 112 sadnica listopadnog i ukrasnog drveća ispred Učiteljskog fakulteta, te 70-ak hameciparisa i tuja ispred Elektrotehničkog fakulteta.

Od 8 vrsta epifitskih lišajeva zabilježenih na 21 vrsti drveća, najviše ih je pronađeno na listopadnom drveću: divljem kestenu (*Aesculus hippocastanum*), gledičiji (*Gleditsia triacanthos*), običnoj katalpi (*Catalpa bignonioides*) i običnoj brezi (*Betula pendula*). Iako obična breza koja zbog prirodno kisele kore (pH 3,2 – 5,0) i betulina nije pogodna podloga za naseljavanje i rast epifitskih lišajeva, zbog raspucale kore i nakupljanja čestica prašine, humusa i organskog detritusa u pukotinama, lišajevi su uspješno naselili i takvu vrstu podloge. Stabla divljeg kestena u sveučilišnom kampusu su posađena u drvoredima te su zbog dostupnosti svjetla i kore bogate mineralima dobra podloga za naseljavanje i razvoj epifitskih lišajeva.

Lišajsku floru parkova i drvoreda grada Osijeka istraživali su Ozimec i sur. (2011) i zabilježili 16 vrsta epifitskih lišajeva. Usporedbom je utvrđeno da ima ukupno 7 zajedničkih vrsta s lišajskom florom sveučilišnog kampusa: *Candelariella reflexa*, *Evernia prunastri*, *Flavoparmelia caperata*, *Parmelia sulcata*, *Physcia adscendens*, *Physcia caesia* i *Xanthoria parietina*. Također, isti autori su utvrdili da su najčešća stabla nositelji epifitskih lišajeva: lipa (*Tilia* sp.) na kojoj su zabilježili 16 vrsta, javor (*Acer* sp.) s 15 vrsta i bagrem (*Robinia pseudoacacia*) s 8 vrsta lišajeva. Usporedbom je utvrđeno da postoji razlika između najčešćih podloga jer su najčešća stabla nositelji u sveučilišnom kampusu: divlji kesten (*Aesculus hippocastanum*), gledičija (*Gleditsia triacanthos*), obična katalpa (*Catalpa bignonioides*) i obična breza (*Betula pendula*). U parkovima i drvoredima Osijeka prisutne su 23 vrste listopadnog drveća (92 %) i svega 2 vrste četinjača (8 %), dok je u sveučilišnom kampusu zabilježeno 16 vrsta listopadnog drveća (76,2 %) i 5 vrsta četinjača (23,8 %).

Područje sveučilišnog kampusa okruženo je vrlo frekventnim gradskim prometnicama: ulicom cara Hadrijana na sjeveru (kojom prolazi i tramvajska pruga), Vukovarskom ulicom na jugu, ulicom Josipa Huttlera na istoku i ulicom kralja Petra Svačića na zapadu. Također uz Vukovarsku ulicu pruža se i željeznička pruga Osijek – Erdut.

Stabla u sveučilišnom kampusu nalaze se na otvorenom prostoru, dobro su osvijetljena i pod utjecajem su vjetra koji na njih nanosi čestice nutrijenata, što je vrlo pogodno za naseljavanje lišajeva. Neka stabla su zaklonjena s zgradama, time su slabije osvijetljena i manja je akumulacija čestica nutrijenata, zbog toga se na njima može uočiti manja prisutnost, pa čak i izostanak lišajeva.

Onečišćenje zraka je prisutnost štetnih tvari (u obliku prašine, dima, magle, pare ili plinova) u atmosferi, u takvim koncentracijama koje mogu biti štetne za žive organizme i mogu imati štetan utjecaj na okoliš. Prema Zakonu o zaštiti zraka iz 2011. godine onečišćeni zrak je „*zrak čija je kvaliteta takva da može narušiti zdravlje, kvalitetu življenja i/ili štetno utjecati na bilo koju sastavnicu okoliša*“.

Prema AZO (2011), kakvoća zraka u gradu Osijeku u 2011. godini bila je I. kategorije s obzirom na NO_2, te II. kategorije s obzirom na lebdeće čestice PM_{10}. To znači da zrak u gradu Osijeku čist ili neznatno onečišćen s obzirom na NO_2 i umjereno onečišćen s obzirom na lebdeće čestice PM_{10}. Zbog nedostatka podataka za 2011. godinu nije izvršena kategorizacija za CO, SO_2 i benzen.

Glavni izvor onečišćenja i narušavanja kakvoće zraka u gradu Osijeku je sektor prometa, prvenstveno emisije plinovitih onečišćujućih tvari nastale izgaranjem različitih goriva koja za pogon koriste cestovna motorna i željeznička vozila. Tijekom zadnjeg desetljaća značajno je porastao broj osobnih automobila koji se kreću gradskim prometnicama, a cestovni je promet i dalje najzastupljeniji oblik prijevoza tereta. U Republici Hrvatskoj je u 2011 godini registrirano 1,518.278 osobnih vozila ili u prosjeku 35 osobnih vozila na 100 stanovnika, dok je u 1997. godini prosjek bio 20 osobnih vozila na 100 stanovnika (AZO, 2012).

Među epifitskim lišajevima zabilježenim na dendroflori sveučilišnog kampusa najzastupljeniji su lišajevi s lisnatim talusom: *Xanthoria parietina* i *Physcia adscendens*. Obje vrste lišajeva optimalno rastu na podlogama bogatim nutrijentima, zahtjevaju gotovo neutralnu koru, te su općenito poznate po toleranciji na onečišćenja. Nalazimo ih na stablima bliže cesti i na granama koje su dobro impregnirane prašinom.

Nešto manje su zastupljene *Parmelia sulcata* i *Physcia caesia*, a najmanje su zastupljene vrste *Physcia tenella, Flavoparmelia caperata, Evernia prunastri* i *Candelariella reflexa.* Nisu prisutne vrste lišajeva koje su vrlo osjetljive na onečišćenje zraka, što ne znači da je kakvoća zraka jako loša, nego jednostavno ekološki i klimatski uvjeti na području grada Osijeka nisu povoljni za naseljavanje i rast takvih vrsta lišajeva.

Najzastupljenije vrste lišajeva u osječkim parkovima i drvoredima (Ozimec i sur., 2011) su također *Physcia adscendens* i *Xanthoria parietina*. Prema životnom obliku u parkovima i drvoredima grada Osijeka, prevladavali su lišajevi lisnatog talusa (81 %), zatim su slijedili korasti (13 %) i grmasti lišajevi (6 %). U sveučilišnom kmapusu također prevladavaju lišajevi s lisnatim talusom (75 %), slijede lišajevi s grmastim i korastim talusom s podjednakim udjelima po 12,5 %.

Urađena procjena kakvoće zraka u gradu Osijeku primjenom epifitskih lišajeva kao bioindikatora potvrdila je da zrak u gradu sadrži povišene koncentracije dušikovih spojeva zbog ispušnih plinova motornih vozila i da je opterećen povećanom koncentracijom lebdećih čestica. To je podudarno s ocjenom kakvoće zraka u gradu Osijeku temeljem cjelogodišnjih mjerenja na postaji Državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka Osijek – 1.

5. ZAKLJUČAK

Istraživanjem flore epifitskih lišajeva na dendroflori sveučilišnog kampusa u Osijeku, u razdoblju od ožujka do svibnja 2012. godine, zabilježeno je 8 lišajskih vrsta, svrstanih u 6 rodova, 4 porodice i 3 reda.

Najučestalije su nitrofilne vrste, lisnatog talusa: *Xanthoria parietina* i *Physcia adscendens*.

Najviše vrsta epifitskih lišajeva zabilježeno je na listopadnom drveću: divljem kestenu (*Aesculus hippocastanum*), gledičiji (*Gleditsia triacanthos*), običnoj katalpi (*Catalpa bignonioides*) i običnoj brezi (*Betula pendula*).

Primjenom epifitskih lišajeva kao bioindikatora kakvoće zraka procijenjeno je da je zrak u gradu Osijeku umjereno onečišćen. Zbog nepostojanja velikih tvorničkih i industrijskih postrojenja kao izvora značajnih količina emisija onečišćujućih tvari u zrak, povremenom narušavanju kakvoće zraka doprinosi sektor prometa.

6. LITERATURA

- AZO 2011. Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2011. godinu. Agencija za zaštitu okoliša. Zagreb. pp. 54-60

- AZO 2012. Izvješće o otpadnim vozilima za 2011. godinu. Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb. Pp. 9-10

- BRODO IM, SHARNOFF SD, SHARNOFF S. 2001. Lichens of North America. Yale University Press, New Haven and London. 795 pp.

- CICEK A, KOPAAL AS, ASLAN S, YAZICI K. 2008: Accumulation of Haevy Metals from Motor Vehicles in Transplanted Lichens in an Urba Area. Commun. Soil. Sci. Plant 39: 168-176

- DOBSON FS. 2011. Lichens. An Illustrated Guide to the British and Irish Species. The Richmond Publishing Co. Ltd., Slough. 496 pp.

- GILBERT O. 2000. Lichens. Harper Collins Publishers, London. 288 pp.

- HAWKSWORTH DL, ROSE F. 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature 227: 145-148.

- HONEGGER R. 1998. The lichen symbiosis – what is so spectacular about it? Lichenologist, 30, 193–212.

- NASH III TH. 2008. Lichen biology. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge. 486 pp.

- NADILO B. 2010: Sveučilišni kampus u Osijeku. Građevinar 62(3): 229-241

- ORANGE A. 1994. Lichens on Trees. A Guide to Some of the Commonest Species. National Museum of Wales, Cardiff. 48 pp.

- OZIMEC S, SIKORA M, OPAČAK A, FLORIJANČIĆ T, PUŠKADIJA Z, BOŠKOVIĆ I, JELKIĆ D. 2011. Lišajevi-bioindikatori kakvoće zraka u gradu Osijeku. Zbornik radova međunarodnog znanstveno-stručnog skupa XIII. Ružičkini dani "Danas znanost-sutra industrija", 474-480.

- RICHARDSON DHS. 1992. Polution monitoring with lichens. The Richmond Publishing Co. Ltd., Slough. 76 pp.

- SCHÖLLER H. 1997. Flechten. Geschichte, Biologie, Systematik, Ökologie, Naturschutz und kulturelle Bedeutung. Kleine Senckenberg-Reihe Nr. 27, Frankfurt am Main. 247 pp.

- SEAWARD MRD, LETROUIT-GALINOU MA. 1991. Lichen reconolization of trees in the Jardin du Luxembourg, Paris. Lichenologist 23(2): 181-186.

- WIRTH V. 1992. Zeigerwerte von Flechten. *U:* ELLENBERG H, WEBER, HE, DÜLL R, WIRTH, V, WERNER, W, PAULISSEN, D. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa (2. Auflage). Scripta Geobotanica 18: 215-237.

- ZANINOVIĆ K. (ur.) 2008. Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia 1961-1990., 1971-2000. Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb. pp. 1-157.

- 2005. Uredba o graničnim vrijednostima onečišćujućih tvari u zraku, Narodne novine, broj 133.

- Korištene web-stranice:

(http://www.bioref.lastdragon.org)
(http://www.sbs.utexas.edu)
(http://www.mzoip.hr)
(http://www.azo.hr)
(http://www.skscrapercity.com)