

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE
ŠTUDIJSKI PROGRAM BIODIVERZITETA

Petra SOVDAT

DOLOČITEV KAKOVOSTI ZRAKA V MESTNI OBČINI KOPER
Z UPORABO IZBRANIH VRST EPIFITSKIH LIŠAJEV KOT
BIOINDIKATORSKIH ORGANIZMOV

Zaključna naloga
(Mentor: doc. dr. Boštjan Pokorny
Somentor: dr. Helena Poličnik)

Nova Gorica, 1. September 2012

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

KAZALO VSEBINE

KAZALO VSEBINE	II
KAZALO SLIK	III
KAZALO PREGLEDNIC	III
KAZALO PRILOG	IV
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	V
POVZETEK	1
1 UVOD	2
2 NAMEN IN CILJ RAZISKAVE	4
3 BIOINDIKACIJA	4
3.1 EPIFITSKI LIŠAJI KOT BIOINDIKATORJI IN VPLIV ONESNAŽENEGA ZRAKA NA LIŠAJE	5
3.1.1 Plinasta onesnažila	5
4 LIŠAJI	6
4.1 DEFINICIJA LIŠAJEV	6
4.2 ZGODOVINA, IMENOVANJE IN UPORABA LIŠAJEV	6
4.3.1 Skorjasti lišaji	7
4.3.2 Listasti lišaji	8
4.3.3 Grmičasti lišaji	8
4.4 OPIS IZBRANIH INDIKATORSKIH VRST EPIFITSKIH LIŠAJEV	9
4.4.1 Navadni rumenček (<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.)	9
4.4.2 Kipeči žuljevec (<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) Oliv.)	10
4.4.3 <i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Necker) Moberg	11
5 MATERIALI IN METODE	11
5.1.1 Meteorološki in ekološki podatki za Koper	13
5.3.1 Kartiranje rastnih oblik lišajev – SI metoda	16
5.3.2 Popisi izbranih vrst epifitskih lišajev	19
6 REZULTATI	19
7 RAZPRAVA	22

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

8 SKLEP	30
9 VIRI	31

KAZALO SLIK

Slika 1: Skorjasti lišaj (foto: Sovdat, 2012).	8
Slika 2: Navadni rumenček (<i>Xanthoria parietina</i>) (foto: Poličnik, 2007).....	9
Slika 3: Kipeči žuljevec (<i>Physcia adscendens</i>) (foto: Poličnik, 2012).	10
Slika 4: <i>Phaeophyscia orbicularis</i> (foto: Poličnik, 2007)	11
Slika 5:Zemljevid lokacije- Koper	12
Slika 6: Črnika – <i>Quercus ilex</i>	15
Slika 7: Lipa – <i>Tilia</i> sp.....	16
Slika 8: Razdelitev drevesa po višinah.	17
Slika 9: Primerjava IAP vrednosti med različnimi drevesnimi vrstami lokacijah.	24
Slika 10: Frekvenca pojavljanja lišaja <i>Physcia adscendens</i> na posameznem popisnem drevesu izbranih lokacij.	28
Slika 11: Frekvenca pojavljanja lišaja <i>Xanthoria parietina</i> na posameznem popisnem drevesu izbranih lokacij.	29
Slika 12: Frekvenca pojavljanja lišaja <i>Phaeophyscia orbicularis</i> na posameznem popisnem drevesu izbranih lokacij.	29

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Gostota prometa na določenih cestah – 15-minutna obremenitev.	13
Preglednica 2: Povprečni letni podatki za dušikov oksid in temperaturo zraka.	13
Preglednica 3: Povprečni letni podatki za relativno vlago.	14
Preglednica 4: Indeksi za popisno ploskev.	18
Preglednica 5: Rezultati popisa na lokacijah po SI metodi in uvrstitev lokacij v IAP razrede.	19
Preglednica 6: Prisotnost posamezne vrste epifitskega lišaja na izbranih lokacijah v MO Koper.	20
Preglednica 7: Frekvenca pojavljanja lišaja <i>Xanthoria parietina</i>	21
Preglednica 8: Frekvenca pojavljanja lišaja <i>Physcia adscendens</i>	21
Preglednica 9: Frekvenca pojavljanja lišaja <i>Phaeophyscia orbicularis</i>	22
Preglednica 10: Indeks toksitolerance (To) in indeks eutrofikacije (N) za vse tri vrste lišajev.	26

KAZALO PRILOG

PRILOGA A: obrazec: SI metoda

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ARSO Agencija Republike Slovenije za okolje
IAP indeks zračne čistosti (Index of Air Purity)
NO_x dušikovi oksidi
NO₂ dušikovi dioksidi
SI metoda metoda popisov lišajev, ki je bila razvita v Sloveniji
SO₂ žveplov dioksid
MO Mestna občina
K⁺ kalijev ion
Ur. l. RS uradni list Republike Slovenije

Ostale okrajšave, simboli in pojmi so razloženi v samem tekstu diplomske.

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

POVZETEK

Za ugotavljanje vnosa onesnažil v okolje in njihovega vpliva na življenjsko združbo sem v Mestni občini Koper uporabila odzivno bioindikacijo na izbranih lokacijah. Onesnaženost sem ocenjevala s pomočjo epifitskih lišajev, in sicer na 16 različnih lokacijah. Popis je bil izveden po dveh metodah: (i) SI metoda, kjer popisujemo vse tri rastne oblike lišajev (listasti, skorjasti in grmičasti) na treh različnih višinah (dnišče, deblo, krošnja) dreves in (ii) popis izbranih vrst epifitskih lišajev. Po slednji sem popisovala tri vrste lišajev, ki spadajo med na onesnažen zrak bolj odporne vrste epifitskih lišajev in so hkrati dušikoljubni (*Xanthoria parietina*, *Physcia adscendens*, *Phaeophyscia orbicularis*). Rezultati popisa kažejo, da je sama občina obremenjena z avtomobilskim prometom, kar se kaže s pojavljanjem skorjastih in listastih vrst lišajev, ki se pojavljajo v okolju s povečanim onesnaževanjem in s pojavljanjem toksitolerantnih vrst na deblih dreves.

ABSTRACT

In order to determine the input of pollutants and their impact to the environment, I used the method of responsive bioindication on selected streets in the Municipality of Koper. The level of pollution was assessed based on the presence of epiphytic lichens at 16 different locations. The mapping of epiphytic lichens was done according to two methods: (i) the Slovenian method, where all three lichen growth forms (foliose, crustose and fruticose lichens) were mapped at three different tree heights (bottom, trunk, crown), and (ii) the register of selected lichen species, which are toxitolerant to air pollution and are nitrophylic at the same time (*Xanthoria parietina*, *Physcia adscendens*, and *Phaeophyscia orbicularis*). The results of the inventory show that the Municipality of Koper is burdened with road traffic. This is indicated by the presence of crustose and foliose lichens which are found in environments with increased levels of pollution, and by the presence of toxitolerant lichen species on tree trunks.

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

1 UVOD

Slogan letošnjega svetovnega dneva Zemlje je bil » Mobilizirajmo Zemljo«. Ta slogan nam sporoča, da Zemlja ne bo in nima več časa čakati, saj je že dovolj obremenjena z onesnaženostjo. V današnjem času velikokrat slišimo o onesnaženosti sveta. Največji krivci za spremembe, ki se v okolju dogajajo, je človek oziroma človekova dejavnost, ki se kot virus širi in napada zrak, vodo in tla. K tej dejavnosti, ki onesnažuje zrak štejemo industrijo (izpust toplogrednih plinov), modern način življenja (klima), tehnologije, ki uničuje naravno okolje in pa širjenje cestnega omrežja ter večje število avtomobilov, kar povečuje promet. Zaradi vsega tega je zrak onesnažen s plinastimi onesnažili (npr. SO_2 , NO_x , ozon) ter z radionuklidi in težkimi kovinami.

Na vse te obremenitve v okolju so nas začele opozarjati tudi naravne katastrofe, kar je pripeljalo do tega, da smo se tega problema začeli zavedati. Zato so Združeni narodi pripravili različne konvencije in protokole, ki govorijo o zmanjševanju količine onesnažil v okolju oz. o spremljanju stanja okolja; države, ki konvencije sprejmejo, so jih potem dolžne izpolnjevati. Za spremljanje kakovosti okolja zgolj meritve količine snovi v anorganskih medijih ni dovolj, zato so že zelo zgodaj začeli izvajati biomonitoring okolja s pomočjo bioindikatorjev, t.j. organizmov, ki s svojimi življenjskimi funkcijami, razširjenostjo, kemično sestavo, fiziološkimi in morfološkimi značilnostmi odražajo razmere v okolju (Arndt in sod., 1987, cit. v Batič in sod., 2011). Zelo primerni bioindikatorji onesnaženosti zraka so epifitski lišaji. Različne metode bioindikacije, ki temeljijo na lišajski flori, se uporabljajo že od leta 1950. Lišaje lahko uporabljamo kot aktivne bioindikatorje, ki jih presedimo v okolje, ki ga preučujemo ali pasivne bioindikatorje onesnaženosti zraka v mnogih urbanih naseljih in industrijskih območjih. Lišaje lahko uporabimo tudi kot odzivne in akumulacijske bioindikatorje. Pri prvem tipu bioindikacije se lišaji odzovejo na spremembe v okolju s spremembami v vrstni sestavi (Poličnik, 2008), pri drugih pa se onesnažilo kopiči v samem lišaju (Jeran, 1995; Ruprecht, 2001; Poličnik, 2008). Že v 19. stoletju je bilo v Angliji, Münchnu in Parizu dokumentirano, da lišaji izginjajo iz urbanih območij (Gries, 1996). V začetku 20. stoletja so to opazili tudi v mnogih drugih mestih (Gries, 1996), izginjanje lišajev pa so pripisali predvsem sajam premoga. Kasneje so h glavnim onesnaževalcem šteli brezbarvni plin ter žveplov dioksid. Danes je na seznamu onesnaževalcev zraka veliko več snovi. Lišaji so zelo občutljivi tudi na smog, floride, ozon, nekatere kovine, kisel dež in dušikove okside.

V okviru zaključne naloge bom poskušala določiti onesnaženost zraka v Mestni občini (MO) Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev, predvsem v bližini cest in glede na oddaljenost od Luke Koper. Za ugotavljanje onesnaženosti sem uporabila t. i. pasivno bioindikacijo. To pomeni, da sem uporabila organizme, ki živijo na raziskovanem področju. Opravila sem popise prisotnih vrst lišajev na šestnajstih lokacijah, in sicer po dveh različnih

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

metodah. Najprej sem popis izvedla po slovenski metodi, ki temelji na oceni številčnosti in pokrovnosti dreves s posameznimi rastnimi oblikami lišajev. Sledilo je evidentiranje prisotnosti treh na evtrofikacijo in dušik zelo odpornih vrst epifitskih lišajev. Z obema metodama smo želeli prikazati stanje kakovosti zraka v MO Koper.

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

2 NAMEN IN CILJ RAZISKAVE

Lišaji so bili v Sloveniji že večkrat uporabljeni kot bioindikatorji onesnaženosti zraka (Batič, 1991; Rupreht, 2001; Jeran, 1995; Poličnik, 2008). Namen naloge je uporaba epifitskih lišajev kot odzivnih bioindikatorjev v MO Koper.

Konkretni cilji:

1. Preveritev primernosti uporabe nitrofilnih vrst epifitskih lišajev za določanje kakovosti zraka v mediteranskem območju.
2. Določitev območij v MO Koper, ki so s plinastimi onesnažili bolj in manj obremenjena.
3. Ugotavljanje vpliva oddaljenosti od Luke Koper na stanje epifitske lišajske vegetacije in s tem na kakovost zraka.
4. Primerjava uporabe dveh različnih metod za določanje kakovosti zraka s pomočjo epifitskih lišajev, in sicer preproste slovenske metode, ki temelji zgolj na popisu ocene prisotnosti različnih rastnih oblik lišajev in metode evidentiranja prisotnosti treh različnih nitrofilnih vrst lišajev.
5. Ugotavljanje vpliva prometa na kakovost zraka v MO Koper.

3 BIOINDIKACIJA

Bioindikacija je metoda za spremljanje kakovosti okolja s pomočjo živih organizmov oziroma združb teh organizmov. Metoda temelji na lastnosti živih organizmov, da reagirajo na dražljaje v njihovi okolici. Ti organizmi so bioindikatorji. S svojo zgradbo, delovanjem ali razširjenostjo se odzovejo na spremembe v okolju. (Arndt in sod., 1987, cit. v Poličnik, 2008; Batič, 1994, 1997a). Tako rastline kot tudi živali so lahko bioindikatorji. Omeniti velja, da poznamo dva različna tipa bioindikacije, in sicer reakcijsko oziroma odzivno bioindikacijo in akumulacijsko bioindikacijo. Tisti organizmi, ki se odzivajo s spremembami svojih življenjskih funkcij so reakcijski bioindikatorji. To se odraža predvsem v njihovi zgradbi in delovanju oz. različni vrstni sestavi na določenih območjih. Akumulacijski bioindikatorji, pa nam že sama beseda pove, so tisti, ki akumulirajo oziroma kopičijo onesnažilo v sebi. Neodvisno od zgoraj navedene delitve bioindikacije, pa ločimo pasivno in aktivno bioindikacijo. Pri pasivni bioindikaciji uporabljamo organizme, ki so v okolju, ki ga raziskujemo že prisotni, medtem ko pri aktivni bioindikaciji organizme v okolje, ki ga raziskujemo prenesemo (presadimo). Bioindikacija lahko poteka na ravni celice, organizma, združb ali ekosistema. Metoda je velikokrat uporabljena pri ugotavljanju onesnaženosti okolja

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

(težke kovine, plini, radionukleotidi). Pomen bioindikacije pri spremljanju stanja okolja je v tem, da dopolnjuje meritve fizikalnih in kemičnih dejavnikov, ki so pomembni za življenje ter njihov medsebojni vpliv (Batič, 2011).

3.1 EPIFITSKI LIŠAJI KOT BIOINDIKATORJI IN VPLIV ONESNAŽENEGA ZRAKA NA LIŠAJE

Epifitski lišaji so eden izmed zelo pogosto uporabljenih bioindikatorjev kakovosti zraka, saj le ti vse snovi za svojo rast iz razvoj črpajo iz zraka. Uporabnost lišajev kot kazalcev kakovosti zraka je lahko zelo različna (Batič, 1995, Poličnik 2011). Njihova prisotnost in odsotnost na nekem območju nam veliko pove o kvaliteti zraka. Izmed vseh treh rastnih oblik epifitskih lišajev so praviloma na onesnažen zrak bolj občutljivi grmičasti in listasti lišaji v primerjavi s skorajstimi, saj najprej propadajo ob pojavljanju onesnaženosti. Občutljivi so predvsem na žveplov dioksid, smog, floride, dušikov oksid. So tudi dobri bioindikator evtrofikacije, torej onesnaževanja zraka z naravnimi in mineralnimi gnojili. Vsekakor bioindikacijsko uporabnost lišajev povečuje dejstvo, da so lišaji razširjeni praktično povsod po planetu in imajo dolgo življenjsko dobo, nekoliko slabša lastnost je njihova počasna rast. Lišaje lahko vzorčimo vse leto, saj se morfološko ne spreminjajo skozi letne čase. Steljke so brez pravih tkiv in organov, nimajo korenin za nadzorovan privzem hranil, nimajo listnih rež in zaščitne kutikule, ki bi nadzorovale privzem iz zraka, zaradi česar se občutljivo lišajsko ravnovesje lahko hitro poruši. Zaradi odsotnosti tkiv in organov tudi ne vzdržujejo vodnega potenciala in njihova aktivnost je odvisna od vlage v zraku (so poikilohidri organizmi), kar ima za posledico večji vnos onesnažil v steljko lišajev ob vlažnih dnevih, saj so takrat najbolj aktivni, onesnaženem zraku pa so stalno izpostavljeni.

3.1.1 Plinasta onesnažila

Z vedno večjo uporabo fosilnih goriv in razvojem kemične in druge industrije je atmosfera onesnažena s plinastimi onesnažili kot so žveplov dioksid, dušikovi oksidi, vodikov fluorid, ozon, ki skoraj nemoteno vstopajo v steljko. Odvisno od koncentracije in trajanja izpostavljenosti plinastim onesnažilom le-ta poškodujejo celične membrane in posledično povzročajo izhajanje K^+ ionov in drugih elektrolitov iz celic, vplivajo na proces fotosinteze, saj niha količina fotosintetskih barvil, negativno pa vplivajo na vezavo dušika in procese dihanja. Žveplov dioksid, ozon in dušikovi oksidi delujejo sinergistično, kar pomeni, da so učinki mešanice na organizem večji, kot vsote delovanja vsakega onesnažila posebej (Tekavec, 2004). Barva steljke blede, zaradi dolgotrajne izpostavitve plinastim onesnažilom

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

nastanejo kloroze. Vzroki za veliko občutljivost epifitskih lišajev na zračna onesnažila in s tem za uporabo pri indikaciji izhajajo iz njihove biologije.

4 LIŠAJI

4.1 DEFINICIJA LIŠAJEV

Za lišaje obstaja več definicij. Ena izmed splošnih definicij je, da so lišaji simbiotska zveza glive in alge. Ker pa evkariontske alge niso edini avtotrofni partnerji v lišajski simbiozi, ampak so to lahko tudi cianobakterije, obstaja tudi drugačna definicija, ki pravi, da je lišaj zveza glive oziroma mikrobionta in fotosintetsko aktivnega partnerja – fotobionta, ki ima morfološko in anatomsko značilno steljko, za vsako vrsto značilne stalne zgradbe, videza in biologije.

4.2 ZGODOVINA, IMENOVANJE IN UPORABA LIŠAJEV

Naravo oziroma zgradbo lišaja je prvi odkril in opisal S. Schwendener leta 1869 (cit. po Jeran, 1995). V rabi je tradicionalna sistematika lišajev, saj se uporablja binomsko poimenovanje. Kar pa se tiče slovenskega prostora, lahko rečemo, da je imen za lišaje zelo malo. Najnovejša imena v slovenskem jeziku so poslovenjena latinska imena.

V Sloveniji sta pionirja raziskovanja lišajev Skoberne, ki je leta 1975 pripravil manjše karte območij onesnaženosti zraka, in Batič; leta 1984 je bila izdelana prva lišajska karta Slovenije (Batič, 1984, cit. v Hlad in sod. 2001).

Zadnja desetletja se je taksonomski položaj lišajev zelo spreminjal. Zanimivo je dejstvo, da so bili obravnavani tudi kot samostojna taksonomska skupina avtotrofnih organizmov«. Vse to je sprožilo razvoj vede o lišajih – lihenologije. So polifiletska skupina, glede na klasifikacijo pa jih uvrščamo k pravim glivam. V grščini se lišaji imenujejo lieken, kar pomeni drevesni mahovi. Spadajo med steljčnice, saj imajo steljke, ki so zgrajene iz alg, cianobakterij in gliv. Pri lišajih gre za simbiozo foto- in mikobionta. Fotobionti, ki gradijo steljke lišajev, lahko živijo neodvisno od gliv, mikobionta pa ne – gre namreč za lihenizirane glive. Steljka lišaja je lahko tudi zelo strukturirana, vključenost alg v glivno steljko je lahko enakomerna ali pa v obliki posebej oblikovane gonidialne plasti fotobiontov; ta tesen preplet in skupek hif gliv je tik pod površino lišajske steljke in ga imenujemo skorjica (korteks). Steljka glive določa med drugim tudi rastno obliko in barvo samega lišaja. Steljka lišajev je na stopnji zrasle nitaste steljke, v kateri prihaja pogosto do tvorbe nepravilnih tkiv, psevdoparenhimov in psevdoprozenhimov. Razmnoževanje steljke lišajev kot take je vegetativno, vsak od

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

partnerjev pa se razmnožuje tudi samostojno (Batič in sod., 2003). Spolno se razmnožuje le gliva, ki pa, odvisno od vrste, tvori značilna trosišča – apotecije in peritecije. Kot celota pa se uspešno razmnožujejo nespolno, z drobljenjem steljke, trganjem kosa, ki pa mora vsebovati glivo in algo, kajti le na tak način zraste nova steljka. Poleg tega se na steljki lahko pojavljajo tudi vegetativni razmnoževalni organi – sorediji in izidiji.

Glede na obliko steljke ločimo tudi tri osnovne rastne (morfološke) oblike lišajev, ki se med seboj vizualno dobro ločijo. Tako ločimo skorjaste, listaste in grmičaste lišaje.

Lišaje lahko poleg zunanjega videza (rastne oblike) delimo tudi glede na podlago, na kateri leti rastejo. Ločimo jih v dve skupini in sicer na epifite – to so tisti, ki živijo na drugih rastlinah, deblih in vejah dreves in epilite – tiste, ki rastejo na zemlji in skalah. Večina lišajev je avtotrofni, nekatere vrste pa so parazitske.

Simbiotski način življenja lišajem omogoča uspevanje v neugodnih razmerah, vendar lišaji ne prenesejo velikih koncentracij strupenih plinov v urbaniziranih območjih zaradi šibkega varstva pred zunanjimi vplivi, sposobnosti kopičenja snovi iz zraka in aktivnosti, ki je odvisna predvsem od stopnje navlaženosti (Batič in sod., 2003). Lišaji so kot skupina najbolj ogroženi zaradi onesnaževanja zraka (Hlad in sod., 2001). V preteklosti so ta problem povzročale žveplove spojine in fluorovodik, zaradi tega je še vedno obubožana epifitska flora v večjih mestih kot so Celje, Ljubljana in v starih industrijskih središčih – Mežica, Šoštanj, Trbovlje (Jeran, 1995, Vidergar-Gorjup, 1998, Batič s sod., 2005, Poličnik, 2008). Na slabo stanje lišajske vegetacije vpliva tudi raba tal in uporaba biocidov (Vidergar-Gorjup, 1998). Danes pa so to onesnaženje zamenjali razni izpuhi organskih spojin iz industrije in tudi promet. To večja količine dušikovih spojin in negativno vpliva na uspevanje lišajev.

4.3.1 Skorjasti lišaji

Povzeto po: Tekavec, 2004, Kuhar, 1994. Poličnik, 2008

Skorjastih lišajev je od vseh vrst največ, predstavljajo kar 75 % od 15.000 vrst. Ti lišaji so kot skorjice, steljke tvorijo skorjasto prevleko in se po celi površini s hifami vrašča v podlago. Če želimo te steljke odstraniti s podlage, jih vedno poškodujemo, saj so nanjo zelo močno pritrjene. Zgrajeni so zelo preprosto. Sestavlja jih skorja, sredica in manjši areoli. Pri nekaterih skorjastih lišajih se na robovih steljk razvijejo luskaste krpe, ki s podlago niso več tako močno spete. Tudi barva njihove steljke je zelo različna, odvisna je predvsem od lišajskih substanc, ki se nahajajo v steljki.

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.



Slika 1: Skorjasti lišaj (foto: Sovdat, 2012).

4.3.2 Listasti lišaji

Povzeto po: Tekavec, 2004, Kuhar, 1994, Poličnik 2008

Oblika steljke te skupine lišajev spominja na liste pri višjih rastlinah, kar nam pove že ime te skupine. Na podlago je steljka pritrjena z valovito površino spodnje skorjice. Pritrjena je lahko z rizinami – žilami ali pritrjevalno ploščico – popkom. Sestavljeni so iz zgornje in spodnje skorje ter sredice. Skupina lišajev, ki se pritrjuje z rizinami, se združuje v skupino laciniatnih lišajev. Če steljke od te površine odtrgamo jih ne poškodujemo. Lišaji, ki pa so pritrjeni s popkom, so združeni v skupino popkastih (umbilikatnih) lišajev. Tako za skorjaste kot tudi za lisaste lišaje velja, da večja povezava s podlago zmanjša vpliv onesnaženega zraka, saj je manjša površina steljke izpostavljena zraku (velik delež površine lišajev ni neposredno izpostavljen zraku, saj je v neposrednem stiku s podlago). Ta skupina lišajev je v primerjavi s skorjastimi lišaji obdana z gostejšim spletom hif. Pod zgornjo skorjico se nahaja plast fotobionta.

4.3.3 Grmičasti lišaji

Povzeto po: Tekavec, 2004, Kuhar, 1994, Poličnik, 2008

Grmičasti lišaji so na splošno od vseh treh glavnih rastnih oblik lišajev najbolj občutljivi na onesnažen zrak in jih tudi zato v mestih zelo redko najdemo. Imajo grmičasto, lasasto ali bradato steljko, ki je na podlago pritrjena s posebno pritrjevalno, t. i. bazalno ploščico.

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverzитета, 2012.

Bazalna ploščica je na bazi steljke, lobuli (krpe) pa so dvignjeni nad podlago ali celo visijo navzdol. Steljka je lahko dorziventralno sploščena ali pa je radialna. Prav tako kot pri listastih, je tudi za grmičaste lišaje značilna plast alg, iz katerih veji glivne hife.

4.4 OPIS IZBRANIH INDIKATORSKIH VRST EPIFITSKIH LIŠAJEV

4.4.1 Navadni rumenček (*Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.)

Družina Teloschistaceae – teloshistacijevke

Navadni rumenček je listast lišaj, ki ga največkrat najdemo na skorji listavcev, uspeva pa tudi na starem betonu, rjaveči pločevini, saj so ta mesta zelo hranljiva. Steljke so velikosti do 10 cm in so živorumene oziroma zlatorumene, oranžnorumene do sivozelenorumene barve, ki je značilnost lišajev tega rodu in po katerih jih lahko prepoznamo. Njen premer je navadno preko 2 cm. Skoraj vedno bogato trosi (cit. po Batič, 1992). Nima soralijev in izidijev. Krpice so širše od 1 mm, so sploščene, včasih pa tudi rahlo vbočene. Apoteciji se nahajajo v središču steljke in vsak ima premer okoli 4 mm. Pogosto se ta vrsta lišaja pojavlja na nevtralnih, evτροφnih podlagah kot so orehi, topoli, vrbe, bezeg. Je nitrofilna, odporna vrsta, še posebej na evτροφikacijo, ni pa odporna na kislina onesnažila. Podlaga je torej mineralno bogata in uspeva predvsem na z dušikovimi spojinami obogateni skorji. Pojavlja se vse do visokogorja in to predvsem na osvetljenih rastiščih.



Slika 2: Navadni rumenček (*Xanthoria parietina*) (foto: Poličnik, 2007).

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

4.4.2 Kipeči žuljevec (*Physcia adscendens* (Fr.) Oliv.)

Kipeči žuljevec je belosive barve, z majhnimi, ozkimi krpicami listnih šopkov, na spodnji strani pa se nahajajo nitke in sorali. Rob krpice je v obliki kupol oziroma čelad. Steljka lišaja je velika do 3 cm in rozetasta, lahko pa je tudi več steljk med seboj povezanih in zavzema večje površine. Na začetku raste v majhnih rozetah, ki se na koncu združijo. Za vrsto so značilni čeladasti sorali in fibrile na koncu krpice (cit. po Batič, 1992). Te krpice so ozke, do 1 mm široke, na koncu so poleg čeladaste oblike tudi valovite. Na robu krpice se nahajajo svetle, do 2 mm dolge nitke. Apoteciji so redki, njihov premer je 1–2 mm in so skoraj brez stebela. Površina je temna, ravna, gola ali le malo poraščena. Ko so lišaji stari, se spremenijo v prah ali pa jih pojedjo pršice. Mlade lišaje, ki so brez soralijev, težko razločimo. Kot navadni rumenček, je tudi ta vrsta nitrofilna in predvsem na evtrofikacijo podlage odporna vrsta, vendar je odpornejša od rumenčka. Na onesnaženih podlagah je zelo pogosta in kaže tendenco k tvorbi enovrstnih združb. Ta vrsta lišaja raste na listavcih ali pa na kamnih z veliko vlage. Ker pa je neobčutljiva na onesnaževanje, se nahaja tudi v samih mestih.



Slika 3: Kipeči žuljevec (*Physcia adscendens*) (foto: Poličnik, 2012).

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

4.4.3 *Phaeophyscia orbicularis* (Necker) Moberg

Barva lišaja vrste *Phaeophyscia orbicularis* je zelo spremenljiva, svetlo do temno siva, včasih tudi zelenkasto siva do rjavkasta. Ima široke krpice listnih šopkov s pikastimi sorali. Steljka tega lišaja je rozetasta do nepravilna, večinoma samo do 2,5 cm široka. Pokriva večje površine, je ozko rastoča in barvita. Krpice ima ozke, široke do 1 mm. So ploske do valovite, skoraj glavičaste. Te so bele, zelenkaste ali sive barve. Sorali so veliki približno 0,5 mm. Spodnja stran je črna, samo na robu je svetla, gosta in obrobljena s kratkimi črnimi nitkami, ki se pogosto pojavijo pod robom in lahko imajo bele konice. Ko *Ph. orbicularis* odstranjemo s površine drevesa, jo lahko skoraj neranljivo odstranimo. Nekaj nitk na spodnji strani je zelo kratkih. Največkrat se pojavlja na skorji listavcev, ki ima skorjo impregnirano s prahom in na podlagi, ki je bogata s hranljivimi snovmi.



Slika 4: *Phaeophyscia orbicularis* (foto: Poličnik, 2007)

5 MATERIALI IN METODE

5.1. OPIS RAZISKOVANEGA OBMOČJA (Povzeto po diplomskem delu Žumer Ž., 2009, Regionalni razvojni center Koper)

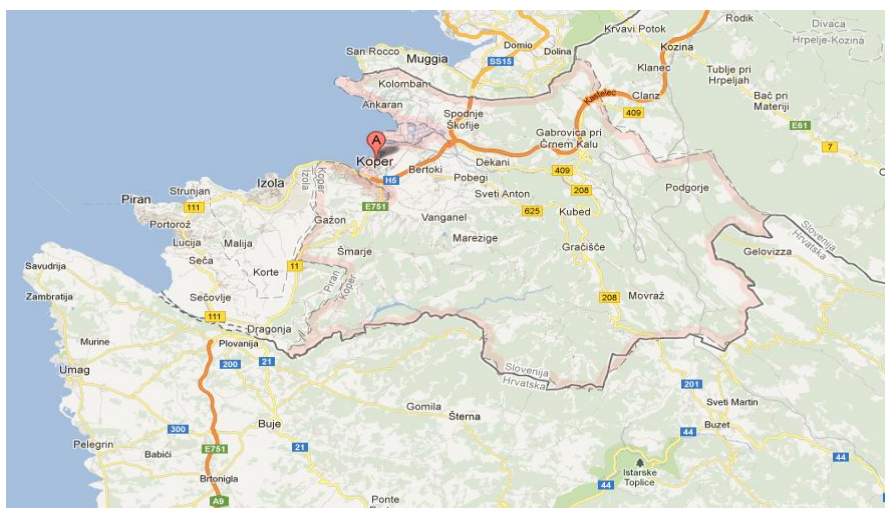
Za raziskovalno območje diplomske naloge smo izbrali Mestno občino Koper, kar je prikazano tudi na spodnjem zemljevidu. To je obmorska in obmejna občina. Obdaja jo

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

Jadransko morje, meji na občine Hrpelje–Kozina, Piran in Izola v Sloveniji ter meji na Republiko Hrvaško in Republiko Italijo.

Mesto je upravno-politično, gospodarsko in kulturno središče občine. Koper leži na $45^{\circ} 2,5'$ severne širine in $13^{\circ} 45,5'$ vzhodne dolžine.

Značilnost občine je močno razvit priobalni pas, ki je zožen na ožji pas ob naselju Koper ter zaledje, ki se globoko zajeda v notranjost Istre (Risk identification report). V mestni občini Koper predstavljajo glavne vire onesnaževanja zraka Luka Koper in promet. A poleg virov onesnaževanja vpliva na stopnjo onesnaženosti zraka tudi lokacija virov, podnebne razmere in topografija pokrajine.



Slika 5: Zemljevid lokacije- Koper

Glede na velikost MO Koper, vire onesnaževanja, bližino cest in razpoložljiva drevesa za same popise lišajev sem za izvedbo diplomske naloge izbrala naslednje lokacije: Ulica Prekomorskih brigad, Pot na Markovec, Pot v gaj, Vinogradniška pot, Kopališko nabrežje, Pristaniška ulica, Vojkovo nabrežje, Ferrarska ulica, Trg Brolo, Kvedrova cesta, Kolodvorska cesta, Ankaranska cesta, Veluščkova ulica in Tomšičeva ulica. Kartiranje je bilo izvedeno na 16 lokacijah v Kopru.

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteteta, 2012.

Preglednica 1: Gostota prometa na določenih cestah – 15-minutna obremenitev.

LOKACIJA	PLDP (leto)
Ankaranska cesta	14696 (2010)
Semedela	12619 (2010)
Železniška postaja	5643 (2006)
Markovec	13023 (2010)
Jadranska cesta	5482 (2008)

Opomba: PLDP – povprečni letni dnevni promet

5.1.1 Meteorološki in ekološki podatki za Koper

V preglednicah 2 in 3 so prikazana letna povprečja skupnih dušikovih oksidov, temperature zraka in relativne vlage od leta 2005 pa do leta 2011 v občini Koper. Podatki so črpani iz spletne strani mestne občine Koper. Podatke za letno povprečje skupnih dušikovih oksidov in žveplovih dioksidov zbirajo od 6.9.2007 dalje, medtem ko so z merjenjem podatkov za letno povprečje temperature zraka na 2 m in relativne vlažnosti na 2 m pričeli že 17.1.2005. Vse meritve pa še vedno potekajo.

Preglednica 2: Povprečni letni podatki za dušikov oksid in temperaturo zraka.

Lokacija	LETO	NO _x [μg/m ³]			T zraka [°C]		
		Srednja letna vrednost	Maksimalna letna vrednost	Minimalna letna vrednost	Srednja letna vrednost	Maksimalna letna vrednost	Minimalna letna vrednost
Koper	2005	/	/	/	16,8	34,8	-0,2
Koper	2006	/	/	/	15,1	35,8	-5,1
Koper	2007	35,2	439,1	0	15,7	37,8	-0,8
Koper	2008	28	321,3	1	15,5	34,5	-2,8
Koper	2009	27,8	256,1	0	15,9	35	-4,9
Koper	2010	28,5	314	1,3	14,6	35,7	-4,1
Koper	2011	27,8	253,6	1,3	15,7	34,6	-1,9

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteti, 2012.

Preglednica 3: Povprečni letni podatki za relativno vlago.

Lokacija	LETO	relativna zračna vlažnost [%]		
		Srednja letna vrednost	Maksimalna letna vrednost	Minimalna letna vrednost
Koper	2005	67	98,8	22,4
Koper	2006	62,9	98	16,7
Koper	2007	62,8	98,4	13,9
Koper	2008	65	97,3	15,9
Koper	2009	62,1	97,3	14,9
Koper	2010	66,3	97,2	17,4
Koper	2011	62,4	97,2	13,8

Iz podatkov iz preglednice 2 lahko razberemo, da je letni minimum dušikovih oksidov v letih nihajal med $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksim je bil dosežen v letih 2010 in 2011. Maksimalna urna vrednost v letu pa je nihajala med $314 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in $439 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maksimalna vrednost pa je bila dosežena v letu 2007, kar nam pojasnjuje, da se onesnaževanje s skupnimi dušikovimi oksidi zmanjšuje. Enako lahko rečemo tudi za srednjo letno vrednost. Tu niha vrednost od $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka (Ur. l. RS, št. 9/2011) je v Prilogi 5 določena alarmna vrednost za NO_2 , ki znaša $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pri čemer se mora meriti v treh zaporednih urah na mestih, ki so reprezentativna za kakovost zraka. Iz podatkov, ki so dostopni na spletnih straneh občine (http://193.95.233.105/econova1/Html/Mesecne_103.aspx?mesto=Koper) je razvidno, da alarmna vrednost za NO_2 od leta 2007 (ko so na razpolago podatki) ni bila nikoli presežena, kljub temu, da so bile izmerjene koncentracije celokupnih NO_x v letu 2007 zelo visoke.

Iz preglednice 2 je razvidno, da je povprečna temperatura zraka na 2 m približno 15°C . Razlike med maksimalno in minimalno vrednostjo pa nihajo med -5°C in 38°C . Prav tako je iz preglednice 3 razvidno, da je povprečna relativna vlažnost na 2 m že visoka na ravni MO Koper.

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

Iz razpoložljivih podatkov (http://193.95.233.105/econova1/Html/Letne_103.aspx?mesto=Koper) zaključujemo, da v MO Koper onesnaževanja z žveplovimi oksidi praktično ni in tako ne predstavlja problema za prebivalstvo.

5.2 IZBOR LOKACIJ POPISOV EPIFITSKIH LIŠAJEV TER IZBIRA DREVES

Na začetku raziskovanja smo izbrali popisna mesta za popise epifitskih lišajev. Obe metodi kartiranja, ki sem ju uporabila pri popisu lišajevskih vrst v okviru diplomske naloge, lahko dasta med posameznimi območji primerljive rezultate, če je popis na vsaki lokaciji narejen na zadostnem številu dreves s podobnimi lastnostmi. Na vsaki lokaciji smo zato izbrali šest ustreznih dreves, ki so po tem območju enakomerno razporejena. Pri vsem tem so izvzeta drevesa, ki rastejo zelo postrani ali so poškodovana (npr. od divjih živali), so dovolj stara ter ne smejo biti obrasla z grmovjem ali mahovi. Pri izbiri dreves je potrebno paziti, da so drevesa značilna za raziskovalno območje in, da imajo enake rastne pogoje.

V samem centru mesta Koper predstavlja velik problem predvsem zasaditev območja z eksotičnimi vrstami kot so palme in platane, ki za popis epifitskih lišajev niso primerne. Primerne vrste za kartiranje so predvsem avtohtona drevesa, ki morajo biti prosto rastoča, imeti morajo dovolj svetlobe in vlage. Priporoča se predvsem kartiranje na eni vrsti dreves, saj je rast lišajev na različnih vrstah dreves različna. To pa je v praksi skoraj nemogoče, zato izberemo takšna drevesa, ki imajo podobno lubje (po strukturi in kemijskih značilnostih). Standardizacija popisov je bila tako z izbiro dreves s podobnimi mikroklimatskimi pogoji in poenotenjem lastnosti lubja zagotovljena.

Kartiranje sem izvedla ob javnih cestah na primernih drevesih, in sicer na črnikah (*Quercus ilex*) in lipah (*Tilia* sp.).



Slika 6: Črnika – *Quercus ilex*.

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.



Slika 7: Lipa – *Tilia* sp.

5.3 POPIS EPIFITSKIH LIŠAJEV

Za potrebe bioindikacije onesnaženosti zraka z epifitskimi lišaji morajo popisi lišajev zadostiti statističnim zahtevam, ki se nanašajo na izbor lokacije opazovanja, izbor drevesa (vrsta, skupina, starost, število dreves na lokaciji), mesto opazovanja lišajev na drevesu, velikosti opazovane površine debla in na način opazovanja vrst (Batič s sod., 2005). Po določitvi območja popisov sem se s pomočjo somentorice odločila, da bo preučevanje stanja lišajev potekalo po dveh različnih metodah.

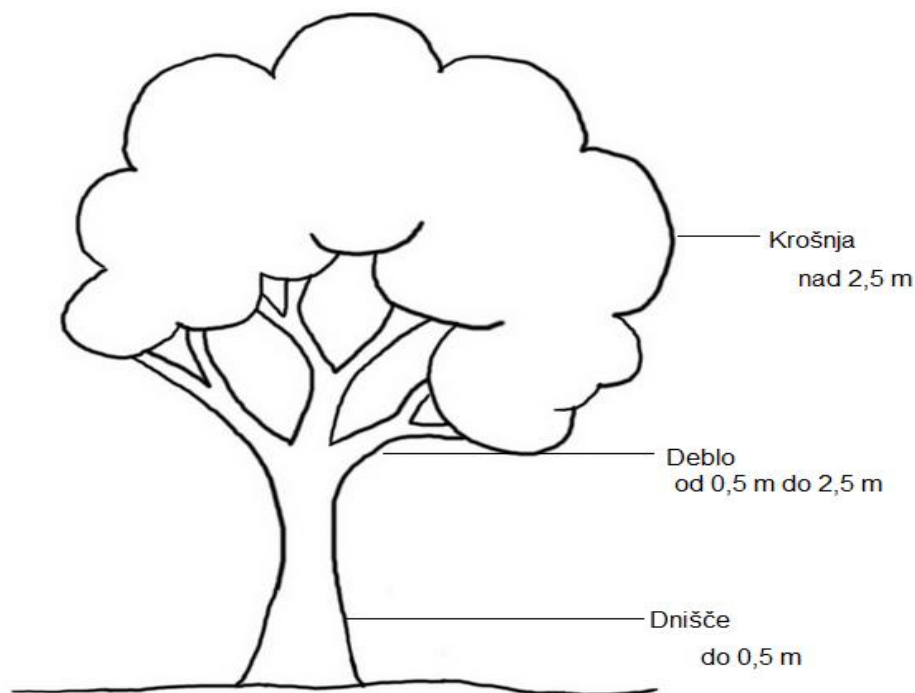
5.3.1 Kartiranje rastnih oblik lišajev – SI metoda

Vse tri rastne oblike lišajev so v neposredni povezavi z občutljivostjo oziroma odpornostjo lišaja na onesnažen zrak. Pri tej metodi popisujemo prisotnost, številčnost in pokrovnost vseh treh rastnih oblik (skorjasti, listasti, grmičasti) lišajev. Metoda kartiranja pokrovnosti in števila steljk je bila razvita v Sloveniji za potrebe velikopovršinskega snemanja stanja zraka pri popisu poškodovanosti gozdov (Batič 1991; Batič in Kralj, 1995). Ta metoda je enostavna, hitra in poceni, popisuje pa se na z lišaji najbolj porasli strani drevesnega debla.

Pri popisovanju razdelimo dele drevesa na tri različne višine, in sicer na:

- dnišče – do 0,5 m višine debla (1. višina)
- deblo – od 0,5 m do 2,5 m višine (2. višina)
- krošnjo – nad 2,5 m višine debla in krošnja (3. višina)

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteteta, 2012.



Slika 8: Razdelitev drevesa po višinah.

Osnovna predpostavka te metode je, da so grmičasti lišaji najbolj občutljivi na onesnaženost, listasti srednje, skorjasti pa so najbolj odporni.

Na vsakem drevesu in na vsaki višini ocenimo pokrovnost in številčnost posameznih rastnih oblik steljk.

Tako pri številčnosti kot tudi pri pokrovnosti se stanje epifitske lišajske vegetacije popiše praviloma na šestih drevesih na vsaki izbrani lokaciji.

Lestvica po kateri ocenimo številčnost in pokrovnost (Batič, 1995):

Številčnost:

- 0 – ni lišajev
- 1 – 1 do 5 steljk posameznega tipa na opazovano višino debla
- 2 – 5 do 10 steljk posameznega tipa na opazovano višino debla
- 3 – nad 10 steljk posameznega tipa na opazovano višino debla

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

Pokrovnost:

- 0 – ni lišajev
- 1 – posamezen tip steljke pokriva do 10 % opazovane površine
- 2 – posamezen tip steljke pokriva med 10 % in 50 % opazovane površine
- 3 – posamezen tip steljke pokriva med 50 % in 100 % opazovane površine

Na podlagi ocenjenega stanja epifitske lišajske vegetacije se izračuna t. i. indeks atmosferske čistosti (Index of Atmospheric Purity = IAP). Izračuna se po različnih višinah drevesnega debla, in sicer IAP1 = stanje na dniščnih dreves, IAP2 = stanje na deblih v prsni višini, IAP 3 = stanje v krošnjah in IAPt = za cela drevesa. Vrednost indeksa pa je vedno povprečje opazovanj na vseh popisanih drevesih na izbrani lokaciji.

Indeks čistosti zraka se izračuna:

$$IAP_{1,2,3} = C(a+c) + F(a+c) + R(a+c)$$

$$IAP_t = IAP_1 + IAP_2 + IAP_3$$

a = številčnost steljk

c = pokrovnost steljk

F = listaste steljke

C = skorjaste steljke

R = grmičaste steljke

Vrednost indeksa se na popisni ploskvi giblje med 0 in 54 za opazovanje na celom drevesu in med 0 in 18 za posamezno višino. Bolj kot je nizka vrednost, revnejša je poraščenost z lišaji in to pomeni slabšo kakovost zraka. Večje vrednosti pomenijo bujno rast lišajev in s tem čisto ozračje. Razdelitev vrednosti indeksa čistoče zraka v razrede glede na celotno drevo je vidna v preglednici 4.

Preglednica 4: Indeksi za popisno ploskev.

Razred	Vrednosti IAP
5	0
4	1,0 – 13,5
3	13,6 – 27,0
2	27,1 – 40,5
1	40,6 – 54,0

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverzitet, 2012.

5.3.2 Popisi izbranih vrst epifitskih lišajev

Za namene ocene vpliva prometa na kakovost zraka smo beležili prisotnost treh različnih vrst epifitskih lišajev, ki so na onesnaženje z dušikovimi oksidi relativno odporni, in sicer *Xanthoria parietina*, *Physcia adscendens* in *Phaeophyscia orbicularis*. Na drevo smo namestili desetpoljsko mrežo, posamezna polja so velikosti 10 x 10 cm, kar pomeni dva stolpiča petih kvadratov. Spodnji del popisne mrežice namestimo na višino 1 m drevesnega debla na stran, ki je najbolj poraščena z lišaji. Za vsako izmed izbranih lišajev smo pripisali frekvenco pojavljanja znotraj popisne mreže (frekvenca pojavljanja je med 0 in 10).

6 REZULTATI

V raziskavo, ki sem jo izvedla v MO Koper, je bilo vključenih 16 lokacij, in sicer je bil popis opravljen skupaj na 96 drevesih.

6.1 REZULTATI POPISA PO SI METODI

Preglednica 5: Rezultati popisa na lokacijah po SI metodi in uvrstitev lokacij v IAP razrede.

LOKACIJA	SI metoda						IAP lokacije	RAZRED
	1	2	3	4	5	6		
Ulica Prekomorskih brigad	16	16	14	13	13	9	13,5	4
Pot na Markovec-lipa	20	25	18	26	18	15	20,33	3
Pot na Markovec-črnika	17	14	34	12	11	11	16,5	3
Pot v gaj	20	25	29	24	22	24	24	3
Vinogradniška pot	27	24	24	31	26	24	26	3
Kopališko nabrežje	13	13	13	13	7	7	11	4
Pristaniška ulica	30	27	31	27	29	30	29	2
Vojkovo nabrežje	23	26	21	23	30	23	24,3	3
Ferrarska ulica 14	35	28	30	24	31	23	28,5	2
Ferrarska ulica 7	15	6	6	20	23	24	15,66	3
Trg Brolo	24	26	21	20	27	8	21	3
Kvedrova cesta	16	9	19	20	19	24	17,83	3
Kolodvorska cesta	11	26	25	33	33	30	26,3	3
Ankaranska cesta	12	10	13	11	8	11	10,83	4
Veluščkova ulica	14	15	22	26	6	14	16,17	3
Tomšičeva ulica	24	32	26	28	25	20	25,83	3

Rezultati popisa epifitskih lišajev po SI metodi so podani v preglednici 5. Preglednica skladno z metodologijo prikazuje IAP vrednosti posameznega drevesa, IAP vrednosti lokacije (povprečje vseh 6 dreves) in razvrstitev lokacij v posamezne razrede zračne čistosti (širine razredov so opredeljene v metodologiji in so podane v poglavju Metode dela).

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

6.2 REZULTATI POPISA IZBRANIH VRST LIŠAJEV

Po tej metodi sem popisovala tri vrste lišajev, ki so prikazani v preglednici 6 in je zanje glede na podatke iz literature pričakovati, da se množično pojavljajo na območjih večje evtrofikacije in onesnaženja z dušikovimi oksidi, med kakršna spadajo tudi območja s prometom.

Preglednica 6: Prisotnost posamezne vrste epifitskega lišaja na izbranih lokacijah v MO Koper.

	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Physcia adscendens</i>	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>
Ulica Prekomorskih brigad		X	X
Pot na Markovec – lipa		X	X
Pot na Markovec – črnika	X	X	X
Pot v gaj		X	X
Vinogradniška pot	X	X	X
Kopališko nabrežje		X	X
Vojkovo nabrežje	X	X	X
Pristaniška ulica	X	X	X
Ferrarska ulica 14	X	X	X
Ferrarska ulica 7	X	X	X
Trg Brolo		X	
Kvedrova cesta		X	
Kolodvorska cesta	X	X	X
Ankaranska cesta	X	X	
Veluščkova ulica		X	X
Tomšičeva ulica	X	X	X
SKUPAJ	9	16	13

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

Preglednica 7: Frekvenca pojavljanja lišaja *Xanthoria parietina*.

LOKACIJA	<i>Xanthoria parietina</i>						SKUPAJ
	1	2	3	4	5	6	
Ulica Prekomorskih brigad	/	/	/	/	/	/	/
Pot na Markovec-lipa	/	/	/	/	/	/	/
Pot na Markovec-črnika	/	/	6	/	/	/	6
Pot v gaj	/	/	/	/	/	/	/
Vinogradniška pot	5	2	9	7	2	2	27
Kopališko nabrežje	/	/	/	/	/	/	/
Pristaniška ulica	/	/	2	/	1	7	10
Vojkovo nabrežje	/	/	4	1	1	/	6
Ferrarska ulica 14	1	2	1	/	5	4	13
Ferrarska ulica 7	/	/	/	/	/	2	2
Trg Brolo	/	/	/	/	/	/	/
Kvedrova cesta	/	/	/	/	/	/	/
Kolodvorska cesta	/	/	8	5	/	1	14
Ankaranska cesta	1	/	/	3	5	4	13
Veluščkova ulica	/	/	/	/	/	/	/
Tomšičeva ulica	1	10	5	4	10	9	39

Preglednica 8: Frekvenca pojavljanja lišaja *Physcia adscendens*.

LOKACIJA	<i>Physcia adscendens</i>						SKUPAJ
	1	2	3	4	5	6	
Ulica Prekomorskih brigad	10	9	7	5	4	3	38
Pot na Markovec-lipa	3	/	5	10	/	/	18
Pot na Markovec-črnika	10	8	10	10	8	10	56
Pot v gaj	6	3	10	10	10	10	49
Vinogradniška pot	10	10	10	10	8	10	58
Kopališko nabrežje	/	4	3	1	/	/	8
Pristaniška ulica	9	4	6	10	10	10	49
Vojkovo nabrežje	9	2	9	6	2	3	31
Ferrarska ulica 14	6	8		2	9	10	35
Ferrarska ulica 7	6	1	8	/	2	1	16
Trg Brolo	10	9	2	6	10	10	47
Kvedrova cesta		3	6	7	6	1	23
Kolodvorska cesta	9	10	/	/	2	2	23
Ankaranska cesta	/	/	2	3	2	/	7
Veluščkova ulica	7	9	9	10	/	/	35
Tomšičeva ulica	10	10	10	10	10	10	60

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteti, 2012.

Preglednica 9 Frekvenca pojavljanja lišaja *Phaeophyscia orbicularis*.

LOKACIJA	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>						SKUPAJ
	1	2	3	4	5	6	
Ulica Prekomorskih brigad	10	/	10	7	/	/	27
Pot na Markovec-lipa	/	10	10	/	/	/	20
Pot na Markovec-črnika	/	10	10	/	/	/	20
Pot v gaj	/	1	/	/	4	7	12
Vinogradniška pot	/	10	/	/	/	8	18
Kopališko nabrežje	1	/	/	/	/	/	1
Pristaniška ulica	5	/	/	2	3	2	12
Vojkovo nabrežje	/	/	2	4	1	/	7
Ferrarska ulica 14	4	1	/	/	4	3	12
Ferrarska ulica 7	/	/	1	/	/	1	2
Trg Brolo	/	/	2	/	/	/	2
Kvedrova cesta	/	/	/	/	/	/	/
Kolodvorska cesta	/	/	/	/	5	5	10
Ankaranska cesta	/	/	/	/	/	/	/
Veluščkova ulica	/	/	/	3	/	/	3
Tomšičeva ulica	10	2	/	/	/	10	22

7 RAZPRAVA

V mesecu juniju 2012 sem na območju MO Koper na 16 lokacijah ocenjevala kakovost zraka na podlagi opravljenih popisov epifitskih lišajev v mestu in njegovi okolici po 2 različnih metodah. V raziskavo je bilo vključenih 16 lokacij, skupaj je bil popis narejen na 96 drevesih.

Pri iskanju samih lokacij popisa je bilo kar nekaj problemov, saj se je v mestu pojavljala zelo pogosto palma, ki je eksotična vrsta in je neprimerna za obrast z lišaji. Poleg palm se v mestu nahajajo tudi platane, ki so prav tako slaba podlaga za rast lišajev. Lubje namreč z debela odpade in lišajske steljke se ne morejo razviti. Problem pa se je pojavljal tudi izven samega centra, saj je bilo potrebno na eni lokaciji dobiti 6 dreves iste vrste, to je pomenilo ali 6 lip ali 6 črnih.

7.1 SI METODA

SI metoda je bila uporabljena na 96 drevesih na 2 različnih drevesnih vrstah, in sicer na lipah in hrastih (črnikah). Rezultati popisov epifitskih lišajev v juniju 2012 so prikazani v preglednici 5. Iz nje je razvidno, da se povprečne vrednosti indeksov na lokacijo gibljejo med 10,83 in 29, kar pomeni, da lahko lokacije razvrstimo v 3 različne razrede zračne čistosti, in sicer od 2., ki pomeni veliko obrast z lišaji in zato sklepamo na dobro kakovost zraka, do 4.

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

razreda, ki pomeni revno obrast z lišaji in zato sklepamo na slabo kakovost zraka. Na večini lokacij je rast lišajev revnejša, le na redkih lokacijah pa je rast z lišaji bolj bogata.

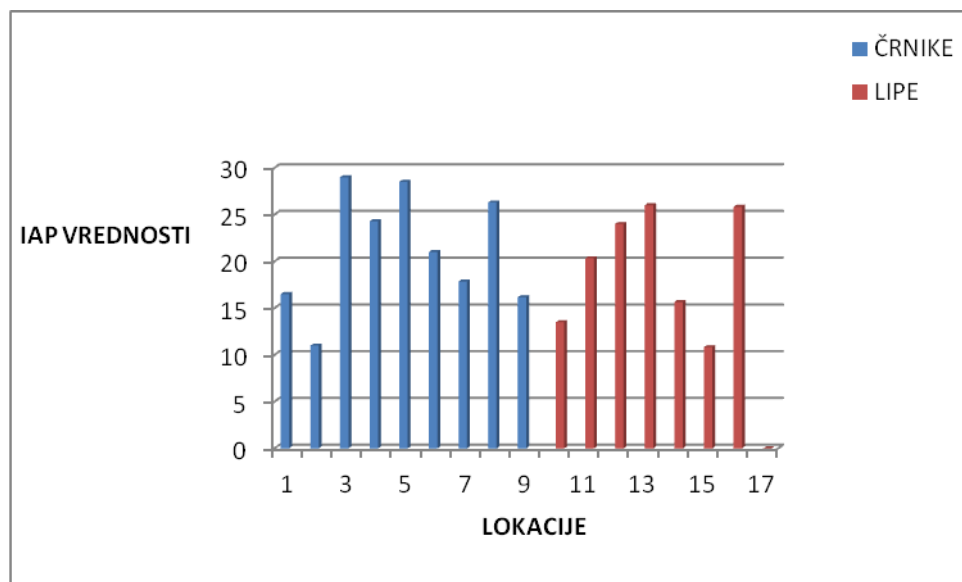
Kot nam nakazujejo vrednosti, je stanje lišajev na splošno dokaj slabo in nam kaže na to, da je na lokacijah kakovost zraka slaba. Na podlagi indeksov za vse lokacije je razvidno, da je lišajska vegetacija zmerna do revna, kajti večina lokacij je uvrščena v razrede 3 in 4. Le dve lokaciji spadata v 2. razred, kar nakazuje čistejši zrak in dobro razvito epifitsko lišajsko vegetacijo, in sicer sta to lokaciji Pristaniška ulica in Ferrarska ulica 14.

Načeloma so na onesnažen zrak najbolj občutljivi grmičasti lišaji, sledijo listasti, najmanj občutljivi pa so skorjasti lišaji. Ob pojavljanju onesnaženosti grmičasti lišaji praviloma prvi začnejo propadati, kar smo ugotovili tudi s popisi v MO Koper; na nobeni od 16 lokacij, na katerih je popis bil opravljen, se grmičasti lišaji niso pojavljali. Na vseh lokacijah pa so se pojavljali listasti in skorjasti lišaji. Na nekaterih lokacijah se sicer listasti pojavljajo v večjem številu, na nekaterih pa v manjšem.

Na rast in razvoj lišajev vplivajo predvsem okoljski dejavniki. Poleg tega pa na njihovo rast in razvoj vpliva tudi onesnažen zrak. Eden izmed okoljskih dejavnikov, ki neustrezno vplivajo na razvoj lišajske vegetacije so svetlobne razmere. Tu velja omeniti tudi še vlago, starost dreves ter vrstno sestavo, ob morju pa velja omeniti sol in ostale elemente, ki so značilno prisotni v morju (npr. tudi brom) (Jeran, 1995). Zato menimo, da na lokaciji Kopališko nabrežje, ki je tik ob morju, na slabo obrast z lišaji vplivajo tudi elementi iz morja in zato ni nujno res, da je na tej lokaciji tudi kakovost zraka tako slaba, kot bi lahko sklepali le iz podatkov o prisotnosti lišajev na skorjah dreves.

Poudariti velja, da smo v centru mesta večino popisov naredili na črnikah (oziroma kot jim domačini pravijo istrskemu hrastu), ki so v MO Koper kar pogosta vrsta, medtem ko smo na obrobju mesta večino popisov naredili na lipah, saj tam črnika ni bila prisotna v zadostnem številu. Slika 9 prikazuje frekvence pojavljanja lišajev na različnih drevesnih podlagah. Na obeh lokacijah, kjer so popisi potekali na obeh drevesnih vrstah v neposredni bližini, je vidna razlika med IAP indeksi glede na izbrano vrsto drevesa. Razlog za to je lahko različna kislost skorje, pa tudi različna starost popisnih dreves; tako so npr. bile lipe na lokaciji Ferrarska ulica 7 zelo mlade in predvidevamo, da je tudi zaradi tega bila obrast z lišaji revnejša kot bi bila sicer; na podlagi ocene kakovosti zraka s pomočjo popisa epifitskih lišajev na črnikah v neposredni bližini (Ferrarska ulica 14) namreč ugotavljamo, da zrak na tem območju ni zelo onesnažen. Za oceno kakovosti zraka izbrane lokacije oz. območja je zato potrebno upoštevati tudi izbiro drevesne vrste in starosti dreves in to dejstvo tudi upoštevati pri interpretaciji rezultatov.

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteti, 2012.



Slika 9: Primerjava IAP vrednosti med različnimi drevesnimi vrstami lokacijah.

Pri vojašnici v Ankaranu popisa nisem mogla izvesti po nobeni metodi, saj je rast lišajev slaba, na kar vpliva predvsem obraslost drevesnih debel z mahovi. Drevesa rastejo namreč v temnem predelu in v vlažnem okolju, ki sta ugodnejša za rast mahov, ki preraščajo lubje dreves. Zaradi sukcesijskega razvoja epifitske vegetacije lišajev na zelo starih drevesih izrinejo mahovi. Na tej lokaciji so mahovi tako izrinili lišaje in zaradi tega popisa ni bilo mogoče izvesti.

Kopališko nabrežje je zelo prometna ulica, po kateri se vozi veliko število avtomobilov, poleg tega pa je tudi veliko parkiranja, kar nam da slutiti, da je na tej lokaciji obremenitev zraka zaradi prometa velika. Tudi obrast dreves z lišaji je zelo slaba, saj se le ti pojavljajo v majhnem številu, steljke so tudi zelo majhne. Vendar pa je potrebno vedeti, da na slabo obrast z lišaji lahko vplivajo tudi drugi dejavniki, v tem primeru predvsem bližina morja. Prav bližina morja je tisti dejavnik, ki tako močno vpliva na rast in razvoj lišajev, da zaradi tega težko določimo stopnjo vpliva samega prometa na epifitsko lišajsko vegetacijo oz. na podlagi prisotnih lišajev na kakovost zraka.

V 4. razred, ki nakazuje veliko onesnaženost zraka, spadata še dve ulici, in sicer Ulica Prekomorskih brigad in Ankaranska cesta. Na teh dveh lokacijah je veliko parkiranja avtomobilov, to pomeni, da je veliko izpustov, saj ljudje na teh lokacijah velikokrat prižigajo avtomobile in speljujejo iz mesta. To pa se odraža tudi na drevesih, ki skoraj niso porasla z lišaji. Na obeh lokacijah pa bi izpostavila tudi to, da so tu poleg prometa prisotni tudi drugi

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

ovirajoči dejavniki. Na ulici Prekomorskih brigad sem naredila popis na lipah, kjer je na nekaterih drevesih omejujoč dejavnik predvsem svetloba, kajti nekatera drevesa so v temnem prostoru. Drugi omejujoč dejavnik na tej lokaciji je grmičevje, saj imajo nekatera drevesa poraslo deblo z živo mejo, kar ne nakazuje popolnoma realne slike, ker je dno drevesa skoraj brez lišajev; v okolju, kjer je izbira potencialnih popisnih dreves večja, bi takšno drevo izključili iz popisa lišajev. Na Ankaranski cesti je popis bil izveden na mladih črninah, ki imajo še zelo majhna debela; tudi zelo mladih dreves v idealnih razmerah v tovrstne raziskave nebi vključili, vendar smo v okviru diplomske naloge zaradi pomanjkanja popisnih dreves tudi to lokacijo v raziskavo vključili. Vendar kljub vsemu mislim, da lokacija sodi v razrede večje onesnaženosti, in sicer zaradi povečanega prometa in zato izpustov iz avtomobilov in kamionov, ki so zaradi bližine Luke Koper, Intereurope na tej lokaciji prisotni v velikem številu.

Tudi na nekaterih drugih lokacijah je bil popis narejen na relativno mladih drevesih. Omeniti velja, da je tako na Kolodvorski cesti kot tudi na Vinogradniški poti veliko število avtomobilov. Predvsem je tu parkirišče, kjer je veliko parkiranja in pa tudi veliko avtomobilov ter avtobusov ima tu vsakodnevno pot, tako da to predstavlja velik vpliv za visoko onesnaženost in so zaradi onesnaženja steljke ponekod že močno poškodovane in pobledele (klorotične).

Zelo me presenečajo rezultati na lokacijah Pristaniška ulica in Ferrarska ulica 14, kjer sta lokaciji uvrščeni v 2. kakovostni razred, kar nakazuje nekoliko čistejše okolje, sta pa obe ulici zelo prometni. Ob Ferrarski ulici so na eni strani prisotne velike stavbe, kar ubrani onesnaževanje iz ene strani. Predvidevam, da je na tej ulici onesnaževanje zraka manjše prav zaradi tekočega prometa (brez semaforjev in frekventnih uličnih parkirišč). Tudi na Pristaniški ulici bi lahko rekla, da so bližnje zgradbe in park tisto, ki prispevajo k bujni rasti lišajev in pa vsekakor prav to, da tu ni ustavljanja prometa. Ekološke razmere so ugodne za rast lišajev, saj sta lokaciji dovolj svetli in hkrati nista izpostavljeni celodnevni sončni pripeki in sta dovolj odmaknjeni od roba cestišča.

Čeprav drevesa na katerih sem raziskovala niso bile iste starosti, vrste in nekatera celo poškodovana in s tem niso bila najboljša za raziskavo, kljub temu lahko potrdim, da je ob cestah zrak najbolj onesnažen in je torej bivanje za človeka manj priporočljivo.

Velja se dotakniti še Luke Koper in njenega vpliva na kakovost zraka v predelu MO Koper. Sama luka pripomore k onesnaževanju mesta in predvidevam, da vpliva tudi na okolico, kamor se onesnaženost prenaša preko zračnega onesnaževanja. Na onesnaževanje vpliva tako s potniškim ladijskim prometom, avtomobilskim prometom (na onesnaževanje vplivajo tudi tovornjaki, ki dnevno prihajajo v luko).

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

Kljub temu, da je bila slovenska metoda razvita za namene ugotavljanja propadanja gozdov in se zato uporablja predvsem pri popisih gozdov, ugotavljam, da je primerna tudi za popise oz. ugotavljanje kakovosti zraka na prostem in ob cestah, zato jo je na tem območju smiselno uporabljati.

7.2 POPIS PRISOTNIH IZBRANIH VRST LIŠAJEV

Popis je bil narejen na 96 drevesih, na višini nad 1 m od tal.

Preglednica 10 Indeks toksitolerance (To) in indeks eutrofikacije (N) za vse tri vrste lišajev.

	To	N
<i>Xanthoria parietina</i>	7	6
<i>Physcia adscendens</i>	8	6
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	7	7

Frekvenco posamezne vrste lišajev sem ugotavljala z vzorčevalno mrežico 2 x 5 med seboj povezanih kvadratkov v velikosti 10 x 10 cm. Za nekatere najbolj raziskane vrste lišajev so v preteklosti bili podani tudi različni indeksi, ki odražajo odziv lišajev na različne okoljske dejavnike, za izbrane 3 vrste lišajev pa so v preglednici 10 podani indeksi toksitolerance (To) in eutrofikacije (N) po Wirthu (1992). Razpon vrednosti za To je od 1 do 9 (večji indeks To pomeni za onesnažila bolj odporno vrsto lišaja), razpon za indeks N je pa od 1 do 7 (večji indeks pomeni za eutrofikacijo manj občutljive vrste). Pri ugotavljanju pojavljanja različno občutljivih lišajev na posameznem popisnem mestu je upoštevana tudi njihova pogostost (frekvenca) pojavljanja. Na podlagi tega pa sem ugotavljala kvaliteto zraka. Tu moram poudariti, da so skupne frekvence pojavljanja lišajev v posameznem popisnem pasu podane kot vsote frekvenc na vseh šestih drevesih, saj smo na vseh lokacijah naredili popis na istem številu dreves in zato računanje povprečja ni bilo potrebno.

Ker je moja naloga ocenitev onesnaženosti zraka zaradi vpliva prometa sem popisovala samo naslednje nitrofilne vrste lišajev, in sicer *Xanthoria parietina*, *Physcia adscendens* in *Phaeophyscia orbicularis*. Na deblih dreves pa lahko zasledimo tudi druge lišaje, ki jih nisem popisovala. Na izbranih odsekih ulic, ki sem jih izbrala v popisu in so s prometom različno obremenjena, je bila pokritost dreves z lišaji zelo različna. Vse te tri omenjene vrste so značilne za območje, bolj obremenjeno z dušikom, t.j. lokacije, kjer je tudi promet večji, zato sem jih evidentirala na območju z gostim prometom, kjer je frekvenca pojavljanja teh treh

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

vrst večja. Takim vrstam pravimo tudi tako imenovane toksitolerante vrste. To so vrste, ki so odporne na onesnažen zrak. Vse imajo visok indeks toksitolerance. Med njimi pa sta vrsti *Xanthoria parietina* in *Phaeophyscia orbicularis* vrsti z nižjim indeksom toksitolerance, kar je vidno iz preglednice 10, in sicer je ta za obe vrsti 7 na lestvici od 1 do 9. Iz seznama oziroma preglednice 7 je razvidno, da je vrsta *Xanthoria parietina* bila evidentirana na lokacijah, kjer na podlagi popisov po SI metodi sklepamo, da je onesnaževanje nekoliko manjše (na lokacijah, ki jih uvrščamo v 4 kakovostni razred jih ni; izjema je Ankaranska cesta, kjer menimo, da je na slabšo oceno po SI metodi kriva tudi neposredna bližina morja). Opaziti je tudi, da se je vrsta pojavljala najmanj številčno na vseh popisnih lokacijah, kar je razvidno iz preglednice 6. Na nekaterih lokacijah se pa sploh ne pojavlja. Na lokacijah, kjer pa se pojavlja v velikem številu je vidno, da se na steljkah pojavljajo kloroze (steljke so poškodovane, pobledele). Sledi ji vrsta *Phaeophyscia orbicularis*, ki se prav tako pojavlja na manj lokacijah kot *Physcia adscendens*. Pojavljanje vrste *Phaeophyscia orbicularis* je podano v preglednici 9. Pri tej vrsti velja omeniti, da se kljub nižjemu indeksu toksitolerance pojavlja kar pogosto, predvsem pa na hranljivi in s prahom prekriti skorji. To razlagamo z zelo visokim indeksom za evtrofikacijo, in sicer 7. To je najvišja vrednost na 7 stopenjski skali (po Wirth 1992). Pove nam, da se vrsta pojavlja predvsem na območjih s povečano evtrofikacijo dušika. Zato je po vsej verjetnosti vzrok prav v tem, da je na območjih, kjer se pojavlja ta vrsta, evtrofikacija dušika prisotna. V nekoliko manjši meri je evtrofikacija prisotna na območjih, kjer uspevata ostali dve vrsti, saj je njun indeks 6, vendar je kljub vsemu indeks evtrofikacije zelo visok. *Physcia adscendens* pa se na vseh lokacijah pojavlja v zelo velikem številu, zaradi česar lahko rečem, da je to močno dušikoljubna vrsta. To je vidno iz preglednice 8. Lahko bi tudi dodala, da se zelo razširja in tvori velike združbe. Vsi podatki kažejo na to, da so na nekaterih lokacijah razmere za rast in razvoj določene vrste zelo dobri. Navadni rumenček se pojavlja na podlagi bogati z minerali in v osvetljenem prostoru.

Na splošno velja, da velike koncentracije dušika skozi daljše obdobje povzročata negativne učinke, saj lahko pride tudi do izginjanja nekaterih dušikoljubnih lišajev.

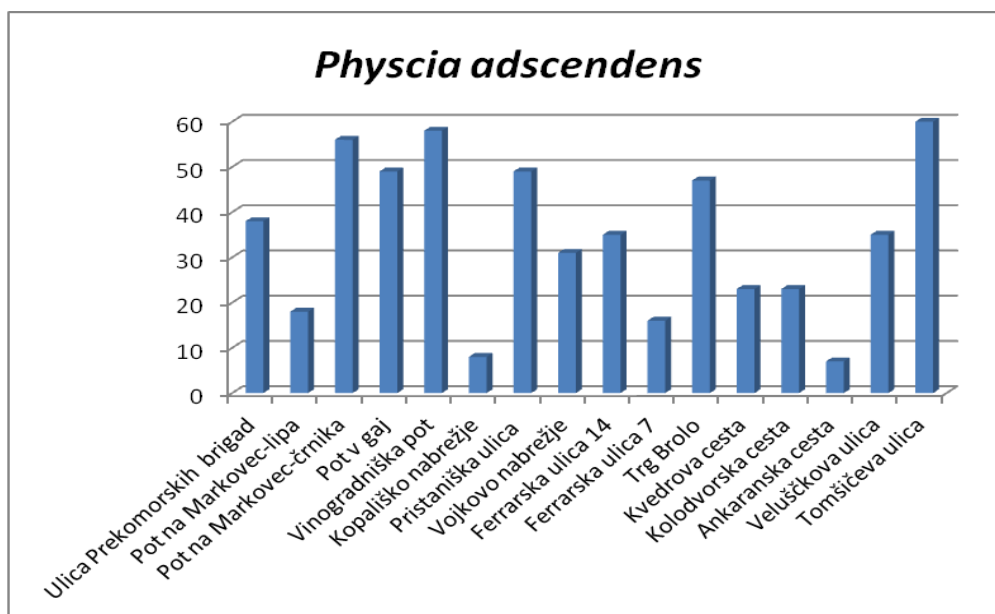
Na podlagi vseh rezultatov lahko potrdim, da je zrak v MO Koper onesnažen z dušikovimi izpusti, da je promet zelo gost in zato je zrak onesnažen. To nam nakazujejo rezultati popisa, kjer je vidno da se vse tri nitrofilne vrste epifitskih lišajev pojavljajo v velikem številu in s tem nakazujejo, da je območje bogato z dušikovimi plini. Tako kot pri SI metodi, velja tudi tu omeniti, da svetloba, vlaga, sol in drugi dejavniki, kot so tudi starost in poškodovanost dreves, lahko vplivajo na rast in razvoj lišajev, saj na nekaterih lokacijah lišajev skorajda ni. Vse te tri vrste imajo visok indeks To, zaradi tega se jih seveda pričakuje na območjih, ki so bolj onesnažena, hkrati pa imajo vse vrste tudi visok indeks N, ki povečuje njihovo razširjenost na območjih s povečanim vnosom dušika v okolje. Vse to nam nakazuje, da so te tri vrste primerne za okolje, kjer so obremenitve s prometom visoke. To potrjuje sama raziskava in iz

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteteta, 2012.

tega se da sklepati, da je območje MO Koper onesnaženo s prometom skozi vse leto. Obe metodi, tako SI, kot tudi metoda popisa izbranih vrst lišajev prikazujeta enake rezultate, in sicer, da je zrak v MO Koper onesnažen zaradi gostega prometa in tudi drugih obratov. Lahko rečem, da sta obe metodi zaradi podobnih rezultatov primerljivi, zato tudi takšno sklepanje.

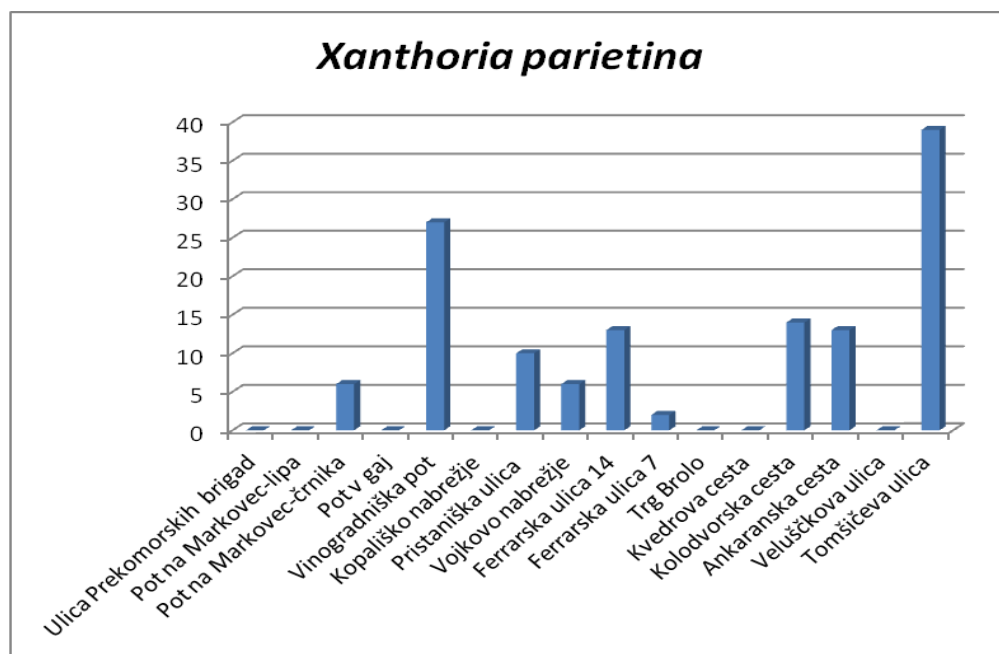
Med prebiranjem drugih člankov in literature, sem zasledila, da so podobne raziskave bile izvedene tudi na drugih območjih Sredozemlja oz. mediteranskega okolja, kjer so ugotovili podobno kot jaz z mojo raziskavo, da se omenjene tri vrste pojavljajo na območjih, ki so značilna za območja, bolj obremenjena z dušikom (LLOP et al., 2011). To so lokacije, kjer je tudi promet večji. Na podlagi tega lahko potrdim, da so nitrofilne vrste epifitskih lišajev primerne za določanje kakovosti zraka v mediteranskem območju. Primerne so tudi za območje submediterana in celotno MO Koper.

Na nekaterih območjih Slovenije je bil popis prisotnosti izbranih vrst lišajev že narejen, vendar v večjem obsegu (Poličnik, 2008; Batič in sod., 2005), zato direktna primerjava z drugimi območji ni mogoča. V Sloveniji so bile na različnih lokacijah narejene podobne raziskave, ko so ocenjevali vpliv prometa na vrstno sestavo lišajev, kjer so ugotovili, da velika večina lišajev propade v območju z veliko gostoto prometa, prisotne so še predvsem toksitolerantne vrste in tiste, ki so odporne na dušikove pline (Poličnik in sod., 2011). Mednje sodijo tudi ti trije lišaji, ki sem jih sama popisovala. To ugotovitev lahko zato potrdim, saj so se lišaji pojavljali na področju z gostim prometom. Vsekakor na območju s prometom lahko uspevajo samo takšne vrste, ki premorejo to onesnaževanje.

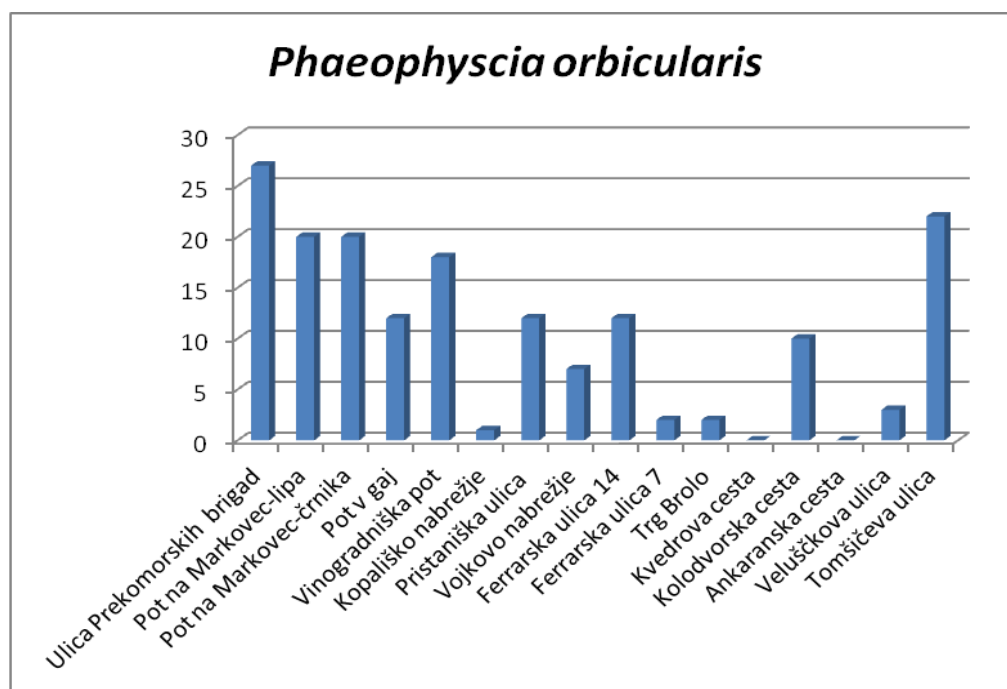


Slika 10: Frekvenca pojavljanja lišaja *Physcia adscendens* na posameznem popisnem drevesu izbranih lokacij.

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteti, 2012.



Slika 11: Frekvenca pojavljanja lišaja *Xanthoria parietina* na posameznem popisnem drevesu izbranih lokacij.



Slika 12: Frekvenca pojavljanja lišaja *Phaeophyscia orbicularis* na posameznem popisnem drevesu izbranih lokacij.

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

8 SKLEP

Z raziskavo sem uspešno uporabila lišaje kot odzivne bioindikatorje splošne onesnaženosti zraka. Za študije onesnaženosti okolja zelo pomembni organizmi. Zaradi njihove vesplošne razširjenosti se jih uporablja na vseh koncih sveta, kar nam omogoča primerjavo med posameznimi območji, državami.

Bioindikacija kvalitete zraka z uporabo tako preproste metode ni popolnoma natančna. Z njo si lahko kvečjemu priskrbimo splošen vtis o kakovosti zraka na širšem območju. Bioindikacija kvalitete zraka z epifitskimi lišaji doprinaša pomembne podatke k do sedaj znanim meritvam onesnaževalcev zraka.

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteteta, 2012.

9 VIRI

Arndt U., Nobel W., Schweizer B. 1987. Bioindikatoren: Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer: 388 str.

Batič F. 2011. Analiza stanja lišajev v popisu stanja gozdov v letu 2007. Gozdarski vestnik 69: 312-314.

Batič F. 1991. Bioindikacija onesnaženosti zraka z epifitskimi lišaji. Gozdarski vestnik 49: 248-254.

Batič F. 1992. Predstavitev glavnih indikatorskih vrst lišajev. Proteus 54: 371-381.

Batič F. 1994. Bioindikacija onesnaženosti zraka in njen pomen pri vzpostavitvi integralnega monitoringa. V: Varstvo zraka – stanje in ukrepi za izboljšanje stanja v Sloveniji. Batič F. (ur.). Ljubljana, Zavod za tehnično izobraževanje: 12/1-12/5.

Batič F., Kralj T., 1995. Bioindikacija onesnaženosti ozračja v gozdovih z epifitskimi lišaji.- Zbornik lesarstva in gozdarstva 47: 45-56.

Batič F. 1997a. Pomen bioindikacije pri spremljanju stanja okolja. V: Sanacija termoeenergetskih objektov, predavanja, Zbornik 1. mednarodnega simpozija, Rogaška Slatina, Slovenija, 27.-30. maj 1997. Dejanovič B., Ribarič-Lasnik C. (ur.). Velenje: 291-294.

Batič F., Wraber T., Turk B., 2003. Pregled rastlinskega sistema s seznamom rastlin in navodil za pripravo študentskega herbarija, Za študente gozdarstva in krajinske arhitekture. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. 162 str.

Batič F., Kastelec D., Turk B., Eler K., Mavsar R., Rakef I., Mešl R., Piltaver A., Leskovec G., Mayrhofer H. 2005. Karta lišajev območja MOL. Končno poročilo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. 38 str..

Batič F. 1991. Bioindication of Air Pollution in Slovene Forest Dieback Inventories by Mapping of Epiphytic Lichen Vegetation. IUFRO and ICP-Forests workshop on monitoring, Prachatice, CSFR,177-185.

Direkcija RS za ceste. Gostota prometa na določenih cestah (osebni stiki, 12. julij 2012)

Gries C. 1996. Lichens as indicators of air pollutions. V: Lichen biology. Nash H. T. (ur.). 240-255.

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverzитета, 2012.

Gombert S., Asta J., Seaward M.R.D. 2003. Correlation between the nitrogen concentration of two epiphytic lichens and the traffic density in an urban area. *Environmental Pollution* 123: 281-290.

Hlad B., Skoberne P., 2001. Pregled stanja biotske raznovrstnosti in krajinske pestrosti v Sloveniji. Ministrstvo za okolje in prostor - Agencija RS za okolje. 62-65.

Je usninska kislina učinkovitejša od penicilina? *Herbika*, april 2001.

Jeran Z., Mrak T., Jačimovič R., Batič F., Kastelec D., Mavsar R., Simončič P., 2007. Epiphytic lichens as biomonitors of atmospheric pollution in Slovenian forests.- *Environ Pollut* 146: 324-331.

Jeran Z. 1995. Epifitski lišaji – biološki indikatorji pri ugotavljanju onesnaženosti zraka s kovinami in radionuklidi. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo. XIV, 134 f.

Kirschbaum U., Wirth V. 1997. Flechten erkennen – Luftgüte bestimmen. Eugen Ulmer GmbH & Co., Germany.

Kovač M., Mavsar R., Simončič P., Batič F., Hočevar M., 2000. Popis poškodovanosti gozdov in gozdnih ekosistemov: priročnik za terensko snemanje podatkov. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana.

Kuhar B. 1994. Pregled epifitske lišajske flore na nekaterih bioindikacijskih točkah v odvisnosti od podlage. Diplomaska naloga. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo. VI, 93 str.

Llop E., Pinho P., Matos P., Pereira M. J., Branquinho C., 2011. The use of lichen functional groups as indicators of air quality in a Mediterranean urban environment. *Ecol Indic*, doi: 10.1016/j.ecolind.2011.06.005.

Meteorološki in ekološki podatki za Koper:

http://193.95.233.105/econova1/Html/Mesecne_103.aspx?mesto=Koper

Pinho P., Augusto S., Martinas-Loucao M.A., Pereira M.J., Soares A., Máguas C., Branquinho C., 2008. Causes of change in nitrophytic and oligotropic lichen species in a Mediterranean climate: Impact of land cover and atmospheric pollutants. *Environmental Pollution* 154:380-389.

Poličnik H. 2011. Vpliv prometa na vrstno sestavo epifitskih lišajev. *Zbornik lesarstva in gozdarstva* 96: 13-22.

Sovdat, P. Določitev kakovosti zraka v Mestni občini Koper z uporabo izbranih vrst epifitskih lišajev kot bioindikatorskih organizmov. Zaključna naloga. Koper, Univ. na Primorskem, FAMNIT, Štud. program Biodiverziteta, 2012.

Poličnik H. 2008. Ugotavljanje onesnaženosti zraka s kartiranjem epifitskih lišajev in z analizo akumulacije težkih kovin. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo. 135 str.

Ruprecht H. 2001. Epifitski lišaj *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. kot indikator vnosa onesnažil iz termoenergetskih objektov v ekosisteme. Diplomsko delo. Univerzitetni študij. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo.

Risk identification report (Poročilo o prepoznanih tveganjih). Regionalni razvojni center Koper.

Tekavec D. 2004. Epifitska lišajska flora v visokodebelnem sadovnjaku kot kazalnik kvalitete zraka. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. IX, 31 f.

Vindergar-Gorjup N. 1998. Bioindikacija onesnaženosti zraka v Zasavju : magistrsko delo = Bioindication of air pollution in Zasavje : master of science thesis. Ljubljana: XV, 170 f., graf. prikazi.

URADNI LIST: Uredba o kakovosti zunanjega zraka, Stran 964. <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=20119&stevilka=368>. (11. feb. 2011)

Žumer Ž. 2009. Urbana drevnina na javnih površinah v Kopru. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.

PRILOGA A: SI metoda

Lokacija: _____

Datum: _____

Popisovalec: _____

Zaporedna številka drevesa		1			2			3			4			5			6		
Tip lišaja	<i>Višina na drevesu</i>	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Skorjasti C	Število a																		
	Pokritost c																		
Listasti F	Število a																		
	Pokritost c																		
Grmičasti R	Število a																		
	Pokritost c																		
VSOTA (IAP _{1,2,3}):																			
IAP _t :																			
IAP _{lokacije} :																			

Izračun indeksa lišajske obrasti/čistosti zraka (IAP):

$$IAP_{1,2,3} = C(a+c) + F(a+c) + R(a+c)$$

$$IAP_t = IAP_1 + IAP_2 + IAP_3$$

$$IAP_{lok.} = \frac{\sum IAP_t}{n}, \text{ kjer je } n \text{ število popisanih dreves}$$