



HRVATSKI ŠUMARSKI INSTITUT

CROATIAN FOREST RESEARCH INSTITUTE
JASTREBARSKO

EUROPEAN
U R B A N
INITIATIVE



ANALIZA ZDRAVSTVENOG STANJA STABALA U DRAVSKOJ PARK ŠUMI

STRUČNA STUDIJA

Autori:

dr.sc. Dinka Matošević, mag.ing.silv.

dr.sc. Krunoslav Indir, mag.ing.silv.

Nikola Zorić, mag. ing.silv.

Tomislav Krcivoj, mag.ing.silv.

Ivana Antolović Smoljan, mag.ing.prosp.arch.

Jastrebarsko, listopad 2024.

SADRŽAJ

UVOD I KONTEKST.....	- 2 -
Dravska park šuma.....	- 6 -
Zone Dravske park šume	- 7 -
SVRHA I CILJ STUDIJE	- 8 -
MATERIJALI I METODE RADA.....	- 9 -
VTA metoda	- 9 -
Snimanje multispektralnom kamerom s NDVI indexom	- 10 -
REZULTATI ANALIZE ZDRAVSTVENOG STANJA DRAVSKE PARK ŠUME	- 13 -
Rezultati VTA analize na području cijele Dravske park šume	- 13 -
Odabrane plohe za regeneraciju	- 19 -
Rezultati VTA analize po plohama	- 20 -
Rezultati analize snimanja bespilotnom letjelicom	- 26 -
ŠTETNI BIOTIČKI I ABIOTIČKI ČIMBENICI PRISUTNI NA PODRUČJU DRAVSKE PARK ŠUME	- 31 -
Abiotički štetni čimbenici.....	- 31 -
Biotički štetni čimbenici.....	- 32 -
Smrekov pisar (Ips typographus)	- 33 -
Odumiranje jasena	- 34 -
Holandska bolest brijesta	- 36 -
Hrastova mrežasta stjenica	- 37 -
ZAKLJUČAK	- 39 -
POPIS LITERATURE	- 40 -

UVOD I KONTEKST

Urbana stabla značajan su dio zelene infrastrukture mnogih gradova diljem svijeta (Pearlmutter et al. 2017) i među najistaknutijim su prirodnim obilježjima, kako s vizualne tako i s funkcionalne perspektive (Wolf et al. 2020). Osim što pridonose bioraznolikosti (Threlfall et al. 2017), urbana stabla mogu ukloniti određene zagađivače zraka (Bottalico et al. 2017), smanjiti ozbiljnost urbanih poplava (Berland et al. 2017), pridonijeti dobrobiti gradskih stanovnika (Pearlmutter et al. 2017), pružiti mogućnosti za rekreaciju (Jennings et al. 2016) te su cijenjeni elementi pejzaža (Price 2003). Pokrov urbanih šuma (tj. sva stabla unutar urbanog područja) također je od vitalne važnosti za prilagodbu na rastuće temperature (Rahman et al. 2020), jer stabla mogu pružiti značajne učinke hlađenja (Werbin et al. 2020). Zbog ovih važnih doprinosa, gradovi diljem svijeta (npr. Peking, New York, Porto, Singapur) ulažu resurse za održavanje postojećih stabala i proširenje trenutnog pokrova stabala (Campbell 2014; Pinto et al. 2016; Yao et al. 2019; Turrell 2020).

Zelena infrastruktura, uključujući urbane šume, predložena je od strane Europske komisije kao strategija za podršku kapacitetu prilagodbe klimi i održivom razvoju u urbanim područjima u kojima živi više od 70% stanovništva EU-a. Uznemirujuće je što je zelena infrastruktura, a posebno njezini karakteristični elementi, stabla, sve više ugroženi klimatskim promjenama i invazivnim stranim vrstama koje se unose putem trgovine i transporta

Više od 70% stanovništva EU-a (oko 335 milijuna ljudi) živi u gradovima, naseljima i prigradskim područjima, a predviđa se da će taj postotak premašiti 80% do 2050. godine. Prednosti života u urbanim područjima su očite (npr. poslovi, obrazovanje, sadržaji, društveni i kulturni život), ali postoje i nedostaci. Kvaliteta života stanovnika urbanih područja često je smanjena zbog izloženosti štetnim razinama buke, zagađenja zraka i viška topline, a povećan rizik od prijevremene smrtnosti povezan je s životom u urbanim sredinama. U svojoj nedavnoj komunikaciji "Vrati prirodu u naše živote", Europska komisija naglašava vrijednost zelenih urbanih prostora za fizičko i mentalno blagostanje ljudi. FAO također ističe ulogu urbane zelene infrastrukture u smanjenju ekološkog otiska gradova i povezivanju ruralnih i urbanih područja. Urbani zeleni prostori ključni su za postizanje Cilja održivog razvoja UN-a "Učiniti gradove i ljudska naselja uključivima, sigurnima, otpornima i održivima" kao i cilja da se do 2030. godine osigura "univerzalni pristup sigurnim, uključivim i dostupnim, zelenim i javnim prostorima, osobito za žene i djecu, starije osobe i osobe s invaliditetom". Važnost urbanih zelenih prostora u poboljšanju otpornosti zajednica jasno je demonstrirana tijekom pandemije COVID-19.

Stabla čine osnovu urbane zelene infrastrukture. U urbanim sredinama, stabla pružaju neprocjenjive usluge ekosustava ljudima filtriranjem zagađivača iz zraka, pomažući u upravljanju oborinskim vodama i poplavama, ublažavanju urbanih

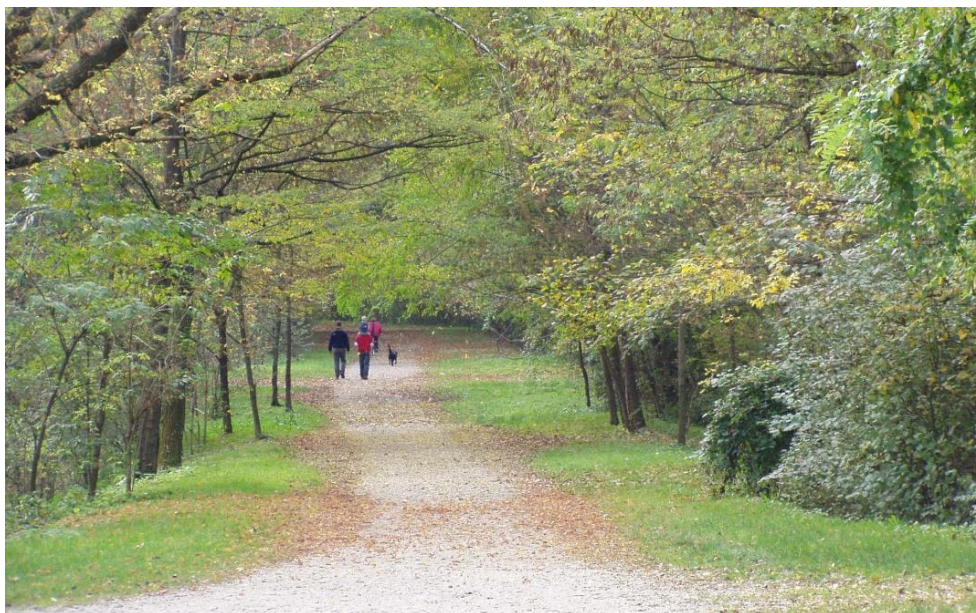
toplinskih otoka i pružanju mogućnosti za rekreaciju, čime podržavaju fizičko i mentalno blagostanje. Osim toga, stara, veteranska stabla često imaju i značajnu kulturnu i estetsku vrijednost za zajednicu. Urbana stabla su stoga značajan okolišni element, koji utječe na svakodnevni život velike većine europskog stanovništva. Urbana stabla također značajno pridonose skladištenju atmosferskog ugljičnog dioksida, čime ublažavaju utjecaje klimatskih promjena. Njihova uloga u očuvanju i promicanju biološke raznolikosti procjenjuje se da će rasti u budućnosti. S obzirom na njihovu ogromnu socio-ekonomsku i ekološku važnost, ulaganja u održavanje i promicanje zdravih i vitalnih urbanih i peri-urbanih šuma i stabala trebala bi imati visoki prioritet.

Dok su prednosti urbanih stabala očite, novija istraživanja također naglašavaju moguće probleme i štete u ekosustavima povezane s urbanim stablima. Problemi uključuju sukobe s infrastrukturuom, pitanja javnog zdravlja i sigurnosti (npr. padajuće grane, alergeni polen) te troškove upravljanja i održavanja stabala. Kao čvorišta međunarodne trgovine, prometa i česta sadnja uvezenog rasadničkog materijala, uključujući neautohtone vrste stabala, urbana područja su središta za unos stranih štetnika na stablima (insekti, nematode, patogene gljive i bakterije). Kada se takvi organizmi unesu, mogu uspostaviti svoje populacije, s vremenom se šireći iz urbanih sredina u okolna područja. U najgorem slučaju, mogu postati invazivni, predstavljajući prijetnju autohtonim populacijama stabala, potencijalno pokrećući štetne lančane reakcije i mijenjajući procese u ekosustavu na nepredvidive i negativne načine. Društvo snosi velike troškove zbog upravljanja rizicima i poremećajima povezanim s oštećenjima uzrokovanim tim stranim štetnicima. Njihove ekološke posljedice, osobito ako se šire na staništa unutar Natura 2000 mreže, mogu biti nepovratne.

Nekoliko slučajeva ilustrira opseg ekonomskih i ekoloških utjecaja koje su strani štetnici već imali na populacije stabala u Europi. Od početka 20. stoljeća, dvije valne epidemije holandske bolesti brijesta, uzrokovane vaskularnim patogenima iz roda *Ophiostoma*, koje prenose brijestovi potkornjaci uzrokovali su nestanak brijestova iz naših prirodnih šuma. Jedino je vez (*Ulmus laevis*) brijest koji je prisutan u Dravskoj park šumi, nešto otporniji na ovu vrlo ozbiljnu biljnu bolest. Najnoviji primjer je masovno odumiranje jasena u nizinskim šumskim ekosustavima u Hrvatskoj, uključujući i Dravsku park šumu, što je uzrokovano invazivnom patogenom gljivom *Hymenoscyphus fraxineus*. Hrastova mrežasta stjenica (*Corythucha arcuata*), vrsta porijeklom iz sjeverne Amerike, trenutno kolonizira Europu i uzrokuje diskoloraciju lista i smanjenje asimilacijske površine hrastovih stabala. Posebno je zabrinjavajuće što se nekoliko novih štetnika na drveću pojavljuje ili je "na horizontu" za Europu, s visokim potencijalom za uzrokovanje značajne i trajne štete na zelenoj infrastrukturi. Ovi problemi uključuju npr. jasenovog krasnika (*Agilus planipennis*), kukca porijeklom iz Azije koji se širi u europskoj Rusiji i na granicama Ukrajine i Bjelorusije. U SAD-u, taj je štetnik uzrokovao sušenje stotine milijuna jasenovih stabala u šumama i urbanim sredinama, uzrokujući nakupljanje troškova koji premašuju 10 milijardi USD samo za uklanjanje i zamjenu, te dovodeći šest vrsta jasena na rub izumiranja.

Urbana stabla izložena su većim ekstremima i varijabilnosti biofizičkog stresa nego stabla u ruralnim okruženjima; to uključuje zagađenje, mehanička oštećenja i otežan pristup vodi. Također su ugrožena sve većom učestalošću biotičkih i abiotičkih poremećaja, uključujući štetočine i bolesti, oluje, suše, visoke temperature i požare. Štetni kukci, gljivične bolesti, visoke temperature i suša trenutačno su među najvećim prijetnjama urbanim stablima.

Kukci/biljne bolesti mogu utjecati na urbana stabla kroz defolijaciju, oštećenje kore, bušenje, gubitak grana ili kombinaciju ovih simptoma; također mogu uzrokovati smrt stabala i negativno utjecati na ljudsko zdravlje i vizualnu estetiku. Kukci/biljne bolesti mogu, također, utjecati na sposobnost stabala da doprinesu ublažavanju klimatskih promjena i prilagodbi, posebno na njihovu sposobnost hlađenja urbane temperature te na njihovu ulogu u smanjenju onečišćenja zraka, klizišta i poplava. Međunarodna trgovina, mobilnost ljudi i klimatske promjene vjerojatno će dodatno povećati rizike koje predstavljaju kukci i patogeni na stablima. Velik broj autohtonih stabala u parkovima, vrtovima i ulicama može biti posebno ranjiv na uvođenje neautohtonih insekata i patogena u urbanim područjima. Biološka prijetnja koju predstavljaju strane vrste kukaca i patogena na stablima, posebno u kombinaciji s povećanjem topline i suše, predstavlja rastući izazov za suvremeno upravljanje urbanim stablima, posebno u pogledu ljudskih i financijskih resursa. Mnoge lokalne vlasti nemaju proračun za učinkovito upravljanje zelenim površinama i uklanjanje zaraženih ili mrtvih stabala, što dovodi do općeg smanjenja pokrova stabala.



Slika 1. Šetnica u Dravskoj park šumi (Izvor: <https://www.turizam-vzz.hr/istrazite/priroda/139-dravska-park-suma>)

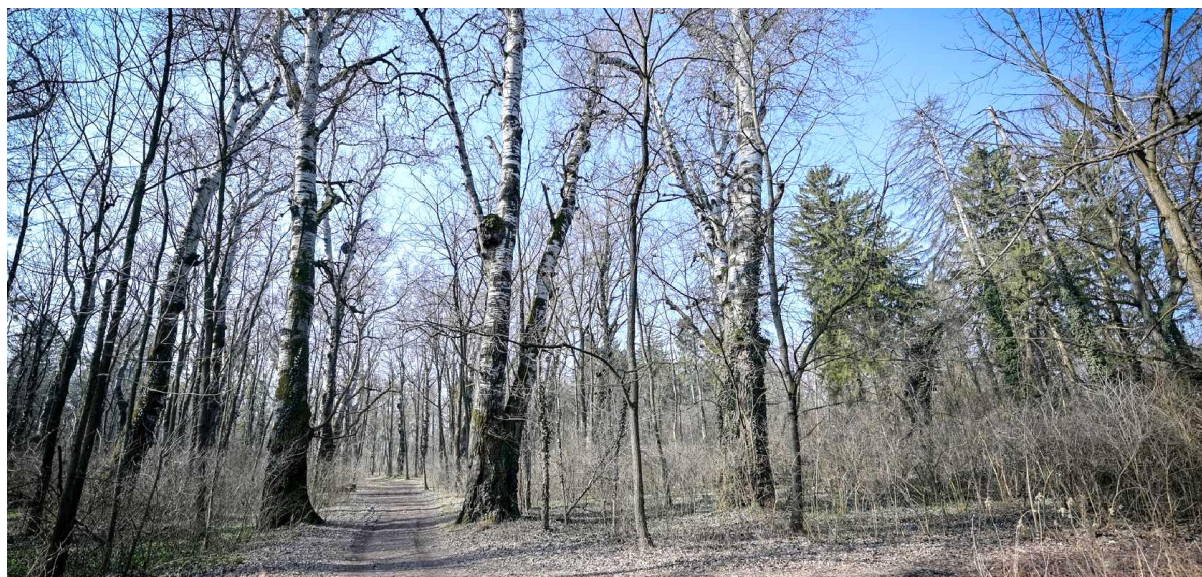
Količina i kvaliteta urbanog zelenila (pojedinačna, stabla, parkovi, urbane šume) određuju zdravlje i kvalitetu stanovnika nekog područja. Danas se urbano zelenilo nalazi pod većim pritiscima nego u proteklim razdobljima. Klimatske promjene, štetni abiotički i biotički čimbenici, invazivne strane vrste, fragmentacija zelenih

površina i ubrzana urbanizacija značajno ugrožavaju urbano zelenilo i ono gubi svoje osnovne funkcije. Sposobnost drveća da pohranjuju i skladište ugljik čini ih ključnim saveznikom u borbi protiv klimatskih promjena, a šume i zelenilo će igrati središnju ulogu u tome da Europa postane prvi klimatski neutralni kontinent do 2050.

Urbano zelenilo daje stanovnicima usluge ekosustava koje su nezamjenjive: rekreaciju, zelene otoke u izgrađenoj infrastrukturi, bioraznolikost biljnog i životinjskog svijeta, terapijsku funkciju, i brojne druge funkcije. Gradovi sa zelenilom su ugodniji za život i urbano zelenilo pruža stanište za veliki broj biljaka i životinja. Ono je prirodno rješenje za ublažavanje klimatskih ekstrema.

Stabla u urbanom zelenilu moraju biti sigurna za posjetitelje. Nažalost, postoji niz štetnih biotičkih i abiotičkih čimbenika koji narušavaju zdravstveno stanje urbanih stabala, vitalnost im slabi i ona gube svoju funkciju. U određenim slučajevima (kod napada gljiva truležnica) dolazi do lomova grana i cijelih stabala. Zbog toga je pravilna njega stabala bitna kako bi se na najmanju moguću mjeru svela opasnost od lomova grana i dijelova stabala. Štetni antropogeni utjecaji (mehanički radovi u zoni korijena, sol za posipavanje cesta, ispušni plinovi i druge štetne tvari, zbijeno tlo) dodatno narušavaju vitalnost urbanih stabala.

Svi negativni čimbenici djeluju zajedno te oslabljuju stabla ili izravno dovode do sušenja. Vrlo je teško točno odrediti jačinu utjecaja samo jednog štetnog čimbenika na pojedine vrste urbanog zelenila.



Slika 2. Topole u Dravskoj park šumi (Izvor: <https://priroda-vz.hr/wp-content/uploads/2022/03/dravska-suma.jpeg>)

Dravska park šuma

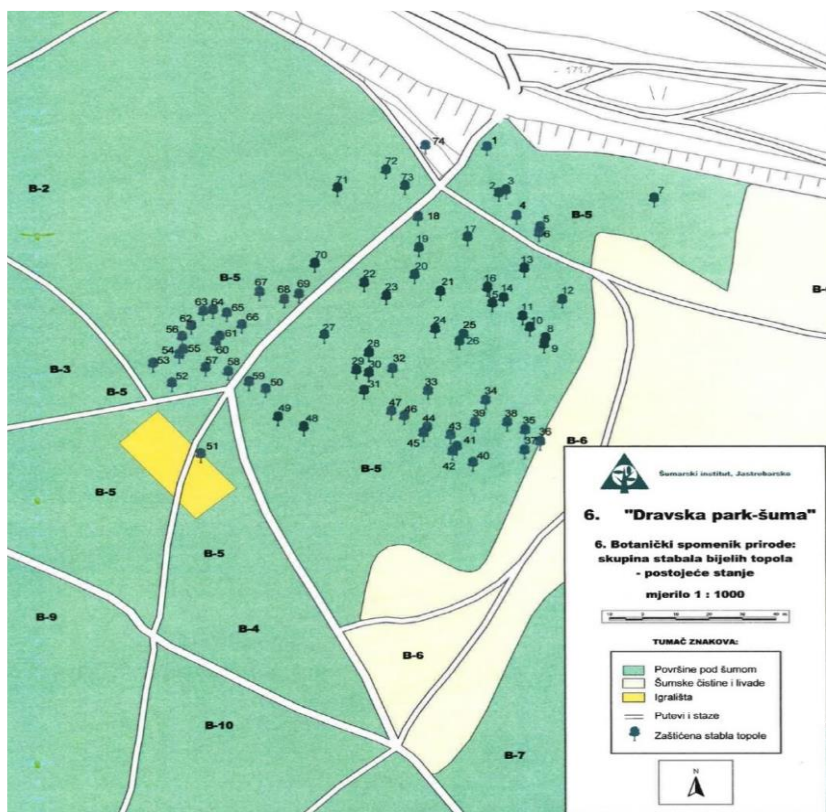
Dravska park šuma u Varaždinu višestruko je zaštićeno prirodno područje uz rijeku Dravu. Smještena je na samo 1,6 km zračne linije od centra grada Varaždina i važna je boravišna i rekreacijska zona Varaždinaca. Dravska park šuma je vrlo posjećeno šumsko područje velike bioraznolikosti. Evidentirano je preko 180 biljnih vrsta te preko 100 životinjskih vrsta na području park šume. Park šumom zajednički upravljaju Javna ustanova 'Priroda varaždinske županije', Hrvatske šume, Hrvatske vode i HEP. U sjevernom dijelu park šume nalaze se Gradski bazeni koji su u vlasništvu Grada Varaždina.

Dravsku park šumu omeđuju s južne strane Bombellesova cesta, zapadno Trg Pavla Štoosa, sjeverno stari tok Drave i Međimurje, a istočno Međimurska ulica i cestovni most prema Međimurju.

Dravska park šuma je glavno izletište i šetalište Varaždinaca još od 19. stoljeća. Tijekom 20. stoljeća u tom je području posađeno mnogo alohtonih vrsta drveća čime je prostor šume dobio parkovna obilježja.

Prostor park šume obuhvaća oko 87 ha površine i zaštićen je u nekoliko kategorija (www.bioportal.hr):

- Park šuma – "Dravska šuma u Varaždinu" – 85,74 ha
- Regionalni park Mura – Drava (cijela površina park-šume)
- Spomenik prirode – "Skupina stabala bijelih topola u Dravskoj šumi u Varaždinu" – 1,51 ha
- Dio šireg međunarodno zaštićenog područja Petodržavnog UNESCO rezervata biosfere Mura-Drava-Dunav.



Osim toga, cijeli prostor park šume nalazi se i unutar 2 područja ekološke mreže:

- HR1000013: Dravske akumulacije – područje prema Direktivi o pticama (POP)
- HR2001307: Dravske akumulacije – područje prema Direktivi o staništima (POVS)

Slika 3. Prostorni raspored zaštićenih stabala bijelih topola (Izvor: Program unaprijeđenja i zaštite za Dravsku park šumu u Varaždinu, 2006.)

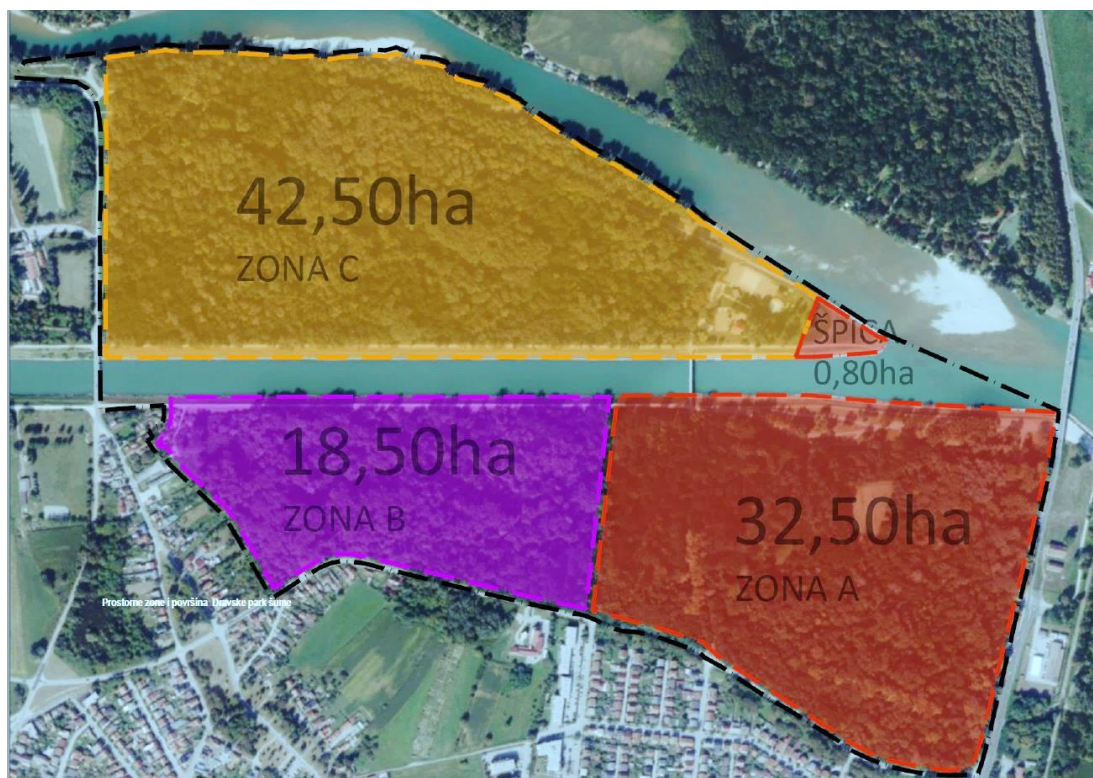
Zone Dravske park šume

Dravska park šuma nalazi se sjeverno od izgrađenog dijela grada. Smještena je između starog toka rijeke Drave i obiteljskih kuća gradskog kvarta Banfica. Tijekom 20. stoljeća izgrađen je odvodni kanal HE Ormož kojim je prostor šume podijeljen na dva dijela, sjeverni i južni. U sjevernom dijelu je u većoj mjeri zadržana autohtona vegetacija poplavnih šuma, a u južnom dijelu su prisutne i brojne alohtone vrste.

Zoniranje prostora izvršeno je prema šumskogospodarskoj podjeli (prema karti gospodarske jedinice Park šume grada Varaždina), istovremeno uzimajući u obzir trenutni i planirani način korištenja prostora.

Prostor park šume dijeli se u tri glavne zone:

- Zona „A“ - prostor između vodnog kanala – kolektora (lijevo od glavne šetnice oko 100 m) na zapadu do cestovnog mosta preko Drave na istoku
- Zona „B“ - obuhvaća prostor od istog kanala pa prema zapadu do kraja s južne strane odvodnog kanala
- Zona „C“ - obuhvaća cijeli prostor sa sjeverne strane odvodnog kanala do korita rijeke Drave.



Slika 4. Zone Dravske park šume (Izvor: Studija 'Živjeti z'Dravom', 2016.)

SVRHA I CILJ STUDIJE

Ova studija izrađuje se kao jedna od aktivnosti unutar projekta *InterACT Green: Green infrastructure InterACTive management and regeneration tested through River Drava Forest Park in Varaždin*. Projekt *InterACT Green* odabran je u okviru prvog poziva *Europske urbane inicijative* u kojem je, između 99 dostavljenih projektnih prijedloga iz 21 zemlje članica EU, odabrano 14 projekata. Projekti su odabrani zbog svojih inovativnih koncepata i zbog potencijala prijenosa u druge gradove EU. Projekt je službeno započeo 1.3.2024. te će sveukupno trajati 42 mjeseca, odnosno 3,5 godine, do datuma 31.08.2027. godine. Ukupni proračun projekta iznosi 5.166.425,60 eur.

Projektni partneri su:

- Grad Varaždin – nositelj
- Grad Ludbreg
- Fakultet organizacije i informatike Sveučilišta u Zagrebu
- Hrvatski šumarski institut
- Javna ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Varaždinske županije
- Turistička zajednica grada Varaždina
- Kamnik, Slovenija
- Nyíregyháza, Mađarska
- Commonwealth Sierra Espuña, Španjolska

Projekt ima 3 glavna cilja:

- stvaranje inovativnog IT rješenja za upravljanje i nadzor nad zelenom infrastrukturom grada
- regeneraciju šumskog ekosustava
- regeneraciju šumske infrastrukture

Ova stručna studija izrađuje se u kontekstu ostvarivanja cilja regeneracije šumskog ekosustava i predstavlja prvi korak ka fizičkoj obnovi šume, koja će se također financirati putem ovog projekta.

Cilj studije je analiza zdravstvenog stanja park šume i detektiranje zona šume kojima je regeneracija najpotrebnija. Definirati će se površine/plohe za obnovu ukupne površine 6 hektara, odnosno 7% površine cijele park šume. Studija služi kao baza za izradu slijedeća dva dokumenta - *Programa regeneracije Dravske park šume* gdje će se definirati metode i način fizičke obnove šume u skladu s pravilima šumarske struke i *Programa dugoročne obnove* koji će propisati smjernice za obnovu šume u slijedećih 20 godina, nakon završetka projekta.

MATERIJALI I METODE RADA

Za analizu zdravstvenog stanja Dravske park šume korišteno je nekoliko metoda. Korištena je metoda vizualne analize stabala, tzv. VTA metoda te metoda analize snimaka snimljenih bespilotnom letjelicom. Tijekom više terenskih obilazaka, detaljno je pregledano cijelo područje Dravske park šume. Nakon toga su detaljno pregledane površine/plohe na kojima će se vršiti obnova park šume. Te su plohe identificirane terenskim radovima za potrebe izrade studije regeneracije Dravske park šume, koji su se vršili usporedno s radovima na procjeni zdravstvenog stanja.

VTA metoda

Za analizu i vizualni pregled stabla korištena je metoda "Visual Tree Assessment" (VTA) prema Matthecku i Breloeru iz 1994. godine.

Ova metoda se temelji na tri osnovna koraka:

1. Vizualna inspekcija: Cilj je identificirati bilo kakve nepravilnosti i procijeniti vitalnost stabla. Ukoliko se ne uoče značajne nepravilnosti koje bi mogle ugroziti stablo, nema potrebe za daljnjim koracima.
2. Detaljna analiza: Ako se u prvom koraku opaze nepravilnosti, provodi se temeljita procjena oštećenja.
3. Mjerenje i analitička evaluacija: U ovom koraku analiziraju se svi potencijalni poremećaji koji bi mogli negativno utjecati na stablo.

Za potrebe dokumentacije određena stabla su fotografirana. Prilikom pregleda, posebno su se uzimali u obzir sljedeći segmenti stabla:

- Opće stanje: Procjenjuje se zdravstveno stanje stabla temeljem njegovog izgleda i rasta.
- Pridanak: Pomoću dijagnostičkog čekića, pridanak se pregledava kako bi se otkrile eventualne šupljine ili trulež.
- Deblo: Tijekom vizualnog pregleda, bilježe se sve anomalije na deblu. To uključuje oštećenja od kukaca, gljiva, trulež, kao i prisutnost tekućina, deformacije, rakaste tvorbe i procjena stanja na bazi krošnje.
- Krošnja: Na temelju stanja grana, suhih ili trulih dijelova, oštećenja od gljiva i kukaca, stanja lišća i opće strukture krošnje, procjenjuje se potreba za orezivanjem.



Slika 5. Pogled na Dravsku park šumu, rijeku Dravu i kanal iz zraka (Izvor: Program unapređenja i zaštite za Dravsku park-šumu u Varaždinu, 2006.g.)

Snimanje multispektralnom kamerom s NDVI indexom

Daljinska istraživanja predstavljaju metode i tehnike prikupljanja podataka pomoću senzora koji nisu u direktnom kontaktu s objektom kojeg se snima. Kako bi se to omogućilo, objekt mora reflekirati određeni dio spektra elektromagnetskog zračenja. Vegetacija koja u nadzemnoj biomasi sadrži veću količinu klorofila, reflektira veći dio zelenog i infracrvenog dijela spektra elektromagnetskog zračenja, a manju količinu crvenog dijela spektra. Za primjenu u šumarstvu, kada je potrebno analizirati stanje vegetacijskog pokrivača, koriste se senzori koji mogu detektirati više dijelova spektra elektromagnetskog zračenja (crveni, zeleni, plavi i infracrveni).

Za snimanje u Dravskoj park šumi korištena je bespilotna letjelica (dron) DJI Mavic 3 na koju je montirana multispektralna kamera sa 4 spektralna kanala. Multispektralna kamera snima odvojene fotografije u 4 kanala koji nam omogućavaju izračun vegetacijskih indeksa.

Specifikacija letjelice

1. RGB Kamera:

- Rezolucija: 20 MP s 4/3-inčnim CMOS senzorom

- Mehanički zatvarač s maksimalnom brzinom od 1/2000 sekundi
- Mogućnost snimanja visokobrzinskih kontinuiranih snimaka s intervalima od 0,7 sekundi.

2. Multispektralna Kamera:

- Četiri leće, svaka s rezolucijom od 5 MP, koje bilježe specifične valne duljine:
 - Zelena (G): 560 nm $\pm$ 16 nm
 - Crvena (R): 650 nm $\pm$ 20 nm
 - Crveni rub (RE): 730 nm $\pm$ 20 nm
 - Bliski infracrveni (NIR): 860 nm $\pm$ 26 nm

3. RTK Pozicioniranje - opremljena RTK modulom za preciznost na nivou centimetra bez potrebe za točkama kontrole na terenu, što je ključno za precizno kartiranje i mjerenje.

4. Letne i Sigurnosne Značajke:

- Maksimalno vrijeme leta do 43 minute
- Omnidirekcijsko osjetilo prepreka
- O3 sustav za video prijenos s dometom do 15 km.

Metodologija snimanja

Snimanje je provedeno u vremenskom okviru od 10:00 do 14:00 sati kako bi se smanjio utjecaj sjena i osigurala maksimalna kvaliteta snimljenih podataka.

Letovi su uredno prijavljeni Hrvatskoj kontroli zračne plovidbe putem AMC portala. Za odsjek 2c, koji se nalazi unutar područja pod jurisdikcijom zračne luke Varaždin, zatraženo je i dobiveno posebno odobrenje za snimanje.

Vremenski uvjeti tijekom snimanja bili su povoljni, s pretežno sunčanim vremenom i djelomičnom naoblakom, što je omogućilo optimalne uvjete za prikupljanje podataka.

Snimanje je obavljeno s visine od 100 m iznad terena (ATL) s postavkama preklapanja: poprečni preklop 80% i uzdužni preklop 75%. Prije početka snimanja, korišten je kalibracijski panel tvrtke Parrot, čije su vrijednosti poslužile za radiometrijsku kalibraciju snimaka.

Ukupno je prikupljeno 1873 RGB snimke i 1988 multispektralnih snimaka. Veličina piksela RGB snimaka iznosila je 2,63 cm, dok je veličina piksela kod multispektralnih snimaka bila 4,15 cm.

Fotografije su obrađene u fotogrametrijskom softveru Agisoft Metashape. Kao rezultat, generirani su RGB ortomozaici te refleksijske mape za svaki od četiri kanala. Naknadna obrada podataka izvršena je u QGIS softveru. Unutar QGIS-a generirani su NDVI ortomozaici. NDVI (Normalized Difference Vegetation Indeks) alizu vegetacijskog pokrova. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) izračunava se iz infracrvenog (NIR) i crvenog (R) spektra te ukazuje na zdravlje vegetacije. Visoke vrijednosti NDVI-a obično označavaju zdravu i gustu vegetaciju, dok niske vrijednosti mogu ukazivati na stres, rjeđu vegetaciju ili nevegetacijske površine.



Slika 6. Pogled na Dravsku park šumu i kanal iz zraka snimljeno bespilotnom letjelicom Mavic 3, 27. lipnja 2024. godine (Autor: N. Zorić)

REZULTATI ANALIZE ZDRAVSTVENOG STANJA DRAVSKE PARK ŠUME

Rezultati VTA analize na području cijele Dravske park šume

Tijekom vizualnog pregleda pregledana je cijela površina Dravske park šume.

Za lakše prostorno snalaženje korištena je šumskogospodarska podjela na odsjeke i odjele važećeg šumskogospodarskog plana, prema kojem je površina park šume podijeljena na dva odjela (1 i 2) te ukupno 10 odsjeka (Slika 7).



Slika 7. Podjela na odjele i odsjeke prema šumskogospodarskom planu (Izvor: Hrvatske šume d.o.o.)

U prvom odjelu koji čini površinu između kanala i toka Drave (i odgovara zoni C) stabla su uglavnom dobrog zdravstvenog stanja. Prisutna su poneka suha stabla brijesta uzrokovana holandskom bolesti brijesta te pojedinačna ili skupine suhih stabala crne topole. Bijele topole su zdrave no s podosta bijelih imela na granama u krošnji. Crni orah se širi i prekriva veće površine odjela, on je dobrog zdravstvenog stanja tek s ponekim, vrlo rijetkim, sušenjima. Na odumrlim stablima i dijelovima

stabala prisutni su simptomi prisutnosti saprofitnih gljivičnih organizama. S obzirom na značajne količine suhih stabala koja su kroz sanitarnu sječu uklonjene s površine, prisutne su progale i plješine koje obrasta korovska vegetacija i grmolike vrste.

U odsjecima 2a (zona B) i 2b (dio zone A) stabla su također većim dijelom dobrog zdravlja. Bijele topole su zdrave, ali s mnogobrojnim bijelim imelama u krošnji. Imele mogu oslabjeti stabla, i ukoliko je u krošnjama prisutan veliki broj imela, mogu dovesti do sušenja stabla.

U sastojini je prisutno i nekoliko suhih crnih topola. Na gotovo svim jasenovim stablima uočena je osutost, sušenje dijelova krošnje i cijelih stabala. Uzročnik sušenja jasenovih stabala je bolest odumiranja jasena (*Hymenocyphus fraxineus*).

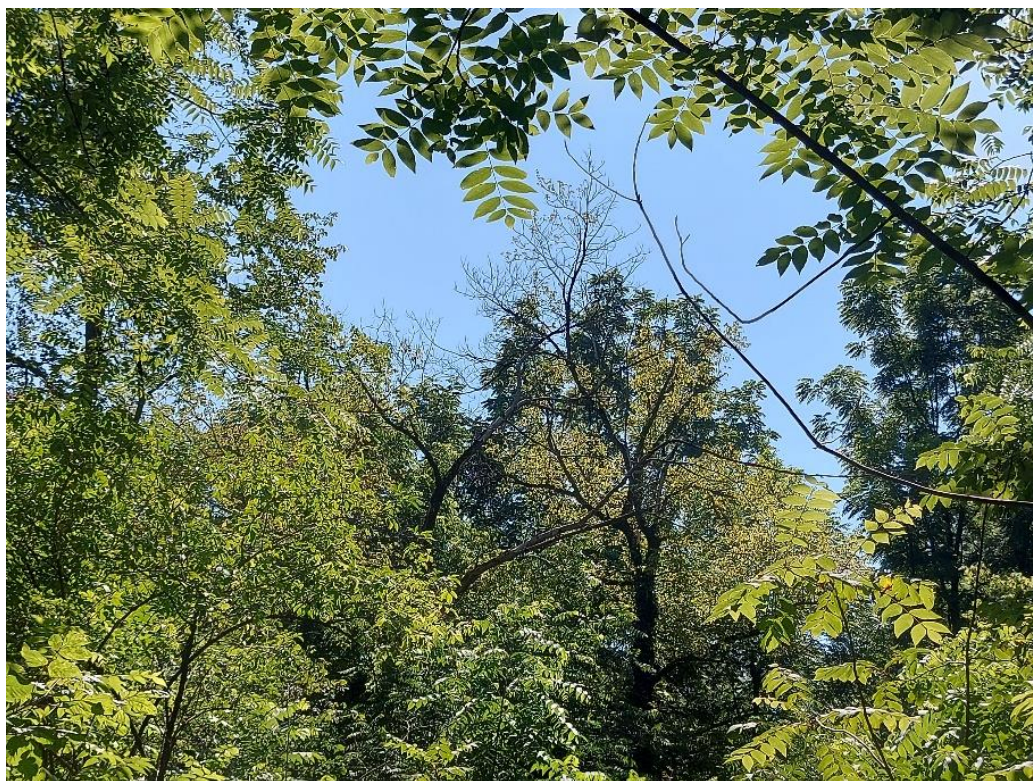


Slika 8: Odumiranje jasena (Izvor: autor)

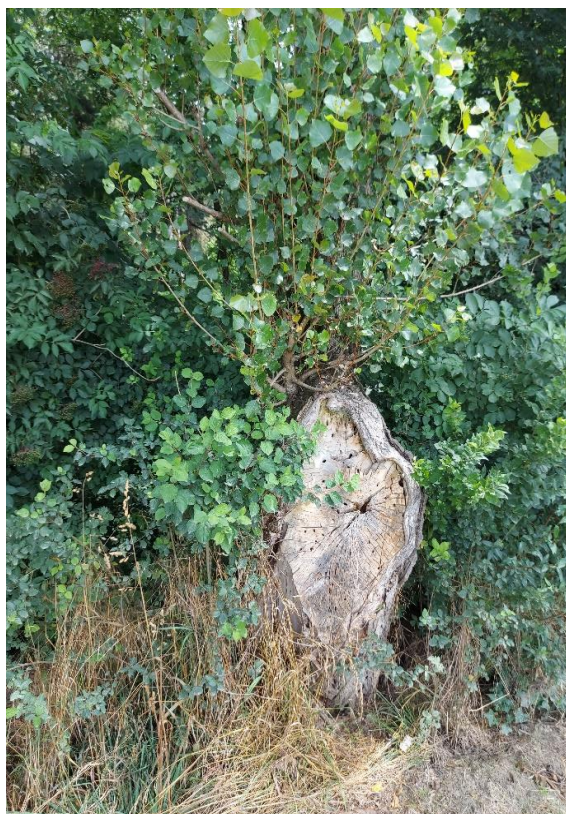
Na nekoliko mjesta u sastojini uočene su skupine negundovca (*Acer negundo*), vrlo invazivne biljne vrste. Neka od stabala su se posušila. Kroz cijelu je sastojinu, a osobito na progalama, dobro razvijen sloj prizemnog bilja te sloj grmlja. Zapadni dio odsjeka 2a (zona B) gotovo da nema glavne etaže stabala topole već je obrastao gustim slojem grmlja i pojedinačnim tanjim stablima.



Slika 9 i 10: Bijele imele na crnim topolama i skupina sušaca crnih topola (Izvor: autor)



Slika 11: Skupina suhih negundovca (Izvor: autor)



Slika 12 i 13: Jelenak na hrastu lužnjaku i izlazni otvori strizibuba na crnoj topoli (Izvor: autor)



Slika 14. Bijela trulež (Izvor: autor)

Granica odsjeka 2c s odsjekom 2e (središnji dio zone A), odnosno livadom na jugozapadu, karakterizirana je prisutnošću izvaljenog crnog oraha zahvaćenog bijelom truleži. Na južnom dijelu ove granice, stabla jasena prate pojedinačne smreke i duglazije, koje pokazuju znakove napada potkornjaka, vidljive kroz izlazne rupe. Stanište Dravske park šume nije prikladno za crnogorične vrste, posebno za smreku i one su vrlo slabe vitalnosti. Zbog toga postaju podložne napadu potkornjaka (*Ips typographus*) koji uzrokuje sušenje stabala. Sva smrekova stabla u Dravskoj park šumi napadnuta su potkornjacima i suše se.

U blizini se nalazi progala obrubljena topolama. U sjeverozapadnom dijelu odsjeka, stabla crnog oraha su dobrom su stanju, dok su na smrekama utvrđeni simptomi napada potkornjaka. Hrast lužnjak, platane i voćkarice su dobrog zdravstvenog stanja.



Slika 15. Progala (Izvor: autor)

Stabla bijele topole pokazuje simptome napada uši na listoviima (*Phemphigus populi*), koji je zabilježen na području šetnice u odsjeku 2f (sjeverni dio zone A, riječna riva).

Ova vrsta lisne uši stvara zadebljanja na listu, ali ne utječe za zdravstveno stanje stabala.



Slika 16. Phemphigus populi

Stabla crnog oraha pokazuju dobru vitalnost. Suha stabla koja se nalaze uz frekventna mjesta potrebno je hitno ukloniti.

Pojedinačna stabla breze i bagrema prisutna su u cijeloj sastojini, a uočeni su i sušci tanjih stabala u različitim dijelovima odsjeka. Na igralištu (odsjek 2g, zona A), stabla crnog oraha su orezana.

Odabrane plohe za regeneraciju

U cilju obnove šume u sljedeće 2 godine, od ukupne površine Dravske park šume identificirano je oko 7%, odnosno 6 hektara.

Kriteriji za odabir ploha za obnovu bili su:

- Degradacija sastojine – gubitak sastojinske vertikalne i horizontalne strukture uslijed sušenja stabala ili prirodnog odumiranja
- Zdravstveno stanje – sušenje unesenih crnogoričnih vrsta (pretežno obična smreka)
- Prevladavanje grmolike vegetacije bez sloja drveća
- Obilna pojava invazivnih vrsta u prizemnom sloju
- Izostanak odnosno nemogućnost prirodnog pomlađenja na zakorovljenim mjestima

Prostorna distribucija identificiranih površina/ploha za obnovu vidljiva je kartografskom prikazu u nastavku (slika 17).



Slika 17. Kartografski prikaz odabranih ploha za regeneraciju šume

Rezultati VTA analize po plohama

Na ukupno 15 ploha (Slika 14) koje su odabrane kao zone na kojima će se raditi obnova šume procijenjeno je zdravstveno stanje pomoću VTA analize.

Ploha 1

Ploha se nalazi zapadno uz zaštićene topole. Tu se nalaze smreke koje su suhe ili su vrlo lošeg zdravstvenog stanja. Ovo je stanište nepovoljno za smreke i one se suše jer su fiziološki oslabljene zbog nepovoljnih stanišnih i klimatskih uvjeta. Fiziološki oslabljena stabla napada smrekov potkornjak koji dovodi do sušenja stabala. Pojedina stabla su već potpuno suha, neka su fiziološki slaba i vrlo brzo će se posušiti. Obavezno se trebaju ukloniti sve smreke.

Na plohi se nalaze i jaseni lošijeg zdravstvenog stanja, s mnogo suhih grana u krošnji, rijetkom krošnjom zbog bolesti odumiranja jasena. Takvi jaseni će nastaviti propadati i potpuno se posušiti u sljedećih nekoliko vegetacija. Savjetuje se njihovo uklanjanje. Skoro sva stabla jasena na plohi imaju prorijeđene krošnje i suhe vrhove na granama u krošnji.

Hrast i grab koji su rastu na plohi dobrog su zdravstvenog stanja. Sve ostale sušce potrebno je ukloniti, i u dominantnoj i u podstojnoj etaži. Na plohi ima i gorskog javora koji je dobrog zdravstvenog stanja i savjetuje se njegovo ostavljanje.



Slika 18. Ploha 1 (Izvor: autor)

Ploha 2

Na plohi ima dosta sušaca, to su uglavnom topola i jasen i potrebno ih je sve ukloniti. Savjetuje se potpuna obnova plohe 4 jer su skoro sva stabla na toj plohi suha ili su znatno narušenog zdravstvenog stanja i uskoro će se posušiti.

Savjetuje se uklanjanje svih stabala do ruba na kojem se nalaze zdrave topole s lijeve i desne strane i potpuna obnova plohe.



Slika 19. Ploha 2 (Izvor: autor)

Plohe 3 i 4

Na plohi raste jasen koji je vrlo lošeg zdravstvenog stanja i savjetuje se njegovo uklanjanje. Na plohi ima negundovca koji je potrebno ukloniti.

Na topolama ima imele i savjetuje se uklanjanje stabala koji na sebi imaju puno imele i slabijeg su zdravstvenog stanja. Takvim stablima krošnje su rijetke.

Savjetuje se potpuno obnavljanje plohe jer su sva stabla lošeg zdravstvenog stanja.

Ploha 5

Površina narušene strukture, slabog obrasta i prekinutog sklopa sa stablima crne topole lošeg zdravstvenog stanja. U gustom sloju grmlja dominira bazga, uz nešto crnog oraha. Na plohi se nalaze topole koje su dobrog zdravstvenog stanja.

Gorski javor je dobrog zdravstvenog stanja i savjetuje se njegovo ostavljanje.



Slika 20. Ploha 5 (Izvor: autor)

Ploha 6

Na plohi raste jasen koji je vrlo lošeg zdravstvenog stanja i savjetuje se njegovo uklanjanje. Stabla jasena neće se oporaviti i vjerojatno će se posušiti u nekoliko sljedećih godina.

Potrebno je ukloniti sušce topola koji se nalaze na plohi. Na plohi rastu i topole koje su dobrog zdravstvenog stanja i savjetuje se njihovo ostavljanje. Na čistini se širi invazivni negundovac i potrebno ga je ukloniti.



Slika 21. Ploha 6 (Izvor: autor)

Ploha 7

Na plohi raste jasen koji je vrlo lošeg zdravstvenog stanja i savjetuje se njegovo uklanjanje. Stabla jasena neće se oporaviti i vjerojatno će se posušiti u nekoliko sljedećih godina.

Sve sušce je potrebno ukloniti. Negundovac je potrebno ukloniti.

Savjetuje se ostavljanje autohtonih vrsta javora.

U drugom dijelu plohe raste jasen koji je obrastao bršljanom. Jasen je lošeg zdravstvenog stanja i savjetuje se njegovo uklanjanje.

Brijest je dobrog zdravstvenog stanja i savjetuje se njegovo ostavljanje.

Ova ploha mogla bi se koristiti kao primjer u obnovi šuma u slučajevima sušenja jasena. Na plohi je dominirao jasen koji se sada suši zbog bolesti odumiranja jasena. Na mjestima gdje se su bila stara i velika jasenova stabla nastaju progale (rupe) i na tim mjestima se šire invazivne vrste (negundovac). Jasen nestaje i potrebno je naći novu vrstu kojim bi se obnovila ova ploha.

Ploha 8

Topole su dobrog zdravstvenog stanja. Potrebno je ukloniti sušce i sva stabla koja su obrasla imelom i imaju rijetke krošnje.

Brijestovi su dobrog zdravstvenog stanja i savjetuje se njihovo ostavljanje.

Negundovac je potrebno ukloniti jer se širi.

Imela značajno ne utječe na zdravstveno stanje starih zdravih stabala topole, ali može narušiti zdravstveno stanje mladih stabala koja su obrasla imelom. Takva stabla je potrebno ukloniti.

Ploha 9

Na plohi rastu topole. Savjetuje se ostavljanje topola dobrog zdravstvenog stanja. Sušce i topole slabijeg zdravstvenog stanja obrasle imelom potrebno je ukloniti.

Potrebno je ukloniti negundovac koji se širi na plohi.

Stabla jasena su lošeg zdravstvenog stanja, suše se i savjetuje se njihovo uklanjanje.

U sredini plohe nalazi se dosta sušaca koje je potrebno ukloniti.

Vrbe koje imaju rijetke krošnje i lošeg su zdravstvenog stanja potrebno je ukloniti.

Savjetuje se ostavljanje javora mliječa.

Ploha 10

Hrast je dobrog zdravstvenog stanja.

Na plohi se nalaze topole koje imaju rijetke krošnje i koje će se u vjerojatno posušiti u sljedećih nekoliko godina. Savjetuje se njihovo uklanjanje.

U podstojnoj etaži ima dosta crnog oraha koji smeta pomlađivanju i savjetuje se njegovo uklanjanje.

Savjetuje se ostaviti stablo klena dobrog zdravstvenog stanja.

Ploha se nalazi uz sam rub šume i na njoj ima dosta invazivnih stranih vrsta. Savjetuje se uklanjanje svih invazivnih stranih vrsta i ostavljanje samo autohtonih vrsta.

Svakako treba ukloniti negundovac. Savjetuje se ostavljanje lipe, javora mliječa i jasena. Potrebno je ukloniti sve sušce.

Ploha 11

Na plohi se nalaze nekoliko hrastova koji su dobrog zdravstvenog stanja. Ispod njih se nalazi crni orah koji smeta i ulazi im u krošnju i potrebno ih je ukloniti.

U donjem sloju ima dosta sušaca koje je potrebno ukloniti. Topole koje su tanke i nagnute i lošeg habitusa potrebno je ukloniti.

Gusti donji sloj koji je prerastao s pavitinom (*Clematis sp.*) potrebno je ukloniti jer smeta pomlađivanju hrasta.



Slika 22. Ploha 11 (Izvor: autor)

Ploha 12

Na plohi ima dosta sušaca, potrebno ih je sve ukloniti. Dominira crni orah koji bi mogao smetati kod obnove plohe. Topole imaju rijetke krošnje u kojima je prisutna imela, savjetuje se uklanjanje tih topola ukoliko smetaju pri obnovi plohe.

Hrast je dobrog zdravstvenog stanja.

Ploha 13

Ploha je obrasla crnim orahom koji je dobrog zdravstvenog stanja i koji se širi. U podstojnoj etaži ima bagrema i bazge koje je potrebno ukloniti zbog obnove. Na plohi ima nekoliko suhih stabala koje je potrebno ukloniti. Na plohi se nalaze velike topole koje su dobrog zdravstvenog stanja i potrebno ih je ostaviti.

Problem na ovoj plohi kako i na svim drugim plohama su puževi koji će negativno utjecati na pomlađivanje. Puževa ima u velikoj brojnosti na svim plohama, penju se na niža stabla i jedu listove. Posebno je ugrožen pomladak. Kod planiranja uzgojnih mjera svakako će se morati planirati suzbijanje puževa na ekološki prihvatljiv način.

Ploha 14

Na plohi se nalaze veliki sušci brijesta koje je potrebno ukloniti. Stari brijestovi dobrog su zdravstvenog stanja i preporuča se njihovo ostavljanje, i uklanjanje onih koji su lošijeg habitusa i smetaju pri obnovi plohe.

Ispod brijestova raste crni orah koji se intenzivno širi i prema potrebama se može ukloniti kako ne bi onemogućio pomlađivanje. Sve sušce koji se nalaze na plohi potrebno je ukloniti.

Ploha 15

Na plohi se nalaze stare topole koje su dobrog zdravstvenog stanja.

U donjem sloju nalaze se sušci koje je potrebno ukloniti. Isto tako, u donjem sloju nalazi se dosta stabala crnog oraha i bazge te ih je potrebno ukloniti ukoliko smetaju u obnovi plohe.

Na plohi se nalaze tri stabla hrasta i brijest. Hrastovi su dobrog zdravstvenog stanja i preporuča se njihovo ostavljanje.

Brijest je dobrog zdravstvenog stanja. Ispod njega se nalaze sušci koje je potrebno ukloniti.

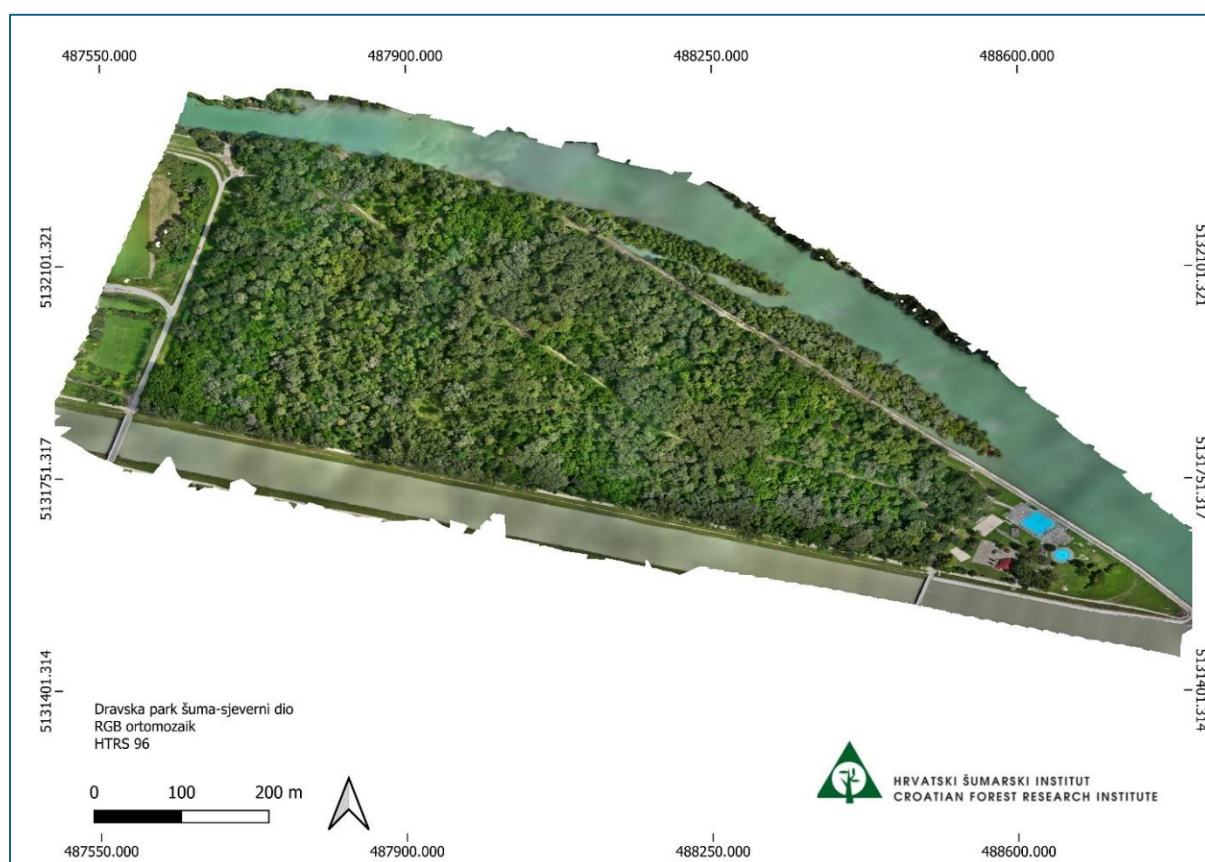
Rezultati analize snimanja bespilotnom letjelicom

Područje Dravske park šume snimljeno je bespilotnom letjelicom i multispektralnom kamerom. Na temelju snimaka dobiveni su indeksi pomoću kojih se može procijeniti zdravstveno stanje vegetacije. Radi veličine i boljeg pregleda, područje park šume je podijeljeno na dva dijela, sjeverni i južni, gdje je granica odvodni kanal HE Ormož.

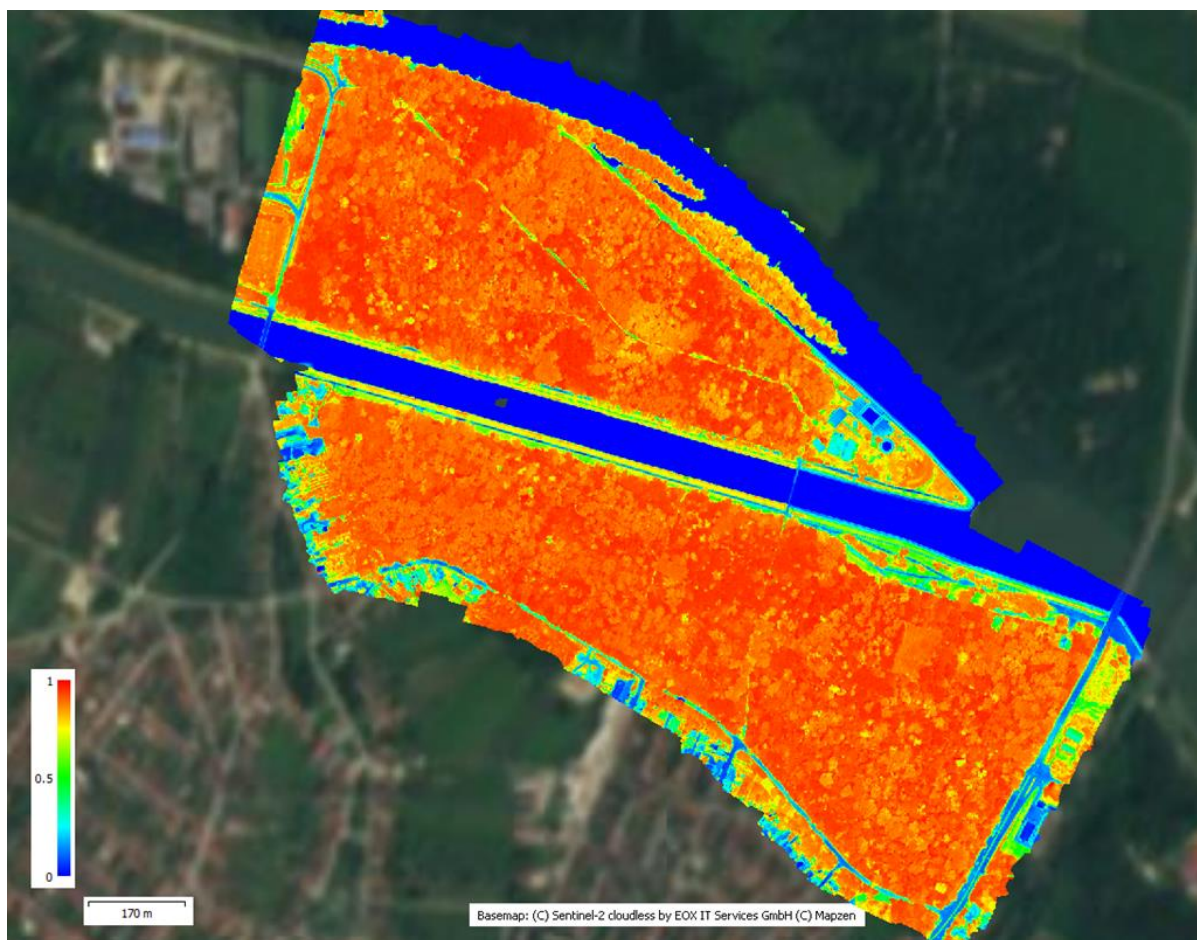
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

NDVI je jedan od najčešće korištenih pokazatelja za procjenu zdravlja vegetacije na temelju refleksije svjetlosti u određenim dijelovima spektra. Indeks koristi dvije ključne spektralne vrijednosti:

- **NIR (blisko infracrveno svjetlo):** Biljke intenzivno reflektiraju blisko infracrveno zračenje jer ono ne sudjeluje u fotosintezi, već pomaže u regulaciji topline.
- **Crveno svjetlo (Red):** Biljke apsorbiraju crvenu svjetlost tijekom fotosinteze, zbog čega se reflektira manje crvene svjetlosti u usporedbi s NIR zračenjem.

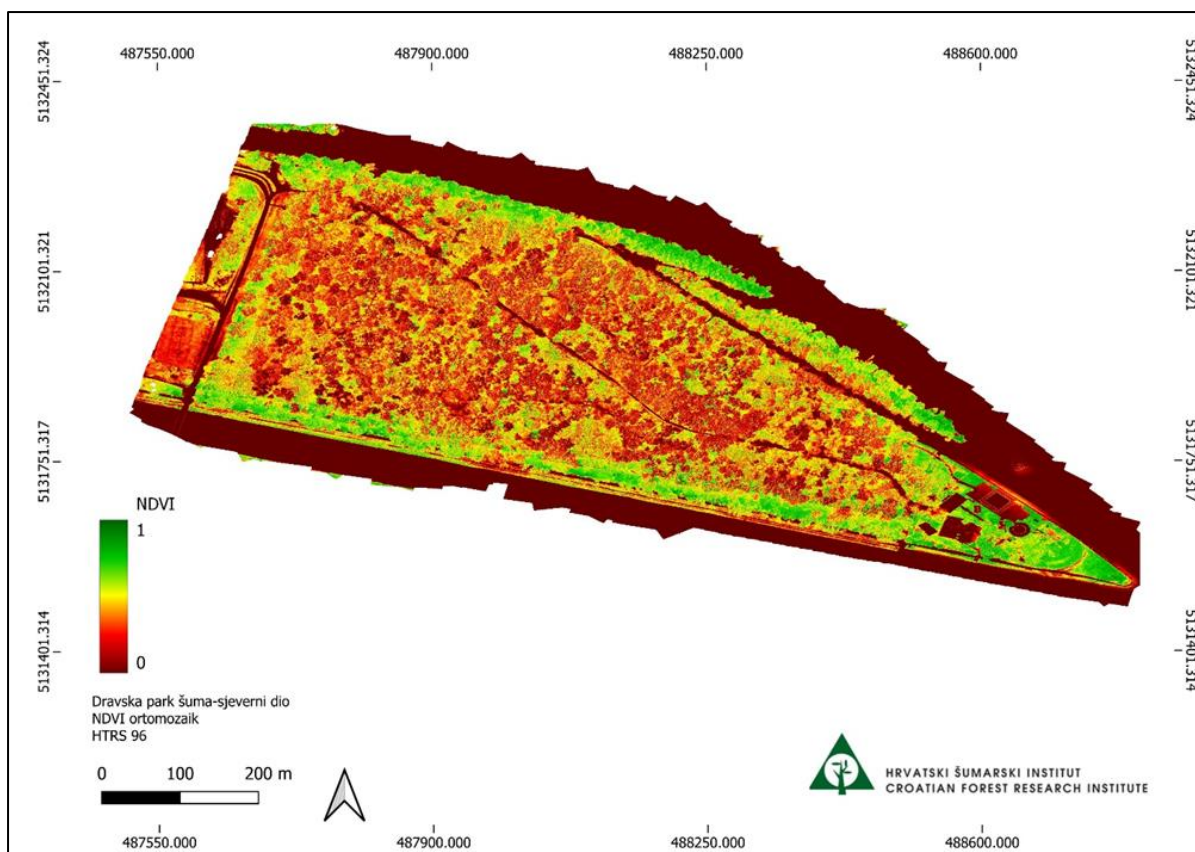


Slika 23. RGB ortomosaik sjevernog dijela park šume (Izvor: autor)



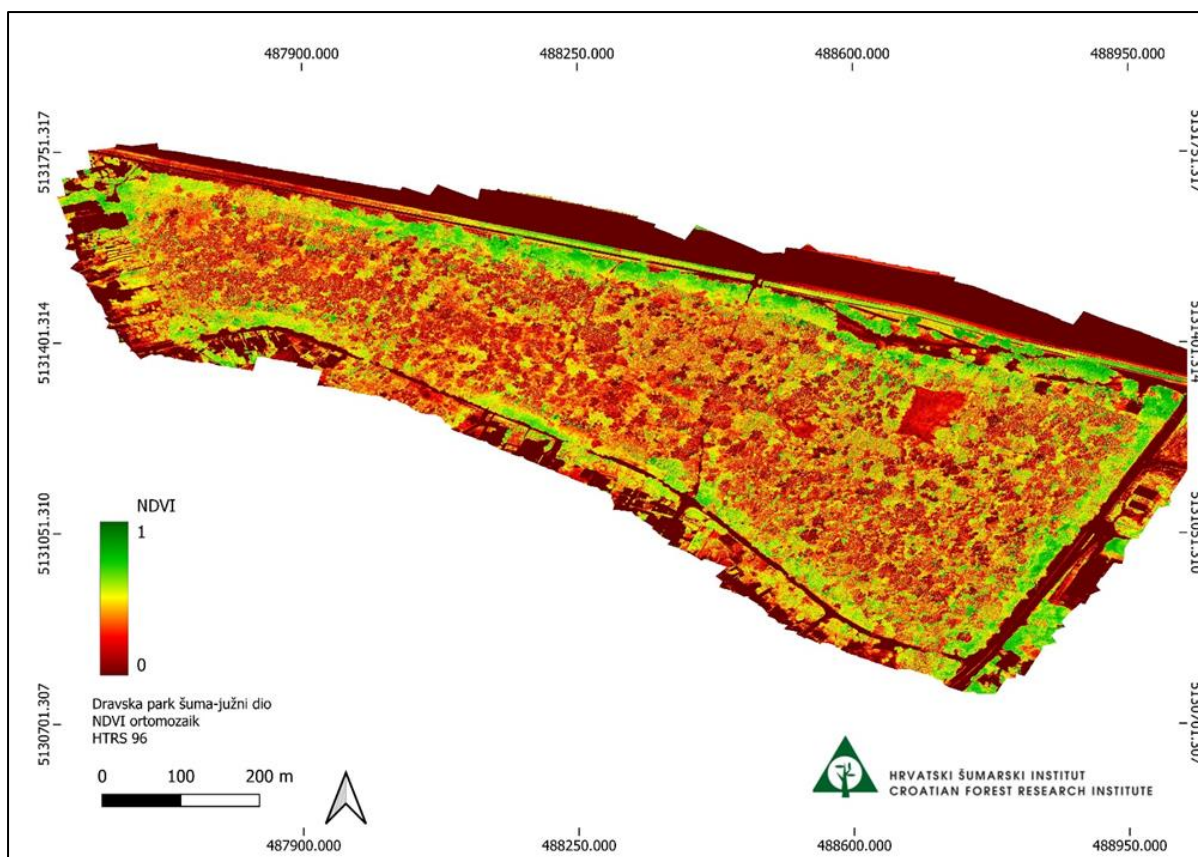
Slika 24. NDVI ortomozaik kompletnog područja Dravske park šume (Izvor: autor)

Na slici 24. prikazano je cijelo područje Dravske park šume s vrijednostima NDVI indeksa koje se kreću od 0 do 1. Niže vrijednosti, blizu 0, koje su označene plavom bojom, predstavljaju područja bez vegetacije. Kako se povećava gustoća vegetacije, boje prelaze iz svijetlo zelene (NDVI vrijednost oko 0.5) prema crvenoj boji, koja označava najviše NDVI vrijednosti (blizu 1), što upućuje na zdravu i gustu vegetaciju. Fine promjene u NDVI vrijednostima između 0.5 i 1 mogu ukazivati na prisutnost stresa u vegetaciji, što je važno za kontinuirano praćenje njenog zdravstvenog stanja.



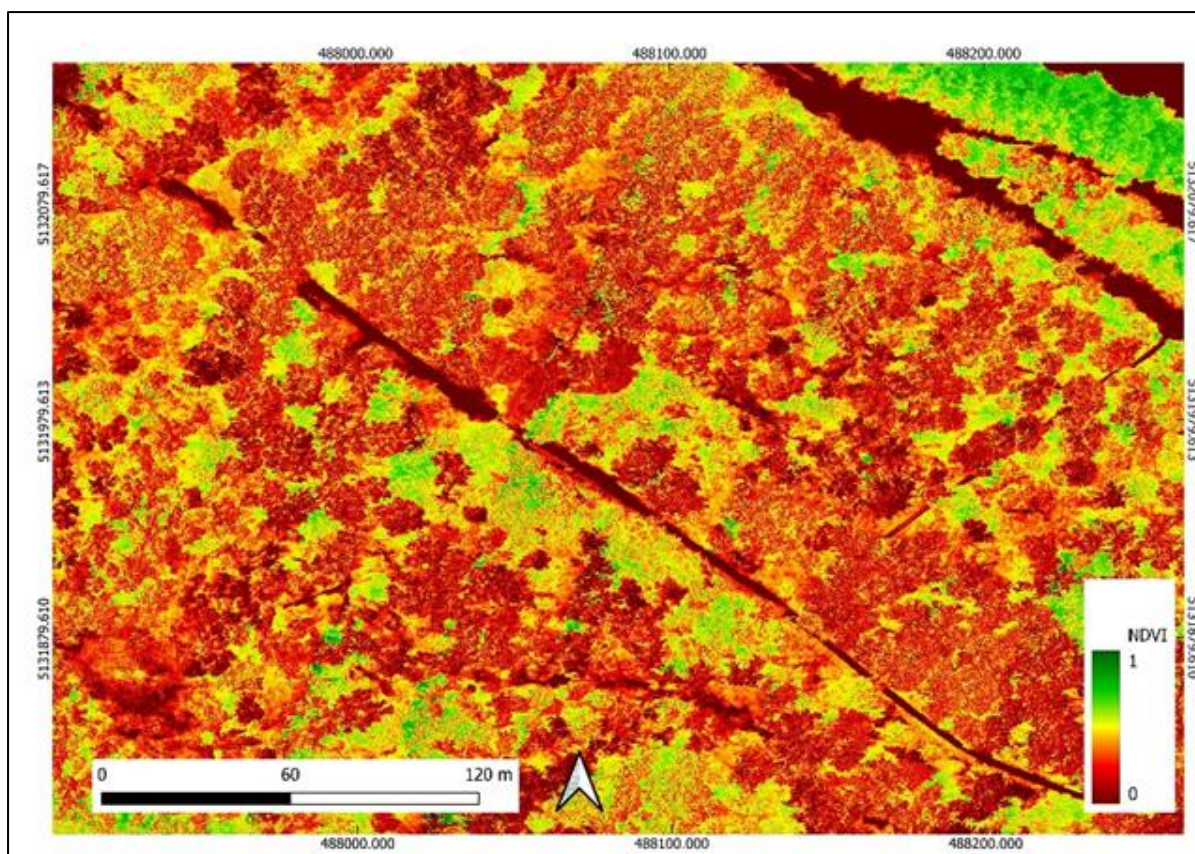
Slika 25. NDVI ortomozaik sjevernog dijela DPŠ (Izvor: autor)

Na Slici 25 prikazano je stanje vegetacije u sjevernom dijelu Dravske park šume, pri čemu je korištena drugačija skala za prikaz NDVI vrijednosti. U ovom slučaju, niže vrijednosti NDVI blizu 0, koje ukazuju na područja bez vegetacije, označene su crvenom bojom. Vrijednosti oko 0.5 prikazane su žutom bojom, što označava vegetaciju u nešto boljem stanju, ali još uvijek daleko od optimalnog. Najviše NDVI vrijednosti, blizu 1, prikazane su zelenom bojom, što ukazuje na zdravu i gustu vegetaciju



Slika 26. NDVI ortomozaik južnog dijela DPŠ (Izvor: autor)

Na Slici 26 prikazano je stanje vegetacije u južnom dijelu Dravske park šume, s primjenom iste skale kao i na Slici 2. Niže NDVI vrijednosti, blizu 0, označene su crvenom bojom, što upućuje na područja bez vegetacije. Vrijednosti oko 0.5 prikazane su žutom bojom, što označava vegetaciju koja je u lošijem stanju, ali nije potpuno bez vegetacije. Najviše NDVI vrijednosti, blizu 1, prikazane su zelenom bojom, što ukazuje na zdravu i gustu vegetaciju.



Slika 27. Detalj NDVI sa ortomozaika (Izvor: autor)

Na Slici 27 prikazan je uvećani detalj NDVI ortomozaika, koji omogućuje precizniji uvid u specifična područja unutar Dravske park šume koja su pod stresom. Ovaj prikaz dodatno naglašava fine razlike u NDVI vrijednostima, posebno u rasponu od 0.5 do 1, gdje se promjene u boji mogu interpretirati kao pokazatelji vegetacijskog stresa. Područja s nižim NDVI vrijednostima, označena svijetlim bojama poput žute i svijetlo zelene, upućuju na moguće prisustvo stresa u vegetaciji, dok tamnije zelene nijanse ukazuju na zdravu vegetaciju bez znakova stresa.

Ovim snimkama smo potvrdili rezultate VTA analize, posebno analize zdravstvenog stanja ploha koje su na snimkama vidljive kao dijelovi lošijeg zdravstvenog stanja.

ŠTETNI BIOTIČKI I ABIOTIČKI ČIMBENICI PRISUTNI NA PODRUČJU DRAVSKE PARK ŠUME

Štetni biotički i abiotički čimbenici značajno utječu na zdravstveno stanje Dravske park šume te su u nastavku opisani oni najznačajniji. Štetni biotički i abiotički čimbenici uzrokuju velike ekonomske gubitke smanjujući prinos i kvalitetu u poljoprivredi i šumarstvu. Stoga, biotički i abiotički stresovi mogu negativno utjecati na usluge ekosustava šuma i mogu pridonijeti smanjenju površina šuma. Ranjivost šuma na biotičke i abiotičke stresove povećava se s klimatskim promjenama i globalnim kretanjem patogena i štetnika. Svi scenariji globalnih klimatskih predviđanja ukazuju na to da će se uočene globalne promjene nastaviti i uzrokovati velike promjene u oborinama i temperaturi u različitim dijelovima svijeta. Povećana učestalost i intenzitet suša, praćeni globalnim zagrijavanjem i višim temperaturama, nazvani "vruće suše", dodatni su svjedoci promjenjive klime. Abiotički i biotički čimbenici djeluju zajedno i ulančano i značajno utječu na zdravstveno stanje šuma.

Štetni biotički i abiotički čimbenici oduvijek su imali značajan utjecaj na zdravstveno stanje šuma. U posljednjim godinama, njihova važnost se povećala zbog klimatskih promjena koje su pojačale učestalost i intenzitet vremenskih ekstrema, kao i zbog globalizacije koja je povećala kretanje patogena i štetnika. Biljke se često suočavaju s kombinacijom tih biotičkih i abiotičkih stresova, bilo istovremeno ili uzastopno. Šumska stabla izložena su ponavljanju tih kombinacija zbog svog dugog životnog ciklusa. Biljke pokazuju i zajedničke i jedinstvene odgovore na kombinirane biotičke i abiotičke stresove. Kombinacija štetnih biotičkih i abiotičkih čimbenika povezana je sa smanjenjem rasta stabala i povećanjem slučajeva masovnog odumiranja stabala, što ima ogromne ekonomske i ekološke posljedice.

Abiotički štetni čimbenici

Abiotički čimbenici utječu na zdravstveno stanje šuma. Abiotički čimbenici su prirodni čimbenici na koje ne možemo utjecati. To su klima (temperatura, oborine, sunčevo zračenje, vjetar), tlo (mineralni sastav tla, pH tla, sadržaj vlage u tlu, količina hranjiva u tlu), voda (rijeke, jezera, podzemna voda), topografija (nagib, nadmorska visina, položaj) i dr. Ovi abiotički čimbenici omogućavaju fizičko i kemijsko okruženje koje omogućuje razvoj biotičkih ili živih dijelova šumskog ekosustava. Međusobno djelovanje abiotičkih i biotičkih čimbenika upravlja cjelokupnom strukturom i funkcijom šume.

Klimatske promjene izravno i neizravno utječu na rast i produktivnost šuma kroz promjene u temperaturi, oborinama, vremenskim uvjetima i drugim čimbenicima. Osim toga, povišene razine ugljikova dioksida utječu na rast biljaka. Ove promjene na mnogo načina utječu na složene šumske ekosustave.

Porast temperatura općenito produljuje vegetacijsku sezonu. Također, pomiče geografski raspon nekih vrsta drveća. Staništa nekih vrsta drveća vjerojatno će se pomaknuti prema sjeveru ili na veće nadmorske visine. Druge vrste će biti ugrožene na lokalnoj ili regionalnoj razini ako uvjeti u njihovim trenutnim geografskim rasponima više ne budu pogodni.

Klimatske promjene će vjerojatno povećati rizik od suše u nekim područjima i rizik od ekstremnih oborina i poplava u drugima. Povećane temperature mijenjaju vrijeme otapanja snijega, što utječe na sezonsku dostupnost vode. Iako su mnoga stabla otporna na određeni stupanj suše, povećanje temperatura moglo bi buduće suše učiniti štetnijima od onih koje su iskusili u prošlosti. Osim toga, suša povećava rizik od požara jer suha stabla i grmlje služe kao gorivo za vatru. Ovakav scenarij već je vidljiv i na području Dravske park šume, s ekstremno visokim temperaturama u ljeto 2022. i 2024. godine s dugotrajnom sušom.

Klimatske promjene mogle bi promijeniti učestalost i intenzitet poremećaja u šumama, poput pojave štetnih kukaca, invazivnih stranih vrsta, požara i oluja. Ovi poremećaji mogu smanjiti bitne funkcije šuma i promijeniti raspodjelu vrsta drveća. U Dravskoj park šumi to je vidljivo već na primjeru jasena, koji odumire velikom brzinom, zbog poremećaja u staništu i zbog invazivne strane vrste koja uzrokuje njegovo sušenje.

U nekim slučajevima šume se mogu oporaviti od poremećaja. U drugim slučajevima, postojeće vrste mogu promijeniti svoj areal ili izumrijeti. U takvim situacijama nove vrste vegetacije koje koloniziraju područje stvaraju novu vrstu šume.

Biotički štetni čimbenici

Biotički štetni čimbenici u šumama su kukci, gljive (patogeni), invazivne biljne vrste i drugi živi organizimi koji utječu na zdravstveno stanje šuma. Povećane populacije kukaca, djelujući zajedno sa štetnim abiotičkim čimbenicima, mogu narušiti zdravstveno stanje stabala i dovesti do sušenja i odumiranja stabala.

Najznačajniji zabilježeni štetni biotički čimbenici na području Dravske park šume su:

- Smrekov pisar (*Ips typographus*)
- Odumiranje jasena
- Holandska bolest brijesta
- Hrastova mrežasta stjenica

Smrekov pisar (*Ips typographus*)

Smrekov pisar je potkornjak koji radi najznačajnije štete na smrekama ali i na drugim vrstama četinjača. Smatra ga se sekundarnim štetnikom što znači da napada fiziološki oslabljena stabla no prilikom povoljnih stanišnih prilika populacija potkornjaka se može povećati do te mjere da počnu napadati fiziološki zdrava stabla te tako u kulminaciji populacije postaje i primarni štetnik. Autohton je u Europi ali se nalazi i u sjevernom djelu Azije. Sposoban je letjeti na velike udaljenosti koristeći se strujanjem zraka i vjetrom te se lako širi na nova područja. Za širenje i razmnožavanje pogoduju mu visoke temperature i produženo trajanje ljeta. Globalno podizanje temperatura i pojava sve većih suša fiziološki oslabljuje stabla što pruža priliku ovom štetniku za širenje. Intenziviranje gospodarenja šumama u sjevernoj hemisferi pogodovalo je povezivanju šumskih područja te tako i lakšem širenju štetnika. Potkornjaci stvaraju simbiotske asocijacije s gljivama različitih taksonomskih skupina te tako uz mehaničku štetu koju sami nanose na stablu potiču i širenje patogenih gljiva koje svojim djelovanjem ubrzavaju odumiranje stabla. Ovi abiotički i antropogeni utjecaji rezultirali su time da je smrekov pisar postao najagresivniji štetnik na običnoj smreki.

Simptomi napada očituju se žutim, zatim crvenim, a naposljetku i osutim krošnjama. Na tlu, u blizini pridanka moguće je naći svijetlo smeđu piljevinu. Na površini kore vidljive su ulazne rupe štetnika. U početku rupe su vidljive na deblu ispod baze krošnje dok se naknadnim napadima rupe pojavljuju i u nižim djelovima debla. Na stablima na kojima su potkornjaci završili svoj razvojni ciklus, vidljive su izlazne rupe. Kao i svaki drugi živi organizam, stablo je sposobno samo se braniti od napada štetnika. To može činiti pasivno, svojom debljinom kore te tako mehanički sprječava ulazak štetnika ili inducirano, tokom napada potkornjaka stablo ispušta smolu te tako sprječava daljnje oštećivanje.



Slika 28: Hodnici smrekovog pisara (Izvor: CABI)

Smreke na području Dravske park šume suše se zbog nepovoljnih stanišnih uvjeta i klimatskih promjena što je dovelo do fiziološkog slabljenja smrekovih stabala. Takva stabla slabog vitaliteta posebno su pogodna za napad smrekovog potkornjaka što se i dogodilo u Dravskoj park šumi.

Odumiranje jasena

Jedan od najvažnijih čimbenika koji su uzrokovali brzo sušenje i obolijevanje sastojina poljskog jasena u posljednjih 10-tak godina je gljivična bolest *Hymenoscyphus fraxineus* koja uzrokuje odumiranje jasena, a često se naziva i *Chalara* zbog nekadašnjeg latinskog naziva ove bolesti. Gljivična bolest je prvi puta opisana 2006. godine i od tada bolest se proširila diljem Europe. U Hrvatskoj je prvi puta utvrđena na običnome jasenu 2009. u Gorskom kotaru. Ova bolest je porijeklom iz istočne Azije i smatra se invazivnom stranom vrstom u Europi. Nedugo poslije, gljiva je izolirana i na poljskome jasenu. Gljiva je zahvatila šumske sastojine, rasadnike te urbane sredine neovisno o dobi stabala, uvjetima staništa ili načinu gospodarenja. Patogen uzrokuje velik broj simptoma kao što su venuće i prijevremeno opadanje lišća, nekroze lišća, pupova, lisnih peteljki i kore, odumiranje izbojaka i grana, rakaste tvorevine na izbojcima, granama i deblu, te diskoloraciju drva smeđe do sive boje. Odumiranje jasenovih sastojina, kako u Europi tako i u Hrvatskoj, poprimilo je razmjere ekološke katastrofe.

Bolest vrlo brzo ubija mlada stabla, a starija stabla mogu se odupirati bolesti neko vrijeme. No, takva oslabljena jasenova stabla postaju vrlo osjetljiva na druge štetne čimbenike, posebno abiotičke, koji su naglašeni zbog klimatskih promjena.



Slika 29. Simptomi odumiranja jasena na listu (Izvor: Forest Research)

Postavlja se pitanje, kojim uzgojnim i zaštitnim mjerama možemo spriječiti daljnje propadanje poljskog jasena, odnosno ako sastojine propadnu te jasen kao vrsta nestane iz šumskih ekosustava, koje vrste mogu kvalitetno zamijeniti poljski jasen a da ne dođe do devastacije staništa i ekosustava. Mnogi stručnjaci zaključuju da se odluke za poduzimanje daljnjih koraka moraju poduzeti veoma brzo te da znanstvena zajednica nema mogućnosti dovoljno brzo istražiti koji bi postupci donijeli najbolje rezultate za spas jasenovih sastojina. Navodi se kako bi, nakon što se posijeku odumrla jasenova stabla, ostale nize i bare obrasle šašem i barskom vegetacijom te praktično bez stabala. Vrste kojima bi se mogle pošumiti takve površine su hrast lužnjak, ponovno poljski jasen, te pionirske vrste (vrba, topola, joha).

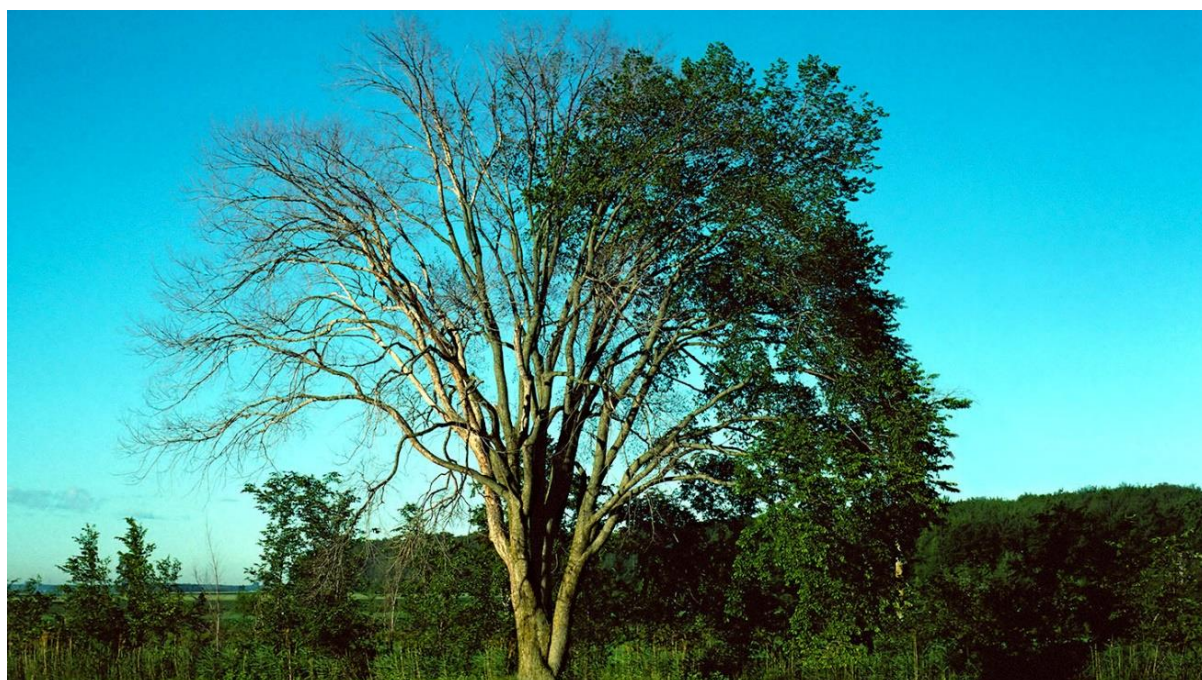


Slika 30. Simptomi odumiranja jasena u krošnji (Izvor: autor)

Holandska bolest brijesta

Holandska bolest brijesta jedna je od najpoznatijih bolesti koja je tokom prošlog stoljeća uzrokovala dva vala pandemije na području Europe i sjeverne Amerike čineći neizmjernu štetu na brijestovima i dovela do izumiranja brijesta u Europi i Americi. Bolest je porijeklom iz Azije i slučajno je unesena u Ameriku i Europu. Bolest je uzrokovana patogenim gljivama iz porodice *Ophiostoma*. Prvi val pandemije dogodio se u periodu od 1910. te je završio četrdesetih godina prošlog stoljeća.

U Europi je bolest otkrivena 1918. godine, dok je godinu dana kasnije otkrivena na području Nizozemske gdje su provedena brojna istraživanja te je po tome i dobila ime. Daljnje širenje bolesti odvijalo se vrlo brzo te se bolest 1921. godine javila u Njemačkoj, Belgiji i Francuskoj, 1926. i 1927. u Austriji i Engleskoj dok je 1928. i 1929. prisutna u Poljskoj, Češkoj, Švicarskoj, Rumunjskoj i Mađarskoj, nedugo zatim u Bugarskoj i Italiji. Na područje Sjedinjenih Američkih Država dospjela je 1930. godine. U Republici Hrvatskoj prvi put je otkrivena 1929. godine na području Slavonije. Procjenjuje se da je u tom periodu stradalo 10 – 40 % brijestova. Tu pandemiju uzrokovala je gljiva *Ophiostoma ulmi* koja spada u neagresivnu grupu i danas se smatra slabim patogenom. Drugi val pandemije javlja se 1960-ih na području Europe i uzrokovan je agresivnijom i patogenijom gljivom *Ophiostoma novo-ulmi* te je u potpunosti zamijenila *O. ulmi*.



Slika 31. Sušenje brijesta uzrokovano holandskom bolesti brijesta (Izvor: Woodland trust)

U Republici Hrvatskoj ova bolest se smatra najvećim uzročnikom propadanja brijesta u šumskim ekosustavima mijenjajući strukturu šume, ponajviše nizinskog područja gdje je brijest bio najzastupljeniji. Vrste osjetljivije na patogen su nizinski brijest i gorski brijest, dok vez pokazuje manju učestalost zaraze. Vez (*Ulmus laevis*)

je glavna vrsta brijesta prisutna u Dravskoj park šumi i zbog toga se tamo mogu naći stari i vrijedni primjerci brijestova.

Vektori koji uzrokuju prijenos patogena su potkornjaci iz roda *Scolytus*, a to su veliki brijestov potkornjak (*S. scolytus*) i mali brijestov potkornjak (*S. multistriatus*). Prvenstveno su sekundarni štetnici te napadaju fiziološki oslabljena stabla. U njihovim hodnicima ispod kore ili u drvu osim gljiva koje omekšavaju drvo i omogućuju ličinkama lakše hranjenje ponekad se nađe i micelij gljive *Ophiostoma*. Nakon hranjenja ličinka se zakukulji i u svom probavanom traktu nosi konidije. Nakon kukuljenja, u odraslim jedinkama osim u traktu konidije gljive se nalijepe i na njihova tijela, koja bivaju prenešena na zdravo stablo tijekom regeneracijskog žderanja potkornjaka. Hraneći se floemom u pazušcima tankih grančica stvaraju rane i kroz izmet ili na svom tijelu prenesu spore gljive koje prodru u stablo. Spore kliju i stvaraju micelij koji može proći kroz jažice na membranama traheja. U trahejama gljiva nastavi s proizvodnjom spora koje nošene vodom pasivnim putem kroz stablo dopiju u korijenje i listove.

Ova bolest je tipična traheomikoza jer prilikom napada gljive brijest stimuliran toksinom (ceratoulmin) počinje proizvoditi tile u svrhu sprječavanja širenja patogena. Što je zaraza jača, proizvodi se više tila koje začepi provodne elemente i biljka samu sebe uguši. Više generacija potkornjaka uzrokuje veću šansu za prijenos spora i zarazu.



Slika 32. Hodnici brijestovog potkornjaka

Hrastova mrežasta stjenica

U Dravskoj park šumi hrast lužnjak nije dominantna vrsta i može se naći samo sporadično. Na listovima hrasta vidljivi su simptomi napada hrastove mrežaste stjenice

(*Corythucha arcuata*), a to je žućenje lista već tijekom srpnja i kolovoza i prisutnost ličinki i odraslih oblika hrastove mrežaste stjenice s donje strane lista.

Hrastova mrežasta stjenica je invazivna strana vrsta porijeklom iz Sjeverne Amerike. U Europu je unesena 2000. godine i od tada se širi u svim staništima hrasta lužnjaka i kitnjaka. U Hrvatskoj je prvi puta registrirana 2013. godine na području Vinkovaca i od tada se širi i čini štete u hrastovim šumama. Stjenice sišu biljne sokove i uzrokuju žućenje lista.



Slika 33. Simptomi napada hrastove mrežaste stjenice (Izvor: Gyuri Csoka)

ZAKLJUČAK

Zdravstveno stanje Dravske park šume mora se sagledati u više segmenata:

1. Cijela park šuma je relativno zapuštena i zaraštena. Proširila su se stabla (npr. crni orah) koja nisu autohtona i koja su konkurentnija od autohtone vegetacije.
2. Topole u Dravskoj park šumi uglavnom su dobrog zdravstvenog stanja i među njima se nalaze stari i vrijedni primjerci. Neke od njih su obrasle imelom.
3. Hrast je prisutan samo sporadično, na malo povišenim mikrolokacijama. Hrastovi su dobrog zdravstvenog stanja i buduće mjere trebaju poticati njegovo daljnje širenje.
4. Brijest je prisutan na području cijele park šume. Radi se o brijestu vezu (*Ulmus laevis*) kojeg slabije napada holandska bolest brijestova. Zbog toga se u Dravskoj park šumi mogu naći stara, vrijedna stabla brijesta koja su dobrog zdravstvenog stanja, a prisutan je i njegov pomladak.
5. Smreke koje su umjetno unesene u park šumu su većinom odumrle jer ovo nije prikladno stanište za njih. Sva smrekova stabla potrebno je ukloniti.
6. Jasen je na području cijele park šume lošeg zdravstvenog stanja zbog invazivne bolesti odumiranja jasena (*Hymenoscyphus fraxineus*). Na svim stablima je prorijeđena krošnja i u njoj se nalaze suhe grane što su prvi simptomi napada. Na prostoru cijele park šume susreću se odumrla jasenova stabla.

Oni dijelovi Dravske park šume koji izgledaju zdravo i potpunog sklopa, uglavnom su obrasli crnim orahom, bazgom, brijestom i drugim vrstama koje se spontano šire. Tu predstavljaju problem invazivne vrste kao negundovac (*Acer negundo*) i invazivne biljke u prizemnom sloju. Ostale domaće vrste kao klen (*Acer campestre*), grab (*Carpinus betulus*), sremza (*Prunus padus*) dobrog su zdravstvenog stanja i treba ih koristiti kod obnove površina. U cijeloj park šumi ima dosta progaljenih površina na kojima se nalaze suha stabla, posebno jasena. Na tim plohama bit će potrebno napraviti obnovu šume.

POPIS LITERATURE

Pearlmutter D, Calfapietra C, Samson R, O'Brien L, Ostoić SK, Sanesi G, del Amo RA (2017) The Urban Forest. Cultivating Green Infrastructure for People and the Environment. Future City 7. Springer, Cham

Wolf KL, Lam ST, McKeen JK, Richardson GR, van den Bosch M, Bardekjian AC (2020) Urban trees and human health: A scoping review. *Int J Environ Res Public Health* 17(12):4371

Threlfall CG, Mata L, Mackie JA, Hahs AK, Stork NE, Williams NS, Livesley SJ (2017) Increasing biodiversity in urban green spaces through simple vegetation interventions. *J Appl Ecol* 54(6):1874–1883

Bottalico F, Travaglini D, Chirici G, Garfi V, Giannetti F, De Marco A,, Sanesi G (2017) A spatially-explicit method to assess the dry deposition of air pollution by urban forests in the city of Florence, Italy. *Urban For Urban Green* 27: 221-234

Berland A, Shiflett SA, Shuster WD, Garmestani AS, Goddard HC, Herrmann DL, Hopton ME (2017) The role of trees in urban stormwater management. *Landsc Urban Plan* 162:167–177

Jennings TE, Jean-Philippe SR, Willcox A, Zobel JM, Poudyal NC, Simpson T (2016) The influence of attitudes and perception of tree benefits on park management priorities. *Landsc Urban Plan* 153:122–128

Price C (2003) Quantifying the aesthetic benefits of urban forestry. *Urban For Urban Green* 1(3):123–133

Rahman MA, Stratopoulos LMF, Moser-Reischl A, Zölch T, Häberle K, Rötzer T, Pretsch H, Pauleit S (2020) Traits of trees for cooling urban heat islands: A meta-analysis. *Build Environ* 170:106606

Werbin ZR, Heidari L, Buckey S, Brochu P, Butler L, Connolly C, Bloemendaal LH, McCabe TD, Miller TK, Hutyra LR (2020) A tree-planting decision support tool for urban heat mitigation. *PLoS ONE* 15(10):e0224959

Campbell LK (2014) Constructing New York City's urban forest. The politics and governance of the MillionTreesNYC campaign. In: Anders SL, Bardekjian A, Butt S (eds). *Urban forests, trees and greenspace. A policy perspective*. Routledge, New York, 242–260

Pinto M, Almeida C, Pereira AM, Silva M (2016) Urban Forest Governance: FUTURE - The 100,000 Trees Project in the Porto Metropolitan Area. In: Castro P, Azeiteiro U, Bacelar-Nicolau P, Leal Filho W, Azul A (eds). *Biodiversity and Education for Sustainable Development*. World Sustainability Series. Springer, Cham.

Yao N, Konijnendijk van den Bosch CC, Yang J, Devisscher T, Wirtz T, Jia L, Duan J, Ma L (2019) Beijing's 50 million new urban trees: Strategic governance for large-scale urban afforestation. *Urban For Urban Green* 44:126392

Turrell C (2020) Singapore embarks on a million-tree planting spree to protect its future. *World Economic Forum*, 16 Oct 2020

Mattheck, C., H. Breloer, 1994: *The Body Language of Trees: A Handbook for Failure Analysis*, TSO, London, 240 str