

Ekološki i biološki čimbenici koji utječu na urod sjemena hrasta lužnjaka u Hrvatskoj

Knežičić, Matej

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:514310>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ ŠUMARSTVO

MATEJ KNEZIČIĆ

**EKOLOŠKI I BIOLOŠKI ČIMBENICI IZOSTANKA URODA
SJEMENA HRASTA LUŽNJAKA U HRVATSKOJ**

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, RUJAN 2021.

Zavod:	Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma
Predmet:	Ekologija šuma
Mentor	prof. dr. sc. Ivica Tikvić
Asistent:	-
Student:	Matej Knežičić
JMBAG:	0068221644
Akad. godina:	2020./21.
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 17.9.2021.
Sadržaj rada:	Slika: 10 Tablica: 2 Grafikona: 0 Navoda literature: 31
Sažetak:	Hrast lužnjak predstavlja najvrjedniju gospodarsku vrstu šumskog drveća u Hrvatskoj. Sve češći izostanak obilnog uroda sjemena hrasta lužnjaka predstavlja sve veći problem u prirodnoj obnovi sastojina. Cilj završnog rada je bio prikazati i obrazložiti različite čimbenike koji dovode do izostanka uroda sjemena hrasta lužnjaka u Hrvatskoj.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Općenito o hrastu lužnjaku (<i>Quercus robur</i> L.)	1
1.2. Gospodarenje hrastom lužnjakom u Hrvatskoj i problematika izostanka uroda sjemena	3
1.3. Cilj završnog rada	4
2. EKOLOŠKI ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA IZOSTANAK URODA SJEMENA HRASTA LUŽNJAKA	5
2.1. Vrijeme, klima i klimatske promjene	5
2.2. Toplina	6
2.3. Zrak	7
2.4. Voda	8
2.6. Onečišćenje šumskih ekosustava	12
3. BIOLOŠKI ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA IZOSTANAK URODA SJEMENA HRASTA LUŽNJAKA	13
3.1. Hrastova mrežasta stjenica (<i>Corythuca arcuata</i> Say)	13
3.2. Defolijatori	14
3.3. Štetnici na žiru	17
3.4. Glodavci	18
3.5. Mikoze	19
4. RASPRAVA I ZAKLJUČCI	20
5. LITERATURA	22



IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

OB FŠDT 05 07

Revizija: 2

Datum: 29.4.2021.

„Izjavljujem da je moj *završni rad* izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam *koristio* drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

U Zagrebu, 17.9.2021. godine

vlastoručni potpis

Matej Knežičić

Zahvale

Želim iskoristiti ovu priliku kako bih se zahvalio svima koji su mi pružili potporu i pomoć za vrijeme preddiplomskog studija.

Prije svega zahvaljujem svojem mentoru prof. dr. sc. Ivici Tikviću na pomoći pri odabiru teme te velikoj strpljivosti i brojnim savjetima koji će mi sigurno pomoći u životu i budućem profesionalnom razvoju.

Također se želim zahvaliti upravitelju Šumarije Zagreb Ivici Dugačkom i upravitelju Šumarije Remetinec Mili Vukeliću na izdvojenom vremenu, strpljenju i pomoći pri odabiru teme završnog rada.

Naposlijetku se zahvaljujem svojim roditeljima, baki i djedu koji su mi pružili neizmjernu podršku za vrijeme studija.

1. UVOD

1.1. Općenito o hrastu lužnjaku (*Quercus robur* L.)

Prema Šumskogospodarskoj osnovi područja Republike Hrvatske za razdoblje 2016. – 2025. hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj ima drvenu zalihu od oko 48 milijuna m³. Vrlo kvalitetni drveni materijal kojeg proizvodi ova vrsta šumskog drveća na tržištu postiže velike cijene zbog čega ju s punim pravom nazivamo najvrjednijom vrstom šumskog drveća u gospodarskom smislu.

Hrast lužnjak je listopadno stablo koje doseže dimenzije promjera do 2,5 m i visinu od 40 do 50 m. U povijesti su zabilježeni i hrastovi sa znatno većim promjerima. To je jednodomna biljka jednospolnih cvjetova. Cvjetovi hrasta lužnjaka se nalaze u dugačkim visećim resama, anemofilni su, sitni i neuočljivi. Cvijeta u travnju ili svibnju za vrijeme listanja. S cvjetanjem započinje nakon 30. ili 40. godine starosti, a soliterna stabla već nakon 20. godine. Hrast lužnjak rađa sjeme povremeno. Puni urod se u pravilu javlja nakon godine u kojoj je urod izostao ili je bio jako slab. Plod je žir valjkastog oblika, dužine 2 – 5 cm, u svježem stanju s tamnim uzdužnim prugama, u kupuli s prileglim ljuskama koja seže do četvrtine, odnosno trećine žira. Žirevi rastu jedan do pet zajedno na 5 – 12 cm dugačkoj stapci. Žir dozrijeva u jesen iste godine, otpada te se širi zoohorno (Idžojtić 2013).

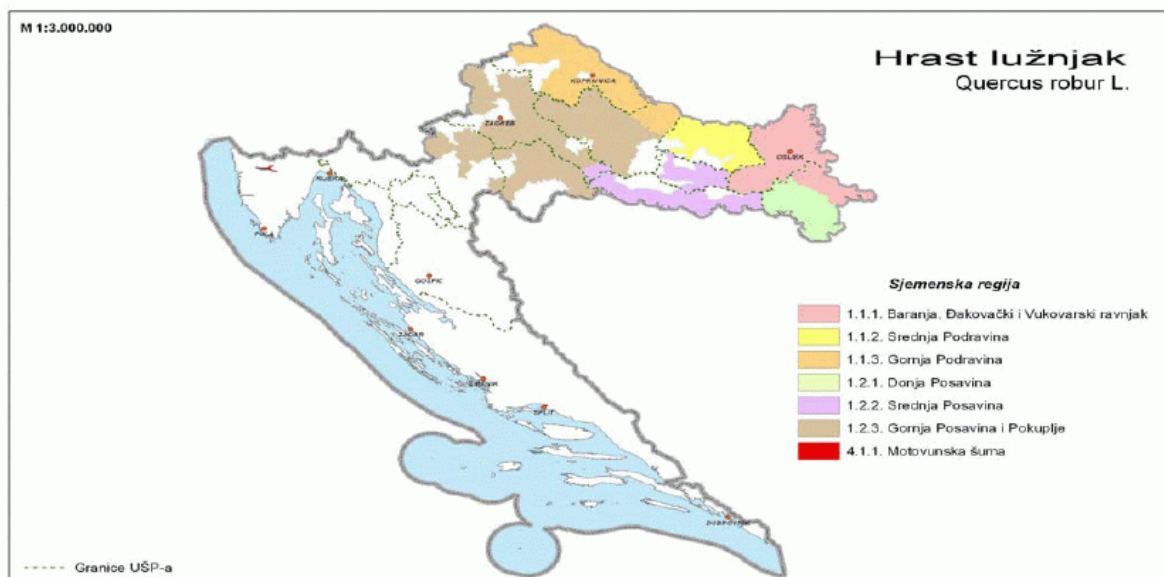
Slika 1. Vegetativne i generativne fenofaze hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., izvor Thomé O. W., 1885: Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, Gera, Njemačka).



Šume hrasta lužnjaka su prvenstveno rasprostranjene u nizinskom području uz rijeke Dravu, Dunav i Savu te njihove pritoke. Rastu na nadmorskim visinama od 80 do 150 m. Dvije temeljne šumske biljne zajednice hrasta lužnjaka koje rastu u Hrvatskoj su šuma hrasta lužnjaka s običnim grabom (*Carpino betuli-Quercetum roboris* /Anić 1959/ Rauš 1969) i šuma hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Horvat 1938), a unutar svake od ovih biljnih zajednica postoji više subasocijacija. S obzirom da ove šume rastu na vlažnim, neke od njih i poplavnim područjima, važno je naglasiti njihove općekorisne funkcije. Osim što se u njima može pronaći bogatstvo bioraznolikosti, ove šume vrše i značajne druge općekorisne funkcije, kao što je primjerice hidrološka.

Prema Pravilniku o područjima provenijencija svojti šumskog drveća od gospodarskog značaja (NN 107/2008), provenijencije hrasta lužnjaka se dijele u oblast nizinskih šuma i oblast mediteranskih šuma. Oblast nizinskih šuma sadrži 2 sjemenske zone i 6 sjemenskih regija, a oblast mediteranskih šuma 1 sjemensku zonu i 1 sjemensku regiju (slika 2.).

Slika 2. Sjemenske regije hrasta lužnjaka u Hrvatskoj (izvor Pravilnik o područjima provenijencija svojti šumskog drveća od gospodarskog značaja, NN 107/2008).



1.2. Gospodarenje hrastom lužnjakom u Hrvatskoj i problematika izostanka uroda sjemena

U Republici Hrvatskoj se nizinskim šumama gospodari regularnim ili jednodobnim načinom gospodarenja po prirodnim principima. Pomoću uzgojnih radova taj način gospodarenja osigurava pomlađivanje šuma, konstantnu i optimalnu proizvodnju drvne tvari i druge važne funkcije šuma. Pomlađivanje šuma u regularnom gospodarenju se provodi u 2 do 5 sijekova. Prvi sijek se naziva pripremni sijek i njegova je zadaća najkvalitetnijim stablima osigurati uvjete za obilno plodonošenje. Iz sjemena tih stabala izrasta nova generacija šumskog drveća. Urod sjemena je ključan čimbenik u pomlađivanju šuma, a izostanak istog predstavlja problem prilikom pomlađivanja.

U novije vrijeme izostanak uroda žira hrasta lužnjaka postaje sve veći problem u hrvatskom šumarstvu. Počevši u prošlom stoljeću, pomlađivanje hrasta lužnjaka je postajalo sve zahtjevniji posao. U današnje vrijeme dolazi do izuzetno slabog uroda sjemena kroz razdoblje od više uzastopnih godina, a godine obilnog uroda sjemena su sve rjeđe. Problem u gospodarenju sa tim šumama predstavlja i dobna struktura tih šuma. Veliki udio sastojina je starijeg dobnog razreda te one trebaju ići u proces pomlađivanja. Međutim, naplodni sijek, čija je zadaća osiguravanje najpovoljnijih uvjeta za rast ponika, se iz godine u godinu odgađa jer nema obilnog uroda sjemena. Taj problem se može privremeno ublažiti unošenjem žira, ali to ne predstavlja dugoročno rješenje.

Čimbenici koji utječu na izostanak uroda žira hrasta lužnjaka u Hrvatskoj su brojni. Problemi vezani uz hrast lužnjak s kojima se susreće šumarska struka su najčešće vezani uz izvanredno odumiranje stabala hrasta lužnjaka zbog promjene hidroloških uvjeta u nizinskim šumskim staništima, što se ujedno odražava na urod žira. Međutim, na urod žira utječu i mnogi drugi čimbenici.

Dva osnovna uzroka slabe fruktifikacije žira hrasta lužnjaka su izostanak cvatnje i prijevremeno opadanje žira (Mikloš, 1991). Za cvatnju je potrebno dobro fiziološko stanje koje je uvelike uvjetovano vremenskim uvjetima prethodne i tekuće godine. Također važni čimbenici su starost i vitalnost stabala, razvijenost i vitalnost krošanja (Gradečki-Poštenjak i dr., 2011), količina svjetla te dovoljna količina vode prilikom razvoja sjemena.

1.3. Cilj završnog rada

Izostanak uroda žira i teškoće u prirodnom pomlađivanju sastojina su rastući problemi u hrvatskom šumarstvu. Razlozi za zabrinutost su opravdani. Hrast lužnjak je vrsta koja je u velikoj mjeri izložena izvanrednom odumiranju zbog nepovoljnih ekoloških i bioloških čimbenika. Dobna struktura je nepovoljna i najbrojnije su sastojine starijih dobnih razreda. U prošlom desetljeću se pojavio vrlo agresivan alohtoni štetnik hrastova mrežasta stjenica (*Corythucha arcuata* Say), a zabilježene su i uzastopne godine vrlo slabog uroda žira. To uvelike ugrožava mogućnost prirodne obnove šuma, a posljedice se odražavaju u ekološkom i gospodarskom aspektu. Cilj ovog završnog rada je bio dati pregled ekoloških i bioloških čimbenika koji utječu na izostanak uroda žira hrasta lužnjaka u Hrvatskoj.

2. EKOLOŠKI ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA IZOSTANAK URODA SJEMENA HRASTA LUŽNJAKA

U današnje vrijeme abiotski čimbenici koji utječu na izostanak uroda žira hrasta lužnjaka imaju sve značajniju ulogu. Zbog klimatskih promjena sve je veći negativni utjecaj klimatskih i vremenskih ekstrema kao što su kasni proljetni mrazovi, oluje i intenzivne ljetne suše. Problem predstavlja i onečišćenje zraka, vode i tla.

Međutim, najvažniji problem su promijenjeni hidrološki uvjeti u nizinskim šumama zbog hidroloških i hidrotehničkih zahvata u novije vrijeme. Poznato je da je ključni čimbenik za normalan rast, razvoj i razmnožavanje hrasta lužnjaka voda u tlu dostupna biljci. Zbog promjene hidroloških uvjeta nizinskih šuma ubrzano je površinsko otjecanje vode te dolazi do smanjenja vode u tlu i razine podzemne vode. Na taj se problem nadovezuju sve učestalija i intenzivnija sušna razdoblja ljeti koja dodatno umanjuju urod žira.

2.1. Vrijeme, klima i klimatske promjene

Utjecaj vremena i klime na šumarstvo na globalnoj razini poprima sve veći značaj. Vrijeme je trenutno stanje atmosfere, a klima je prosječno stanje vremena u dužem vremenskom razdoblju. Klimu nekog područja određuju klimatski čimbenici i elementi. Klimatski čimbenici se dijele na astronomske, geografske i meteorološke. Meteorološke čimbenike o kojima ovisi klima nekog područja nazivamo klimatskim elementima. U svjetlu klimatskih promjena sve češće dolazi do ekstrema kao što su rekordno velike temperature zraka, izostanak oborina, ali i rekordno male temperature zraka te ekstremne količine oborina na pojedinim mjestima. Brze klimatske promjene s kojima se danas susrećemo dugoročno uzrokuju stres kod biljaka i izazivaju brojne druge štetne posljedice s kojima se svijet sve češće suočava. Sve su veći i razorniji požari, bujice i poplave, nevremena sa sve jačim i razornijim vjetrovima, ledolomi, intenzivne suše i dr.

Utjecaj klimatskih promjena na izostanak uroda žira hrasta lužnjaka se najviše očituje kroz sušni stres zbog izostanka oborina i zbog kasnog proljetnog mraza. U literaturi se također navodi i da velika vlažnost zraka negativno utječe na oprašivanje (Mikloš, 1991). Hrast lužnjak pripada u porodicu *Fagaceae* čija je karakteristika anemohorija, odnosno oprašivanje vjetrom (Trinajstić, 1978). Stoga velika vlažnost zraka za vrijeme cvjetanja

negativno utječe na mogućnost rasprostranjivanja spora, posljedično i oplodnju. Krajnji rezultat ove pojave je smanjenje uroda žira.

2.2. Toplina

Hrast lužnjak je vrsta koja cvjeta za vrijeme listanja u travnju ili svibnju (Idžojtić, 2013). Postoje dva varijeteta: rani hrast lužnjak (*Quercus robur* var. *praecox* Czern.) i kasni hrast lužnjak (*Quercus robur* var. *tardiflora* Czern.). Rani hrast lužnjak lista i cvjeta od 2 do 4 tjedna prije kasnog hrasta lužnjaka (Šafar, 1966). Prednost tog obilježja se očituje kroz ranije stvaranje kutikule na listu koja ima zaštitnu funkciju. Negativna posljedica ranog listanja je izloženost kasnom proljetnom mrazu koji povremeno čini značajne štete u sastojinama hrasta lužnjaka. Male temperature zraka koje se javljaju zaleđuju vodu unutar staničja biljke. Voda prilikom smrzavanja zauzima veći volumen te samim time fizički uništava stanice mladog lista (slika 3.), a s obzirom da hrast lužnjak cvate za vrijeme listanja, stradava i cvijet. U ekstremnim slučajevima može doći do potpune defolijacije te je u takvoj godini je urod žira slab.

Slika 3. Mrazom oštećeni hrast lužnjak (izvor <https://www.ispotnature.org/communities/uk-and-ireland/view/observation/801401/quercus-robur-oak-with-frost-damage>).



Kao primjer toga može poslužiti 2016. godina u kojoj su štete od mraza bile velike na području svih nizinskih šuma. Samo u UŠP Zagreb je stradalo ukupno 3290 ha šuma. U tablici 1. su prikazani podaci o površini i intenzitetu oštećenosti nizinskih šuma zbog kasnog proljetnog mraza 2016. godine na području pojedinih šumarija u Hrvatskoj. Oni se odnose na mlade sastojine I. dobnog razreda. Međutim, činjenica je da su i starije sastojine pretrpjele štetu od mraza. Starija stabla su bila sposobna pretrpjeti taj stres, ali urod žira je te godine bio značajno umanjen.

Tablica 1. Površine i intenziteti oštećenosti nizinskih šuma u šumarijama Hrvatskih šuma zbog kasnog proljetnog mraza u 2016. godini (izvor Mjesečnik Hrvatske šume, broj 234).

Šumarija	Površina oštećena mrazom (ha)	Intenzitet oštećenosti (%)
Pisarovina	19	50 – 90
Karlovac	260	80 – 100
Draganić	210	70 – 100
Jastrebarsko	137	30 – 80
Remetinec	174	40 - 100

2.3. Zrak

Olujna nevremena također mogu značajno utjecati na urod žira hrasta lužnjaka. Kao primjer može poslužiti istraživanje dinamike plodonošenja i kvalitete uroda sjemena hrasta lužnjaka provedeno u Spačvanskim šumama u razdoblju od 2006. do 2010. godine (Gradečki-Poštenjak i dr., 2011). U sklopu istraživanja je postavljeno 6 pokusnih ploha. Plohe 1 i 2 su se nalazile u susjednim odsjecima u gospodarskoj jedinici Slavir, Šumarija Otok, UŠP Vinkovci. Obilni urodi žira su bili 2006. i 2010. godine. Pretpostavka je bila da će urod žira na plohama biti u približno jednakom omjeru u obje rodne godine. Međutim, 2010. godine na plohi 1 je zabilježen gotovo 50 % manji urod žira u odnosu na plohu 2 (tablica 2.).

Razlog tome je orkansko nevrijeme koje je 2008. godine poharalo to područje, a najviše je stradala sastojina u odsjeku 66a na kojem se nalazila ploha 1. Taj primjer zorno pokazuje koliko nevrijeme može utjecati na urod žira u narednim godinama. Trenutna klimatska

predviđanja ukazuju na sve veću učestalost takvih nevremena u budućnosti te će se, s obzirom na ovu činjenicu, šumarska struka sve češće susretati s tim problemom.

Tablica 2. Količina uroda žira na plohama u gospodarskoj jedinici Slavir, Šumarija Otok, UŠP Vinkovci u godinama uroda (Gradečki-Poštenjak i dr. 2011).

Količine žira	Ploha					
	1	2	3	4	5	6
Urod 2006. godine						
Kilogrami/ha	276	262	132	136	62	60
Komada/ha	104360	125124	42770	44070	21328	20652
Urod 2010. godine						
Kilogrami/ha	24	49	126	53	30	30
Komada/ha	5252	10740	27766	12222	5750	4338

2.4. Voda

Voda ima nezamjenjivu ulogu u mnogim fiziološkim procesima biljaka. Ona je otapalo i medij za prijenos tvari unutar i između biljnih stanica i organa, sudjeluje u fotosintezi i brojnim drugim metaboličkim procesima, održava turgor, sudjeluje u kontroli otvaranja i zatvaranje puči te pomaže pri termoregulaciji (Škvorc i dr., 2013). Prilikom suše vladaju uvjeti koji su značajno drugačiji od optimalnih uvjeta za razvoj biljke. Oni izazivaju brojne reakcije i promjene unutar čitavog organizma biljke. Takvo stanje nazivamo stres. Biljke su razvile brojne mehanizme prilagodbe na sušni stres pomoću kojih osiguravaju svoj opstanak, kao što su pojačani rast korijena i smanjenje transpiracije zatvaranjem puči. Nadalje, suša u tlu smanjuje pokretljivost iona, a to dovodi do smanjena dostupnosti i apsorpcije hranjiva, od kojih je biljci u najvećim količinama potreban dušik. Suša može dovesti i do ugibanja mikroorganizama koji vrše nitrifikaciju i amonifikaciju u tlu. Sve to dovodi do promjene dušičnog režima u biljci, smanjuje se asimilacija, odnosno intenzitet fotosinteze. Kao posljedica se javlja fiziološko slabljenje biljke te smanjena otpornost protiv bolesti i štetnika (Gessler i dr. 2017). U slučaju intenzivne suše, biljka može biti u nemogućnosti obnoviti

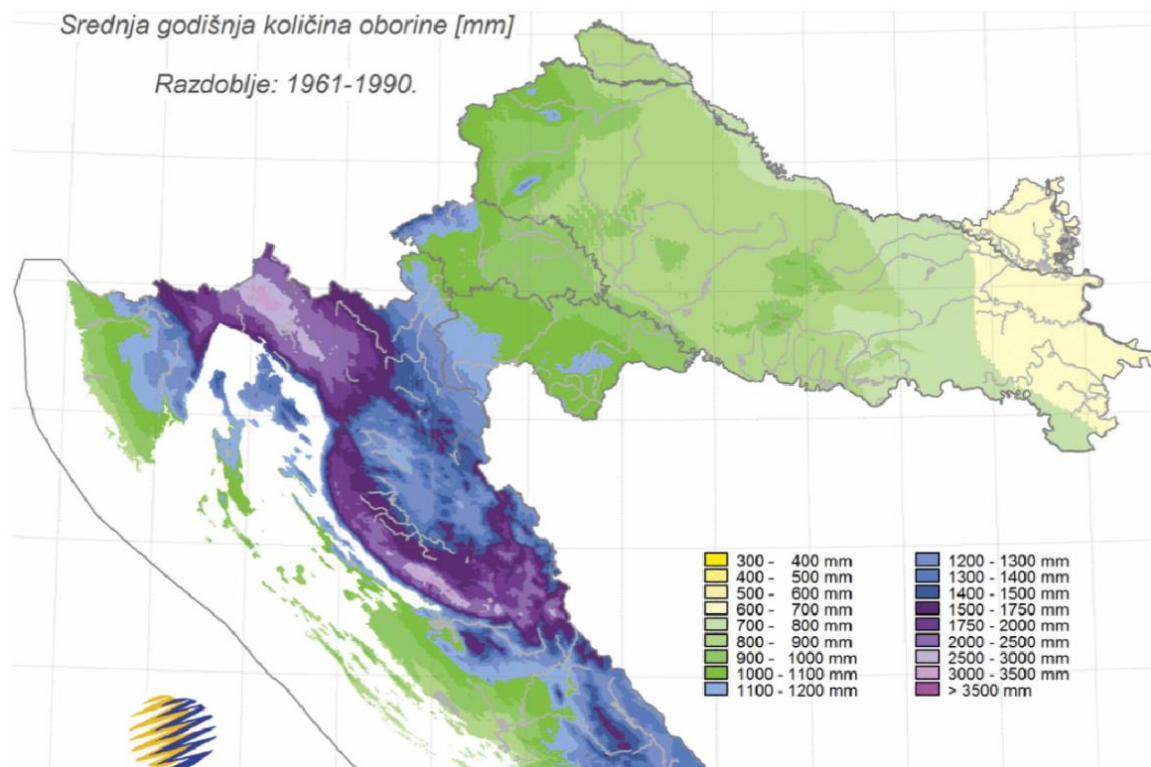
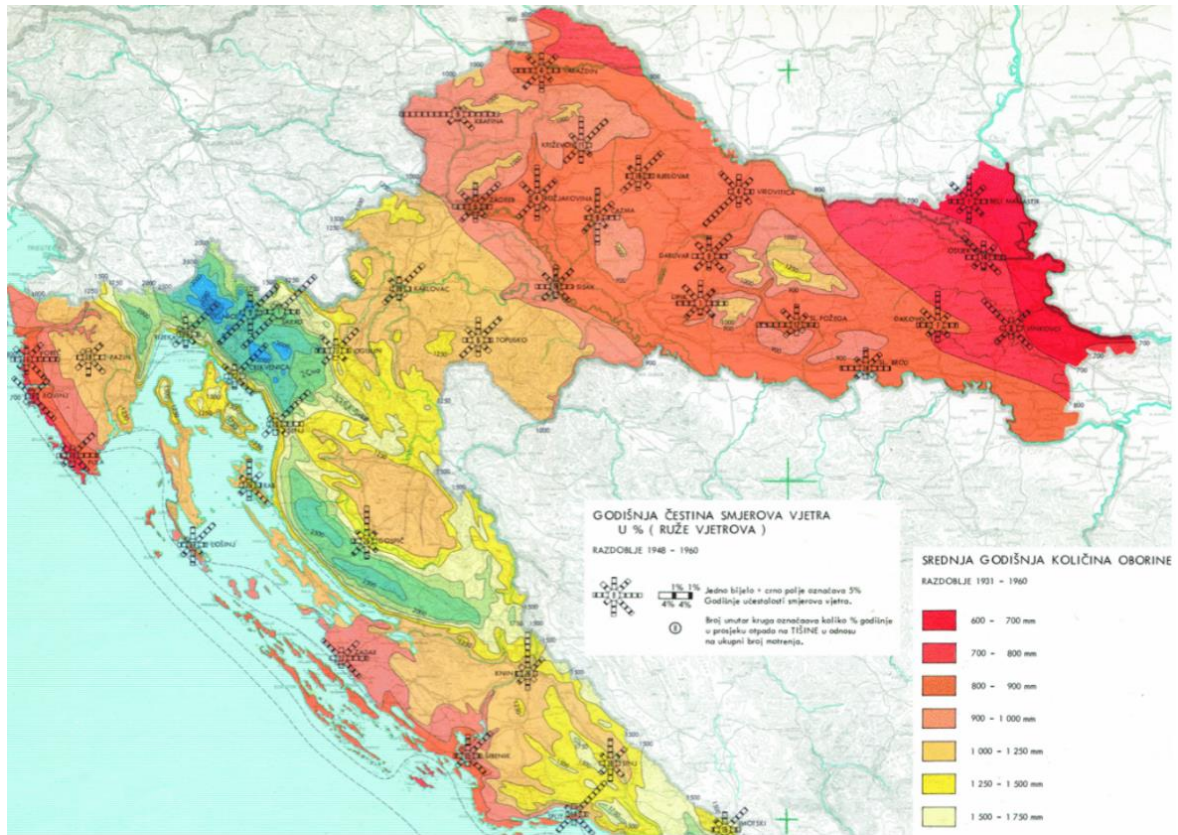
fotosintetski aparat, a oporavak može potrajati i do nekoliko mjeseci (Kozłowski i Pallardy, 1997).

Sve učestalija i intenzivnija ljetna sušna razdoblja su posljedica klimatskih promjena na globalnoj razini. Hrast lužnjak je vrsta koja ima velike zahtjeve za vodom i stoga se taj negativni trend odražava na njegovu vitalnost u Hrvatskoj. U slučaju pojave intenzivne suše te njezinih utjecaja na fiziologiju lužnjaka i tlo dolazi do nemogućnosti stabla da osigura potrebna hranjiva za proizvodnju žira. Kao posljedica se javlja slabiji urod žira. Dugogodišnjim izlaganjem jakom sušnom stresu smanjuje se vitalnost stabala, odnosno cijele sastojine. Nedostatak dušika nije se pokazao kao ključni čimbenik izostanka uroda žira. Prema istraživanju utjecaja sušnoga stresa na ishranjenost hrasta lužnjaka s dušikom (Bagarić 2018), hrast lužnjak se pokazao sposobnim za oporavak nakon sušnog stresa, a reakcija pojedinog stabla na sušni stres je ovisila o provenijenciji. Međutim, dugoročni sušni stres bez iznimke izaziva pad vitalnosti, a posljedično i izostanak uroda sjemena. Izostanak uroda žira hrasta lužnjaka je izuzetno složena pojava na koju utječu brojni čimbenici. Stoga se nikako ne može i ne smije osporiti negativan učinak sve češćih i intenzivnijih sušnih razdoblja koja su često popraćena velikim temperaturnim ekstremima.

Mjerenja godišnjih količina oborina kroz proteklo stoljeće na području Hrvatske u razdoblju od 1931. do 1990. godine ukazuju na postupno smanjenje količine oborina u arealu hrasta lužnjaka (slika 4.). Taj trend se nastavio i do danas, a očekuje se da će se nastaviti i u budućnosti.

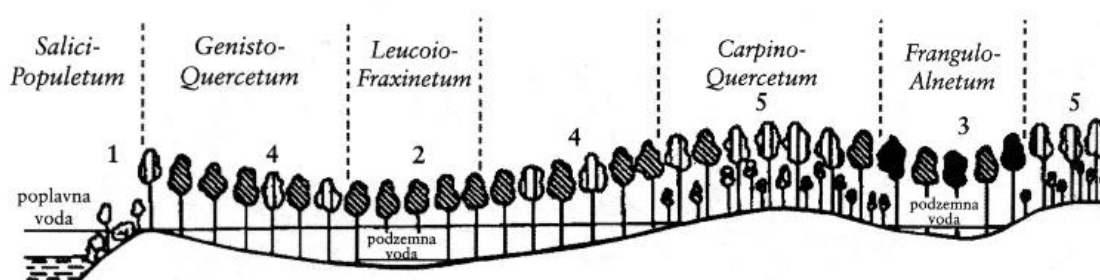
Sušna razdoblja s kojima se susreće šumarska struka su dio najvećeg problema nizinskih šuma u Republici Hrvatskoj. To je promjena hidroloških uvjeta. U nizinskim šumama hrasta lužnjaka voda se pojavljuje u više oblika: vlaga zraka, oborinska voda, voda vodotoka, površinska poplavna voda, površinska stagnirajuća voda, voda u tlu i podzemna voda. Biljci je od najveće važnosti voda u tlu, a ona je usko povezana sa svim drugim oblicima vode. Glavnim uzrocima nepovoljnih hidroloških uvjeta u nizinskim šumama se smatraju regulacija riječnih tokova te izgradnje nasipa i kanala koji su značajno promijenili hidrološke uvjete nizinskih šuma. U prirodnim stanišnim uvjetima hrast lužnjak podnosi ljetna razdoblja bez oborina, ali zbog promjene prirodnih hidroloških i reljefnih obilježja dolazi do bržeg isušivanja tla te stabla duže i intenzivnije trpe sušni stres koji se negativno odražava na rast i razvoj te urod žira. Promjena hidroloških i reljefnih obilježja se smatra najvažnijim čimbenikom propadanja nizinskih šuma hrasta lužnjaka (Prpić i dr., 1991).

Slika 4. Prikaz srednje godišnje količine oborina u razdobljima 1931. – 1960. i 1961. – 1990. (izvor Državni hidrometeorološki zavod).



Jedna od štetnih posljedica hidrotehničkih zahvata u nizinskim šumama je izostanak poplavnih voda zbog izgradnje nasipa i kanala. Zajednica hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom je u prirodnim uvjetima izložena poplavnim vodama, dok zajednica hrasta lužnjaka s običnim grabom raste na gredi i nije izložena poplavnim vodama. Poplavna voda utječe na razinu vode u tlu i time osigurava optimalnije uvjete za razvoj hrasta lužnjaka (slika 5.). Izostanak poplavnih voda se smatra jednim od nepovoljnih čimbenika koji utječu na vitalnost sastojina, a samim time i urod sjemena.

Slika 5. Raspored nizinskih šumskih zajednica u odnosu na mikroreljef, poplavnu i podzemnu vodu (Glavač 1961, izvor: Baričević D., Sinekologija, predavanje iz kolegija Šumarska fitocenologija).



Također su štetne prevelike količine oborina. Zbog ekstremnih količina kišnih oborina i hidrotehničkih zahvata, kao što su nasipi, može doći do poplava i stagnacije poplavne vode u šumskim ekosustavima u vrijeme razvoja vegetacije koja nakon određenog vremena negativno utječe na vitalnost biljaka, ali i na mikorizne gljive zbog nedostatka kisika u tlu.

Promjena oblika i dinamike oborina je također problem koji utječe na vitalnost stabala. Zbog smanjenja količine snježnih oborina zimi i povećane količine kišnih oborina te općenitog povećanja količine oborina zimi, povećana je mogućnost zimskih poplava (Eckhardt i Ulbrich, 2003). S obzirom da u tom slučaju ne dolazi do postupnog otapanja snijega u slivnim područjima naših velikih rijeka, za vrijeme razdoblja razvoja vegetacije može doći do smanjenja vodostaja rijeka uz koje rastu šume hrasta lužnjaka, a posljedica toga je manja količina vode u šumskim ekosustavima.

2.6. Onečišćenje šumskih ekosustava

Onečišćenje se pojavljuje u obliku onečišćenja zraka, vode i tla. Onečišćeni zrak negativno djeluje na hrast lužnjak (Mikloš, 1991). Prema Izvješćima o oštećenosti šumskih ekosustava u Republici Hrvatskoj za 2019. i 2020. godinu, glavni polutant u zraku je SO₂. Atmosferska onečišćenja malo utječu na smanjenje vitalnosti šumskih vrsta drveća i ne predstavljaju jedan od glavnih uzroka pada vitalnosti stabala hrasta lužnjaka (Mikloš, 1991).

Onečišćenje vode i tla se smatra važnijim čimbenikom od onečišćenja zraka. Poplavna voda je glavni čimbenik prijenosa štetnih tvari, najčešće naftnih ugljikovodika i teških metala. Tlo posjeduje sposobnost ublažavanja utjecaja polutanata na ekosustav, ali njihovim dugoročnim unosom raste njihov negativan utjecaj na floru i mikroorganizme u tlu (Pernar i dr., 2008).

Istraživanja su pokazala da na nekim lokalitetima u tlu postoji povećana koncentracija pojedinih teških metala (Komlenović i dr., 1991). Međutim, u daljnjim istraživanjima se onečišćenje vode i tla na području Republike Hrvatske nije pokazalo kao značajan čimbenik za pojavu izvanrednog odumiranja stabala, osim u pojedinačnim slučajevima (Pernar i dr., 2008). Sukladno tome, utjecaj onečišćenja vode i tla ne predstavlja značajan čimbenik izostanka uroda žira hrasta lužnjaka. Unatoč tome, potrebno je napomenuti da sustav Jadranskog naftovoda prolazi područjem koje je ujedno areal hrasta lužnjaka te da u slučaju izvanrednog oštećenja naftovoda može doći do značajnih šteta na nekom od lokaliteta u Posavini.

3. BIOLOŠKI ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA IZOSTANAK URODA SJEMENA HRASTA LUŽNJAKA

Biološki čimbenici koji utječu na urod žira hrasta lužnjaka su kroz povijest bili predmet brojnih istraživanja. Najčešće spominjani su štetnici žira, ali određen značaj imaju i defolijatori. Vitalnost krošnje značajno utječe na količinu proizvedenog sjemena (Gradečki-Poštenjak i dr. 2011). Značajan čimbenik je i hrastova pepelnica (*Erysiphe alphitoides* (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam) koja se redovito suzbija. Hrastova mrežasta stjenica (*Corythucha arcuata* Say) je novi invazivni štetnik na listu hrasta lužnjak koji između ostalog utječe na urod žira.

Neki glodavci se također smatraju štetnicima žira. To su prvenstveno miševi. Oni ne utječu na izostanak uroda žira u smislu onemogućavanja oprašivanja ili razvoja žira. Njihov utjecaj je prisutan nakon otpadanja žira kojim se potom hrane. S aspekta ekologije šuma oni utječu na poremećaj ravnoteže šumskih ekosustava, posebno u gospodarskim šumama i šumskim sjemenskim plantažama. Posljedice njihovog utjecaja s aspekta uzgajanja šuma, odnosno pomlađivanja šuma su vrlo slične izostanku uroda.

3.1. Hrastova mrežasta stjenica (*Corythucha arcuata* Say)

Hrastova mrežasta stjenica (*Corythucha arcuata* Say) je invazivna vrsta koja se u Hrvatskoj prvi put pojavila 2013. godine na području spačvanskog bazena. Od tada se raširila na sva nizinska područja koje nastanjuje hrast lužnjak i u velikom je fokusu šumarske znanosti i struke. To je sjevernoamerička vrsta koja u svom životnom ciklusu prolazi kroz razvojne stadije jajeta, ličinke i imaga, pri čemu postoji 5 larvalnih stadija. To je primarni štetnik na hrastu lužnjaku koji se hrani biljnim sokovima iz lista i živi na naličju lista. Imago prezimljuje, odlaže jaja u travnju, ličinke se javljaju u svibnju, a imaga u srpnju. Razvija dvije generacije godišnje, a prema nekim izvorima postoji mogućnost da razvija i treću generaciju (Plavec, 2018).

Sišući lisne sokove, hrastova mrežasta stjenica uništava klorofil, uzrokuje smanjenje asimilacijske površine i skraćuje vegetacijsko razdoblje. U drugoj polovici ljeta može se vidjeti intenzivna promjena boje lišća na krošnjama napadnutih stabala. Samim time se smanjuje vitalnost i debljinski prirast stabala te je otežan razvoj žira.

Slika 6. Hrastova mrežasta stjenica (*Corythucha arcuata* Say, izvor <https://alchetron.com/Corythucha-arcuata#corythucha-arcuata-eb43e791-f677-4368-8762-d9e698ba83b-resize-750.jpg>).



S obzirom da je hrastova mrežasta stjenica nova invazivna vrsta na području Republike Hrvatske, njezin utjecaj na hrast lužnjak još nije dovoljno poznat, a istraživanja tog problema su u tijeku. Brojni su podaci o slabijem urodu sjemena nakon pojave ovog štetnika, a njegov negativan utjecaj na šume hrasta lužnjaka je, zahvaljujući jako vidljivim simptomima u obliku promjene boje lista, primijećen i u široj javnosti. Ni na svjetskoj razini ovaj štetnik nije dovoljno istražen. Na području Sjeverne Amerike to je autohtona vrsta koja ne čini značajne štete, a na područjima gdje je invazivna vrsta još nisu razvijene učinkovite metode zaštite.

3.2. Defolijatori

Defolijatori se za vrijeme larvalnog stadija hrane listom. Time uništavaju fotosintetski aparat biljaka. To se kod hrasta lužnjaka očituje slabim godišnjim prirastom i smanjenim urodom žira. Također se negativno odražava na vitalnost stabala. Najčešći defolijatori pripadaju redu

Lepidoptera. Njima svojstvena pojava je gradacija (Hrašovec i Franjević, 2011). To je pojava povremenog masovnog pojavljivanja štetnika. U razdoblju latencije postoji mali broj jedinki. U razdoblju progradacije njihov broj se povećava i u određenoj godini dostiže maksimum. Nakon toga slijedi razdoblje retrogradacije u kojem se broj jedinki smanjuje i nastupa novo razdoblje latencije. Zbog toga pojedina vrsta defolijatora ne uzrokuje svake godine veliki stres na biljke. Međutim, za vrijeme gradacije dolazi do povećanog stresa i tada urod žira može biti slabiji.

Gubar (*Lymantria dispar* L.) je polifagni štetnik, a ujedno i najopasniji štetnik na hrastu lužnjaku u Hrvatskoj. Vrsta je izraženog spolnog dimorfizma. Ženke su velike i bijele, a mužjaci manji i smeđi. Gusjenice gubara su prepoznatljive po velikim dlakama koje razvijaju po tijelu. Imaju 5 pari prednjih plavih pjega i 7 pari stražnjih crvenih pjega te uočljive linije na glavi. Mlade gusjenice imaju aerostatičke dlake koje pomažu pri rasprostranjivanju vjetrom, a starije gusjenice imaju lako lomljive otrovne dlake toksafore koje izazivaju upalu kože i svrbež kod ljudi. Rojenje je u lipnju i srpnju. Ženka pravi jajno leglo na kori stabla u kojem može biti preko 1000 jaja u vrijeme progradacije. U primorju gubar često odlaže jaja na ili ispod kamena. Dijapauza i prezimljavanje je u stadiju gusjenice u jajnom ovoju, a gusjenice izlaze u ožujku ili travnju te se hrane mladim lišćem. Gubar izaziva golobrst u vrijeme gradacije.

Zlatokraj (*Euproctis cryssorhoea* L.) je polifagni štetnik na hrastu lužnjaku, običnom grabu i šumskim voćkaricama. On je drugi najvažniji defolijator hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. Imago je bijele boje s karakterističnim žutim dlačicama na zatku. Roji se u lipnju, a ženka odlaže jaja na gornjoj strani lista. Isto ljeto izlaze crno-sive gusjenice s 2 crvenkaste linije te narančastim bradavicama s toksaforama. Gusjenice zlatokraja skeletiraju list, a koncem ljeta pomoću listova u vršnim granama stvaraju zapretke u kojima prezimljuju. U proljeće nagrizaju pupove i mlado lišće. Potom se kukulje u zapretku u obrštenom dijelu krošnje. Ova vrsta povremeno izaziva golobrst.

Kukavičji suznik (*Malacosoma neustria* L.) je treći najvažniji defolijator hrasta lužnjaka u Hrvatskoj, ali se primarno smatra defolijatorom voćkarica. Žutosmeđa imaga se roje u lipnju, nakon zlatokraja i prije gubara. Ženka odlaže jaja na tankim granama u obliku prstena te u tom obliku vrsta prezimljuje. Uzdužno prugaste, karakteristično plavo obojene gusjenice izlaze u vrijeme otvaranja lisnih pupova te brste list od ruba prema sredini. Kukavičji suznik

može izazvati golobrst. Gusjenice se kukulje od kraja svibnja na listu ili između grančica u bijelom zapretku. Imaga izlaze iste godine i roje se.

Slika 7. Gusjenice gubara (*Lymantria dispar* L.), zlatokraja (*Euproctis cryssorhoea* L.) i kukavičjeg suznika (*Malacosoma neustria* L. izvor Hrašovec i Franjević 2011, Šumarska entomologija – posebni dio, skripta).



Veliki mrazovac (*Erannis defoliaria* Clerck) i mali mrazovac (*Operophtera brumata* L.) su po biologiji i štetnosti vrlo slične vrste. Jedino se razlikuju prema vremenu rojenja. Veliki mrazovac se roji u listopadu i studenom, a mali mrazovac u prosincu. Smatraju se jednim od najvažnijih defolijatora hrastovih šuma. Ženke imaju zakržljala krila i ne lete, već hodaju prema vrhu debla. Mužjaci lete noću, traže ženke i kopuliraju. Ženke odlažu jaja u jednogodišnje izbojke blizu pupova i u rašljama grana te na taj način prezimljavaju. U proljeće gusjenice nagrizaju mlado lisno tkivo i cvjetne pupove. Često zapredaju napadnute dijelove krošnje. Zrele gusjenice se kukulje u tlu, a imaga se roje iste godine. U slučaju masovne pojave gusjenice izazivaju golobrst.

Zeleni hrastov savijač (*Tortrix viridana* L.) je polifagni štetnik koji primarno napada hrast lužnjak. On može dovesti do golobrsta u određenim stanišnim uvjetima. Zelena imaga se roje noću u travnju i svibnju. Ženke odlažu jaja na bazi pupova gdje ona prezimljuju. Gusjenice većinom izlaze na proljeće tek kada se lisni pupovi potpuno otvore, a rijetko za vrijeme otvaranja. Zatim skeletiraju i izgrizaju mladi list, većinom ostavljajući glavne žile i manji dio lista neizgrižen. Gusjenice se kukulje u zapredenim ostacima lista, a imaga izlaze iste godine. Unatoč tome što ne izgrizaju cijeli list, stabla razvijaju sekundarno lišće te su zbog toga štete gotovo identične gubaru i zlatokraju (Hrašovec i Franjević, 2011).

Hrastova osa listarica (*Apethymus abdominalis* Lepelletier) je vrsta iz reda *Hymenoptera* koja može izazvati golobrst na hrastu lužnjaku. Sitna žuta ili crna imaga se roje u listopadu. Ženke odlažu jaja u jednogodišnje izbojke gdje prezimljuju. Voskom presvučene pagusjenice izlaze

u vrijeme početka listanja u ožujku i brste mladi list. Već početkom travnja ulaze u tlo, prave komoricu, prelaze u stadij eonimfe i estiviraju. Imaju mogućnost dijapauze i produljivanja razvojnog ciklusa na 2 do 3 godine. Koncem ljeta prelaze u pronimfu, a zatim se kukulje. Imaga se roje u listopadu iste godine.

3.3. Štetnici na žiru

Žirotoč (*Curculio glandium* Marsham) je vrsta iz reda *Coleoptera*, porodice *Curculionidae* i spada među najpoznatije štetnike na žiru. Imaga kopuliraju početkom ljeta u blizini dozrijevajućih žirova, a ženka tankim rilom buši kupulu i ulaže 1 – 3 jaja u žir. Ličinke se hrane žirom i razvijaju unutar njega. Žirovi koji koncem ljeta otpadaju su potpuno uništeni. Ličinke izgrizaju izlazni otvor, ulaze u tlo i prezimljuju. Kukulje se iduće godine, a spolno nezreli imago se razvija ljeti. On estivira i hibernira pod zemljom, a izlazi treće kalendarske godine kao spolno zrela jedinka. Ovaj štetnik se u pravilu ne javlja u velikom broju u godini obilnog uroda žira, već narednih godina. On može uzrokovati smanjenje uroda do 25 % (Hrašovec i Margaletić 1996). Njegov utjecaj na urod žira nije zanemariv, ali nije presudan u godinama izostanka obilnog uroda žira hrasta lužnjaka. Drugi pripadnici porodice *Curculionidae* koji mogu napadati žir su *Curculio elephas* Marsh. i *Curculio venosus* Grav.

Slika 8. Ženka žirotoča (*Curculio glandium* Marsham) pri odlaganju jaja (izvor Hrašovec i Franjević 2011, Šumarska entomologija – posebni dio, skripta).



Među ostalim štetnicima na žiru su leptiri savijači (porodica *Tortricidae*), konkretno *Cydia amplana* Hb. i *Cydia splendana* Hb. Njihove se ličinke razvijaju unutar žira ili drugih sličnih plodova kao što je kesten. Prema rezultatima višegodišnjeg istraživanja provedenog na području cijele Hrvatske, najveće štete od tih štetnika su iznosile 12 % (Hrašovec i Margaletić, 1996).

Također se ističe hrastova osa šiškarića (*Andricus quercuscalicis* Burgsdorf) koja svojim djelovanjem proizvodi šišku na žiru, čime ga uništava. Prema navedenom istraživanju, štete koje ona čini su do 4 %.

3.4. Glodavci

U Hrvatskoj se štetnicima sjemena smatra 3 vrste miševa (potporodica *Murinae*). To su poljski miš (*Apodemus agrarius* Pallas), žutogrli šumski miš (*Apodemus flavicollis* Melchior) i šumski miš (*Apodemus sylvaticus* L.). Iz potporodice *Arvicolinae* na sjemenu najveće štete uzrokuje šumska voluharica (*Myodes glareolus* Schreber). Te su vrste štetne u jesenskim mjesecima kada se hrane otpalim žirom čime otežavaju ili onemogućavaju pomlađivanje šuma. Također su poznate kao štetnici u šumskim sjemenskim plantažama. Metode utvrđivanja brojnosti štetnih glodavaca i metode redukcije brojnosti su dobro razvijene te se rutinski provode.

Slika 9. Poljski miš (*Apodemus agrarius* Pallas), žutogrli šumski miš (*Apodemus flavicollis* Melchior) i šumski miš (*Apodemus sylvaticus* L., izvor Margaletić i Vucelja, Zaštita šuma od sitnih glodavaca, prezentacija u sklopu kolegija Osnove zaštite šuma).



3.5. Mikoze

Najznačajnija gljivična bolest na hrastu lužnjaku u Hrvatskoj je hrastova pepelnica (*Erysiphe alphitoides* (Griffon & Maublanc) Braun & Takamatsu). To je obligatni parazit na svim hrastovima u Hrvatskoj, posebno hrastovima lužnjaku i kitnjaku. Ta je gljiva ektoparazit. Na površini lista je vidljiva u obliku pepeljasto sivog micelija. To je nespolni konidijski stadij koji se naziva *Oidium quercinum* Thüm. Gljiva haustorijama crpi hranjive tvari iz lista, a micelij prekriva list, što značajno smanjuje fotosintezu. Posljedica intenzivne zaraze hrastovom pepelnicom je smanjenje vitalnosti stabala, ali i smanjenje uroda sjemena zbog nemogućnosti osiguravanja potrebnih hranjivih tvari za razvoj ploda.

Hrastova pepelnica prezimljava u spolnim plodištima kleistotecijima na otpalom lišću i među ljuskama pupova na izbojcima. Primarna infekcija se vrši u proljeće askosporama iz kleistotecija i micelijem koji je prezimio na izbojku. Prema nekim autorima zaraze askosporama su od manje važnosti (Glavaš, 1999). Tijekom godine se na listu razvija više konidijskih generacija koje proizvode konidije putem kojih se vrši sekundarna zaraza do pred kraj razdoblja razvoja vegetacije. Gljiva je sposobna inficirati samo mladi list tanke kutikule jer svojim enzimima ne uspijeva razgraditi deblju kutikulu kakvu imaju stariji listovi. Stoga se smatra da je rani hrast lužnjak otporniji na infekcije ove gljive. U slučaju kasnog proljetnog mraza list odumire te se javlja sekundarno listanje. Tada se može očekivati velika zaraza ovim patogenom.

Slika 10. Hrastova pepelnica (*Erysiphe alphitoides* (Griffon & Maublanc) Braun & Takamatsu, izvor <https://uk.inaturalist.org/photos/43902856>).



U manjoj mjeri značajna bolest žira hrasta lužnjaka je mumifikacija sjemena. Nju izazivaju gljive rodova *Stromatinia* i *Sclerotinia*. Micelij tih gljiva prodire u sjeme i mumificira ga (Glavaš, 1999). Takav žir gubi vitalnost i nije sposoban klijati.

4. RASPRAVA I ZAKLJUČCI

Uzevši u obzir sve prikazane čimbenike koji utječu na izostanak uroda žira hrasta lužnjaka, evidentno je da se radi o izuzetno kompleksnom problemu. Ne postoji jedan glavni čimbenik koji utječe na izostanak uroda, već do toga dolazi zbog međudjelovanja brojnih čimbenika.

Najutjecajnijim, presudnim čimbenikom se smatra promjena hidroloških obilježja nizinskih šuma. Brojna istraživanja u zadnjih nekoliko desetljeća ukazuju na promjene i poremećaje svih oblika vode u nizinskim šumama, posebno oborina i površinske vode. Smatra se da su glavni uzroci promjene hidroloških obilježja nizinskih šuma brojni hidrotehnički zahvati napravljeni u nizinama uz rijeke Dravu, Dunav, Savu i njihove pritoke, koje su u prošlosti u dovoljnoj mjeri vodom opskrbljivale nizinske šume, te globalne klimatske promjene. Negativan utjecaj čovjeka na režim površinskih voda, vode u tlu i podzemne vode je moguće ublažiti pravilnom regulacijom voda koja bi bila bliža prirodnim obilježjima. To je izuzetno kompleksan problem koji zahtjeva dugogodišnju suradnju znanstvenika i stručnjaka iz različitih područja te politike na državnoj i međunarodnoj razini.

Klimatske promjene također negativno utječu na hrast lužnjak uzrokujući dodatni stres. One utječu na promjenu hidroloških uvjeta, kao što su oborinski i temperaturni ekstremi te promjene oblika i dinamike oborina. To je kompleksan problem s kojim se svjetska znanost i struka suočava na lokalnoj, regionalnoj i globalnoj razini, no do sad nisu pronađena adekvatna rješenja.

Biološki čimbenici koji utječu na izostanak uroda žira hrasta lužnjaka to čine putem smanjenja asimilacije i onemogućavanja razvoja žira zbog nedostatka hranjivih tvari te razaranja zdravog žira ili žira u razvoju. Postoje brojne autohtone životinjske vrste koje izazivaju te pojave. One mogu značajno utjecati na urod žira. Biologija tih vrsta je dobro razjašnjena i postoje učinkovite metode kontrole njihovih populacija te metode zaštite koje se rutinski provode. Iznimka je nova invazivna vrsta hrastova mrežasta stjenica (*Corythucha arcuata* Say). Ta vrsta se brzo proširila na čitavom području nizinskih šuma i predstavlja

veliki dodatni izvor stresa za hrast lužnjak. Njegov utjecaj na šumske ekosustave još nije u potpunosti razjašnjen, a zadovoljavajuće metode zaštite još nisu otkrivene.

Hrastova pepelnica (*Erysiphe alphitoides* (Griffon & Maublanc) Braun & Takamatsu) je također redovita pojava u nizinskim šumama hrasta lužnjaka. Njezina biologija je dobro razjašnjena i s velikom pouzdanošću se može odrediti kad će se pojaviti velika zaraza, a metode zaštite fungicidima su učinkovite i provode se rutinski.

Rješenje problema izostanka uroda žira hrasta lužnjaka je dugoročni proces. Kroz dugoročnu suradnju znanstvenika i stručnjaka iz različitih područja trebati će unaprjeđivati stanje nizinskih šumskih staništa, posebno stanje hidroloških uvjeta života u tim šumskim ekosustavima.

5. LITERATURA

- Bagarić I., 2018: Utjecaj sušnoga stresa na ishranjenost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) s dušikom. Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
- Crnković S., 2004: Kvantitativne i kvalitativne osobine žira hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u sastojinama sliva rijeke Česme. Šumarski list 7-8, s. 413-430
- Eckhardt K, Ulbrich U., 2003: Potential Impacts of Climate Change on Groundwater Recharge and Streamflow in a Central European Low Mountain Range. Journal of Hydrology, 284, s. 244-252
- Gessler A., Schaub M., McDowell N. G., 2017: Tansley Insight: The role of nutrients in drought induced tree mortality and recovery. New Phytologist, 214, s. 513–520
- Glavaš M., 1999: Gljivične bolesti šumskoga drveća. Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
- Godišnja poslovna izvješće za razdoblje 2016. – 2020. godine. Hrvatske Šume d.o.o.
- Gradečki-Poštenjak M., Novak Agbaba S., Licht R., Posarić D., 2011: Dinamika plodonošenja hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u narušenim ekološkim uvjetima. Šumarski list 13, s. 169-181
- Rauš Đ., 1996: Šumske zajednice hrasta lužnjaka. Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj. HAZU i Hrvatske šume, p. o. Zagreb
- Hrašovec B., Franjević M., 2011: Šumarska entomologija – posebni dio, skripta, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
- Hrašovec B., Margaletić J., 1996: Štetnici sjemena i njihov utjecaj na obnovu šuma u Hrvatskoj, Šumarski list 3-4, s. 101-106
- Idžojtić M., 2013: Dendrologija - cvijet, češer, plod, sjeme. Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
- Idžojtić M., 2009: Dendrologija – list. Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
- Komlenović N., Mayer B., Rastovski P., 1991: Unos teških metala onečišćenim poplavnim vodama u tla nizinskih šuma istočne Slavonije, Šumarski list 3-5, s. 131-149

Kozłowski T. T., Pallardy S. G., 1997: Physiology of woody plants, 2nd edition. Academic Press, San Diego, CA, 411

Mikloš I., 1991: Onečišćenje zraka i urod žira u našim šumama hrasta lužnjaka. Šumarski List 3-5, s. 151-162

Glavaš M., 2016: Najviše su stradali hrast lužnjak i poljski jasen. Mjesečnik Hrvatske šume, broj 234, Hrvatske šume d.o.o.

Vincenc G., 2019: Što će biti s pomlađivanjem hrasta lužnjaka u Hrvatskoj? Mjesečnik Hrvatske šume, broj 265-266, Hrvatske šume d.o.o.

Vincenc G., 2019: Dok „nekaj pika“, hrast fiziološki slabi. Mjesečnik Hrvatske šume. broj 274, Hrvatske šume d.o.o.

Opalički K., 1989: Utjecaj faune tla na fiziološku kondiciju i sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Glasnik za šumske pokuse, 25, s. 133-144

Oštećenost šumskih ekosustava Republike Hrvatske, Izvješća za 2019. i 2020. godinu u sklopu programa ICP Forests, Hrvatski šumarski institut Jastrebarsko

Pernar N., Bakšić D., Bobić V., Perković I., 2008: Stanje tla u mikrodepresijama šume Žutica. Šumarski list 9-10, s. 405-417

Pilaš I., Planinšek Š., 2011: Obnova vodnog režima nizinskih šuma kao potpora potrajnom gospodarenju. Šumarski list 13, s. 138-148

Plavec P., 2018: Procjena utjecaja hrastove mrežaste stjenice (*Corythucha arcuata* Say) na formiranje žira hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu

Pravilnik o područjima provenijencija svojti šumskog drveća od gospodarskog značaja, NN 107/2008

Prpić B., Seletković Z., Ivkov M., 1991: Propadanje šuma u Hrvatskoj i odnos pojave prema biotskim i abiotskim činiteljima danas i u prošlosti. Šumarski list 3-5, s. 107-129

Šafar J., 1966: Problem fizioloških, ekoloških i ekonomskih karakteristika kasnoga i ranog hrasta. Šumarski List 11-12, s. 503-515

Škvorc, T., Franjić, J. i Sever, K., 2013: Fiziologija bilja, interna skripta. Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu

Šumskogospodarska osnova područja Republike Hrvatske za razdoblje 2016. – 2025.

Tikvić I. i dr., 2018: Branimir Prpić – ekologija šuma i šumarstvo. Hrvatsko šumarsko društvo, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Trinajstić I., 1978: Sistematika bilja (Embriobyonta), 1-117, Zagreb

Vicić M., 2018: Utjecaj izgradnje savskog nasipa na odumiranje šuma hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu