

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
TEHNIKE, TEHNOLOGIJE I MANAGEMENT U ŠUMARSTVU

MATIJA OSMAK

AKTUALNI TRENDОВI ZAŠTITE OD SITNIH GLODAVACA
PRIMJENJIVI U ŠUMARSTVU

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, RUJAN, 2019.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK

**AKTUALNI TREND OVI ZAŠTITE OD SITNIH GLODAVACA
PRIMJENJIVI U ŠUMARSTVU**

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Šumarstvo, smjer Tehnika, tehnologija i management u šumarstvu

Predmet: Integrirana zaštita šuma

Ispitno povjerenstvo:

1. prof. dr. sc. Josip Margaletić
2. doc. dr. sc. Marko Vucelja
3. doc. dr. sc. Kristijan Tomljanović

Student : Matija Osmak

JMBAG: 0068218262

Broj indeksa: 865/17

Datum odobrenja teme: 21.05.2019.

Datum predaje rada: 27.09.2019.

Datum obrane rada: 27.09.2019.

Zagreb, rujan, 2019.

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov	Aktualni trendovi zaštite od sitnih glodavaca primjenjivi u šumarstvu
Title	Current trends in rodent control applicable in forestry
Autor	Matija Osmak
Adresa autora	Bjelovarskih vitezova 13, 34550 Pakrac
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Prof. dr. sc. Josip Margaletić
Izradu rada pomogli	Doc. dr. sc. Marko Vucelja
Godina objave	2019.
Obujam	broj stranica: 37 broj slika: 5 broj tablica: 3 broj navoda literature: 39
Ključne riječi	Sitni glodavci, zaštita šuma, dinamika populacije.
Key words	Rodent pests, forestry plant protection, population dynamics.
Sažetak	Sitni su glodavci biotski čimbenici šumskih ekosustava koji u godinama masovne pojave mogu značajno otežati njihovu prirodnu obnovu čineći štete na šumskom sjemenu te pomlatku. Unatoč velikom broju metoda zaštite primjenjivih u okviru prevencije njihove masovne pojave, mali broj zaista ima praktičnu primjenu u šumskim ekosustavima. Cilj ovoga rada jest istražiti europske i svjetske trendove (pr. prirodni predatori, odbijajuća sredstva, lovke) u zaštiti od glodavaca potencijalno primjenjive u šumama Hrvatske.

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

„Izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mogega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“

vlastoručni potpis

U Zagrebu, 27. rujna 2019.

ZAHVALA

Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Josipu Margaletiću na ukazanom povjerenju za izradu ovog diplomskog rada i za svaki savjet i pomoć koja mi je bila potrebna.

Zahvaljujem komentoru doc. dr. sc. Marku Vucelji za svu tehničku pomoć oko izrade rada, dobronamjerne savjete i kolegijalnost.

Također zahvaljujem svojim roditeljima koji su uvijek vjerovali u mene i omogućili mi ovo školovanje. Hvala mojim dvjema sestrama koje su me bodrile i govorile da će sve biti dobro.

I iako si na kraju, meni si jako bitna! Hvala ti Anita za sve ne prospavane noći pred ispite, svako ispitivanje, i za sve uspone i padove koje smo prošli zajedno.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREDMET ISTRAŽIVANJA	2
2.1. Temeljna obilježja glodavaca kao šumskih štetnika	2
2.1.1. Sistematika i rasprostranjenost glodavaca	2
2.1.1.1. Shematski prikaz sistematike glodavaca.....	3
2.1.2. Biologija i morfologija glodavaca	4
2.1.2.1. Temeljnje morfološke osobine sitnih glodavaca.....	4
2.1.3. Razmnožavanje glodavaca.....	5
2.1.4. Osjetila glodavaca.....	6
2.1.5. Prehrana glodavaca	7
2.2. Štete.....	8
2.2.1. Štete korijena i kore	9
2.2.2. Štete na sjemenu i pomlatku	11
2.3. Metode utvrđivanja brojnosti glodavaca	13
2.3.1. Primarne metode	14
2.3.1.1. Metoda minimalnog kvadrata	14
2.3.1.2. “Y”-metoda	14
2.3.1.3. Metoda ponovnog ulova	14
2.3.2. Sekundarne metode.....	15
2.3.2.1. Metoda linearnog transekta.....	15
2.3.3. Tercijarne metode	15
3. CILJ ISTRAŽIVANJA	16
4. REZULTATI	17
4.1. Integrirana zaštita šuma od glodavaca	17
4.2. Preventivne metode	18

4.2.1. Agrotehničke metode.....	19
4.2.2. Tehnološko-manipulativne metode	19
4.2.3. Sanitarno higijenske metode.....	19
4.2.4. Građevinsko-tehničke metode	19
4.2.5. Repelenti	20
4.2.6. Ultrazvučni i elektromagnetski valovi.....	23
4.3. Mehaničke metode	23
4.4. Biološke metode.....	26
4.4.1. Prirodni neprijatelji	26
4.5. Genetske metode	28
4.6. Kemijske metode.....	29
4.6.1. Brzodjelujući (akutni, trenutni) rodenticidi	30
4.6.1.1. Cink fosfid	30
4.6.2. Sporodjelujući rodenticidi (kronični, kumulativni)	31
4.6.3. Fumigantni rodenticidi.....	32
4.6.4. Kemosterilanti.....	32
5. RASPRAVA I ZAKLJUČAK	33
6. LITERATURA	35

1. UVOD

Glodavci su uvijek bili uz nas, čak i od kada je primitivni čovjek postao poljoprivrednik. Uz ljude, glodavci se smatraju najdestruktivnijim kralježnjacima na uskladištenim žitaricama te šumama (Prakhas, 1976). Suzbijanje glodavaca je težak posao jer stručnjak treba suzbiti više vrsta glodavaca na određenoj površini. Iako pripadaju istom redu, svi glodavci nemaju jednake životne navike. Nastanjuju različita mikro staništa kako bi sveli na minimum intraspecijsku konkurenciju.

Glodavci štetnici šumskih ekosustava dolaze iz porodica Muridae (miševi), potporodice Murinae (pravi miševi) i Arvicolinae (voluharice). Štete prave na sjemenu, korijenu i donjim dijelovima stabljike mladih biljaka u obliku grizotina različitih intenziteta. Na taj način utječu na kakvoću prirodne i umjetne obnove šumskih sastojina, te na proizvodnju mladih biljaka u rasadnicima. Značajne ekonomske štete čine u godinama obilnog uroda sjemena jer dolazi do njihovog prenamnožavanja, odnosno masovne pojave populacije.

Za uspješno suzbijanje prenamnoženih populacija glodavaca potrebno je pratiti dinamiku populacije. Kontrolom brojnosti utvrđuju se vrste i broj glodavaca, njihov kritičan broj na temelju kojega se može prognozirati povećanje gustoće populacije ovih štetnika. Zbog sve manje dostupnih kemijskih sredstava za suzbijanje štetnih glodavaca potrebno je koristiti sve raspoložive nekemijske mjere u vidu biološke zaštite pomoću predatora, fizičkih barijera, mehaničkih i tehnološko-manipulativnih metoda, upotrebe repelenata i slično za smanjenje njihove brojnosti osobito u godinama masovnih pojava.

2. PREDMET ISTRAŽIVANJA

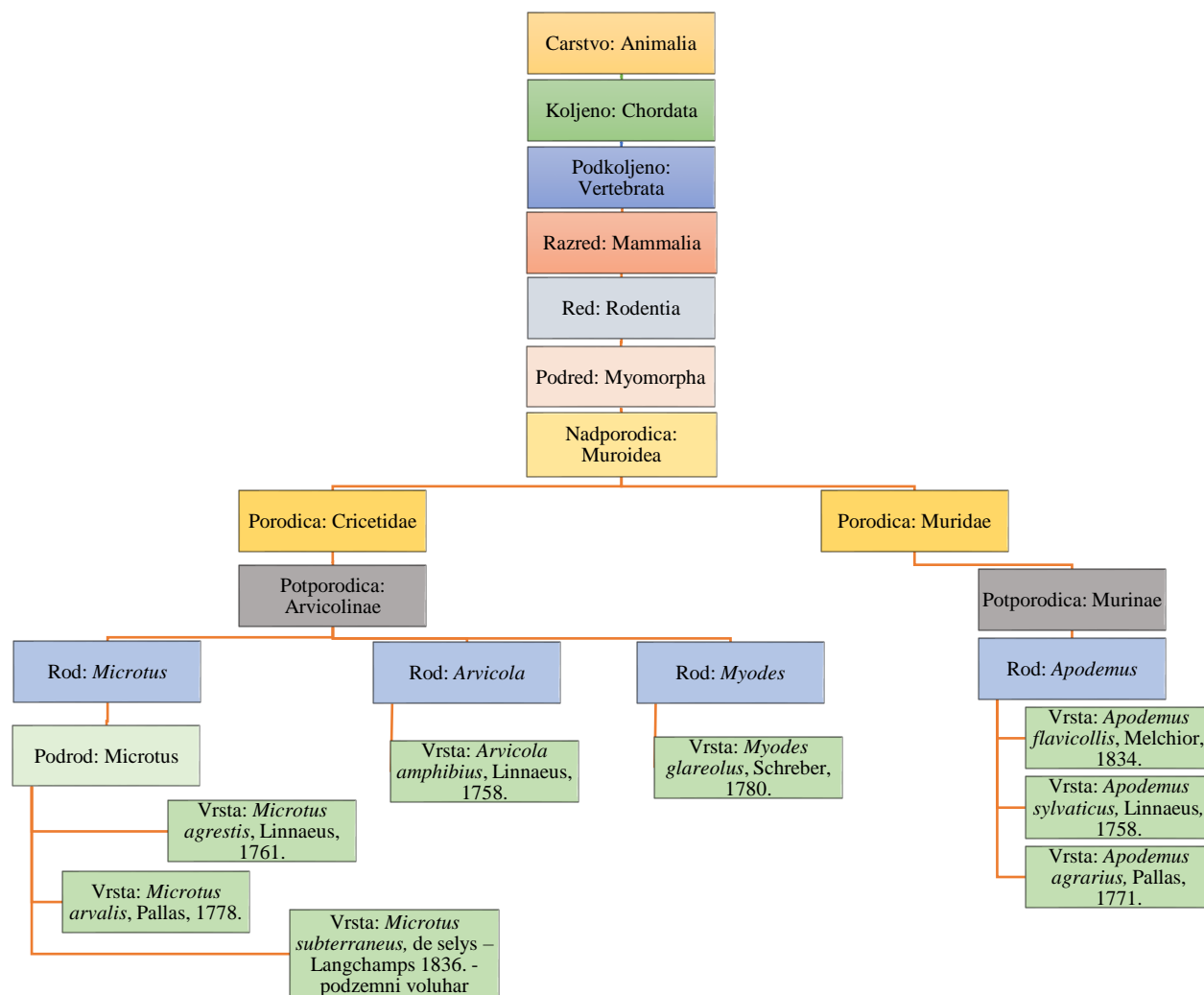
2.1. Temeljna obilježja glodavaca kao šumskih štetnika

2.1.1. Sistematika i rasprostranjenost glodavaca

Red glodavaca (Rodentia) broji preko 2000 vrsta. Najmnogobrojniji su red sisavaca (Mammalia) i čine oko 42% vrsta svih sisavaca u svijetu. Glavna karakteristika ovog reda je potreba za cjeloživotnim trošenjem prednjih zuba, takozvanih glodnjaka, koji nemaju korijen i rastu im čitav život. Od te karakteristike i potiče naziv glodavci. Latinski naziv Rodentia također dolazi od latinske riječi rodere – glodati i latinske riječi dens – zub. Glodavci nastanjuju razne terene različitih nadmorskih visina što nam govori da imaju široku ekološku valenciju (Gliwicz, 1980., Henttonen, 2000). U šumarstvu bitni su glodavci koji se zajedničkim imenom nazivaju „sitni glodavci“ ili „sitni sisavci“. Sitni glodavci dolaze iz potporodice Arvicolinae (voluharice) koja obuhvaća 26 redova sa 143 vrsta (Gray, 1821) te iz potporodice Murinae (miševi) koja obuhvaća 122 roda i 529 vrsta (Wilson i Reeder 1992).

2.1.1.1. Shematski prikaz sistematike sitnih glodavaca

Sitni glodavci koji najčešće dolaze u kontinentalnim šumskim ekosustavima prikazani su u sljedećoj shemi:



2.1.2. Biologija i morfologija glodavaca

2.1.2.1. Temeljne morfološke osobine sitnih glodavaca (miševa i voluharica)

Karakteristični izgled mišolikih glodavaca (sitnih glodavaca) temelji se na cilindričnom obliku tijela, zakržljaloj vanjskoj uški i dva para sjekutića. Rep im je prekriven dlakama ili rožnatim ljuskama, a na nogama imaju po pet prstiju s pandžama. Imaju otvorene očne te male moždane i duge nosne šupljine. Zbog mogućnosti usitnjavanja hrane kružnim pokretima karakterizira ih čvrsta čeljust na stražnjem dijelu. Pretežito su biljojedi, no kako neke vrste konzumiraju animalnu hranu, možemo ih nazvati i polifagima. Većinom su noćne životinje s visoko razvijenim osjetilima mirisa, okusa i opipa, te su prilagođeni životu u skupinama s razvijenom hijerarhijom i komunikacijom što ih čini izuzetno inteligentnim životinjama. Imaju veliki potencijal razmnožavanja (Gliwicz, 1980., Henttonen, 2000). Morfološke razlike između potporodice pravih miševa (Murinae) i voluharica (Arvicolinae) vidljive su u tablici 1.

Tablica 1. Prikaz morfoloških razlika potporodica Murinae i Arvicolinae



Potporodica Arvicolinae (voluharice):

- sitne oči
- zdepasto tijelo
- kratak rep oko pola dužine tijela
- male uši djelomično ili potpuno prekrivene krznom



Potporodica Murinae (pravi miševi):

- velike ispupčene oči
- duga zadnja stopala
- tanko tijelo s dugim repom dužine tijela
- velike, jasno vidljive uši

2.1.3. Razmnožavanje glodavaca

Temeljna obilježja visokog potencijala razmnožavanja su rano postizanje spolne zrelosti (2-4 mjeseca), kratko razdoblje gravidnosti ženki (20-ak dana), relativno brojno potomstvo po leglu (3-6), te mogućnost ponovnog parenja na dan okota ili drugi dan. Promiskuitet i poligamija dvije su karakteristične osobine sitnih glodavaca. Ženke u potrazi za partnerom preferiraju dominantne mužjake, koristeći pritom, teritorije različitih površina od 0,1-1,0 ha, ovisno o vrsti. Kompetitivni mužjaci koriste i još veće teritorije od 5,0 ha (Bjedov i sur., 2016). Reprodukcijska sposobnost kod ženki traje dvije godine, a kod mužjaka još i duže. Razmnožavanje spolno zrelih jedinki ovisi o klimatskim čimbenicima (temperatura zraka) i nadmorskoj visini. Neprekidno razmnožavanje može biti pri temperaturama od -6 do 34 °C i nadmorskim visinama do 4000 metara. Kišno vrijeme je značajno za kretanje glodavaca, time što se ispiru mirisni tragovi, umanjuje se stvaranje zvukova po šumskoj stelji što bi privuklo pozornost predatora koji se oslanjaju na zvukove kako bi pronašli svoj plijen.

Gustoća populacije glodavaca od velikog je značaja u smislu potencijalnog narušavanja stabilnosti šumskih ekosustava. Promjenjiva je iz godine u godinu, a ovisi o uzajamnom djelovanju faktora koji se grupiraju u 4 grupe, a to su: brojnost i fiziološko stanje populacije, stanište i izvor hrane, prirodni neprijatelji i bolesti, te meteorološki uvjeti. Urod šumskog sjemena kao izvor hrane pokazao se kao glavni čimbenik masovne pojave raznih vrsta europskih šumskih glodavaca. Obilan urod sjemena glodavcima omogućava da ostanu aktivni tijekom zime u vidu razmnožavanja što dovodi do masovne pojave glodavaca već u proljeće. Nakon jeseni bez uroda šumskog sjemena, u zimi koja dolazi mortalitet glodavaca iznosi približno 80%. Praćenje dinamike populacije glodavaca važno je za kreiranje novih prognoznih modela suzbijanja.

2.1.4. Osjetila glodavaca

Moore (1981), navodi kako osjetilo njuha kod glodavaca ima važnu ulogu u razmnožavanju, podizanju potomstva, pronalasku hrane i slično. Njuh im omogućuje razlikovanje mirisa pojedinih članova populacije, pridošlica u koloniji, miris svojih potomaka u odnosu na tuđe potomke, pa čak i razlikovanje spolova svojih potomaka. Osjetilo sluha ima veliku važnost pri udvaranju mužjaka i ženke te u međusobnoj komunikaciji između ženki i mladunčadi. Glodavci čuju zvuk od 20 kHz do 100 kHz, što je iznad granice slušnosti čovjeka. Također su sposobni proizvesti ultrazvuk od 22 do 90 kHz.

Osjetilo opipa kod glodavaca omogućava im snalaženje u prostoru u uvjetima manjka svjetla. Većina glodavaca ima dobro razvijene osjetilne dlake na leđima i bočnoj strani tijela te na njušci, koje im služe pri orijentaciji, kretanju u mraku i u podzemnim hodnicima.

Glodavci roda *Rattus* raspoznaju 4 okusa: slatko, slano, kiselo, gorko, kao i ljudi. Iako imaju dobro osjetilo vida, poznato je da predstavnici potporodice miševa ne razlikuju većinu boja (osim žute i zelene), dok većina vrsta rodova *Rattus*, *Mus* i *Apodemus* mogu identificirati predmete udaljene do 15 metara.

2.1.5. Prehrana glodavaca

Glodavci su polifagne životinje, što znači da konzumiraju hranu i biljnog i životinjskog porijekla. Kod miševa u prehrani prevladavaju sjemenke raznih vrsta što ih čini tipičnim granivorima. Voluharice u svojoj prehrani imaju zastupljene zelene biljne dijelove što ih dijelom čini i herbivorima. Vrste iz potporodica Murinae i Arvicolinae konzumiraju šaševe, djeteline, pupove, koru, korijen, razno sjemenje, mahovine, stabljike i vlati raznih zeljastih i drvenastih biljaka. Od životinjskog podrijetla glodavci se hrane različitim vrstama insekata, pauka, stonoga, mekušaca, kolutićavaca i sitnih kralješnjaka. Hranu konzumiraju na mjestu pronalaska ili ju odnose na skrovito mjesto. Potraga za hranom može biti na tlu, ali i visoko u krošnjama stabala što je specifično za vrste žutogrlog miša i šumsku voluharicu u jesenskom i zimskom periodu. Glodavci dnevno unose od desetine do petine svoje tjelesne mase. Glodavci vodu mogu uzimati direktno lizanjem rose ili unošenjem hrane s visokim udjelom vode.

2.2. Štete

Kada spominjemo glodavce i štete koje oni čine u našim ekosustavima tada se to najčešće odnosi na sljedeće vrste iz dvije značajnije porodice (tablica 2):

Tablica 2. Popis štetnih vrsta glodavaca u hrvatskim kontinentalnim šumskim ekosustavima

Porodica Muridae – miševi	Porodica Microtidae - voluharice
<i>Apodemus agrarius</i> , Pallas 1775. - poljski miš	<i>Arvicola amphibius</i> , Linnaeus 1758. - vodena voluharica
<i>Apodemus flavicollis</i> , Melchior 1834. - žutovratni miš	<i>Myodes glareolus</i> , Schreber 1780. - šumska voluharica
<i>Apodemus sylvaticus</i> , Linnaeus 1758. - mali šumski miš	<i>Microtus agrestis</i> , Linnaeus 1761. - livadna voluharica
	<i>Microtus arvalis</i> , Pallas 1778. - poljska voluharica
	<i>Microtus subterraneus</i> , de selys – Langchamps 1836. - podzemni voluhar

Bjedov i sur. (2016), navode kako glodavci svojim hranjenjem korijenom biljaka mogu uzrokovati štete vidljive u vidu uništenja od 77% volumena korijena, do 96% korijenovih vrhova te do 97% smanjenja duljine korijena što onemogućava preživaljavanje takvih biljaka. Štete na biljnom materijalu uzrokovane glodavcima evidentirane su u Hrvatskoj i Europi (Gill, 1992., Hansson i Zejda, 1977., Niemeyer i Haase 2003., Margaletić, 1997., Križančić, 2012.). U čitavoj Europi u razdoblju od 1945. do 1977. štete od livadne voluharice iznosile su 60-119 milijuna €, što na Njemačku otpada oko 5,4 milijuna € godišnje (Mathys, 1977., Jacob i Tkadlec, 2010).

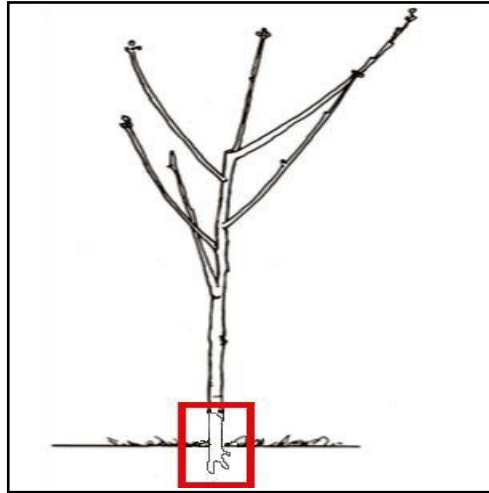
Bjedov i sur. (2016), navode kako Hrvatska šumarska praksa u godinama masovne pojave glodavaca, bilježi štete na više od 4500 ha. Vucelja i suradnici (2014), govore da prenamnožavanje glodavaca može periodično uzrokovati značajne ekološke i ekonomske gubitke, kao na primjer šteta od 9,4 milijuna kuna u razdoblju od 2009. do 2012. godine u šumariji Lipovljani.

Štete u šumskim ekosustavima koje čine glodavci možemo podijeliti na: štete korijena i kore i štete na sjemenu i pomlatku.

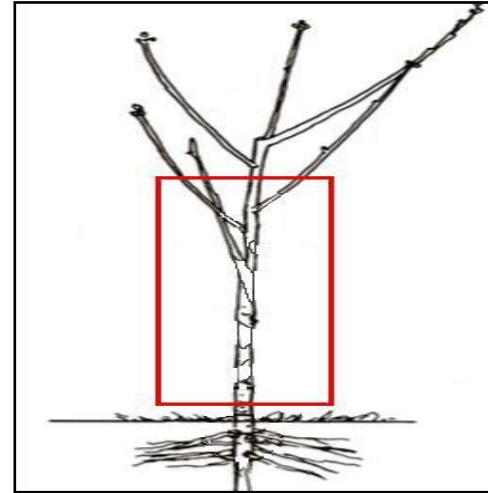
2.2.1. Štete korijena i kore

Štete od glodavaca, posebice na mladima drveća manifestiraju se na dva načina: okoravanje i potpuno guljenje stabljike. Štete su ograničene na oko pola metra od površine tla, ali se mogu proširiti ponekad i na postrane grane. Provodne stanice stabljike koje su okorane uzrokuju loš i spor rast stabla. Ponekad čak i ksilemsko tkivo koje je oštećeno može uzrokovati sušenje odnosno smrt stabla. Okoravanje je uočeno na stablima 3 do 4 godine starosti. Stabljike pojedinih mladica određenih vrsta drveća mogu biti potpuno pregrizene i u kasnijoj dobi kada dosegnu visinu nekoliko metara. (Prakash, 1976). Štete u vidu nejednako nagriženih baza grana mladog drveća i grmlja u visini do 6 metara, u zimskom periodu, uzrokuje šumska voluharica (*Myodes glareolus*). Podzemno nagrizanje korijena i nadzemno nagrizanja kore do visine od 12 cm, u zimskom periodu, uzrokuje poljska voluharica (*Microtus arvalis*). Ova dva navedena primjera nam pokazuju kako svaka vrsta čini određeni tip štete na specifičan način. Utvrđivanjem tipa štete možemo determinirati o kojoj se vrsti šumskog štetnika – glodavca radi. Na slikama 1. a), 1. b), 1. c) i 1. d) (Bjedov i sur, 2016), vidljiv je prikaz šteta određenih vrsta glodavaca na korijenu i kori.

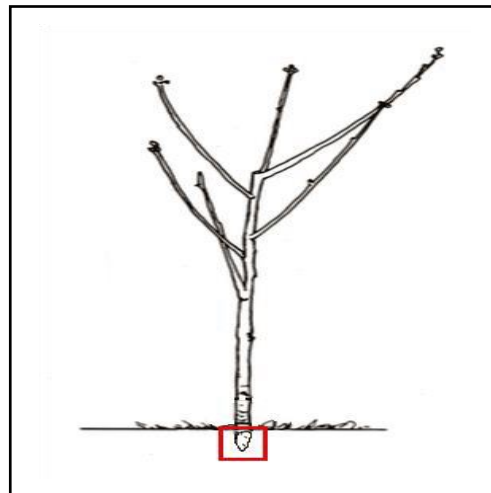
Slika 1. a) Štete od poljske voluharice na korijenu



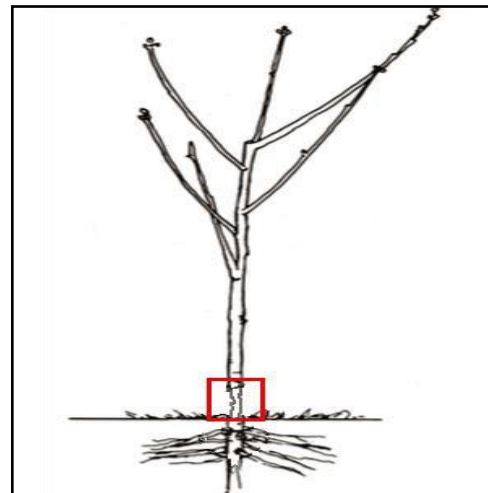
Slika 1. b) Štete od poljske voluharice na kori



Slika 1. c) Štete od vodenog voluhara na korijenu



Slika 1. d) Štete od livadne voluharice na kori



2.2.2. Štete na sjemenu i pomlatku

Sitni glodavci su trajno prisutni uzročnici šteta na sjemenu (slika 2) i pomlatku u rasadnicima, skladištima biljnog materijala i šumskim ekosustavima. Intenzitet šteta ovisi o brojnosti populacije glodavaca kao i ostalim čimbenicima: klimatskim uvjetima, raspoloživom izboru hrane, prirodnim neprijateljima, uzgojnim, zaštitarskim i ostalim antropogenim zahvatima poduzetim na staništu. Generalno štete na sjemenu većim dijelom pripisuju se miševima. Dokazano je da se i ostale vrste šumskih glodavaca hrane sezonski dostupnim sjemenom različitih biljaka. Štete na šumskom sjemenu izražene su posebno u godinama obilnog uroda, kada je dostupna velika količina visoko kaloričnog izvora hrane, koja postaje poticaj za intenzivnije razmnožavanje. To dokazuje i razmnožavanje glodavaca u jesen pri nižim temperaturama. Što je urod sjemena obilniji - gustoća populacije je veća, a kako raste gustoća populacije, to su veće štete na sjemenu.



Slika 2. Šteta na žiru od glodavaca (autor: M. Boljfeć)

Zbog svega navedenog potrebno je evidentirati nastale štete i procjenjivati gustoću populacije glodavaca, te reducirati njihovu brojnost koja je opravdana na površinama na kojima je utvrđena relativna brojnost između 20% i 30%. Sustavnim praćenjem populacije glodavaca i pravovremenim poduzimanjem mjera redukcije njihove brojnosti možemo prevenirati nastanak šteta na šumskim kulturama.

2.3. Metode utvrđivanja brojnosti glodavaca

Procjenu brojnosti populacije trebalo bi obaviti na ugroženim površinama prije početka zime jer glavne štete nastaju u zimskom periodu. U procjenu brojnosti populacije u obzir treba uzeti i masovni urod sjemena koji uzrokuje prenamnožavanje glodavaca.

Postoje različite znanstvene i praktične metode utvrđivanja dinamike populacije sitnih glodavaca. Mrtvolovke ili živolovke primjenjuju se za utvrđivanje brojnosti glodavaca štetnika na pomlatku šumskog drveća. Bjedov i suradnici (2016), govore kako je ipak praktičnija primjena mrtvolovki jer omogućava lakšu obradu ulovljenih jedinki te jednostavnije izračunavanje indeksa brojnosti ulovljene populacije. Živolov je zahtjevniji zbog potrebe za opreznim rukovanjem sa životinjama.

Osim direktnih metoda koje uključuju izravan kontakt sa životinjama postoje i indirektna metode prema Bjedov i suradnicima (2016), a one su brojanje aktivnih rupa na ugroženim pomladnim površinama i postavljanje grančica (izbojaka) kao mamaca. Indirektna metode su praktičnije jer zahtijevaju manje radne snage i manje vremena. Ove dvije podjele mogu se podijeliti i u 3 skupine prema Videcu (2009), a one su: primarne, sekundarne i tercijarne metode.

2.3.1. Primarne metode

2.3.1.1. Metoda minimalnog kvadrata

U sastojini se postavljaju lovni kvadrati koji se promatraju 5 dana. Kvadrat se sastoji od 16x16 lovnih mjesta, a na svako mjesto postavljaju se dvije klopke u razmaku od 15 metara na točno definirana mjesta. Ukupno se postavlja 512 klopki na površini kvadrata na površini od 5,76 ha. Broj ulovljenih jedinki najveći je prvog dana.

2.3.1.2. „Y“ – metoda

U ovoj metodi glodavci se izlovljavaju pomoću cilindričnih lovnih posuda promjera 14 cm i dubine od 19 cm a postavljaju se u tri pravca pod kutom od 120° na međusobnu udaljenost od 5 metara. Na taj način lovna ploha dobiva Y oblik. Ova metoda se bazira na usmrćivanju životinja padom u do pola napunjenu posudu vodom. Izlov traje 5 dana. Površina lovne plohe je 0,735 ha.

2.3.1.3. Metoda ponovnog ulova

Ova metoda služi za utvrđivanje apsolutne brojnosti glodavaca. Ulov se bazira na žive jedinke koje se obilježavaju te kasnije ispuštaju na slobodu, te se kasnije ponovno love. Gustoća populacije u ovoj metodi izračunava se prema omjeru ponovno ulovljenih jedinki s ukupnim brojem ulovljenih jedinki na lovnoj površini.

2.3.2. Sekundarne metode

2.3.2.1. Metoda linearnog transekta

Ova metoda služi za određivanje relativne brojnosti štetnih glodavaca. Na točno postavljena lovna mjesta, pravolinijski u odabranom smjeru, postavljaju se transekti na razmak od 5 do 7 m. Pravci u ovoj metodi postavljaju se na međusobni razmak od 50 metara. Lovna mjesta s klopka moraju biti čista od listinca i prizemnog rašća. Brojnost je postotak ulovljenih životinja na odnosu ukupnog broja postavljenih klopki. Gustoća populacije je niska ako je ulov jedinki u odnosu na postavljene klopke 1% do 2%. Umjerena brojnost je do 10%, povećana 30% do 60%, a masovna ako je preko 80% i tada je potrebno suzbijanje. Ova metoda obavlja se u kratkom vremenu od jedne noći, što je prednost (Margaletić, 1997). Crnković (1982), navodi kako suzbijanje nije potrebno provesti ako je postotak ulovljenih jedinki ispod 20% (tablica 3). Ako je postotak ulovljenih glodavaca između 20% i 30% suzbijanje se provodi po potrebi. Kada je ulov 40% ulovljenih jedinki, Videc (2009) navodi da je suzbijanje obavezno (tablica 3).

Tablica 3: Prikaz potrebe suzbijanja sitnih glodavaca prema Videcu (2009)

SUZBIJANJE NEPOTREBNO		SUZBIJANJE PREMA POTREBI	SUZBIJANJE OBAVEZNO						
Udio u lovnom transektu (%)									

2.3.3. Tercijarne metode

Služe za okvirno utvrđivanje brojnosti populacije a temelje se na utvrđivanju prisutnosti glodavaca prema znakovima njihove aktivnosti, odnosno na brojanju aktivnih rupa na određenoj jedinici površine, prisutnosti izmeta i analizi tragova.

3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Sitni su glodavci biotski čimbenici šumskih ekosustava koji u godinama masovne pojave mogu značajno otežati njihovu prirodnu obnovu čineći štete na šumskom sjemenu te pomlatku. Unatoč velikom broju metoda zaštite primjenjivih u okviru prevencije njihove masovne pojave, mali broj zaista ima praktičnu primjenu u šumskim ekosustavima.

Cilj ovoga rada jest istražiti europske i svjetske trendove (primjeri: prirodni predatori, odbijajuća sredstva, lovke) u zaštiti od glodavaca potencijalno primjenjive u šumama Hrvatske.

4. REZULTATI

4.1. Integrirana zaštita šuma od glodavaca

Od početka 80-ih godina prošlog stoljeća pa sve do 2016. godine, hrvatska šumarska praksa oslanjala se u najvećoj mjeri na korištenje rodenticida za suzbijanje štetnih glodavaca u šumarstvu. Sukladno regulativana Europske Unije, tvrtka Hrvatske šume d.o.o., kao nositeljica FSC certifikata prestaje s primjenom rodenticida na bazi djelatnih tvari *bromadiolon* i *difenakum*, ali 09.01.2018. dobiva privremenu dozvolu na 5 godina (do 09.01.2023. godine) za korištenje djelatne tvari cink fosfid za suzbijanje štetnih glodavaca.

U modernim sustavima zaštite šuma sve više se daje pozornost na načela integrirane zaštite od štetnika. U integriranoj zaštiti prvobitno se koriste sve raspoložive preventivne, represivne, tehničke i biološke metode radi postizanja učinkovite zaštite od nepovoljnih utjecaja svih kemijskih tvari. Kod integrirane zaštite potrebno je razumjeti ekološke procese i pokušati manipulirati ključnim čimbenicima koji mogu smanjiti mogućnost masovne pojave štetnika ili čak reducirati brojnost već prisutnog štetnika. Pod načela integrirane zaštite šuma od štetnika podrazumijevamo (Bjedov i suradnici, 2016):

1. identifikaciju štetnog organizma,
2. utvrđivanje i praćenje brojnosti štetnika,
3. poznavanje kritične brojnosti nakon koje organizam postaje štetnik,
4. provedba preventivnih mjera zaštite,
5. provedba represivnih mjera zaštite po potrebi.

4.2. Preventivne metode

Preventivne metode zaštite šuma od glodavaca umanjuju ili isključuju mogućnost naseljavanja mišolikih glodavaca u različite objekte ili na otvorene površine (Videc, 2006), odnosno ne služe za izravno suzbijanje glodavaca. One se rijetko upotrebljavaju kao samostalne metode zaštite, već su najčešće dio integrirane zaštite od glodavaca. Prema Videcu (2006), preventivne metode dijelimo na:

- a) metode kojima se stvaraju nepovoljni uvjeti za preživljavanje i prehranu glodavaca,
- b) metode kojima se sprječava naseljavanje u i na površine zatvorenog i/ili otvorenog tipa.

Prema Bjedov i sur (2016), preventivne metode su:

1. kultivacija i modifikacija staništa, što podrazumijeva košnju i eliminaciju nepoželjne vegetacije,
2. sadnja brzorastućih vrsta drveća, da bi što prije zatvorile sklop i smanjili prizemnu vegetaciju,
3. odabir prikladne vrste drveća, genotipa i porijekla sadnica,
4. održavanje biološke raznolikosti sastojina,
5. rezidba mladih izbojaka pionirskih vrsta listača u jesen i zimu s ciljem odvrćanja od ciljane vrste drveća,
6. odabir optimalnog vremena za sadnju (proljeće nakon masovne pojave),
7. uspostavljanje šumskog reda,
8. mehanička priprema staništa (formiranje humaka na mjestu sadnje sadnica),
9. odgovarajuće metode sječe (oplodne sječe),
10. primjena agrotehničkih metoda (oranje, prekopavanje, usitnjavanje zemlje),
11. primjena plastičnih i mrežastih štitnika u zaštiti mladih biljaka,
12. zaštita prirodnih predatora glodavaca (lisica, divlja svinja, lasica, tvor, roda, sova, itd.),
13. postavljanje prečki za sjedenje na minimalnu visinu od 4 metra za ptice grabljivice na dijelovima pomladnih površina obraslih travnatom vegetacijom,
14. postavljanje atraktanata za divlju svinju i lisicu na ograđenim pomladnim površinama,
15. korištenje fizičkih barijera za ekskluziju glodavaca iz štićenih prostora,
16. korištenje živolovki za višekratan ulov glodavaca,
17. primjena audio-taktilnih, mirisnih i okusnih repelenata,
18. održavanje ispaše divljači i domaćih životinja.

4.2.1. Agrotehničke metode

Hrgović, Vukičević i Katranovski (1991), navode kako se agrotehničke metode koriste kao redovite mjere obrade zemlje zbog poboljšavanja plodonošenja biljaka ali služe i kao preventivne mjere u suzbijanju populacije glodavaca. Agrotehničke mjere imaju velik utjecaj u neizravnom suzbijanju štetnih glodavaca, prvenstveno u šumskim rasadnicima a provode se u obliku dubokog oranja, usitnjavanja zemlje, uništavanja korova i slično. Na ovaj način glodavcima se uništavaju podzemni hodnici, njihova spremišta hrane i gnijezda s mladuncima dok se odrasle jedinke na taj način tjeraju s obrađenih površina zbog nepovoljnih životnih uvjeta (Videc, 2006).

4.2.2. Tehnološko-manipulativne metode

Pod tehnološko-manipulativnim metodama podrazumijevamo premještanje određenih sirovina, poluproizvoda i proizvoda u skladištima rasadnika. U ovoj metodi također se misli na adekvatno izgrađen skladišni prostor, te držanje sirovina u sigurnim ambalažama, odnosno kartonskim kutijama, drvenim sanducima i slično. Takva ambalaža trebala bi se držati na policama ili paletama, te ne naslanjati ih na zidove. Adekvatno skladište trebalo bi sadržavati prolaz između policica da bi se lakše kontrolirala roba te lakše premještala ista.

4.2.3. Sanitarno-higijenske metode

Sanitarno-higijenske metode smanjuju mogućnost glodavcima da dođu do hrane i zaklona. U ovu skupinu metoda ubrajamo redovito čišćenje objekata u rasadnicima, uredno slaganje rashodovnog materijala, uništavanje korova na poljima i šumskim sastojinama, redovito odnošenje otpadnog materijala te održavanje vodovodnih i kanalizacijskih instalacija (Meehan, 1984).

4.2.4. Građevinsko-tehničke metode

Veliku ulogu u borbi protiv štetnih glodavaca imaju i vrste građevinskog materijala i njihov način gradnje. Zbog toga potrebno je obratiti posebnu pozornost na uređenje terena oko objekata i svih drugih elemenata u sklopu objekta kroz koje najčešće ulaze glodavci (podovi, vrata, prozori, temelji, ventilacijski sustavi i sustavi grijanja, kanalizacijski otvori i dr.)

4.2.5. Repelenti

Repelenti su sredstva koja odbijaju ili rastjeruju različite životinjske vrste. Poznato je oko 15 prirodnih i preko 60 sintetičkih repelenata. Hrgović, Vukičević i Katranovski (1991), navode da su se nekada kao repelentna sredstva koristili: jelenska koža, različite lužine, živo vapno, n-butyl-merkaptan, natrijumfluorosilikat, sumpor. Danas se više koriste sintetički repelenti na primjer kapsaicin, malation, cimat, rotran, škrljčevo ulje. Repelenti se mogu rasipati po površini ili se primjenjivati zaprašivanjem aktivnih rupa glodavaca ili prskati u obliku suspenzija (slika 3). Također pojedini repelenti, kako Meehan (1984), navodi mogu se dodavati ili miješati s različitim materijalima iz građevine ili u proizvodnji različitih vrsta roba. Margaletić (2011), navodi kako uspješnost primjene repelenata ovisi o vrsti glodavaca, njihovom svojstvu privikavanja, kombinaciji više vrsta različitih repelenata, te zahtjeva konstantnu primjenu na velikim površinama iznad i ispod zemlje.



Slika 3. Prikaz repelenta u obliku spreja (The home depot, 2019)

U Sjevernoj Americi voluharice rade velike štete u poljoprivredi i šumarstvu te se zbog toga stalno istražuju nove i ekološki prihvatljivije metode za njihovo suzbijanje ili odbijanje. O'Brien (1994), navodi kako su kapsaicin (ekstrakt chili papričica) i tiram prihvaćeni kao repelenti za voluharice, ali je njihova efikasnost upitna. Davis i Pepper (1989), te Singleton i sur. (1999), navode kako repelenti u kombinaciji s fizičkim barijerama i trapovima (lovnim posudama), imaju mogućnost smanjenja populacije voluharica te naknadnih oštećenja na biljkama. Witmer i sur. (2000), navode kako je kapsaicin (koncentracije od 0,5%), u njihovom istraživanju, pokazao rubnu djelotvornost kao repelent za glodavce, dok su drugi istraživači dobili bolje rezultate s većom koncentracijom (>1,0%). Nolte i Barnett (2000), navode kako je smanjen gubitak sjemena uzrokovan miševima kada je sjeme prekriveno omotačem od kapsaicina i tirama. Wager-Page i sur. (1997), navode kako je ulje sibirskih borovih iglica efikasan repelent za voluharice. Također, česta su istraživanja koja se temelje na takozvanim gorkim tvarima koje bi, eventualno, odbijala glodavce, te bi primjenom tih tvari na mlade sadnice drveća smanjile štete od glodavaca. Jedna od gorkih tvari čija se djelotvornost istražuje je i denatonij benzoat. Do sada nije potvrđena njegova djelotvornost, a to navode Witmer i sur. (2000).

Postoje i razni blog članci koj navode nekoliko čestih izvedbi kućnih repelenata koji djeluju odbojno na miševe, a neki od njih su:

- sušena i mljevena cayenne papričica koja se miješa s biljnim uljem, vodom i deterгентom za suđe. ovaj pripravak koristi se kao sprej.
- štapići cimeta ili eterično ulje od cimeta
- svježi češnjak, češnjak u prahu ili tekući češnjak
- svježa ili sušena metvica te eterično ulje metvice
- klinčić
- naftalinski mamci za moljce

Bez obzira na to što većina prirodnih repelenata nisu znanstveno dokazana, postoje brojni proizvodi koji sadrže takve repelente na američkom tržištu za koje se govori da su efikasna sredstva za odbijanje glodavaca. Tako je naprimjer, na tržištu aktivno Repellex sredstvo koje prevenira štetu od sitnih glodavaca u okućnicama na korijenju biljaka, a baza su mu ricinusovo ulje, cimet, češnjak i bijeli papar (Repellex, 2019).

U praksi se također koriste umjetni mirisi predatora kao repelenti i imaju značajan potencijal u zaštiti šuma i poljoprivrednih površina. Sullivan i Crump (1988), navode kako su dosadašnja istraživanja pokazala da mirisi predatotskih vrsta imaju značajan utjecaj na odbijanje štetnih

vrsta te smanjenje šteta u šumama i poljoprivrednim usjevima. Istraživali su se mirisi crvene lisice (*Vulpes vulpes*) za odbijanje glodavaca. Dodana je pretpostavka da su i drugi predatori došli na "tretirani" teritorij jer ih je miris privukao. Na taj način dolazi do pojačanog privlačenja predatorskih vrsta na određeni teritorij, a smanjene pojave štetnih glodavaca (Sullivan i Crump, 1988).

4.2.6. Ultrazvučni i elektromagnetski valovi

Videc (2006), navodi kako aparati za proizvodnju ultrazvučnih i elektromagnetskih valova imaju perspektivu u suzbijanju štetnih glodavaca. Ultrazvučni i elektromagnetski valovi mogu se koristiti i kao metode za suzbijanje glodavaca, a ne samo za njihovo rastjerivanje, jer ultrazvuk u kombinaciji s bukom može dovesti do letalnog ishoda glodavca. Meehan (1984), navodi kako te metode još uvijek nisu znanstveno dokazane. On također smatra da postoje dva osnovna razloga zbog kojih ultrazvučni valovi ne utječu na značajno ponašanje glodavaca, a oni su:

1. Ultrazvuk se lako apsorbira na mnoge površine, odnosno ne prolazi kroz čvrste prepreke
2. Ultrazvučni valovi prolazeći kroz zrak brzo gube energiju.

4.3. Mehaničke metode

Mehaničke metode se sastoje od primjene fizičkih sredstava u borbi protiv glodavaca. Primjena ovih metoda donekle je ograničena ako je došlo do prenamnožavanja populacije. Hrgović, Vukičević i Katranovski (1991), navode kako se mehaničke metode mogu koristiti kao samostalne isključivo na ograničenom prostoru ili u objektima kod niskih populacija glodavaca. Mehaničke metode se najčešće koriste za hvatanje glodavaca na određenom lokalitetu s ciljem ustanovljavanja prisutnih vrsta te procjene njihove brojnosti prije i nakon provedenih mjera kemijskog suzbijanja. Glavaš, Margaletić, Hrašovec, Diminić (2001), navode kako se mehaničke metode najčešće koriste u slučajevima kada je zabranjeno kemijsko tretiranje. Najčešće mehaničke metode su:

- nalijevanje vode u aktivne rupe
- blokiranje prostorija
- primjena zaštitnih jaraka
- primjena improviziranih mišolovki
- primjena mehaničkih i električnih klopki
- primjena ljepljivih tvari.

Bitno je naglasiti da su metode nalijevanja vode u aktivne rupe, primjena improviziranih mišolovki, mehaničkih i električnih klopki te primjena ljepljivih tvari represivne metode kojima se izravno reducira broj glodavaca.

Pod mehaničke metode suzbijanja sitnih glodavaca možemo staviti i lovne posude. U Njemačkoj Niemeyer (1996), napravio je dublje plastične posude s jednosmjernim vratima koje omogućavaju ulazak voluharica u njih gdje su dostupne njihovim predatorima. Trenutno na tržištu popularan je Tube Trap proizvod (Wildlife control supplies, 2019), koji je učinkovit za vjeverice i druge glodavce i postoji već 20 godina (slika 4). Konstruiran je u obliku čeličnog tunela promjera 11.5 cm te 15 cm dužine koji je potpomognut s duplom debelom torzijskom oprugom koja pomaže pri hvatanju štetnika. Može se koristiti u kombinaciji s hranidbenim mamcima ili bez njih.



Slika 4. Prikaz Tube Trap proizvoda za lov voluharica i drugih glodavaca (Wildlife control supplies, 2019)

Wildlife control supplies (2019), osmislili su i A24 Rat & Mouse Trap Kit (slika 5) s digitalnim brojačem, te navode kako je to revolucija u suzbijanju glodavaca. Ovaj proizvod bazira se na mamcu koji se učvršćen u drvo te privlači glodavce. Kada glodavac gurne glavu u predviđeno mjesto, pomakne okidač, oslobodi eksploziju CO₂ iz ampule koja potišće polugu koja udarcem pod visokim pritiskom u glavu i vrat usmrćuje štetnika. Jedna ampula CO₂ dovoljna je za usmrćivanje 24 glodavaca.



Slika 5. Prikaz A24 Rat & Mouse Trap Kita (Wildlife control supplies, 2019)

Prema Bjedov i sur. (2016), primjenom mehaničkih metoda do zatvaranja sklopa ($\geq 8-10$ godina), moguće je reducirati populaciju glodavaca u njihovoj masovnoj pojavi pomoću mrtvolovki. Tim zamkama moguće je uloviti 80% populacije glodavaca unutar 10 dana.

4.4. Biološke metode

Pod biološke metode za suzbijanje štetnih glodavaca koriste se predatori, paraziti i patogeni mikroorganizmi. Brooks, Rowe (1987), navode da čak i antifertilitetne tvari pripadaju u skupinu bioloških metoda.

4.4.1. Prirodni neprijatelji

Prirodni neprijatelji imaju glavnu ulogu u održavanju prirodne ravnoteže populacije glodavaca posebice u razdobljima kada nije došlo do njihove prenamnoženosti. Najčešći prirodni neprijatelji glodavaca su: lisica (*Vulpes vulpes* L.), lasica (*Mustela nivalis* L.), kuna (*Martes martes* L.), tvor (*Mustela putorius* L.), sove (*Strigidae* spp.), jastrebovi (*Accipitridae* spp.), orao mišar (*Buteo buteo* L.), vjetrošice (*Falconidae* spp.), vrana (*Corvus corvus* L.), svraka (*Pica pica* L.) i čagalj (*Canis aureus* L.).

Prirodni neprijatelji mogu se kombinirati s zamkama. Tako su se u jednom Njemačkom istraživanju 2003. godine na pokusnoj plohi od jednog hektara postavile zamke u blizini sletnih mjesta (prečki) za odmor ptica grabljivica. Ako bi se voluharice uhvatile u te zamke, ptice bi imale olakšan pristup plijenu. Takav način postavljanja klopki uz predatore omogućava izlovljavanje štetnih glodavaca čime se smanjuje njihova populacija na pomladnim površinama te štete na sadnicama.

Kukuvije drijemavice (*Tyto alba*) su jedni od najvećih prirodnih predatora sitnih glodavaca. Samo jedan par godišnje ulovi više od 1000 jedinki. Zbog toga, Sveučilište u Floridi je 1994. pokrenulo program upotrebe ovog predatora za biološki način suzbijanja štetnih glodavaca zbog brojnosti predatora ispod optimuma. Nakon povećanja populacije kukuvije drijemavice, štete od sitnih glodavaca signifikatno su se smanjile. U Češkoj regiji Hana, postavljanjem umjetnih gnijezda za vjetrošice (*Falco tinnunculus*) i kukuvije drijemavice (*Tyto alba*), smanjilo je troškove upotrebe rodenticida za 50% u područjima povećanje populacije poljske voluharice.

U Čileu postoji i program očuvanja ptica grabljivica te biološkog suzbijanja glodavaca. Postavili su umjetna gnijezda kukuvije drijemavice na središnjem i južnoj dijelu Čilea, te uređaje za njezino praćenje kako bi joj odredili stanište i teritorij na kojem se kreće. Pomoću GIS-a razvili su postupke izrade karata područja na kojima postoji rizik od mišje groznice te su biološku zaštitu od glodavaca pomoću kukuvije drijemavice usmjerili i na ta područja

(Munoz-Pedreras i sur., 2015). U Izraelu su pomoću kukuvije drijemavice, na nacionalnoj razini, smanjili za 80-90% upotrebu rodenticida (Motro, 2015).

Primjena bakterija izaziva različita oboljenja glodavaca putem infekcija. Prije su se koristili različiti sojevi bakterija iz roda *Salmonella* (*Bacterium typhimurium*, *Bacterium typhispermophilorum*, *B. decumanicidium*, *B. enteritidis* i dr.) no kako su neki sojevi ovih bakterija zarazni i opasni za čovjeka Svjetska zdravstvena organizacija donijela je preporuku da bakterije iz roda *Salmonella* ne treba koristiti u suzbijanju štetnih glodavaca. Upotreba bioloških metoda s bakterijama iz roda *Salmonella* u Republici Hrvatskoj je zakonom zabranjena. Brooks i Rowe (1987), govore kako su mnoge zemlje ovu preporuku svjetske zdravstvene organizacije ugradile u svoje zakonodavstvo kao zabranu. Danas se bakterije koriste u obliku suhih zrnatih baktopreparata i granuliranih amino-koštanih baktorodenticida. Bez obzira na izvještaje o dobrim svojstvima i praktičnoj primjeni ovih sredstava u suzbijanju glodavaca ipak treba biti na oprezu jer ona ne isključuje mogućnost zaraze ljudi i drugih korisnih životinja koje nisu cilj suzbijanja (Meehan, 1984).

4.5. Genetske metode

U praksi postoje dvije mogućnosti genetskih metoda suzbijanja štetnih glodavaca. Prva je korištenje destruktivnog gena koji povećava osjetljivost glodavaca na prirodne bolesti, a druga se zasniva na puštanju sterilnih jedinki u prirodu.

Korištenje destruktivnog gena poznato je još i kao Grünbergov letalni sindrom koji izaziva smrt kod 25% do 100% potomaka heterozigotnih roditelja prije nego što postanu spolno zreli. Hrgović, Vukičević i Katranovski (1991), navode da je pozitivna strana ove metode dobri rezultati u praksi, a negativna to što iziskuje izdašna financijska sredstva za svoju primjenu.

Metoda ispuštanja sterilnih jedinki (najčešće mužjaka) očituje se u stvaranju lažnog graviditeta kod ženki i odgodi interesa za parenje najduže do 17 dana. Ovu metodu karakterizira znatno izražena seksualna aktivnost sterilnih jedinki. Pokus u prirodnim uvjetima nije dao pozitivne rezultate jer se ženke pare s više mužjaka i ukoliko je od njih samo jedan fertilan, dolazi do oplodnje. Da bi se osigurao lažni graviditet potrebno je u prirodu pustiti jako velik broj sterilnih jedinki (preko 90%), provoditi kontinuirane izlove i cijepljenje jedinki radi sterilizacije, što je iznimno teško na velikim površinama i iziskuje veliki financijski trošak (Hrgović, Vukičević, Katranovski, 1991).

4.6. Kemijske metode

Sukladno regulativama Europske Unije i FSC odredbama upotreba svih sredstava na bazi djelatne tvari bromadiolon zabranjena je od 2011. godine i ne smije se koristiti u zaštiti šuma od sitnih glodavaca. Početkom siječnja 2018. godine, točnije 09.01.2018. započinje privremena registracija odnosno dozvola primjene djelatne tvari cink fosfid za smanjenje populacije štetnih glodavaca. Primjena je ograničena na period od pet godina, odnosno do 09.01.2023. godine. Prema tome trenutno na hrvatskom tržištu ne postoje registrirana kemijska sredstva osim onih na bazi cink fosfida koji bi se mogli koristiti za suzbijanje glodavaca u šumarstvu.

Kemijska sredstva su najučinkovitiji i najbrži način suzbijanja prenamnoženih populacija štetnih glodavaca. Njihova prednost je što imaju široku primjenu na velikim površinama, a nedostatak što nisu uvijek opravdani s biološkog gledišta. Najčešće se pojavljuju u obliku praha, granula, pasta, tekućina i plina odnosno fumiganata. U praksi se primjenjuju rodenticidi koji se na tržištu mogu pojaviti u različitim oblicima, a oni mogu biti:

- a) suhi rastresiti ili kompaktni (briketirani) mamci s hranjivom podlogom biljnog i/ili životinjskog porijekla, te praškasti, tekući ili rodenticidi u obliku paste,
- b) tekući mamci pripremljeni od odgovarajućih praškastih ili tekućih rodenticida otopljenih u vodi, mlijeku ili biljnom ulju,
- c) tekuće otopine ili suspenzije rodenticida s vodom za prskanje površina,
- d) praškasti rodenticidi za zaprašivanje površina,
- e) fumigantna sredstva, tj. otrovni plinovi.

Hrgović, Vukičević i Katranovski (1991), navode kako kemijska sredstva za suzbijanje štetnih glodavaca možemo podijeliti na temelju načina ulaska sredstva u organizam. To mogu biti digestivni otrovi koje životinje unose u organizam konzumiranjem tekućih ili čvrstih otrovanih mamaca, te respiratorni otrovi koji ulaze u organizam kroz dišne organe. Prema istim autorima rodenticide možemo još podijeliti na brzodjelujuće (akutne, trenutne) i sporodjelujuće (kronične, kumulativne).

4.6.1. Brzodjelujući (akutni, trenutni) rodenticidi

Glavna karakteristika ove skupine rodenticida je da vrlo brzo ispoljavaju toksično djelovanje te se zbog toga i nazivaju akutnim ili trenutnim otrovima. Loša strana brzodjelujućih rodenticida je što predstavljaju u vrlo malim količinama, veliku opasnost za toplokrvne životinje i čovjeka koji nisu predmet suzbijanja. Još jedan nedostatak ove skupine rodenticida je da kod otrovanih jedinki izazivaju nekontrolirano glasanje (ciku), što uznemirava neotrovane jedinke i upozorava ih tj. stvara im strah kod uzimanja zatrovane hrane. Meehan (1984), navodi još jednu negativnu stranu ovih rodenticida, a to je što za neke od njih ne postoji odgovarajući protuotrov. Skupini brzodjelujućih rodenticida pripadaju ove djelatne tvari: norbormid, cink-fosfid, krimidin, barij-karbonat, arsen-trioksid, talij-sulfat, scilirozid, endrin, kamfeklor, alfakloraloza, brometalin, kalciferol.

4.6.1.1. Cink fosfid

Djelatna tvar cink fosfid dobila je privremenu dozvolu za suzbijanje štetnih glodavaca u Hrvatskoj na period od 5 godina (od siječnja 2018. do siječnja 2023. godine). Meehan (1984), navodi kako je to sigurno najčešći preparat diljem svijeta. Cink fosfid je amorfni prah tamne metalno-sive boje te karakterističnog mirisa na fosfor ili bijeli luk. Dobro je topljiv u slabim kiselinama te se na toj osnovi zasniva njegovo toksično djelovanje (Hrgović, Vukičević, Katranovski, 1991). Slabo je topljiv u bazama i mastima, a izrazito netopljiv u vodi i alkoholu. Izuzetno je otrovan za ljude i životinje. Akutna LD₁₀₀ doza za vodenu voluharicu iznosi 4-5 mg/kg, a za sivog štakora 75-100 mg/kg. Mamac s koncentracijom cink fosfida od 2,5% smanjuje populaciju glodavaca do 85%, a s koncentracijom od 1%, smanjuje se populacija glodavaca do 65%. Hrgović, Vukičević i Katranovski (1991), navode kako se s cink fosfid mamacima ne može u potpunosti smanjiti brojna štetna populacija glodavaca zbog neugodnog mirisa i okusa te djelatne tvari pa ga godavci izbjegavaju. U šumarstvu, najčešće se koriste mamci s cink fosfidom u oblik zrnja različitih žitarica koje se mogu kombinirati s lovnim posudama odnosno trapovima. Mogu se postavljati i u skrovišta kako bi bili nedostupni neciljanim organizmima (Shivanandappa, Ramesh, Krishnakumari, 1979).

4.6.2. Sporodjelujući rodenticidi (kronični, kumulativni)

Za razliku od brzodjelujućih rodenticida, sporodjelujući ne izazivaju strah od mamaca kod glodavaca te su sigurniji za korištenje. Starija generacija ovih sredstava trebala su se izlagati nekoliko puta, pa je za uginuće životinje bilo potrebno i do 12 dana. Nekad se u šumarstvu koristilo sredstvo na bazi djelatne tvari klorfacinon tj. najčešći pripravak Faciron forte mamac. Stavlja se u aktivne rupe u količinama od 10 grama po rupi. U šumama i rasadnicima stavlja se u plastične cijevi jer je na taj način bio dostupan samo glodavcima, a ne drugim životinjama. Nova generacija sporodjelujućih rodenticida ima brže djelovanje i puno humanije osobine (djeluju 5 do 7 dana). Ovi rodenticidi sprječavaju koagulaciju krvi, izazivaju pucanje krvnih žila i stvaraju hemoragije na pojedinim organima. Derivati su hidroksikumarina i indandiona. Brooks i Rowe (1987), navode kako je došlo do širenja rezistencije glodavaca na ove rodenticide koja nastaje genetičkim mutacijama i rekombinacijama uslijed neadekvatnog tretiranja populacija štetnih glodavaca. Skupini kroničnih rodenticida prve generacije pripadaju: varfarin, kumatetralil, kumaklor, pindon, difacinon i klorfacinon. Drugoj generaciji pripadaju: difenak, brodifak, bromadiolon, flokumafen.

4.6.3. Fumigantni rodenticidi

Fumigantni rodenticidi brzo se šire kroz zrak i prodiru u sve pukotine. Oni se najčešće primjenjuju pri suzbijanju glodavaca u njihovim podzemnim hodnicima. Relativno je malen broj fumiganata a oni su: cijanovodična kiselina, fosforovodik, ugljični-disulfid, metil-bromid i klorpikrin.

4.6.4. Kemosterilanti

U zadnjih četrdesetak godina razvila se nova kategorija sredstava za suzbijanje štetnih glodavaca, a temelji se na reguliranju procesa reprodukcije koja se privremeno ili trajno zaustavlja. Takva sredstva nazivaju se kemosterilanti ili antifertilanti. Najistraživaniji steroidni hormoni za inhibiranje reprodukcije su estrogeni i androgeni. Dobra strana kemosterilanata u odnosu na korištene rodenticide je što manje štete čovjeku zbog selektivnosti na glodavce. Učinkovitost primjene ovih sredstava u budućnosti sve će više zavisiti od poznavanja biologije i ekologije određene vrste glodavca. Ni jedno ovo sredstvo ne može samostalno u potpunosti zadovoljiti zahtjeve deratizacije, ali u kombinaciji s antikoagulantnim mamcima mogu činiti moćno oružje za suzbijanje glodavaca. Poznato je šesnaest potencijalnih kemosterilanata, a većina ih pripada skupini steroida (BDH-10131, NEU, Mestranol, AY-20121, i dr.). Od nesteroidnih kemosterilizirajućih sredstava pozornost privlači alfa-klorohidrin (U-5897) i CI-628 (Videc, 2006).

5. RASPRAVA I ZAKLJUČAK

Mišoliki glodavci iz roda *Apodemus* i *Microtus* vrlo često ugrožavaju šumske sastojine, plantaže, rasadnike i skladišta sjemena, izazivajući značajne ekonomske štete, pogotovo u doba kada je populacija prenamnožena. Oni također utječu na mikroklimu listinca i gornjih slojeva tla, razgradnju i protok anorganskih i organskih tvari, na prozračivanje i humifikaciju tla, brojnost nekih vrsta šumskih kukaca, održavanje populacije grabežljivaca, te na strukturu i sukcesiju sastojina. Oštećenja od sitnih glodavaca u šumama vidljiva su u obliku grizotina različitog intenziteta na korijenu i donjim dijelovima stabljike mladih biljaka (*Fraxinus angustifolia* Wahl., *Quercus robur* L., *Salix* sp., *Populus* sp. i slično), te na šumskom sjemenu. Glodavci mogu prenositi i niz zaraznih bolesti opasnih za zdravlje čovjeka, domaćih i divljih životinja. Zbog svega navedenog za šumarsku struku vrlo je važno pratiti brojnost i dinamiku populacije štetnih glodavaca kako bi u pravo vrijeme mogli provesti metode za zaštitu šuma od istih. Redovitim praćenjem dinamike populacije sitnih glodavaca mogu se racionalizirati troškovi zaštite i obnove šuma, odnosno pomoću nje vodimo računa o očuvanju prirodnih šumskih ekosustava, koja su staništa brojnim biljnim, ali i životinjskim vrstama, od kojih su neki i prirodni neprijatelji štetnih glodavaca te mogu prirodno smanjiti njihovu brojnost. U Hrvatskoj je 2017./2018. godine započeo monitoring sitnih glodavaca u šumama koji je preduvjet integrirane zaštite šuma, predikcije brojnosti glodavaca i prevencija od šteta glodavaca. Monitoring se obavlja dva puta godišnje (u proljeće i ljeto) pomoću dva dana izlova mrtvolovkama kombiniranim s hranidbenim mamcem, tj. kikiriki maslacem u 3-5 sastojina u obnovi po šumariji. Nakon izlova potrebno je determinirati vrstu glodavca prema foto vodiču i zabilježiti štete na sjemenu i pomlatku te sve tražene informacije upisati u terenski obrazac OMG-1. Nakon ispunjenog obrasca, unose se podaci o monitoringu u online bazu podataka (Štetnici.hr – portal za izvještajno prognozne poslove u šumarstvu, 2019). Hrvatskoj šumarskoj sturci monitoring daje informacije o vrsti glodavca u pojedinim sastojinama te o njegovoj brojnosti koja je povezana s terminom „kritični broj“. Na temelju kritičnog broja odlučuje se o provedbi redukcije. Monitoring na taj način prevenira masovnu pojavu ovih štetnika. Od 2011. godine europskom direktivom i odredbom FSC-a zabranjena je upotreba svih kemijskih sredstava na bazi djelatne tvari bromadiolon. Šumarska struka je zbog toga primorana koristiti sve preostale mjere suzbijanja protiv glodavaca u prenamnoženim populacijama. Iako je Hrvatska dobila izuzeće, odnosno privremenu dozvolu korištenja djelatne tvari cink fosfid na 5 godina (do siječnja 2023.), potrebno je koristiti i ostale nekemijske mjere zaštite od glodavaca. Zato se u modernim sustavima zaštite šuma sve više daje pozornost na integriranu zaštitu od

glodavaca. U integriranoj zaštiti prvobitno se koriste sve raspoložive preventivne, represivne, tehničke i biološke metode radi postizanja učinkovite zaštite. Prema svjetskim trendovima biološke zaštite šuma i poljoprivrednih usjeva od štetnih glodavaca pomoću ptica, grabežljivaca, vidljiva je velika mogućnost smanjenja populacije glodavaca bez primjene kemijskih sredstava. Osim ekološki prihvatljivijih uvjeta, introdukcijom prirodnih neprijatelja (ptica grabežljivica), vidljivo je da su takve metode ekonomski prihvatljivije i dugotrajnije nego primjena rodenticida.

6. LITERATURA

1. Alibhai, S. K., Gipps, J. H. W., 1985. The population dynamics of bank voles. Symp. Zool. Soc. Lond., 55: 277-313.
2. Bjedov, L., Vucelja, M., Margaletić, J. 2016. Priručnik o glodavcima šuma Hrvatske. Hrvatski šumarski institut, Jastrebarsko.
3. Brooks, J. F., Rowe, F.P. 1987. Commensal Rodent Control, World Health Organization, Geneve, str. 36–74.
4. Crnković, D. 1982. Kontrola brojnosti i suzbijanje miševa na području SŠGO „Slavonska šuma“ Vinkovci. Zbornik radova, 285-287.
5. Davies, R., and H. Pepper. 1989. The influence of small plastic guards, treeselters, and weed control on damage to young broad-leafed trees by field voles. Journal of Environmental Management 28:117-125.
6. Gill, R.M.A., 1992. A review of damage by mammals in north temperate forests. Small mammals, Forestry, 65:281–308.
7. Glavaš, M., Margaletić, J., Hrašovec, B., Diminić, D. 2001. Mišoliki glodavci, štete i suzbijanje u nizinskim šumama, Skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996., Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb, str. 7–10.
8. Gliwicz, J. 1980. Ecological aspect of synurbanization of the striped field mouse, *Apodemus agrarius*. Wiadomosci Ekolohiczme, 26:117-124.
9. Hansson, L., Zejda, L. 1977. Plant damage by bank voles (*Clethrionomys glareolus* Schreb.) and related species in Europe, EPPO Bull., 7:223–242.
10. Henttonen, H. 2000. Long-term dynamics of bank vole *C. glareolus* at Pallasjärvi, nothen Finnish taiga. Pol. J. Ecol, 48:31-36.
11. Hrgović, N., Vukičević Z., Kataranovski, D. 1991. Deratizacija – Suzbijanje populacija štetnih glodara, Dečje Novine, Beograd, str. 81–170.
12. Jacob, J., Tkadlec, E. 2010. Rodent outbreaks in Europe: dynamics and damage, U: Singleton, G.R., Belmain, S.R., Brown, P.R., Hardy B. (ur.), Rodent outbreaks: ecology and impacts, International Rice Research Institute: 289., Los Banos.
13. Križančić, M. 2012. Štete od sitnih glodavaca na području šumarije Draganić u 2007/2008. godini, Diplomski rad, Šumarski fakultet Zagreb.
14. Margaletić J., 1997. Mišoliki glodavci i njihova štetnost u Turopoljskom Lugu i šumama Hrvatske. Magisterij, Šumarski fakultet Zagreb.

15. Margaletić, J. Vucelja, M. Bjedov, L., 2011. Zagreb, Problem kontrole populacija sitnih glodavaca u šumskim ekosustavima.
16. Margaletić, J., 2010. Ivanić-grad. Šumski ekosustavi kao prirodna žarišta zoocenoza.
17. Mathys, G. 1977. Report of the joint FAO/WHO/EPPO conference on rodents of agricultural and public health concern. EPPO Bull. 7: 554.
18. Meehan, A. P., 1984. Rats and mice – Their biology and control, Rentokill ltd., Tonbridge, str. 141–329.
19. Moore, L.C., 1981. An olfactory basis for maternal discrimination of sex of offspring in rats (*Rattus norvegicus*). Anim. Behav. 29:383.
20. Motro Y., 2015. Utilizing barn owls (*Tyto alba*) in agriculture as an alternative for rodenticides on a national scale in Israel. 10. EVPMC (European Vertebrate Pest Management Conference), 2015.: "Biological control of rodent pests by promoting increased raptor predation pressure“.
21. Munoz-Pedreras A.; Möller P.; Norambuena H., 2015. Raptors conservation program and biological control of rodents in Chile. 10. EVPMC (European Vertebrate Pest Management Conference), 2015.: "Biological control of rodent pests by promoting increased raptor predation pressure“.
22. Niemeyer, H., Haase, R. 2003. The importance of voles in afforestation of farmland. Forst und Holz 58:26–31.
23. Nolte, D., and J. Barnett. 2000. A repellent to reduce mouse damage to longleaf pine seed. International Biodeterioration and Biodegradation 45:169-174.
24. O'Brien, J. 1994. Voles. Pages B-177 - B- 182 in S. Hygnstrom, editor Prevention and control of wildlife damage. University of Nebraska Cooperative Extension, Lincoln, Nebraska, USA.
25. Prakhas, I. 1976. Rodent pest management, principles and practices. Central Arid Zone Research Institute Jodhpur. Jodhpur.
26. Repellex, 2019. Dostupno na: <https://repellex.com/product/repellex-mole-and-gopher-32-oz-ready-to-spray/>. Pristupljeno 12.09.2019.
27. Shivanandappa, T., H. P. Ramesh i M. K. Krishnakumari, 1979. Rodenticidal Poisoning of Non-Target Animals: Acute Oral Toxicity of Zinc Phosphide to Poultry, Springer-Verlag New York Inc., str. 452–455.
28. Singleton, G., L. Hinds, H. Leirs, and Z. Zhang, editors. 1999. Ecologicallybased management of rodent pests. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.

29. Sullivan, T., D. Crump, and D. Sullivan. 1988. Use of predator odors as repellents to reduce feeding damage by herbivores. *Journal of Chemical Ecology* 14:363-377.
30. Štetnici HR – Portal za izvještajno prognozne poslove u šumarstvu, 2019. Dostupno na: <https://stetnici.sumins.hr/>. Pristupljeno: 20.09.2019.
31. The home depot, 2019. 20 oz. Rodent repellent spray with essential oils. Dostupno na: <https://www.homedepot.com/p/Harris-20-oz-Rodent-Repellent-Spray-with-Essential-Oils-GRR-20/308493336>. Pristupljeno: 05.09.2019.
32. Videc, G. 2006. Suzbijanje mišolikih glodavaca u šumskim ekosustavima; Šumarski list br. 11– 12, CXXX (2006), 533-544.
33. Videc, G. 2009. Sitni glodavci kao dio šumskog ekosustava Ivanšćice. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2009.
34. Vucelja, M. 2013. Zaštita od glodavaca (*Rodentia*, *Murinae*, *Arvicolinae*) u šumama hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L) – integralni pristup i zoonotički aspekt. Doktorski rad.
35. Vucelja, M., Margaletić, J., Bjedov, L., Šango, M., Moro, M. 2014. Štete od sitnih glodavaca na stabljici i korijenu hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.): Šumarski list, 5-6, CXXXVIII (2014), 283-291.
36. Wager-Page, S., G. Epple, and R. Mason. 1997. Variation in avoidance of Siberian pine needle oil by rodent and avian species. *Journal of Wildlife Management* 61:235-241.
37. Wildlife control supplies. Tube Trap. Dostupno na: <https://www.wildlifecontrolsupplies.com/animal/WCSTUBE.html>. Pristupljeno: 13.09.2019.
38. Wilson, D. E., Reeder, D. M. 1992. *Mammal species of the world*. Smithsonian institution Press, Washington and London. 501-753.
39. Witmer, G.W., Hakim, A.A., Moser, B.W. 2000. Investigations of methods to reduce damage by voles. *Wildlife Damage Management Conferences*. Paper 49.