

Mogućnost primjene principa ekološke zaštite od sitnih glodavaca u šumama Hrvatske

Čeak, Bruno

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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:108:397386>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-13**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ
ŠUMARSTVO

BRUNO ČEAK


MOGUĆNOST PRIMJENE PRINCIPA EKOLOŠKE ZAŠTITE OD SITNIH
GLODAVACA
U ŠUMAMA REPUBLIKE HRVATSKE

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB (RUJAN, 2023.)

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

| | |
|------------------------------|--|
| Zavod: | Zavod za zaštitu šuma i lovno gospodarenje |
| Predmet: | Osnove zaštite šuma |
| Mentor: | Prof. dr. sc. Marko Vucelja |
| Student: | Bruno Čeak |
| JMBAG: | 0068234709 |
| Akad.godina: | 2022./2023. |
| Mjesto, datum obrane: | Zagreb, 27. rujna 2023. godine |
| Sadržaj rada: | Slika: 3 Tablica: 1 Navoda literatura: 37 Stranica: 23 |
| Sažetak rada: | Sitni glodavci su biotski čimbenici u šumskim ekosustavima koji u godinama masovne pojave značajno mogu otežati prirodnu obnovu čineći štete na šumskom sjemenu i pomlatku i također mogu biti prenoistelji brojnih uzročnika zaraznih bolesti opasnih za ljude. Iako postoje brojne metode zaštite, njihova praktična primjena u šumarstvu je ograničena. Ovaj rad istražuje ekološke principe zaštite šuma od sitnih glodavaca i razmatra njihovu primjenjivost u šumskom gospodarenju u Hrvatskoj. Metode zaštite uključuju preventivne, izravne i biološke mjere koje su opisane u radu. Zaključujemo da su, unatoč teorijskoj učinkovitosti, potrebna daljnja istraživanja kako bi se poboljšala praktična primjena ovih metoda i rješavanje izazova s kojima se suočavamo. |

| | | |
|---|---|----------------------|
|  | IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI | OB FŠDI 05 07 |
| | | Revizija: 2 |
| | | Datum: 23.09.2023. |

„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, 2023. godine.

vlastoručni potpis

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1.Uvod | 1 |
| 2.Ekološka zaštita od glodavaca | 2 |
| 2.1 Faze i paradigme dinamike populacije glodavaca | 4 |
| 2.1.1. Prva Faza | 4 |
| 2.1.2 Druga Faza | 5 |
| 2.1.3. Treća Faza | 5 |
| 2.2 Paradigme | 5 |
| 2.2.1 Paradigma hrane | 5 |
| 2.2.2 Paradigma predatora | 6 |
| 2.2.3 Paradigma društva | 6 |
| 3.Vrste sitnih glodavaca u šumama Republike Hrvatske i njihove karakteristike | 7 |
| 3.1 Morfološke osobine sitnih glodavaca iz porodica Arvicolinae i Murinae | 7 |
| 3.2 Osjetila sitnih glodavaca i njihova uloga | 9 |
| 3.3 Čime se sitni glodavci hrane | 10 |
| 4. Štete u šumama od sitnih glodavaca..... | 10 |
| 5. Određivanje brojnosti populacije sitnih glodavaca | 13 |
| 5.1 Kontrola populacija sitnih glodavaca i metode zaštite | 13 |
| 6. Metode zaštite | 14 |
| 7. Zaključak..... | 20 |
| 8. Literatura..... | 21 |

1.Uvod

Šumski ekosustavi Republike Hrvatske predstavljaju dragocjeni resus s brojnim ekonomski, ekološkim i društvenim vrijednostima. Međutim, očuvanje zdravih i vitalnih šumskih ekosustava suočava se s mnogim izazovima, uključujući i probleme koji su povezani s populacijama sitnih glodavaca. Ovi članovi šumskih zajednica, kao što su miševi i voluharice, iako u mnogočemu vrlo korisni, povremeno mogu uzrokovati štete na sjemenu i pomlatku gospodarski značajnih vrsta drveća (npr. hrast lužnjak, poljski jasen i dr.).

S obzirom na važnost šumskih ekosustava za očuvanje bioraznolikosti, regulaciju vodnih tokova, smanjenje erozije tla i stvaranje kisika, ključno je poduzeti odgovarajuće mjere zaštite. Tradicionalne metode kontrole populacije sitnih glodavaca, kao što su uporaba rodenticida ili zamki, često nisu ekološki i ekonomski održive te mogu prouzročiti negativne posljedice za ostale organizme u ekosustavu. Stoga sve se više istražuje mogućnost primjene principa ekološke zaštite kako bi se očuvali šumski ekosustavi od posljedica periodičnih masovnih pojave sitnih glodavaca tijekom kojih su spomenute štete i najizraženije.

Principi ekološke zaštite obuhvaćaju promicanje očuvanja prirodnih ekosustava i smanjenje ljudskog utjecaja na okoliš. U kontekstu zaštite šuma, primjena ekološki prihvatljivih metoda za kontrolu sitnih glodavaca uključuje dublje razumijevanje prirodnih odnosa unutar ekosustava kojim se gospodari, odnosno primjenu biološke kontrole putem, primjerice prirodnih neprijatelja te sveukupno promicanje prirodnih procesa u ekosustavu koji mogu pomoći smanjenju brojnosti glodavaca.

Sveobuhvatno razumijevanje ekološke dinamike i ekosustava u kojima se sitni glodavci nalaze ključno je za uspostavljanje učinkovitih i održivih strategija zaštite šuma.

Ovaj završni rad ispituje mogućnost primjene principa ekološke zaštite od sitnih glodavaca u šumama Hrvatske. Ciljevi ovog rada jesu prikupiti relevantne podatke o vrstama sitnih glodavaca koji pridolaze u šumama Hrvatske, proučiti mehanizme regulacije populacija sitnih glodavaca, zakonitosti odnosa sitnih glodavaca i njihovih prirodnih predatora te istaknuti neke od ekološki prihvatljivih metoda kontrole štetnika. Svrha rada jest pružiti uvid u mogućnosti primjene principa ekološke zaštite od sitnih glodavaca u šumama Hrvatske što u daljnjim promišljanjima može biti od pomoći u poticanju budućih istraživanja te primjenu raspoloživih, ekološki održivih pristupa u očuvanju šumskih ekosustava.

2. Ekološka zaštita od glodavaca

Suzbijanje glodavaca je prošlo kroz razdoblje stagnacije iz četiri glavna razloga. Prvo, preveliki je naglasak na tome kako razviti, koristiti, usporediti i plasirati rodenticide u industrijaliziranim zemljama. S druge strane u zemljama u razvoju nedostatak razumijevanja i kontroliranog korištenja rodenticida doveo je do nerazumnog odbijanja korištenja rodenticida. Drugi razlog je što se razvoj strategije kontrole glodavaca općenito temeljio na kratkoročnim eksperimentima u kojima se trenutačno smanjenje populacije glodavaca smatralo uspješnim, bez dovoljnog pridavanja pažnje dugoročnim posljedicama tih metoda i njihovog učinka na ekosustav. Treće, terenske studije rijetko su napredovale dalje od alfa-razine, deskriptivnih populacijskih studija (Krebs 1999). Četvrto, preporučeni protokoli upravljanja su često preskriptivni, uz nedovoljno uzimanje u obzir karakteristika vrste štetnika ili socioekonomska ograničenja krajnjih korisnika. Nedostajalo je također i dobro razumijevanje i uvid u biologiju, ekologiju, ponašanje te korištenje staništa vrste kojom želimo upravljati.

Integrirano upravljanje štetnicima je integracija niza praksi upravljanja koje korištene zajedno osiguravaju mnogo učinkovitije rezultate upravljanje vrstama štetnika nego ako se koriste odvojeno. Integrirana zaštita od štetnika je razvijena s ciljem promicanja metoda za upravljanje štetočinama i biljnim bolestima koje najmanje remete ekologiju poljoprivrednih sustava (Smith i Bosch 1967.).

Temeljni ciljevi ekološke zaštite od štetnika se fokusiraju na tri misije. Jedna je smanjiti štetne učinke na okoliš, ne i na ciljane vrste. Druga je razviti pristup koji je dostupan, razumljiv i ekonomičan za sve korisnike, kako u razvijenim zemljama, tako i u zemljama u razvoju. Treća misija je uspostaviti pristup koji je trajan, što se do sada nije niti razmatralo. Biološku kontrolu treba promatrati u kontekstu ekološki utemeljenog upravljanja štetnicima jer često biva ograničena u svojoj učinkovitosti i specifičnosti. Jedan od primjera uspješnog biološkog suzbijanja jest entomološki primjer koji uključuje vrstu o *Cyrtobagous salviniae* (žičak), koji se koristio za suzbijanje plutajuće paprati (*Salvinia molesta*). Otkrivena u južnoj Aziji 1939., ova je biljka remetila živote ljudi formirajući guste prostirke jedan metar debljine koji su gušili spore vodotoke, rižina polja i jezera (Thomas i Room 1986). Terenske studije su pokazale tri moguća biljojeda, od kojih je jedan bio žičak i koji se dokazao uspješnim. Drugi primjer vezan uz glodavce, bilo je istrebljenje nutrije *Myocastor coypus* u Britaniji 1980. godine. Nakon mnogo desetljeća neuspješne kontrole, razvijena je strategija koja je temeljena na studijama populacijske dinamike. Nakon šest godina je problem potpuno riješen kroz upotrebu znanja o biologiji i ponašanju životinje u kombinaciji sa dobro organiziranom kontrolom.

Strategije kontrole koje su temeljene na uporabi rodenticida imaju potrebu za dobrom biološkom osnovom na kojoj se mogu nadograditi. Toksičnost aktivnih sastojaka i ukus mamaca očiti su čimbenici koji se desetljećima proučavaju u laboratorijskim uvjetima (vidi npr. Buckle 1994a; Johnson i Prescott 1994). Jednako važno je ispravno razumijevanje načina, na koji se otrovi mogu koristiti. Primjerice, rodenticidi na havajskom otočju obično su aplicirani na tlu, no nova istraživanja su dokazala da crni štakor (*Rattus rattus*) oštećuje orašaste plodove, koji se nalaze na drveću. S ovim novim saznanjima, mamci su postavljeni na drveće, što je rezultiralo učinkovitijom uporabom rodenticida.

Najzastupljeniji rodenticidi i dalje jesu uglavnom antikoagulanti. Međutim ako se ne koriste učinkovito i pravovremeno, ne mogu postići željan učinak ili čak mogu imati i negativan učinak. Mnoga istraživanja su pokazala da se uporabom antikoagulant protiv glodavaca, nužno ne postiže njihova linearna kontrola. Naime usmrćivanje dijela jedinki u početku smanjuje brojnost populacije, ali preostale jedinke koje prežive, ili migriraju, kompenziraju gubitke boljim preživljavanjem i boljim učinkom razmnožavanja. Također postoji i mogućnost pojave rezistentnosti na antikoagulate. Razvoj rezistentnosti određenih vrsta štetnika na antikoagulate prve i druge generacije, izričito zahtijeva integrirani pristup upravljanja glodavcima, gdje se uporaba jedne vrste otrova nadopunjuje ili zamjenjuje uporabom drugih vrsta otrova, fizičkih kontrola metode ili drugih metoda kontrole. I ovdje je posvećeno previše pažnje na kratkoročno, hitno i brzo potrebno rješenje, jednostavno uporabom jačeg otrova. Puno je manje napora i pažnje posvećeno na sprječavanje razvoja geografske distribucije otpora. Takozvani „otpor“ gdje glodavci odbijaju jesti otrovne mamce. Međutim rješenja su često specifična i zahtijevaju detaljno poznavanje biologije, ekologije i ponašanja vrsta štetnika. Stjecanje takvog znanja mukotrpan je, ali isplativ zadatak koji će omogućiti razvoj novih strategija prevencije ili smanjenje štete.

Razvoj koncepta ekološke zaštite od štetnika važan je jer se temelji na čvrstim istraživanjima i metodama koje je utemeljila integrirana zaštita od štetnika. Ekološka zaštita od štetnika ponovno usmjerava integriranu zaštitu prema razumijevanju populacijske biologije štetnika i ekosustava u kojem živi. Međutim, kada se krene u primijenjeno upravljanje divljim životinjama, posebno glodavcima, tada potreba za primjenom koncepta kao što je ekološki utemeljeno upravljanje glodavcima postaje stvarnost (Singleton i Brown 1999).

2.1 Faze i paradigme dinamike populacije glodavaca

Najveći poticaj za uspostavu ekološke zaštite od štetnika bio je ublažavanje problema štetnih glodavaca u poljoprivredi i prijenos bolesti na ljude. Istraživanja o dinamici populacije glodavaca su prošla kroz tri faze. U 1930-ima nije bilo nikakvih kvantitativnih podataka, a tada se vjerovalo da je kontrola populacije uzrokovana biotičkim agensima koji su djelovali u ovisnosti o gustoći populacije. Do 1950-ih godina pojavila se je nova paradigma društvene kontrole broja glodavaca, gdje se više fokusiralo na fiziološki stres i društvenu agresiju unutar samih populacija. 1970-ih se pojavila samostalna ideja, koja predlaže da više čimbenika utječe na promjene populacije. I dalje su potrebna eksperimentalna i terenska istraživanja za što bolje razumijevanje. Potrebna su skupljena znanja o fiziologiju, biologiji, ponašanju i genetici glodavaca kako bismo ih mogli integrirati u naše planove upravljanja a sve u cilju prevencije ili ublažavanja posljedica njihova povremenog negativnog utjecaja na stabilnost šumskih ekosustava, osobito u pogledu pomlađivanja šuma.

Ekološka pitanja su složena, no uspjelo se definirati tri glavna pitanja, koja oblikuju ciljeve istraživanja populacijske dinamike (Krebs 1994, p.322; Krebs 1995):

Što zaustavlja rast populacije?

Što ograničava prosječnu brojnost?

Što ograničava geografsku distribuciju?

U nastavku se donosi povijesni pregled posljednjih stotinjak godina istraživanja dinamike populacija.

2.1.1. Prva Faza

Prva faza započinje 1920-ih i 1930-ih godina raspravama o ulogama biotskih i abiotskih čimbenika u regulaciji populacije. Glavne osobe bile su A.J Nicholson (1933) za biotsku školu i nekoliko pobornika abiotske škole (Thompson 1929; Uvarov 1931). Pokazalo se da su „pobjednici“ bili Nicholson-ovci, koji su imali cilj reguliranja pomoću procesa koji uvjetuju gustoću, a u kojima su glavni čimbenici bili predatori, paraziti, bolesti i manjak hrane. Većina tema ranih rasprava su bile o populaciji kukaca dok se o glodavcima nije raspravljalo. To je bilo razdoblje ekologije bez podataka, a argumenti su bili teoretski. Ekolozi su od početka vjerovali da je populaciju moguće utvrditi, da su sve društvene interakcije izravne i jednostavne za definirati te da se populacijski procesi ponavljaju u prostoru i u vremenu.

2.1.2 Druga Faza

Druga faza proučavanja dinamike populacija započela je 1940-ih kada su ekolozi počeli shvaćati da socijalni odnosi mogu utjecati na rađanja, umiranja i kretanja. Predvodnici ove faze su bili David E. Davis i John Christian u Sjedinjenim Američkim Državama te Dennis Chitty u Engleskoj (Christian 1950; Chitty 1952; Davis 1987). Pažnja je bila sada usmjerena na proučavanje fizioloških utjecaja i utjecaja ponašanja jedinki jedne na druge. Davis i Christian su proveli jedan od prvih projekata na štakorima u Baltimoreu (1956, 1958) s čime su dokazali da se može smanjiti populacija štakora, dovodeći štakore u tu postojeću populaciju, što rezultira međusobnom borbom za rasplod, hranu i staništem među glodavcima. Društveno reguliranje veličinom populacije nastalo je kao alternativno objašnjenje promjena u populaciji koje nisu regulirane uobičajenim Nicholsonovim predatorima, parazitima ili nedostacima hrane (Chitty 1960). Ta istraživanja su se složila s izlazećim radovima o etologiji i bihevioralnoj ekologiji, a ukazala su na složenost društvenih struktura unutar populacija sisavaca.

2.1.3. Treća Faza

Do 1970 skoro sve zamisli o reguliranju i ograničenju populacije su bile u razmatranju te je počelo spajanje zbog prijedloga da bi svi mogli biti u pravu, da više čimbenika može biti uključeno u regulaciju i ograničenja (Lidicker 1973, 1988). Svi ekolozi zaključuju da je svijet složen sustav, ali iz te složenosti mora se postići neki red kako bismo napredovali. Ne koristi pod izlikom prevelike složenosti živoga svijeta odbaciti svako nastojanje ili pokušaj da se predvidi kakva će biti kretanja brojnosti štetnika ili štete koje uzrokuju. Ipak, mnoge pretpostavke s više čimbenika je nemoguće eksperimentalno ispitati, a bez eksperimentalnog pristupa razumijevanje ekologije glodavaca bi sporo napredovalo. Moguće rješenje problema vidjelo se u poticanju na višečimbenične modele ograničene složenosti, kvantitativne predvidljivosti te s izvedivim eksperimentalnim ispitivanjima.

2.2 Paradigme

2.2.1 Paradigma hrane

Paradigma hrane odnosi se na spoznaju da količina i kvaliteta zaliha hrane određuje gustoću populacije glodavaca. Dostupnost hrane također ograničava prosječnu gustoću populacije, a masovne pojave glodavaca su uzrokovane promjenama u dostupnosti hrane. Najvažnije što se mora znati, iz ove paradigme, jest koja je to hrana koju glodavci konzumiraju te koliko je te hrane dostupno u njihovom staništu. To je složen problem jer se prehrana mijenja sezonski te je uvjetovana spolom i dobi jedinke, ali i promjenama u produktivnosti biljaka od godine do godine. To uistinu teško predvidivi elementi i promjene. Paradigma hrane ne može biti ispitivana kao jedinstvena, već se mora primijeniti na pojedine slučajeve kako se ne bi dogodila netočna predviđanja. Primjerice, prosječna brojnost glodavaca može biti veća gdje je veća dostupnost

hrane. Još jedan primjer je pretpostavka o lajmskoj boreliozu u istočnom dijelu Sjedinjenih Američkih Država (Ostfeld 1997; Jones i dr. 1998) gdje su zalihe hrane u ovom slučaju u obliku žirova postavljene kao granica prosječne brojnosti miševa (*Peromyscus maniculatus*) pri čemu, uzrokuju masovnu pojavu i reguliraju gustoću kroz izgladnjivanje. Boutin (1990) je to zaključio eksperimentom hranjenja koji je pokazao, da dodavanjem hrane biljojedinim populacijama, one mogu povećati gustoću dva do tri puta, ali ne i više, tako da neke populacije očito ovise o dostupnosti hrane ali samo do određene granice. Hrana je očito jedan od dominantnih ekoloških faktora koji ograničavaju populacije glodavca, ali pitanje je kojih točno populacija i pod kojim točno uvjetima.

2.2.2 Paradigma predatora

Mnoge životinje jedu glodavce, a neki ekolozi gledaju na hranidbene lance kako bi objasnili regulaciju i ograničenja populacija. Paradigma predatora govori da smrtnost uzorkovana predatorima regulira prosječnu populaciju glodavaca ispod one razine koja bi bila pri zadanim količinama hrane. Najvažnija stvar koja se mora znati iz ove paradigme je koji se organizam prehranjuje kojim u zajednici. Naravno, s obzirom da to može sezonski varirati, a predatori su često selektivni prema spolu i dobu, pridobivanje ovakvih informacija nije mali zadatak. Paul Errington objavio je najveću prijetnju paradigmi grabežljivaca prije više od 70 godina, govoreći da grabežljivci jedu samo slabije, suvišne jedinke u populacijama glodavaca (Errington 1946). Ako teritorijalnost uzrokuje raspršeno kretanje, paraziti uzrokuju slabljenje, a nedostatak hrane slabu kondiciju, predatori su prije krajnji izvršitelji nego primarni uzrok promjena u populaciji (Murray i dr. 1997). Uobičajena tvrdnja protiv predatorstva, kao regulirajućeg čimbenika, je da glodavci imaju veliku stopu reprodukcije, koja je takva da je predatorima nemoguće usmrtiti u dovoljnoj mjeri (Chitty 1938, 1996; vidi Korpimäki i Norrdahl 1998). S praktičnog stajališta ključ je upravljati brojem grabežljivaca. Na primjer, kako bi vidjeli može li se smanjiti šteta na usjevima uzrokovana kućnim miševima u Australiji, Kay i dr. (1994) su osigurali motke za ptice grabljivice. Moguće je zaključiti na temelju velikog broja pojedenih jedinki da grabežljivci pomažu ublažiti probleme sa štetnicima.

2.2.3 Paradigma društva

Društvena struktura populacije glodavaca može utjecati na njihovu ekologiju. Paradigma društva nam govori da društvene interakcije među jedinkama mogu dovesti do promjena u psihologiji i ponašanju koji utječu na smanjenje rodosti i povećavaju smrtnost čime se vrši regulacija populacije. Teritorijalnost dijelom može ograničiti prosječnu gustoću populacije glodavaca. Masovne pojave glodavaca su, prema ovoj paradigmi, moguća zbog promjena u društvenom okruženju (Krebs i dr. 1995). Paradigmi društva je posvećeno najmanje pažnje od sve tri paradigme. To je obično iz razloga što ekolozi pretpostavljaju da je društveno okruženje prvotno određeno staništem koje je u uskoj vezi s količinom hrane. Na primjer, količina hrane određuje

veličinu teritorija, a veličina teritorija određuje gustoću populacije. No tu nalazimo na problem, da drugi čimbenici mogu utjecati na društveno ponašanje i tu poveznica staništa i društvenih procesa može biti vrlo slaba. Paradigma društva je naglasila ulogu imigracije u lokalnoj dinamici populacije. Pokusi uklanjanja jedinki iz populacije, na primjeru glodavaca i drugih sitnih sisavaca pokazali su poteškoće u kontroli brojnosti glodavaca povećanjem smrtnosti. Primjer pokušaja kontrole voluharica rezultirao je time da se saznalo da unatoč visokoj i stalnoj smrtnosti nametnutoj uklanjanjem jedinki, populacija voluharica je nastavljala biti vrlo visoke gustoće te je rasla doseljavanjem. Nakon niza laboratorijskih i terenskih istraživanja, ekolozima je postalo jasno da štetnici sa brzim obratom (velika stopa reprodukcije, visoka smrtnost i brza spolna zrelost) su osjetljiviji na smanjenje plodnosti nego na porast smrtnosti (Stenseth 1981a; Lebreton i Clobert 1991). Učinak ograde (Krebs i dr. 1969) je jedan od primjera rezultata istraživanja koji je potpuno neočekivan u paradigmi hrane i paradigmi predatora (Krebs 1996). Ako ograđivanje populacije voluharica, bez ograničenja zaliha hrane ili predatora, može povećati gustoću populacije tri do četiri puta, koju ulogu imaju migracije u reguliranju populacije? Lidicker (1962) je davno postavio ovo pitanje, no samo se nekoliko ljudi koji se bave glodavcima posvetilo proučavanju ovog fenomena (Ostfeld 1994).

3.Vrste sitnih glodavaca u šumama Republike Hrvatske i njihove karakteristike

U šumama Hrvatske pridolazi i nastanjuje se velik broj vrsta glodavaca. Nisu sve vrste uzročnici šteta na drvenastim biljkama i šumskome sjemenu. Najveće štete koje uzrokuju glodavci u našim šumama najčešće se zapažaju u nizinskim šumskim zajednicama, u kojima gospodarimo s jednim od naših glavnih vrsta drveća, hrastom lužnjakom i poljskim jasenom. Evidentni su već veliki problemi i nestajanje zajednica poljskog jasena kao posljedica širenja i infekcija patogenom gljivom *Chalara fraxinea*. Stoga, iako glodavci ne čine tako velike štete u usporedbi na druge različite čimbenike (patogene gljive, kukci, štete od leda) s kojima je šumarska struka suočena Hrvatske već duži niz godina, to ne znači da su zanemarivi. Sitni glodavci uzrokuju štete tako što nagrizaju pomladak i jedu sjeme. U godinama masovne pojave te štete mogu rezultirati katastrofalnim posljedicama jer mogu značiti uništenje sjemenskoga materijala te velikog udjela biljaka na pomladnim površinama, što u konačnici uvelike može otežati prirodnu obnovu.

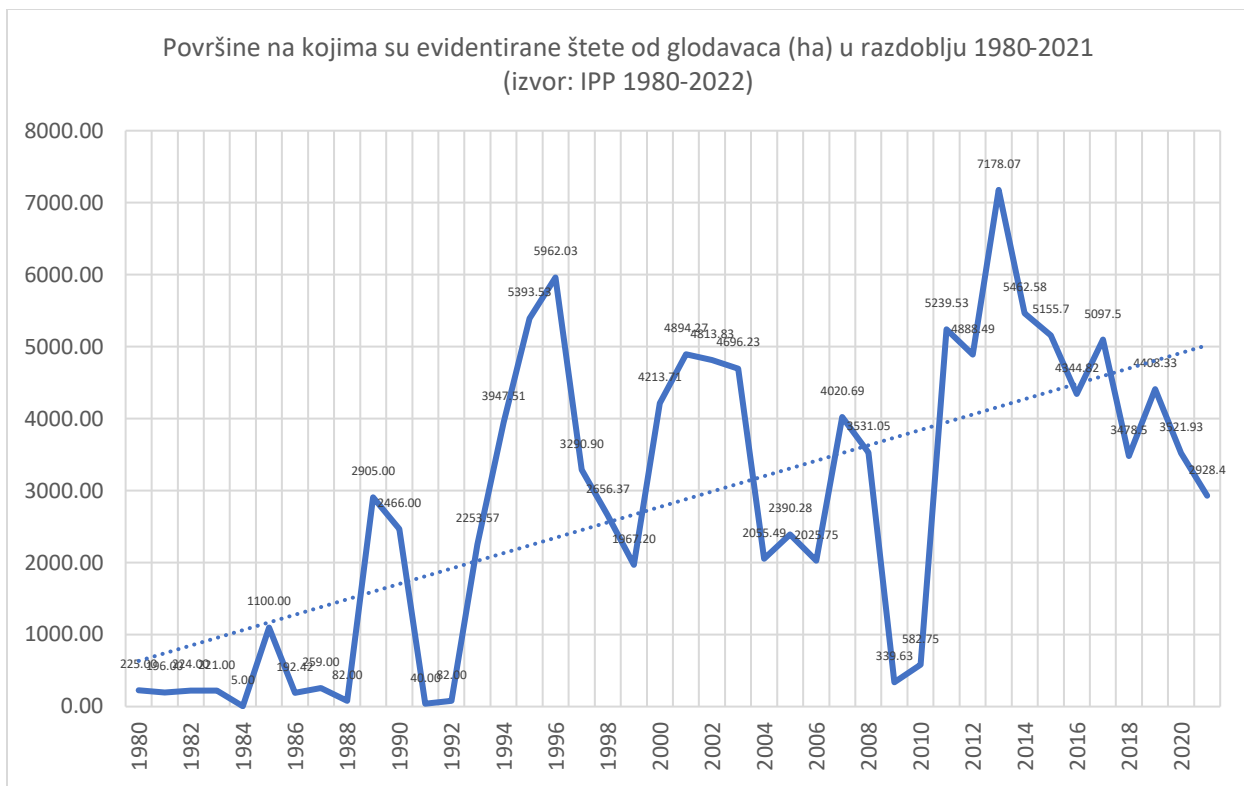
3.1 Morfološke osobine sitnih glodavaca iz potporodica Arvicolinae i Murinae

Sitni glodavci, koji pripadaju potporodicama voluharica (Arvicolinae) i miševa (Murinae) pripisuju se podredu mišolikih glodavaca. Njihova glavna osobina jest dva para oštih sjekutića, cilindričan oblik tijela i vanjska nerazvijena uška. Pretežito su polifagne životinje, dominantno su biljojedi, ali

konzumiraju i animalnu hranu. Sitni glodavci su inteligentne, pretežno noće životinje, koje su adaptirane životu u socijalnim društvima sa razvijenom komunikacijom među članovima tih grupa. Široke su ekološke valencije, što znači da mogu naseljavati gotovo sva staništa te u njima uspjevati, preživljavati, a ujedno ih karakterizira veliki potencijal razmnožavanja i mogućnost adaptacije.

Glavni čimbenik masovne pojave sitnih glodavaca (kao granivornih životinja), je urod šumskog sjemena, koji je njihov glavni izvor hrane. Brojnost ili gustoća populacije sitnih glodavaca, u godinama masovnog uroda šumskog sjemena tako i masovne pojave glodavaca bitan nam je faktor o kojem će dijelom ovisiti preživljavanje šumske zajednice (osobito ako je u fazi pomlađivanja; tj. zamjene stare zajednice novom). Gustoća populacije sitnih glodavaca je promjenjiva unutar iste godine, ali i između godina. Gustoća rezultira o ovisnosti i međusobnom djelovanju mnogih faktora. Ti faktori su grupirani i odnose se na: stanište u kojem obitavaju i njihove izvore hrane, potencijalne bolesti i prirodne predatore, klimatske uvjete te brojnosti i fiziološkom stanju populacije. Kod mnogih vrsta šumskih glodavaca u Europi je zabilježena pojava, gdje u godinama obilnoga uroda šumskog sjemena gustoća populacije glodavaca postiže vrhunac i onda se drastično smanjuje tijekom zime. Upravo takav enormni urod šumskog sjemena, omogućava sitnim glodavcima da se tijekom zime dalje u svojim jazbinama razmnožavaju i gomilaju što u proljeće rezultira velikim pojavama glodavaca. Pokazalo se i da povoljni klimatski uvjeti – topla i bez oborina jesen, blaga zima bez velikih temperaturnih promjena i bez stvaranja ledene kore, toplo proljeće i ljeto s normalnom količinom oborina – svi ti uvjeti će pridonijeti masovnoj pojavi glodavaca i štetama.

Sitni glodavci imaju brojne predatore, npr. neki od njih su lasice (*Mustela* spp.), kune (*Martes* spp.), lisica (*Vulpes vulpes* L.) i brojni drugi. No premda postoji veliki broj predatorskih vrsta, koji se hrane sitnim glodavcima ipak regulacija brojnosti glodavaca od strane tih predatora je djelomična. Potrebna su dodatna terenska i znanstvena istraživanja da se utvrdi točan utjecaj predatora na brojnost ovih glodavca. Postoje više metoda za utvrđivanje brojnosti populacija glodavaca, jedna od tih metoda je utvrđivanje prirodnih ciklusa plodonošenja drvenastih biljaka tj. utvrđivanje potencijalne obilnosti prirodne fruktifikacije nakon koje slijedi povećanje brojnosti glodavaca. Ova metoda provodi se kroz tromjesečna praćenja gradivnosti životinja. Od 2012 do 2021 zabilježena su četiri maksimuma iz čega je vidljivo da prosječno svake 2.5 godine se pojavljuju masovne pojave u posljednjih desetak godina.



Graf 1. Veličine šumskih površina (ha) na kojima su evidentirane štete od glodavaca na sjemenskom materijalu i/ili šumskom pomlatku gospodarski važnih vrsta drveća u razdoblju od 1980. do 2021. godine u državnim šumama Hrvatske (izvor: IPP 1980-2022).

3.2 Osjetila sitnih glodavaca i njihova uloga

Budući da sitni glodavci mnoge svoje aktivnosti provode tijekom noći, ne čudi da su uvelike prilagođeni noćnomu životu. Osjetilo opipa jedno je od najbitnijih. Uz pomoć osjetilnih dlaka, ono im služi za snalaženje u prostoru, za orijentaciju i kretanje u uvjetima bez svjetla. Osjetilo njuha neizostavno po pitanju pronalaska hrane, razmnožavanja, podizanju mladih te socijalnim odnosima. Njuh im omogućava razlikovanje različitih članova populacije, svojih mladunaca od tuđih pa čak i razlikovanje spolova svojih mladunaca. Komunikaciju između mužjaka i ženki (pri udvaranju) i ženke sa njihovom mladunčadi, pomaže osjetilo sluha. Glodavci su sposobni čuti zvuk iznad ljudskih granice sluha (ultrazvuk; 20 kHz – 100 kHz) , ali su ga također sposobni sami proizvesti (22 – 90 kHz). Mogućnost proizvodnje takvog zvuka daje prednost pred predatorima, koji nisu u mogućnosti čuti taj zvuk, a jedinke mogu međusobno komunicirati da se upozore. Prilikom udvaranja ,mužjaci također koriste ultrazvučno glasanje kako bi privukli ženku, dok mladunčad ultrazvučnim valovima privlači pozornost majke. U pogledu osjetila okusa, istraživanja su potvrdila da glodavci, poput ljudi, raspoznaju četiri okusa (slano, slatko, gorko, kiselo). Ako neke vrste glodavaca iz rodova *Mus*, *Rattus* i *Apodemus* mogu identificirati predmete na udaljenostima do 15 metara, mnoge druge vrste se manje oslanjaju na osjetilo vida.

3.3 Čime se sitni glodavci hrane

Sve vrste glodavaca su polifagne životinje koje konzumiraju hranu biljnog i životinjskog porijekla. Voluharice se nalaze između granivora i herbivora (prehrana se sastoji od zelenih biljnih dijelova), a miševi pripadaju tipičnim granivorima (konzumiraju sjeme različitih vrsta). Vrste ovih rodova konzumiraju sve od stabljike, pupova, kore i korijena, te dodatno mahovinu, djetelinu, repicu, šaš, sjeme raznih vrsta trava te drvenih i zeljastih biljaka. Također konzumiraju i hranu životinjskog podrijetla poput insekata, stonoga, pauka i sitnih kralježnjaka. Glodavci hranu konzumiraju ili na mjestu gdje su je pronašli ili je odnose na skrovito mjesto kako bi je, bez ikakvih distrakcija i uznemiravanja pojeli ili uskladištili. Ne pronađu li hranu na tlu, premještaju se na krošnje stabala, a to je evidentno primjerice kod vrsta kao što su šumska voluharica i žutogrli šumski miš; osobito u jesen i zimu. Glodavcima potrebu za vodom često zadovoljavaju uzimajući hranu koja je sočna i ima visoki udio vode ili direktno uzimaju vodu iz okoliša ližući kapljice rose. Dostupnost hrane diktira mnoge socijalne odnose, primjerice kako će se pojedine vrste ponašati jedna prema drugoj, u kojoj mjeri će se tolerirati i sl.

4. Štete u šumama od sitnih glodavaca

U šumama Hrvatske tipične štete od glodavaca jesu one na šumskom sjemenu, stabljici, kori i korijenu biljaka. U godinama masovne pojave glodavaca ove štete mogu imati vrlo ozbiljne posljedice vidljive kroz otežanu prirodnu obnovu, i to osobito u nizinskim šumskim zajednicama u fazi obnove, gdje može doći do gotovo potpunog uništenja uroda žira. Štete na sjemenu su posebno izražene u godinama obilnog uroda sjemena (Bjedov et al., 2017), koje prati i porast brojnosti populacija glodavaca.



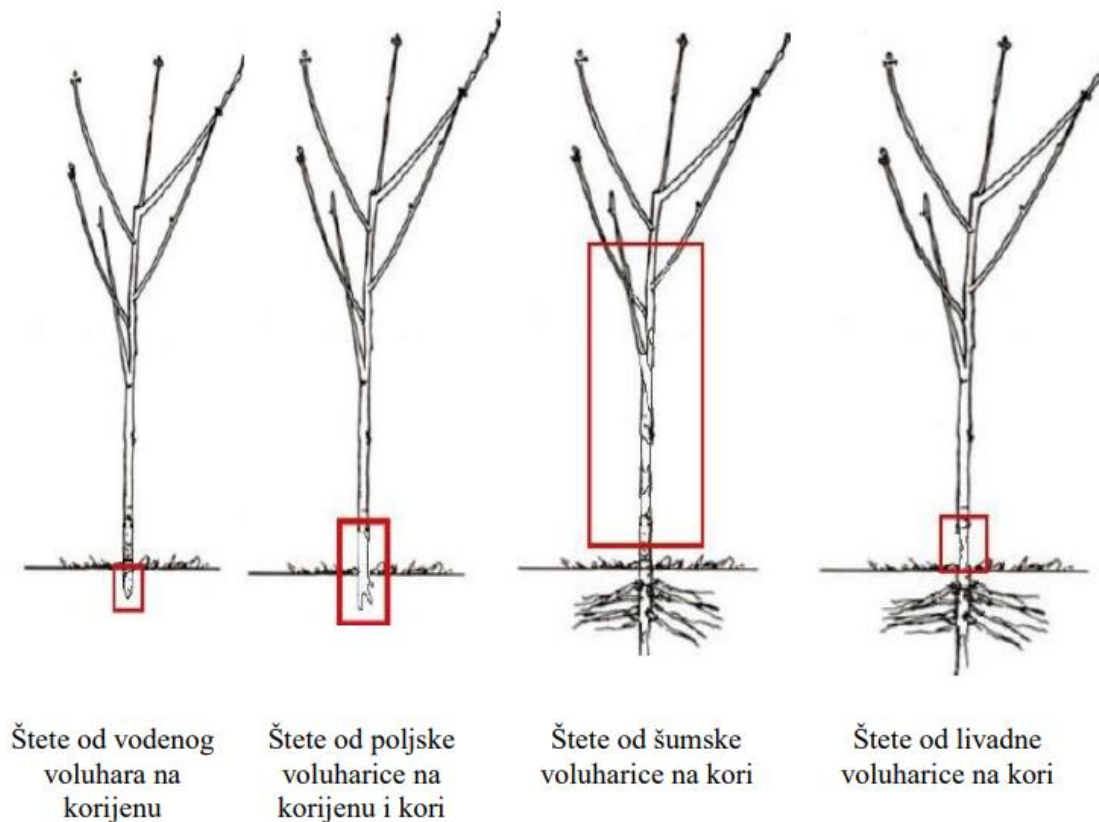
Slika 1. Štete od glodavaca na kori pomlatka (foto: M. Vucelja, 2022.)



Slika 2. Štete na žiru (foto: M. Vucelja., 2016.)

Štete od glodavaca učestalije su i izraženije na listopadnom drveću, nego na crnogoričnom. Štete koje nastaju na šumskom sjemenu, u većoj se mjeri pripisuju miševima, dok štete na mladima voluharicama. Glodavcima pogoduje gusti sloj prizemnog rašća koji im pruža potreban zaklon i uvjete za preživljavanje. Glavne štete na korijenu biljaka nastaju tijekom jesenskih i zimskih mjeseci, u vrijeme nedostatka drugih izvora hrane. Pokazalo se da glodavci, svojim hranjenjem korijenjem hrastovih biljaka starosti do pet godina, unište u prosjeku do 77% volumena korijena, 96% korijenovih vrhova te smanjenje duljine korijena i do 97% (Štete od sitnih glodavaca na stabljici i korijenu hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) Marko Vucelja 1, Josip Margaletić 1, Linda Bjedov2, Mario Šango2, Maja Moro 3, Šumarski list, 5–6 (2014): 283–291). Mnoge vrste veliku količinu sjemena odnose u svoja podzemna skrovišta, kako bi si pouspjehili prezimljavanje. Redukciju glodavaca opravdano je vršiti, ako je njihova relativna brojnost (iskazuje se kao omjer ulovljenih jediniki u odnosu na ukupan broj postavljenih klopi, u postotcima) između 20% i 30%, a nužno ako je iznad 30%.

Osim u šumarstvu, problemi s glodavcima su pristupni i u poljoprivredi. Primjer ozbiljnog štetnika u poljoprivredi je poljska voluharica (*Microtus arvalis*), koja sa brojnošću od 100 - 500 jediniki/ha čini štete, a u slučajevima gdje dolazi do masovne pojave (2000 jediniki/ha), uništava cijele usjeve.



Slika 3. Štete od volharica na kori i korijenu (izvor: Bjedov i dr. 2017)

Sitni glodavci su brojnim drugim životinjama glavni izvor hrane i utječu na njihovu brojnost. Neke od vrsta koje su predatori su lasice (*Mustela* spp.), kune (*Martes* spp.), lisica (*Vulpes vulpes* L.), tvor (*Mustela putorius* L.), sove (*Strigidae* spp.), škanjac mišar (*Buteo buteo* L.) i drugi. Sitni glodavci zbog sposobnosti brze adaptacije i reakcije na promjene, mogu poslužiti kao indikator promjena u okolišu (primjerice onih antropogeno uzorkovanih). Dodatno glodavci pozitivno utječu na mikroklimu listinca i gornjih slojeva tla, prozračivanje i humifikaciju tla, te oni sami služe kao predatori štetnih kukaca.

5. Određivanje brojnosti populacije sitnih glodavaca

Kako bismo uspješno mogli gospodariti sa šumskim ekosustavima, time i učinkovito kontrolirati populacije sitnih glodavaca, prije provedbe jedne ili više zaštitarskih metoda, potrebno je utvrditi brojno stanje štetnika tj. provesti monitoring. Ciljevi monitoringa jesu utvrđivanje sastava populacije glodavaca tj. prisutnih vrsta, njihove dinamike, prostorne disperzije i sl. Apsolutna brojnost se definira kao broj jedinki vrste po jedinici površine, dok se relativna brojnost prikazuje kao omjer ulovljenih jedinki u odnosu na ukupan broj postavljenih klopki izražen u postocima. Metode koje koristimo u šumarstvu se mogu podijeliti na dvije metode, indirektna i direktna metoda. Te dvije metode se razlikuju po tome što se indirektna metoda odnosi na brojanje aktivnih rupa ili postavljanje mamaca, te nam ne daju informacije o brojnosti štetnika, već uglavnom o njegovoj prisutnosti, ali zahtijevaju manje radne snage i vremena. Direktna metoda se odnosi na aktivan izlov. Primjena mrtvolovki je učestalija u praksi, zbog jednostavnijeg i lakšeg rukovanja i obrade ulovljenih jedinki. Živolov zahtijeva veći oprez tijekom rukovanja sa životinjama, da ne dođe do ugriza životinje. Izlov je moguće poduzeti na lovnoj površini (mreži točaka) ili na lovne linije (transektu). Lovna površina može se sastojati od pet redova, sa ima 10 ili 20 mrtvolovki u redu. Razmak između redova može biti 6 (10) metara a između mrtvolovki preporuča se razmak od dva metra. Lovna linija ili transekt obično se postavlja kroz pomladnu površinu. Mrtvolovke prate liniju s razmakom od dva metra. Preporuča se postavljanje najmanje 50 zamki. Preporučljivo je također da izlov traje dvije lovne noći. Kontrola zamki poduzima se 24 i 48 sati nakon postavljanja. U slučajevima kada relativna brojnost glodavaca iznosi manje od 20%, u osnovi nema veće potrebe za poduzimanjem mjera zaštite, nadalje kada je u rasponima od 20 do 30%, moguće je poduzimanje mjera zaštite, a kada je ona iznad 30% mjere zaštite su obavezne.

5.1 Kontrola populacija sitnih glodavaca i metode zaštite

Od početka 80-ih godina šumarstvu Hrvatske u najvećoj su mjeri korišteni rodenticidi u cilju redukcije brojnosti sitnih glodavaca. Postojanje sustava prevencije šteta od glodavaca, kao alternative primjeni rodenticida, dobiva sve više na značenju sukladno brojnim međunarodnim konvencijama i rezolucijama očuvanja bioraznolikosti kojih je Republika Hrvatska potpisnica. Sukladno restrikcijama primjene pesticida kojima podliježe tvrtka Hrvatske šume d.o.o. kao nositeljica FSC certifikata, tvrtka je u više navrata posljednjih godina tražila izuzeće od zabrane primjene rodenticida za sredstva koje sadrže aktivne tvari bromadiolon (2007.-2011.), difenakum (2012.-2016.) te od kraja 2017. g. i cink fosfid (Pelz 2003). Problemi ovakvoga načina redukcije brojnosti glodavaca su potencijalni sporedni negativni učinci na druge neciljane životinje te na okoliš. Prije primjene rodenticida moramo poznavati na kojim površinama nam se pojavljuju štetnici, kako bi se učinkovitije primjenio rodenticid. Rodenticidi se koriste zbog svoje relativno jednostavne primjene, zbog mogućnosti primjene na velikim površinama i učinkovitosti. Problem ove metode jest njena neselektivnost, koja se ogleda u stradavanju neciljanih vrsta. Dodatni problem čini i potencijalna pojava rezistentnosti i potreba za sve otrovnijim rodenticidima. Isto

tako, zbog velikog potencijala razmnožavanja, glodavci su često u mogućnosti brze obnove brojnosti populacije na istu razinu kao i prije uporabe rodenticida.

Druga skupina metoda uključuje primjenu svjetlosti, zvukova ili elektromagnetskih valova, kako bismo otjerali glodavce s naših površina. Te se metode zovu fizikalne. Svjetlost kao metoda koristi se tako što se osvjetljavaju područja kojom se kreću glodavci tijekom noći. Kod metoda uporabe zvuka koriste se frekvencije koje smetaju i iritiraju glodavce. Isto tako se mogu koristiti zvukovi koji oponašaju ptice grabljivce, predatore glodavaca. Elektromagneti valovi su novija metoda kojoj su potrebna istraživanja kako bi se dokazala učinkovitom i primjenjivom.

Biološke metode, kojima je glavni cilj i svrha održavanje biološke ravnoteže kroz uspostavljene odnose plijena i predatora, naslanja se na potencijal kojeg imaju prirodni predatori u smanjenju brojnosti glodavaca na nekom području. Kako bismo s velikim postotkom uspjeha zaštitili šume od negativnog utjecaja glodavaca a time i zaštitili i druge vrste i okoliš, potrebno je koristiti načela integrirane zaštite od štetnike, koja koriste sva raspoloživa sredstva i metode s ciljem zaštite.

Načela integrirani zaštite obuhvaćaju: Identifikaciju štetnog organizma, identifikaciju i praćenje brojnosti štetnika poznavanje kritičnog broja pri kojoj organizam postaje štetnik, provođenje mjera preventivne zaštite te prema potrebi korištenje represivnih mjera.

6. Metode zaštite

Podjela metoda zaštite od glodavaca, kao i kratka pojašnjenja navedenih metoda, prikazani u nastavku teksta, prikazani u nastavku teksta, odgovaraju izvoru Kataranovski i Kataranovski (2021).

1) Preventivne mjere

- ❖ Agrotehničke mjere
- ❖ Tehnološko-kontrolne mjere
- ❖ Sanitarno-higijenske mjere
- ❖ Građevinsko-tehničke mjere
- ❖ Ultrazvučni i elektromagnetni valovi
- ❖ Repelenti

2) Direktne mjere

- ❖ Mehaničko-fizičke metode
- ❖ Kemijske mjere (rodenticidi)
- ❖ Korištenje vode
- ❖ Zaštitni zidovi
- ❖ Mehaničke zamke
- ❖ Upotreba ljepljivih materijala

3) Biološke metode

- ❖ Sisavci predatori kao prirodni neprijatelji glodavaca
- ❖ Ptice kao predatori glodavaca
- ❖ Mikrobiološka metoda
- ❖ Biološka zaštita od glodavaca primjenom parazita
- ❖ Biološka zaštita od glodavaca primjenom nematode *Calodium hepaticum*
- ❖ Biološka zaštita od glodavaca protozooom *Trypanosoma evansi*
- ❖ Biološka zaštita od glodavaca protozooom *Sarcocystis singaporensis*
- ❖ Biološka zaštita od glodavaca primjenom imunokontracepcije

Preventivne mjere

Preventivne mjere moguće je primijeniti na otvorenim i javnim poljoprivrednim površinama, u šumskim zajednicama, na deponijima smeća, u objektima prehrambene industrije. Preventivne mjere rijetko se primjenjuju kao samostalne, a većim dijelom predstavljaju sastavni i nerazdvojni dio deratizacijskog procesa.

Agrotehničke mjere

Agrotehničke mjere imaju veliki značaj naročito u indirektnom suzbijanju miševa i voluharica na otvorenim poljoprivrednim površinama i rasadnicima, a sastoje se primjeni dubokog oranja, prekopavanja i usitnjavanja zemljišta, paljenju strništa i korovskih biljaka. Procesima oranja, okopavanja i zagrtanja štetni glodavci se uznemiravaju, njihova podzemna skrovišta, skladišta s hranom i sistemi hodnika se ugrožavaju.

Tehnološko-kontrolne mjere

Tehnološko kontrolne mjere odnose se na tehnologiju smještaja i kontrolu sirovina, proizvoda u skladištima, žitnicama, ostavama itd. Na spomenutim mjestima za skladištenje moraju prevladavati određeni higijenski uvjeti koji bi onemogućili štetnim glodavcima mogućnost dužeg boravka i njihovo naseljavanje i razmnožavanje.

Sanitarno-higijenske mjere

Sanitarno-higijenske mjere su značaje u borbi protiv štetnih glodavaca. Izbor sanitarno-higijenskih mjera ovisi o vrsti i namjeni objekta u kojima se primjenjuju i sve se one svode na postupke kojima se stvaraju nepovoljni uvjeti za postojanje populacije štetnih glodavaca.*

Građevinsko-tehničke mjere

Građevinsko-tehničke mjere imaju značajnu ulogu u borbi protiv populacije sitnih glodavaca. Idealno rješenje za zaštitu od sitnih glodavaca bila bi prepreka koja bi onemogućavala ulazak sitnim glodavcima u objekte koje želimo zaštititi u obliku nepropusne barijere.

Ultrazvučni i elektromagnetni valovi

Ultrazvučni valovi predstavljaju zvukove koji je iznad granica sluha čovjeka, ali utječe na ponašanje sitnih glodavaca. Ultrazvučni valovi koji uspiju direktno utjecati na sitne glodavce u većini slučajeva dovode do njihove smrtnosti. Elektromagnetni valovi utječu na sitne glodavce tako da oni bježe iz područja valova i u nekim slučajevima prestaju konzumirati hranu.

Repelenti

Repelenti su sredstva koja imaju odbijajuća sredstva za pripadnike određenih životinjskih vrsta, počevši od insekata pa do ptica i sisavaca. Za sad je poznato 15 prirodnih i 60 sintetičkih preparata sa odbijajućim svojstvima.

Direktne mjere zaštite

Mehaničko-fizičke metode

Ove metode se mogu koristiti na ograničenim prostorima ili u objektima infestiranim malim brojem životinja ili u slučajevima gdje je zabranjeno korištenje kemijskih preparata. Jedna od prednosti ovih metoda je što su bezopasne za čovjeka.

Korištenje vode

Metoda korištenja vode svodi se tako što se voda nalijeva u aktivne rupe sitnih glodavaca, u prvom redu hrčka i vjeverica i na taj način se glodavci tjeraju iz svojih podzemnih hodnika što omogućava njihov olakšani ulov.

Zaštitni zidovi

Postavljanje zaštitnih zidova oko važnih objekata i zemljišnih parcela, se koriste kao preventivna ili direktna mjera u suzbijanju populacije sitnih glodavaca. Ove prepreke se mogu raditi od betona, ali često se izgrađuju bez uporabe betona.

Mehaničke zamke

Mehaničke zamke (mrtvolovke i živolovke) mogu se prema njihovoj primjeni podijeliti na one jednokratne i višekratne. Postoji veliki broj različitih zamki koje se upotrebljavaju za hvatanje sitnih glodavaca. Posebna pažnja se treba posvetiti pri izboru mamca.

Upotreba ljepljivih materijala

Ljepljivi materijali su u posljednjim godinama pronašli širu primjenu kao sredstvo u primjeni mehaničko-fizičkih metoda zaštite od sitnih glodavaca. Međutim, postoje mišljenja da korištenje ljepljivih materijala je jedan od najnehumanijih metoda koje se primjenjuju u zaštiti od sitnih glodavaca.

Biološke metode zaštite

Biološke metode zaštite od sitnih glodavaca predstavljaju pristupe čija primjena sprječava rast populacije sitnih glodavaca i uključuje predatore, parazite i različite druge uzročnike bolesti. Generalno biološke metode zaštite su neškodljive za životnu sredinu, alternativa su upotrebi konvencionalnih agensa za kontrolu štetnih sitnih glodavaca. Metoda se zasniva na interakciji između organizama (predatorstvu, parazitizmu, antagonizmu, patogenosti) primjenom supstanci bio kontrole kao što su makro ili mikroorganizmi, prirodne supstance dobivene iz živih organizama ili mineralnih preparata.

Sisavci predatori kao prirodni neprijatelji sitnih glodavaca

Među sisavcima posebno izraženu sklonost prema hvatanja mišolikih glodavaca u cilju zadovoljena potreba za hranom imaju lisica, vuk, lasica, kuna zlatica, tvor, divlja i domaća mačka, ris i donekle mungos. Jedan od problema uporabe predatora kao mjere biološke metode je u tome što je vrijeme reprodukcije predatora obično duže nego vrijeme reprodukcije sitnih glodavaca, pa je brojnost predatora često nedovoljna da kontrolira brzo rastuću populaciju sitnih glodavaca.

Ptice kao predatori sitnih glodavaca

Brojnost sitnih glodavaca u prirodi reguliraju i pojedine vrste ptica. U prehrani noćnih grabljivica (red Strigiformes), dnevnih grabljivica (red Falconiformes), predstavnici porodice Lanidae i porodice Corvidae, sitni glodavci zauzimaju značajan dio u njihovoj prehrani. Međutim, postoje podaci koji ukazuju na to da predatori ne dovode do značajnog smanjenja broja sitnih glodavaca. Možemo zaključiti da populacije sitnih glodavaca u prirodni neprestano kontroliraju njihovi prirodni neprijatelji, ali oni ipak nisu u mogućnosti da u većoj mjeri smanje brojnost prenamnoženih sitnih glodavaca.

Mikrobiološka metoda

Mikrobiološka metoda jedna je od pokušaja suzbijanja štetnih sitnih glodavaca, primjenom mikroorganizama, točnije- korištenjem određenih vrsta bakterija. Ova metoda zasniva se na pogrešnim zarazama štetnih sitnih glodavaca specifičnim patogenim bakterijama koje kod ovih životinja izazivaju tifus. Ovisno o kojim vrstama bakterije i sitnih glodavaca se radi, ova metoda ovisi o tim elementima isto kao i njezin postotak uspješnosti.

Biološka zaštita primjenom parazita

Paraziti imaju nepovoljni utjecaj na stanje, sposobnost i pripremljenost organizma domaćina. Djelotvornost odnosa parazita i domaćina ukazuje na regulacijsku ulogu parazita u populacijskoj dinamici domaćina. Eksperimentalna istraživanja na žutogrlom mišu i parazitu *Heligmosmoides polygyrus* ukazalo se smanjenje populacije žutogrlom miša za 10%.

Biološka zaštita pomoću nemaotde *Calodium hepaticum*

Nematoda *Calodium hepaticum* je korištena kao biološka metoda kontrole populacije kućnog miša u Australiji. Eksperimentalna istraživanja na ograničenim područjima u poluprirodnim uvjetima su pokazala da infekcija ostaje 18 mjeseci u populaciji kućnog miša, međutim ispitivanja u prirodnim uvjetima su pokazala da nematoda nema toliki utjecaj na populacije kućnog miša.

Biološka metoda primjenom protzoom *Trypanosoma evansi*

Krvni parazit protozoa *Trypanosoma evansi* je pokazala obećavajući potencijal u kontroli brojnosti populacije štakora i miševa. Međutim, utjecaj na populacijskoj razini nije bio dovoljan da bi omogućio efikasnu primjenu ove metode.

Biološka metoda primjenom protozoom *Sarcocystis singaporensis*

Osim biološke kontrole sitnih glodavaca čiji je cilj smanjenje brojnosti populacije do postizanja niske gustoće jedinki na duži period paraziti su korišteni i kao biološki rodenticidi. U pojedinim područjima Tajlanda testirana je primjena kombinacije smrtonosnih i približno smrtonosnih doza *S. singaporensis* i približno smrtonosnih koncentracija antikoagulantnih rodenticida. Na osnovu dobrih rezultata, ovaj pristup je predložen za primjenu.

Biološka metoda zaštite primjenom imunokontracepcije

Kontrola sitnih glodavaca trenutno se oslanja na povećanje mortaliteta ovih životinja. Smrtonosne metode često se koriste neefikasno, tj. zakašnjelo kad su populacije glodavaca već postigle velike razine. Drugi važan faktor je visoki reproduktivni potencijal sitnih glodavaca i sposobnost migracije. Kontrola fertiliteta ima potencijal da pokrije neke od nedostataka klasičnih metoda kontrole. U suštini kontrola fertiliteta se preporučuje kao bolja kontrola strategije od klasičnih metoda.

7. Zaključak

Iz ovoga rada zaključujemo da su sitni glodavci činitelji velikih šteta, ne samo u šumarstvu nego i poljoprivredi, ali su i dalje neizostavni dio šumskih ekosustava sa pozitivnim ulogama. Ipak veći naglasak je na štetama koje im se pripisuju i za koje su oni zaslužni. Sitni glodavci često oštećuju šumsko sjeme i mlade biljke, što otežava prirodnu obnovu i održivo gospodarenje šumom. To smanjuje kvalitetu šume i općekorisne funkcije šuma. Za nas šumarske stručnjake važno je zaštititi prirodnu strukturu šume i omogućiti prirodnu obnovu i raznolikost. Da bismo to učinili, moramo kontrolirati brojnost populacije glodavaca i poduzeti mjere zaštite kada je to potrebno. Još uvijek koristimo rodenticide za suzbijanje sitnih glodavaca, ali bolju njihovu primjenu možemo ostvariti ako pratimo populaciju glodavaca i koliku štetu uzrokuju.

Utvrđeno je da integrirani pristup, koji uključuje kombinaciju bioloških, kemijskih i fizičkih metoda, može biti najučinkovitiji u suzbijanju štetnih glodavaca, dok istovremeno minimizira negativne utjecaje na okoliš. Na temelju ovog rada možemo zaključiti da postoji veliki potencijal za primjenu principa ekološke zaštite od sitnih glodavaca u šumama Republike Hrvatske.*

Uvođenjem integriranog pristupa koji promovira biološku kontrolu štetnika, očuvanje prirodnih predatora i stvaranje uravnoteženih ekosustava značajno bi smanjilo negativne učinke sitnih glodavaca na šumske ekosustave. Međutim, kako bi se ovi ciljevi ostvarili, potrebno je ulaganje u istraživanje, obrazovanje i svjesnost javnosti o važnosti ekološke zaštite. Održivo upravljanje šumama, suradnja između stručnjaka iz područja ekologije, šumarstva i poljoprivrede te potpora vladinih institucija ključni su čimbenici za uspješnu primjenu ekoloških principa u zaštiti od sitnih glodavaca u šumama Republike Hrvatske.

8. Literatura

1. Bjedov, L., Vucelja, M., Margaletić, J., 2017: Priručnik o glodavcima šuma Hrvatske. Zagreb: Hrvatski šumarski institut.
2. Buckle, A.P., 1994: Rodent control methods: chemical. In: Buckle, A.P. and Smith, R.H., ed., Rodent pests and their control. Wallingford, UK, CAB International, 127–160.
3. Chitty, D., 1938: A laboratory study of pellet formation in the short-eared owl (*Asio flammeus*). Proceedings of the Zoological Society of London Series A, 108, 267–287.
4. Chitty, D., 1960: Population processes in the vole and their relevance to general theory. Canadian Journal of Zoology, 38, 99–113.
5. Chitty, D., 1996: Do lemmings commit suicide? Beautiful hypotheses and ugly facts. New York, Oxford University Press.
6. Christian, J.J., 1950: The adreno-pituitary system and population cycles in mammals. Journal of Mammalogy, 31, 247–259.
7. Davis, D.E., 1987: Early behavioral research on populations. American Zoologist, 27, 825–837.
8. Errington, P.L., 1946: Predation and vertebrate populations. Quarterly Review of Biology, 21, 144–177, 221–245.
9. Johnson, R.A., Prescott, C.V., 1994: The laboratory evaluation of rodenticides. In: Buckle, A.P. and Smith, R.H., ed., Rodent pests and their control. Wallingford, UK, CAB International, 161–179.
10. Jones, C.G., Ostfeld, R.S., Richard, M.P., Schaubert, E.M., Wolff, J.O., 1998: Chain reactions linking acorns to gypsy moth outbreaks and Lyme disease risk. Science, 279, 1023–1026.
11. Kataranovski, D., Kataranovski M., 2021: Štetni glodari: biologija, epizootologija, ekologija i kontrola brojnosti.
12. Kay, B.J., Twigg, L.E., Korn, T.J., Nicol, H.I., 1994: The use of artificial perches to increase predation on house mice (*Mus domesticus*) by raptors. Wildlife Research, 21, 95–106.
13. Korpimäki, E., Norrdahl, K., 1998: Experimental reduction of predators reverses the crash phase of small-rodent cycles. Ecology, 79, 2448–2455.
14. Krebs, C.J., Keller, B.L., Tamarin, R.H., 1969: Microtus population biology: demographic changes in fluctuating populations of *M. ochrogaster* and *M. pennsylvanicus* in southern Indiana. Ecology, 50, 587–607.
15. Krebs, C.J., 1994: Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. New York, Harper Collins.

16. Krebs, C.J., 1995: Two paradigms of population regulation. *Wildlife Research*, 22, 1–10.
17. Krebs, C.J., Chitty, D., Singleton, G.R., Boonstra, R., 1995: Can changes in social behaviour help to explain house mouse plagues in Australia? *Oikos*, 73, 429–434.
18. Krebs, C.J., 1996: Population cycles revisited. *Journal of Mammalogy*, 77, 8–24.
19. Krebs, C. J.: Current Paradigms of Rodent Population Dynamics—What Are We Missing? U: G. R. Singleton, L. A. Hinds, H. Leirs, Z. Zhang (Ed.): Ecologically-based management of rodent pests, 1999., ACIAR Monograph No. 59, 494p.
20. Lebreton, J.-D., Clobert, J., 1991: Bird population dynamics, management, and conservation: the role of mathematical modelling. In: Perrins, C.M., Lebreton, J.-D. and Hiron, G., ed., *Bird population studies: relevance to conservation and management*. Oxford, Oxford University Press, 105–125.
21. Lidicker, W.Z.J., 1973: Regulation of numbers in an island population of the California vole, a problem in community dynamics. *Ecological Monographs*, 43, 271–302.
22. Lidicker, W.A.J., 1988: Solving the enigma of microtine “cycles”. *Journal of Mammalogy*, 69, 225–235.
23. Nicholson, A.J., 1933: The balance of animal populations. *Journal of Animal Ecology*, 2, 132–178.
24. Ostfeld, R.S., 1994: The fence effect reconsidered. *Oikos*, 70, 340–348.
25. Ostfeld, R.S., 1997: The ecology of Lyme-disease risk. *American Scientist*, 85, 338–346.
26. Singleton, G.R., Brown, P.R., 1999: Management of mouse plagues in Australia: integration of population ecology, biocontrol and best farm practice. In: Cowan, D.P. and Feare, C.J., ed., *Advances in vertebrate pest management*. Zoological Library Vol. 7.
27. Singleton, G., Hinds, L., Leirs, H., Zhang, Z.: Ecologically-based Management of Rodent Pests—Re-evaluating Our Approach to an Old Problem. G.R. Singleton, L.A. Hinds, H. Leirs, Z. Zhang (Ed.): Ecologically-based management of rodent pests, 1999., ACIAR Monograph No. 59, 494p.
28. Smith, R.F., van den Bosch, R., 1967: Integrated control. In: Kilgore, W.W and Doult, R.T., ed., *Pest control: biological, physical, and selected chemical methods*. New York, Academic Press, 295–340.
29. Stenseth, N.C., 1981: How to control pest species: application of models from the theory of island biogeography in formulating pest control strategies. *Journal of Applied Ecology*, 18, 773–794.

30. Surendra, K. D.: The New Integrated Pest Management Paradigm for the Modern Age. *Journal of Integrated Pest Management*, Volume 10, Issue 1, 2019, 12, <https://doi.org/10.1093/jipm/pmz010>
31. Thomas, P.A., Room, P.M., 1986: Taxonomy and control of *Salvinia molesta*. *Nature*, 320, 581–584.
32. Thompson, W.R., 1929: On natural control. *Parasitology*, 21, 269–281.
33. Uvarov, B.P., 1931: Insects and climate. *Transactions of the Entomological Society of London*, 79, 1–247.
34. Pelz, H.J., 2003: Current approaches towards environmentally benign prevention of vole damage in Europe. Grant, R., Singleton, Lyn, A., Hinds, Charles, J., Krebs, Dave, M., Spratt, 2003: Rats, mice and people: rodent biology and management. *ACIAR Monograph No. 96*, 564.
35. Vucelja, M., Margaletić, J., Bjedov, L., Šango, M., Moro, M.: Štete od sitnih glodavaca na stabljici i korijenu hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.), *Šumarski list*, 5-6 (2014): 283-291.
36. Vucelja, M., Margaletić, J., Bjedov, L.: Šumski glodavci kao rezervoari zoonoza i mjere zaštite. *DDD i ZUPP, Trajna edukacija*, 2023.
37. Vucelja, M., 2013: Zaštita od glodavaca (Rodentia, Murinae, Arvicolinae) u šumama hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) – integrirani pristup i zoonotički aspekt. *Doktorski rad*. Zagreb: Šumarski fakultet sveučilišta u Zagrebu, str. 177-202.