HRVATSKI ŠUMARSKI INSTITUT | CROATIAN FOREST RESEARCH INSTITUTE

Stručno mišljenje o opasnosti gradacije potkornjaka na Marjanu nakon vjetroloma 8. srpnja 2025. sa prijedlogom mjera i rokovima za suzbijanje

Jastrebarsko, srpanj 2025.

Preambula

Stručno mišljenje o opasnosti gradacije potkornjaka na Marjanu nakon vjetroloma 8. srpnja 2025. sa prijedlogom mjera i rokovima za suzbijanje

Naručitelj: **Grad Split**
Obala kneza Branimira 17
21000 Split

Usluga: Stručno mišljenje o potkornjacima na alepskom boru

Temeljem: Narudžbenice S-25/01000, Klasa: 406-01/25-01/1106, Ur. broj: 2181-1-09-3/5-25-2, Datum narudžbe: 25. srpnja 2025

Izvođač:

Hrvatski šumarski institut
Cvjetno naselje 41
10450 Jastrebarsko

Dr.sc. Milan Pernek, ovlašteni inženjer šumarstva

_____

SADRŽAJ

Uvod	3
Dosadašnja saznanja o potkornjacima na Marjanu	4
Otpornost alepskog bora na vjetrolome i tipologija lomova	8
Populacijska dinamika potkornjaka	10
Čimbenici koji utječu na populacijsku dinamiku potkornjaka	12
Vrste i značaj potkornjaka na Marjanu	15
Procjena rizika od gradacije potkornjaka	20
Uspostava monitoringa i praćenje populacije	23
Preventivne mjere i rokovi njihove provedbe	25
Literatura	28
Sažetak	*31*

Uvod

Dana 8. srpnja 2025. godine park-šumu Marjan pogodilo je izrazito snažno olujno nevrijeme, popraćeno jakim udarima vjetra, koji su u kratkom vremenu prelomili ili izvalili velik broj stabala alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.) (Slika 1). Na nekim stablima došlo je do puknuća u krošnji, druga su prelomljena u sredini debla, dok su neka izvaljena s korijenom. Na pojedinim dijelovima šume drvna masa je potpuno uništena. Procjena količine pogođenog materijala i zahvaćena površina još je u tijeku, te zasada tih podataka nema. Zbog velike količine nakupljenog drvnog materijala, njegovo uklanjanje u kratkom roku nije izvedivo, no s obzirom na potencijalnu opasnost od razvoja populacije potkornjaka, važno je da se pogodan materijal uništi ili ukloni iz šume u razumnom roku.

Cilj ovog stručnog mišljenja jest pružiti uvid u rizik od pojave i razvoja gradacije potkornjaka te predložiti konkretne mjere i vremenski okvir njihove provedbe kako bi se spriječile daljnje štete. Provedena je preliminarna procjena strukture lomova alepskog bora, analizirano aktualno stanje populacije potkornjaka, prikazane su prisutne vrste i njihova razina agresivnosti, te su predložene preventivne mjere i način uspostave sustava praćenja (monitoringa) u nadolazećem razdoblju.

Slika 1. Detalj posljedica vjetroloma na Marjanu (lokacija Bene)

Dosadašnja saznanja o potkornjacima na Marjanu i aktualno stanje

Šuma alepskog bora na Marjanu nikada nije bila namijenjena komercijalnoj sječi niti prodaji drvnih sortimenata. Njezina primarna funkcija je zaštitna – protuerozijska, hidrološka i vodozaštitna. Riječ je o umjetno podignutom nasadu koji je pod snažnim antropogenim utjecajem i ima izražene općekorisne funkcije – prvenstveno ekološke, društvene i rekreacijske.

Iznenadan porast populacije mediteranskog potkornjaka (*Orthotomicus erosus* Wollaston) zabilježen je u razdoblju od 2018. do 2021. godine. Tijekom tog razdoblja, potkornjak se transformirao iz sekundarnog u primarnog štetnika, što je dovelo do sušenja velikog broja stabala i propadanja otprilike 30 % šume. U obalnom pojasu Hrvatske prevladavaju šume alepskog bora, koje najčešće čine monokulture – sastojine koje zbog svojih karakteristika nisu optimalne u pogledu iskorištavanja svjetla i vode, te ne omogućuju razvoj sinergijskih odnosa među organizmima. Zbog toga su izrazito osjetljive na vanjske utjecaje.

Istraživanja ukazuju na ključan utjecaj klimatskih promjena na razvoj populacije potkornjaka, uz jasna odstupanja klimatskih uvjeta od prosjeka i pomak prema toplijem, sušnijem (aridnijem) klimatskom režimu (Pernek i sur., 2019). Takvi promijenjeni uvjeti znatno utječu na bionomiju kukaca – njihovo preživljavanje, razmnožavanje, brojnost generacija (voltinizam) i prostorno širenje (Battisti i Larson, 2016).

Mediteranski potkornjak, koji se prethodno u mediteranskom dijelu Hrvatske nije smatrao značajnim štetnikom, već vrstom koja napada isključivo oslabljena stabla, postao je ključan problem u šumama alepskog bora, osobito na Marjanu. Naglo nakupljanje drvnog materijala u kratkom vremenu dovelo je do eksplozivnog rasta populacije i ulaska u progradacijsku fazu koja je trajala nekoliko godina.

Prva znanstvena istraživanja tog, dotad u našem području slabo poznatog štetnika, započela su upravo u Park-šumi Marjan 2017. godine. Tada nije bilo dostupnih podataka o biologiji, ekologiji ni dinamici razvoja ove vrste u lokalnim uvjetima, što je otvorilo brojna pitanja. Rezultati istraživanja koji su ukazivali na problem gradacije potkornjaka doveli su do donošenja Akcijskog plana za suzbijanje mediteranskog potkornjaka, koji se i danas koristi kao smjernica, ne samo na Marjanu nego i u čitavom hrvatskom šumarstvu, kada je riječ o primorskim vrstama borova.

Uzroci početnog sušenja šume alepskog bora identificirani su još 2017. godine kao posljedica niza nepovoljnih čimbenika, poput klimatskih promjena, ekstremnih suša i sekundarnih napada potkornjaka. U takvim uvjetima potkornjak prelazi prag štetnosti, postaje primarni štetnik, a populacija ulazi u fazu progradacije – intenzivnog porasta brojnosti, što dovodi do napada i na zdrava stabla, te propadanja šume. Prvi dokumentirani masovniji napad mediteranskog potkornjaka u Hrvatskoj zabilježen je upravo na Marjanu (Pernek i sur., 2019). Gradacije se bilježe duž jadranske obale, od Makarske do Zadra, gotovo na svim pripadajućim otocima.

Zbog širenja zaraze na Marjanu, 2019. godine je donesena mjera „Izravne opasnosti od nastanka elementarne nepogode uzrokovane pojavom uništenja drvenaste vegetacije na području gradskih kotareva Meje, Varoš i Spinut – lokalitet Park-šuma Marjan Grada Splita“, koja je ukinuta 2021. godine kada je zabilježen značajan pad populacije potkornjaka i njihov prelazak u latentnu fazu, koja traje do danas.

S obzirom na činjenicu da je prethodna gradacija započela upravo zbog nakupljanja pogodnog materijala, postoji opravdana bojazan da bi se sličan scenarij mogao ponoviti i nakon aktualnog vjetroloma. **Velika količina drvne mase na tlu izrazito je atraktivna za potkornjake, a bez pravovremene sanacije gotovo je sigurno da će doći do njihova prenamnoženja, što bi moglo rezultirati napadima i na potpuno zdrava stabla.**

Početkom 2025. godine provedena procjena zdravstvenog stanja šume alepskog bora (Pernek, 2025). Zaključeno je da je, tri godine nakon završetka gradacije mediteranskog potkornjaka, zdravstveno stanje šume stabilno. Na terenu su uočena tek pojedinačna suha stabla te lokalizirani lomovi grana ili krošanja, a nova žarišta (npr. skupine crvenih, sušećih krošanja) nisu zabilježena. Mali broj zaraženih stabala smatra se normalnim, s obzirom na to da potkornjaci, kao sekundarni štetnici, naseljavaju već oslabjela stabla.

Potkornjak na Marjanu trenutno je u latentnoj fazi, a njegova je prisutnost potvrđena postavljanjem lovnih stabala na lokalitetu Bene u proljeće 2025. godine (Slika 2a). Tom su prilikom oborena dva stabla alepskog bora te postavljene dvije sekcije duljine oko 1,5 m, ukopane u tlo do dubine od oko 50 cm (Slika 2b), s ciljem praćenja prisutnosti i drugih vrsta potkornjaka (npr. *Hylurgus ligniperda* Fab.). Sva su stabla i sekcije vrlo brzo bila napadnuta, što jasno ukazuje na prisutnost i visoku reaktivnost populacije štetnika. Već u svibnju, stablo je bilo u cijelosti zaraženo, a na kori su bile vidljive karakteristične nakupine crvenosmeđe piljevine (Slika 2c). Od rušenja stabla do razvoja nove generacije pod korom (Slika 2d) prošlo

je manje od dva mjeseca, pri čemu treba istaknuti da se proljetna generacija razvija sporije, dok se tijekom ljeta ciklus znatno ubrzava.

Slika 2. a) Postavljanje lovnog stabla alepskog bora na Marjanu 12.3.2025.; **b)** Ukopavanje lovnog stabla 12.3.2025.; **c)** Piljevina od potkornjaka na kori lovnog stabla 6.5.2025.; **d)** Hodnički sustav mediteranskog potkornjaka ispod kore lovnog stabla 6.5.2025.

Otpornost alepskog bora na vjetrolome i tipologija lomova

Tijekom zime 2024./2025. godine na Marjanu se dogodio manji vjetrolom, nakon čega je provedena procjena stanja zaraze potkornjacima. Rezultati su pokazali zadovoljavajuće stanje populacije potkornjaka (Pernek, 2025). Međutim, vjetrolom koji je uslijedio u srpnju prouzročio je znatno veće nakupljanje pogodne drvne mase, što predstavlja ozbiljan rizik za ponovnu pojavu gradacije.

Alepski bor kao vrsta pokazuje nisku otpornost na olujne vjetrove, što predstavlja izazov za dugoročnu održivost šume, osobito u kontekstu sve učestalijih i intenzivnijih vremenskih nepogoda (IPCC, 2023). Ove pojave izravno su povezane s globalnim zatopljenjem, koje povećava udio vlage u atmosferi, mijenja energetsku dinamiku i pridonosi snažnijim oborinama i vjetrovima (Hoegh-Guldberg i sur., 2022.; IPCC, 2023). Primjerice, tijekom 2023. godine u Hrvatskoj su olujna nevremena (nevrikeme „derecho“) uništila više milijuna kubika drvne mase, najviše u gospodarski iznimno važnim šumama Spačve. Uz porast globalne temperature, sve su češći i uvjeti za nastanak uragana i drugih konvektivnih sustava (Pendergrass, 2020).

Otpornost alepskog bora na ovakve jake vjetrove vrlo je niska, a razlozi za to su višestruki:

1. **Plitko zakorjenjivanje** – Izvaljena stabla često pokazuju izrazito slab razvoj korijenovog sustava. Vidljivo je vrlo malo zadebljalog korijenja s nosivom, statičkom funkcijom (Slika 3a).
2. **Rašljavost** – Česta pojava tzv. V-rašlji, gdje grane izlaze iz debla pod oštrim kutem, bez čvrstog srastanja. Takva mjesta često postaju žarišta truleži, zbog čega su podložna pucanju (Slika 3b).
3. **Centralna trulež** – U središtu debla često se razvija trulež koju uzrokuje gljiva *Phellinus pini*. Plodišta ove gljive česta su pojava, a njihova prisutnost znatno povećava rizik od loma (Slike 3c i 3d).

Uz to, drvo alepskog bora krtije je u usporedbi s drugim vrstama drveća. Kod snažnih udara vjetra dolazi do naglog loma strukture, osobito na već oslabjelim mjestima.

U preliminarnom istraživanju strukture lomova pregledano je 73 stabla. Kod trećine stabala nije bilo vidljivih unutarnjih ili vanjskih oštećenja, pa se pretpostavlja da je lom nastao isključivo zbog jakog vjetra. Kod preostalih dviju trećina stabala uzrok loma bila su neka od

prethodno opisanih strukturnih oštećenja karakterističnih za alepski bor: 26 % stabala puknulo je u području V-rašlji, 23 % na mjestima izražene centralne truleži, gdje su zabilježena plodišta *Ph. pini*, dok je 18 % stabala bilo izvaljeno, što ukazuje na statički slab korijenov sustav.

Slika 3. a) Tanjurasti, plitki korijen i posljedična izvala; **b)** Puknuće na V-rašlji; **c)** Puknuće zbog centralne truleži sa plodištima gljive *Phellinus pini*; **d)** Centralna trulež na presjeku debla.

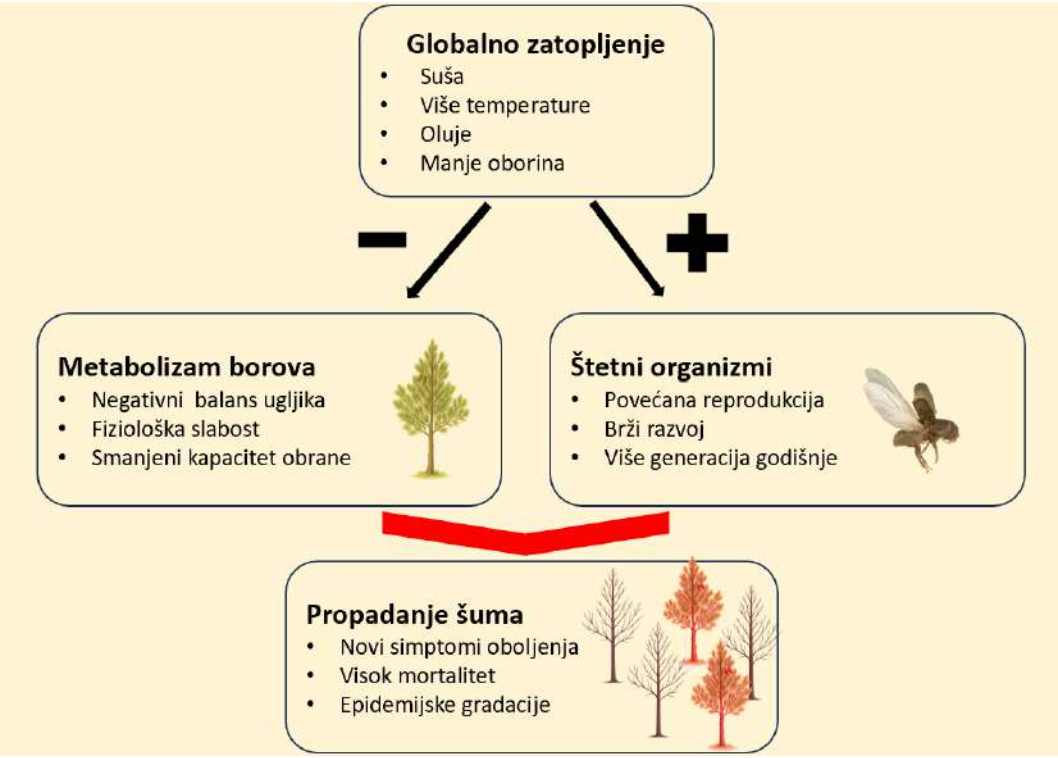
Populacijska dinamika potkornjaka

Potkornjaci su, s obzirom na prehrambene navike, monofagni ili oligofagni organizmi, što znači da pojedina vrsta predstavlja opasnost isključivo za određenu vrstu ili skupinu biljaka domaćina. Primjerice, potkornjaci koji napadaju borove specijalizirani su upravo za vrste iz roda *Pinus*. Općenito, potkornjaci koji se razvijaju na četinjačama poznati su kao posebno opasni organizmi jer mogu izazvati velike štete u šumskim ekosustavima i znatno smanjiti biološku raznolikost – ponekad i s katastrofalnim posljedicama (Benz i sur., 2009). Zbog toga se danas smatraju jednim od najvažnijih uzroka propadanja četinjača u svijetu.

Visoka stopa mortaliteta stabala koje uzrokuju potkornjaci izravno utječe na strukturu šuma, što se – kao u slučaju Marjana – negativno odražava na njihove osnovne funkcije. Iako u svijetu postoji više od 7.500 vrsta potkornjaka, samo ih je mali broj sposoban napasti vitalna, zdrava stabla te predstavljati ozbiljnu prijetnju šumskim sastojinama. Posebno su opasne one vrste koje mogu nadvladati prirodne obrambene mehanizme stabala, najčešće uz pomoć mikroorganizama s kojima žive u simbiozi (Human i sur., 2017). Takvi mikroorganizmi – poput gljiva plavila (red *Ophiostomatales*) – ubrzavaju slabljenje tkiva, čineći stablo podložnijim napadu. Njihova prisutnost na Marjanu potvrđena je i u novijim istraživanjima (Kovač i sur., 2022).

Populacija potkornjaka u prirodi prolazi kroz cikluse porasta i pada, što se kvantificira tzv. koeficijentom rasta (R) – omjerom između stope izlijeganja (eklodiranja) i stope smrtnosti. Taj se koeficijent stalno mijenja, a eksponencijalni rast populacije u pravilu prestaje kada se dosegne tzv. ekvilibrij (ravnotežno stanje populacije). Usporavanje rasta može nastupiti zbog iscrpljenja resursa (kompeticija unutar populacije) ili zbog porasta brojnosti prirodnih neprijatelja.

Klimatske promjene kroz sušu, učestale i intenzivne oluje pozitivno djeluju na potkornjake, jer stvaraju pogodnu masu za njihov razvoj. Istovremeno smanjuju otpornost stabla domaćina (alepski bor). Takva nepovoljna situacija u određenim uvjetima može dovesti do propadanja šume (Slika 4).



Slika 4. Djelovanje globalnog zatopljenja na stabla domaćina i potkornjake

Čimbenici koji utječu na populacijsku dinamiku potkornjaka

Ključni čimbenici koji određuju dinamiku populacije potkornjaka:

- klimatske promjene
- biološki potencijal vrste
- otpornost domaćina (npr. borova)

Klimatske promjene

Klimatske promjene izravno utječu na kukce, koji su poikilotermni organizmi – njihova tjelesna temperatura i metaboličke aktivnosti ovise o temperaturi okoliša. Promjena klimatskih uvjeta utječe na njihovu bionomiju, uključujući:

- stopu preživljavanja,
- razmnožavanje,
- brojnost generacija godišnje (voltinizam),
- prostorno širenje.

Posljedice takvih promjena, ovisno o dodatnim ekološkim čimbenicima, mogu biti ozbiljne, uključujući razorne štete koje prethodno nisu bile zabilježene u pojedinim ekosustavima (Carnicer i sur., 2011).

U kontekstu Marjana, nakupljanje velike količine pogodnog drvnog materijala uslijed vjetroloma predstavlja izravan rizik. Ako se materijal ne ukloni pravovremeno, vrlo je izgledno da će doći do masovnog ubušivanja potkornjaka. Budući da su stabla uslijed fizičkog oštećenja izgubila svoj primarni obrambeni mehanizam – smoljenje – potkornjaci se mogu razvijati uz minimalan mortalitet.

U takvim uvjetima populacija reagira funkcionalno – dolazi do povećane plodnosti (fekunditeta), više stope preživljavanja i bržeg razvoja generacija. Klimatske promjene dodatno produljuju vegetacijsku sezonu, što omogućuje razvoj većeg broja generacija godišnje, povećavajući rizik od gradacije (eksplozivnog porasta brojnosti).

Važno je istaknuti da je ležeći materijal na tlu potkornjacima značajno privlačniji od zdravih stojećih stabala. Stoga, u nedostatku pravovremene i sustavne sanacije, gotovo je sigurno da će doći do intenzivnog naseljavanja, s mogućim katastrofalnim posljedicama za zdravu šumu.

Otpornost borova

Savladavanje obrambenih mehanizama živih stabala borova predstavlja izazov za potkornjake, osobito kada populacija još nije dosegnula kritičnu brojnost. U početnim fazama populacijskog rasta, potkornjaci će uvijek birati fiziološki oslabljena stabla, budući da su ona najpodatniji domaćini. Zdrava stabla, naime, pri svakom pokušaju ubušivanja reagiraju obilnim lučenjem smole, koja djeluje toksično na kukce i predstavlja fizičku prepreku njihovom prodoru u floemski sloj.

Stoga je važno naglasiti da napad na zdrava stabla nastupa tek kada je populacija potkornjaka dovoljno velika, odnosno kada je broj pokušaja ubušivanja toliko visok da nadilazi sposobnost stabla da održava smolnu obranu (Paine i sur., 1997). Taj kritični prag ovisi o mnogim čimbenicima koji utječu na otpornost pojedinog stabla, uključujući:

- genetsku konstituciju,
- prethodna fizička oštećenja (vjetrolomi, mehaničke ozljede),
- stresne uvjete (npr. suša, požar),
- starost i vitalnost stabla.

S rastom populacije, sav pogodan materijal na tlu brzo se kolonizira, čime se pritisak naseljavanja preusmjerava na stojeća, još uvijek vitalna stabla. Pionirski potkornjaci koji prvi napadaju zdrava stabla često stradavaju uslijed smolne obrane, ali time izazivaju intenzivnije smoljenje, koje dodatno iscrpljuje fiziološku kondiciju stabla.

U konačnici, otpor stabla biva slomljen, osobito uz prisutnost gljiva plavila koje potkornjaci prenose i koje dodatno oslabljuju tkivo. U takvoj situaciji prirodni neprijatelji (predatori i parazitoidi) ne mogu dovoljno brzo reagirati i ograničiti brojnost potkornjaka, što rezultira masovnim sušenjem zdravih stojećih stabala. Takvi scenariji zahtijevaju nove pristupe u sanaciji, često povezane s iznimno visokim financijskim troškovima.

Biološki potencijal potkornjaka

Potkornjaci imaju izrazito visok biološki potencijal za rast populacije, što im omogućuje da u povoljnim uvjetima u vrlo kratkom vremenu pređu iz faze latencije u fazu gradacije. Ključni elementi tog potencijala uključuju:

- visok reproduktivni kapacitet (velik broj jaja po ženki),
- kratki razvojni ciklusi, osobito pri višim temperaturama,
- sposobnost kolonizacije širokog raspona oslabjelog materijala,
- simbioza s mikroorganizmima koji olakšavaju slamanje obrane stabla.

U kombinaciji s klimatskim promjenama koje produžuju vegetacijsku sezonu i omogućuju razvoj više generacija godišnje (multivoltinizam), potkornjaci postaju ekološki vrlo uspješan, ali i opasan organizam, sposoban izazvati nagle, masovne poremećaje u šumskim ekosustavima.

Vrste i značaj potkornjaka na Marjanu

Potkornjaci, kao potporodica pipa, u svijetu broje oko 7.500 vrsta (Wood, 1982, Bright 1993) i igraju važnu ekološku ulogu pri izdvajanju slabih stabala i dekompoziciji drveta te tako doprinose ravnoteži i kruženju hranjiva u ekosustavu.

Na području Mediterana postoji 42 vrste potkornjaka na četinjačama svrstane u 3 grupe:

i) Endemične vrste (npr. *Phloesinus acatayi*, *Pityophthorus pinsapo*, *Orthothomicus tridenatus*)

ii) Široko rasprostranjena vrsta na Mediteranu (npr. *Tomicus destruens*)

iii) Široko rasprostranjena vrsta, nalazi se osim na Mediteranu i u srednjoj i istočnoj Europi (npr. *Hylurgus* spp., *Hylastes* spp., *Orthothomicus erosus*)

Na alepskom boru zabilježeno je 11 vrsta potkornjaka: *Carphoborus pini, Crypturgus cribrellus, Crypturgus numidicus, Hylastes attenatus, Hylastes linearis, Hylurgus ligniperda, Hylurgus miklitzi, Pityophthorus pubescens, Orthotomicus erosus, Pityogenes calcaratus, Tomicus destruens*. Najznalčajnija vrsta je *O. erosus* koji je već uzrokovao velike štete na Marjanu. Biotički potencijal vrste *O. erosus* leži u činjenici da mogu razviti 2-7 generacija ovisno o temperaturi (Mendel 1988) te su dosada opisane tri ili četiri generacije u Tunisu i Južnoafričkoj Republici i tri do pet generacija u Izraelu gdje su imaga aktivni od ožujka do listopada. Dok je *P. carcaratus* prateća vrsta *O. erosus*, treća važna vrsta *T. destruens* se pojavljuje lokalno ponekad u većim populacijama međutim ima 1-2 generaciju godišnje te nema takav potencijal kao *O. erosus*. Vrste potkornjaka koji napadaju alepski bor mogu se klasificirati sukladno njihovoj agresivnosti, odnosno tendenciji da koloniziraju zdrava stabla ili već fiziološki oslabljela ili već mrtva stabla (Tablica 1).

Tablica 1. Potkornjaci na alepskom boru i njihova agresivnost i opasnost za šumu

Kategorija agresivnosti	Vrsta potkornjaka	Sposobnost stvaranja gradacija	Tolerantnost na otpor stabla	Sposobnost da ubija zdrava stabla
Agresivna	*Orthotomicus erosus*	Velika	Visoka	Da
Fakultativno agresivna	*Pityogenes calcaratus* *Tomicus destruens*	Velika	Srednja	Da
Neagresivna	*Carphoborus pini* *Crypturgus cribrellus* *Crypturgus umidicus* *Hylastes attenatus* *Hylastes linearis* *Hylurgus ligniperda* *Hylurgus miklitz,* *Pityophthorus pubescens*	Mala	Mala	Ne

Agresivna vrsta

Orthotomicus erosus je kornjaš crvenkasto smeđe boje, dužine 2,7 – 3,5 mm. Njegovi hodnici se nalaze u živom dijelu kore. Ličinke su apodne, bijele boje i dužine oko 2,7 do 3,5 mm, a izgled se ne mijenja kako rastu. Jajašca su bijele boje, dijelom prozirna, dužine oko 1 mm. Prirodno je rasprostranjen na području središnje Azije, Bliskog istoka, Europe i Kine. Premda je rasprostranjen po čitavoj Europi štete je do sada radio samo u vrlo toplim, mediteranskim predjelima. Na području Francuske, Maroka i Turske ustanovljene su dvije generacije, tri/četiri u Južnoafričkoj Republici i Tunisu te tri do pet generacija u Izraelu gdje su imaga aktivna od ožujka do listopada. Kukac se pojavio i u SAD-u. Iako su u prijašnjim istraživanja utvrđene tri generacije (Spaić, 1964), novija pokazuju kako se radi o 5-6 generacija (Pernek i sur. 2019). Razlog tome su promjene u stanišnim uvjetima uslijed klimatskih promjena.

Na područjima gdje je prirodno rasprostranjen, mediteranski potkornjak radi štete na raznim vrstama borova (*Pinus* spp.), a pronađen je i na smreci (*Picea* spp.), jeli (*Abies* spp.), čempresu (*Cupressus* spp.) i cedru (*Cedrus* spp.). Od alohtonih vrsta domaćin mu je duglazija

(*Pseudotsuga* spp.). Imaga su snažni letači, sposobni prijeći područje od nekoliko kilometara u potrazi za pogodnim domaćinom. Najčešće napadaju stabla koja su već fiziološki oslabila. Na području svog prirodnog rasprostranjenja ubrajaju se u sekundarne štetnike, a za razmnožavanje im osobito pogoduju sušna razdoblja.

Mužjak najprije kolonizira stablo i stvara bračnu komoru koju potom nastanjuju, obično dvije ženke. Jasan simptom ubušivanja je crvenosmeđa piljevina na kori stabla ili ležećeg drveta. Ženke polažu od 26 do 75 jajašaca, po jedno u svoju nišu, od kuda se razvijaju larvalni hodnici u živom dijelu kore (floem). Nakon što ličinke izađu iz jajeta hrane se floemom i zajedno sa bračnom komoricom i materinskim hodnicima stvaraju specifičan, prepoznatljiv uzorak. U vrijeme kada su ličinke spremne za kukuljenje buše hodnike prema kori, osobito ako je floem deblji. Kada se razviju, odrasle jedinke izlaze iz stabala ostavljajući za sobom malene okrugle izlazne bušotine promjera oko 1,6 mm. Mlade odrasle jedinke mogu ponovno kolonizirati ista stabla ili prelaziti na druga.

Ova vrsta u Europi ima najviše dvije generacije godišnje, a s obzirom na klimatske promjene na Mediteranu, moguće su **dvije do sedam generacija** (Mendel 1988), kao što je slučaj u toplijim dijelovima. Prema podacima IPP-a Hrvatskog šumarskog instituta u 2018. godini bilježi se barem 5 generacija, što je potvrđeno i istraživanjima feromonskih klopki u 2019. godini (Pernek 2018, Pernek i sur. 2019).

Fakultativno agresivne vrste

Pityogenes calcaratus je sitan potkornjak smeđe do tamnosmeđe boje, dužine 1,6 – 2,5 mm. Hodnici ove vrste nalaze se ispod kore, najčešće u donjem dijelu stabla. Ličinke su apodne, bijele boje, dužine oko 2 mm, bez promjene izgleda kroz razvoj. Jajašca su također bijela, djelomično prozirna, veličine oko 0,8 – 1 mm.

Prirodno je rasprostranjen širom Europe, dijelovima Azije te u sjevernoj Africi. Uglavnom se pojavljuje u brdsko-planinskim područjima, ali može se naći i u nizinskim borovim sastojinama. Ova vrsta najčešće ima jednu do dvije generacije godišnje, ovisno o klimatskim uvjetima, dok u toplijim regijama može imati i tri.

Pityogenes calcaratus napada prvenstveno borove vrste (*Pinus* spp.), gdje kolonizira slabija i mehanički oštećena stabla, kao i ostatke drvne mase nakon sječe. Rijetko se javlja na zdravim

stablima. Let imaga obično počinje u proljeće, čim temperature pređu 15 °C. Odrasli kukci su sposobni letjeti kraće udaljenosti u potrazi za pogodnim domaćinom.

Mužjak prvi dolazi na stablo i formira bračnu komoru, u koju dolaze 1–3 ženke. Nakon oplodnje ženke polažu do 30 jajašaca u bočne niše. Larve se razvijaju u floemu, a završetkom razvoja probijaju hodnike prema van kako bi se kukuljile u kori. Odrasle jedinke izlaze kroz karakteristične izlazne otvore promjera oko 1 mm. U povoljnim uvjetima, nova generacija može napasti isto stablo ili preći na drugo u blizini.

U prirodnim staništima smatra se sekundarnim štetnikom, no u slučaju velike brojnosti i prisutnosti stresa (suša, sječa, vjetroizvale), može uzrokovati značajnije štete, osobito u mladim kulturama i plantažama bora.

Tomicus destruens je tamnosmeđi do crni potkornjak, dužine 3 – 4,2 mm, sa blago sjajnim pokriljem. Hodnici se nalaze ispod kore, ali odrasle jedinke u početku razvoja napadaju pupove i mladice na krošnjama. Ličinke su bijele, apodne, dužine 3 – 4 mm, bez značajne promjene oblika tijekom razvoja. Jajašca su bijela, prozirna, veličine oko 1 mm.

Prirodno je rasprostranjen u mediteranskom području – južna Europa, sjeverna Afrika, Bliski istok i dijelovi Azije. U Mediteranu je vrlo čest, s dvije do tri generacije godišnje. U iznimno toplim i sušnim godinama može razviti i četvrtu generaciju.

Vrsta prvenstveno napada borove (*Pinus* spp.), a najčešće su pogođeni alepski bor (*Pinus halepensis*), primorski bor (*Pinus pinaster*) i crni bor (*Pinus nigra*). Kukac preferira oslabljena stabla, no u uvjetima visoke gustoće populacije može napadati i zdrava stabla. Tijekom ljeta larve se razvijaju u deblu, dok odrasli kukci tijekom jeseni i zime napadaju pupove i terminalne mladice.

Mužjak prvi ulazi ispod kore i stvara bračnu komoru u koju dolazi do dvije ženke. Ženke polažu od 30 do 70 jajašaca u pojedinačne niše uzduž materinskog hodnika. Larve se hrane floemom i razvijaju karakteristične larvalne hodnike koji se šire prema kori. Kukuljenje se odvija u unutarnjem dijelu kore, a mlade odrasle jedinke izlaze kroz izlazne bušotine promjera oko 2,2 mm.

Let odraslih jedinki bilježi se od ranog proljeća do kasne jeseni, a u južnim krajevima i gotovo tijekom cijele godine. U Europi je zabilježeno do dvije generacije godišnje, a klimatske promjene mogu stvoriti uvjete za povećanje broja generacija u budućnosti.

Zbog napada na krošnje i stabla, *Tomicus destruens* može uzrokovati velike štete, osobito u plantažnim šumama, kulturama i urbanim područjima. Smatra se jednim od najvažnijih potkornjaka mediteranskog pojasa.

Neagresivne vrste

Carphoborus pini je vrsta potkornjaka koja napada prvenstveno borove (*Pinus* spp.). Larve se razvijaju ispod kore tankih grana i stabala, praveći karakteristične hodnike. Ova vrsta često napada oslabljena ili oštećena stabla.

Crypturgus cribrellus je sitni potkornjak koji živi u mrtvom ili umirućem drvetu, najčešće četinjačama. Nije poznat kao značajan šumski štetnik, ali može imati ulogu u razgradnji drveta.

Crypturgus umidicus je vrsta koja također pripada manjoj grupi potkornjaka i naseljava vlažna i oslabljena stabla, često na mjestima s visokom vlagom. Nema većeg ekonomskog značaja, ali je dio šumske faune koja sudjeluje u procesu dekompozicije.

Hylastes attenuatus je potkornjak koji napada korijen i bazalni dio debla borova. Larve se razvijaju u korenju, što može prouzrokovati oštećenja kod mladih sadnica i onemogućiti njihov rast.

Hylastes linearis je vrsta koja se često nalazi u blizini korijena, gdje se larve razvijaju. Uglavnom napada oslabljena stabla, ali može biti štetan i za mlade biljke u rasadnicima.

Hylurgus ligniperda je veća vrsta potkornjaka poznata po tome što napada srušena stabla, panjeve i trupce. Može biti vektor gljivica koje uzrokuju truljenje drveta i ima ekonomski značaj u šumarstvu.

Hylurgus miklitzi je malo poznata vrsta. Pretpostavlja se da ima sličan ekološki značaj kao *H. ligniperda*, ali podaci o biologiji i rasprostranjenosti su ograničeni.

Pityophthorus pubescens je vrsta koja napada tanke grane i mlade biljke. Karakteristični su mu sitni hodnici pod korom. Iako obično nije primarni štetnik, može doprinijeti slabljenju drveća.

Procjena rizika od gradacije potkornjaka

Potkornjaci u fazi latence imaju važnu ekološku funkciju – dio su prirodne dinamike šumskog ekosustava i pridonose biološkoj raznolikosti. Međutim, za prijelaz u gradaciju i prelazak u status primarnog štetnika, mora se poklopiti niz povoljnih uvjeta, među kojima je nakupljanje pogodnog materijala najvažniji.

Pogodni materijal i fiziologija stabala

Pogodni materijal za potkornjake prvenstveno se odnosi na floem, odnosno živi dio kore stabla, čija je funkcija provođenje hranjivih tvari u silaznom smjeru. Kada dođe do oštećenja stabla – bilo mehaničkog (vjetrolom, izvala), fiziološkog (stres, bolest) ili uslijed obaranja – funkcija floema prestaje, a njegova kemijska struktura i smanjena vlažnost postaju idealni uvjeti za razvoj potkornjaka.

Potkornjaci pomoću sensila na ticalima detektiraju specifične molekule (kairomone), poput alfa-pinena, koji signaliziraju prisutnost pogodnog materijala. U većini slučajeva takvi se uvjeti javljaju kod kombinacije više stresora – suše, patogenih infekcija, gljivičnih oboljenja iglica i/ili napada drugih štetnika – koji uzrokuju pad fiziološke kondicije stabla. Posljedično, stablo gubi sposobnost aktivnog smoljenja, što ga čini ranjivim na ubušivanje.

Pogodnim materijalom smatra se i polomljeni ili izvaljeni drvni materijal koji nakon vjetroloma ostaje na tlu bez sanacije. U oba slučaja, potkornjaci – zahvaljujući visokom biološkom potencijalu – mogu vrlo brzo započeti gradaciju. Zbog toga je kontinuirani monitoring ključan, uključujući vizualne preglede, uklanjanje pogodnog materijala te praćenje populacije feromonskim klopkama.

Tipologija lomova

Na Marjanu su najčešći lomovi u krošnjama, osobito u području tzv. V-rašlji, koje su kod alepskog bora učestale. Zabilježeni su i lomovi debla, najčešće povezani s prisutnošću centralne truleži uzrokovane gljivom *Phellinus pini*, koja iako ne smanjuje fiziološku kondiciju

stabla, uvelike narušava njegovu statiku. Velik broj stabala je izvaljen, što je posljedica plitkog korijenovog sustava i nedovoljne ukorijenjenosti.

Zbog obimnosti i složenosti šteta, trenutačno je teško precizno klasificirati sve oblike lomova. Detaljnije procjene količine izvaljenog i polomljenog materijala, kao i pogođenih površina, bit će moguće nakon snimanja terena bespilotnim letjelicama (dronovima).

Brza kolonizacija i potencijal za gradaciju

Velika količina materijala sa zdravom korom već u ranim fazama gubitka vitalnosti počinje mijenjati kemijski sastav, čime postaje idealna za razmnožavanje potkornjaka, posebice vrste *O. erosus*, koji je u razdoblju prethodne gradacije uništio gotovo trećinu borova u Park-šumi Marjan.

Samo tjedan dana nakon vjetroloma na terenu su zabilježena svježa ubušivanja. *O. erosus*, kao višegeneracijska vrsta, može u kratkom vremenu razviti snažnu populaciju. To uključuje:

- porast fekunditeta,
- niži mortalitet (zbog oslabljenog smoljenja),
- nedovoljnu reakciju prirodnih neprijatelja,
- i ubrzan prijelaz na napade zdravih stojećih stabala.

Od završetka gradacije 2021. godine (Pernek, 2022), *O. erosus* je bio prisutan u stanju latencije i teško uočljiv. Međutim, postavljanje lovnog stabla u proljeće 2025. pokazalo je vrlo brz odgovor populacije čim je na terenu bila prisutna svježa masa pogodna za kolonizaciju (vidi: Slika).

Utjecaj klimatskih promjena

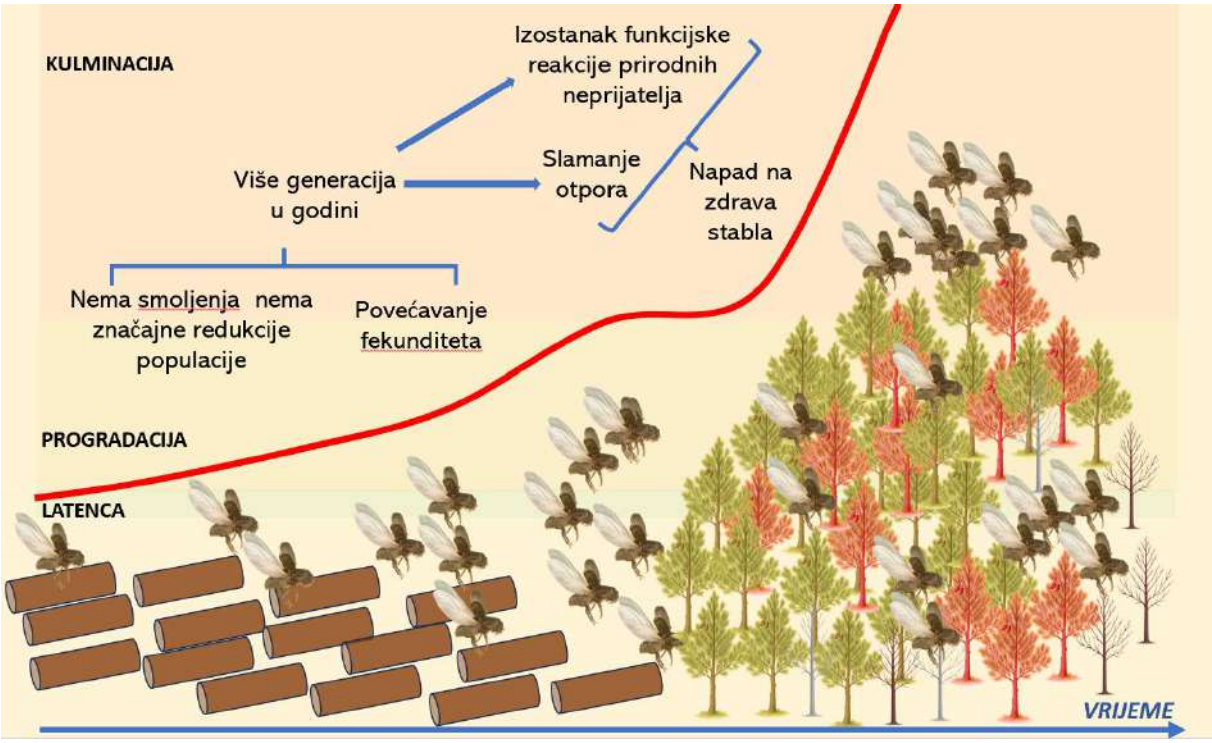
Dosadašnja istraživanja potvrđuju ključnu ulogu klimatskih promjena u razvoju populacije potkornjaka (Pernek i sur., 2019). Prema izvješćima IPCC-a, očekuje se daljnje povećanje učestalosti i intenziteta suša u mediteranskoj regiji te učestalije i intenzivnije oluje (IPCC, 2023). Marjan već pokazuje jasne znakove klimatskog pomaka prema toplijem i sušnijem režimu, što dodatno smanjuje otpornost šume.

U uvjetima visoke gustoće, *O. erosus* može nadvladati prirodnu obranu domaćina. Agregacijski feromoni omogućuju sinkronizirane, masovne napade, pri čemu pionirski kukci

privlače nove jedinke. Sličan mehanizam koristi i *Tomicus destruens*, iako ova vrsta pokazuje manji intenzitet prisutnosti na Marjanu, vjerojatno zbog specifične kemijske privlačnosti rana izazvanih *O. erosus*.

Mehanizmi odabira i slamanja otpora stabla

Potkornjaci pomoću sensila u kutikuli ticala analiziraju kemijski sastav smola. Na temelju udjela pojedinih komponenata mogu prepoznati kairomone (privlačne signale) ili alomone (odbojne tvari), čime vrlo precizno detektiraju fiziološko stanje stabla. Kod stabala loše kondicije, reakcija smoljenja je oslabljena, što omogućuje lakši prodor potkornjaka.
Da bi se srušila obrana stabla, potreban je velik broj sinkroniziranih pokušaja ubušivanja. Mehanizam slamanja otpora nije u potpunosti razjašnjen, ali se pretpostavlja da u njemu sudjeluju i drugi organizmi – poput foretičkih grinja i gljiva plavila (Moser i sur., 2010). Nakon što se obrana stabla slomi, ono se masovno kolonizira sve dok se ne popuni prostorni kapacitet – točke kada više nema mjesta za nova legla, tada se stvaraju uvjeti za retrogradaciju. Primjenom mjera zaštite mogu se ublažiti štete i ubrzati retrogradacija.



Slika 5. Shematski prikaz tijeka napada potkornjaka nakon vjetroloma na Marjanu

Uspostava monitoringa i praćenje populacije

Primjena feromona u zaštiti šuma

Primjena feromona u zaštiti šuma spada u skupinu biotehničkih metoda, koje se temelje na spoznajama iz ekofiziologije i etologije kukaca, odnosno na njihovim reakcijama na fizikalne i kemijske podražaje. Korištenjem sintetski proizvedenih tvari, oponašaju se prirodni kemijski signali (najčešće feromoni), a metode se primjenjuju u različitim izvedbama.

U slučaju potkornjaka, riječ je o agregacijskim feromonima koji privlače i mužjake i ženke. Ovi feromoni signaliziraju da je stablo prikladno za osnivanje legla, stvarajući tzv. agregacijski efekt. Kada se velik broj jedinki ubuši, dolazi do zasićenja stabla, nakon čega potkornjaci započinju emitiranje odbojnog feromona koji preusmjerava nove jedinke na obližnja stabla, čime se formira koncentrično žarište.

Agregacijski feromoni mogu se umjetno sintetizirati i koristiti u svrhu monitoringa ili masovnog ulova. Često se nazivaju i populacijskim feromonima, kako bi se razlikovali od seksualnih feromona koji ciljaju samo jedinke suprotnog spola.

Feromonske klopke koriste se u različitim oblicima, najčešće za praćenje gustoće populacije i dinamike razvoja štetnika. Masovno lovljenje, iako rjeđe, predstavlja iznimku (Aukema i sur., 2000).

U prijašnjim istraživanjima, utvrđeno je da je feromonski pripravak Erosowit® najučinkovitiji za vrstu *Orthotomicus erosus*, s obzirom na viši ulov i bolju selektivnost u odnosu na pripravak Pheroprax®. Također, Theysohn klopke pokazale su se kao najpouzdanije rješenje u operativnoj primjeni (Pernek i sur., 2022).

Ipak, feromonske klopke često privlače i neciljane organizme, uključujući predatore potkornjaka koji koriste njihove feromone kao kairomone. U istraživanjima na Marjanu, zabilježeni su značajni ulovi predatora *Temnoscheila caerulea* (Coleoptera: Trogossitidae) od 2018. godine. Prema Pernek i sur. (2024), modifikacijom klopki broj ulova ove predatorske vrste znatno je smanjen.

Iako se količina ulova može razlikovati među vrstama klopki, one pružaju korisne informacije o populacijskom statusu potkornjaka. Feromonske klopke nisu kurativna metoda, ali ciljano uklanjaju dio populacije, čime se smanjuje broj reproduktivno sposobnih jedinki.

Međutim, važno je napomenuti da pretjerano uklanjanje predatora kroz masovno hvatanje može imati kontraproduktivan učinak – produljiti trajanje gradacije i smanjiti učinkovitost prirodne biološke kontrole. U nekim slučajevima, broj predatora koji se prirodno hrani potkornjacima može imati veći učinak od onog postignutog feromonskim klopkama (Papek i sur. 2024).

Istraživanja su pokazala da modificirane klopke mogu uz isti broj ukupno ulovljenih potkornjaka četverostruko smanjiti udio neciljanih vrsta, a to je statistički značajno (Pernek i sur., 2024). Najveći učinak zabilježen je upravo kod vrste *T. caerulea*, čije se smanjenje ulova pozitivno odražava na prirodnu kontrolu štetnika, jer predatori nastavljaju djelovati u okolišu.

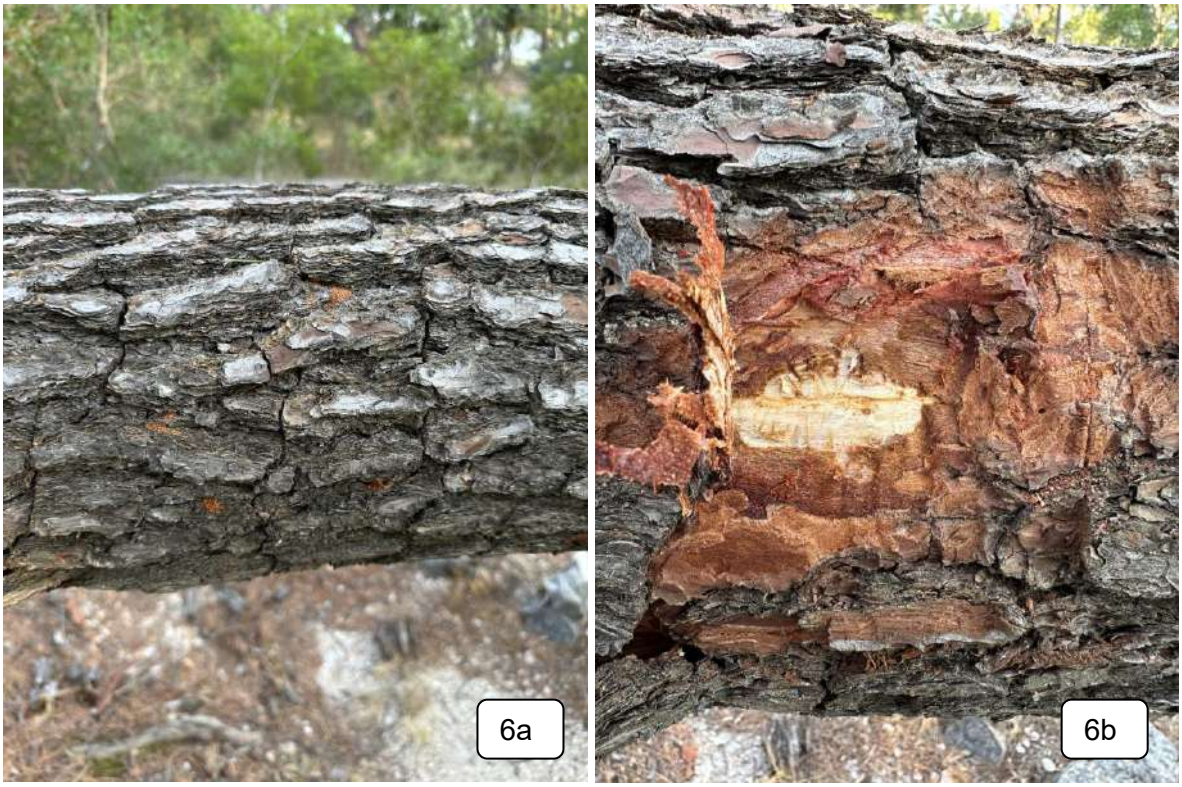
Monitoring feromonskim klopkama – preporuke za provedbu

- *Mikrolokacija*: Klopke trebaju biti postavljene najmanje 20 metara od prvih zdravih borova kako bi se spriječilo preusmjeravanje štetnika na vitalna stabla.
- *Broj klopki*: Preporučuje se postavljanje 20 modificiranih klopki, sukladno preporukama Pernek i sur. (2024), radi očuvanja predatorske faune.
- *Feromonski pripravak*: Preporučuje se Erosowit® (Witasek) kao optimalan izbor za *O. erosus*.
- *Zamjena feromona*: Feromon se zamjenjuje kada je ampula gotovo prazna, odnosno kad dođe do isparavanja. Očekuje se 5–6 zamjena godišnje.
- *Obilazak*: Klopke treba obilaziti svakih 7–10 dana.
- *Sakupljanje uzoraka*: Potkornjaci se skupljaju u posudice s etanolom (70 %). Svaki uzorak mora imati oznaku klopke i datum sakupljanja.
- *Analiza uzoraka*: Uzorci se šalju na Hrvatski šumarski institut na laboratorijsku analizu.
- *Interpretacija podataka*: Podaci se analiziraju kroz ulov ciljane i neciljane entomofaune, a mjesečno se procjenjuje dinamika populacije.

Preventivne mjere i rokovi njihove provedbe

S obzirom na izrazito visok rizik od razvoja nove gradacije potkornjaka, neophodno je pravovremeno uklanjanje nakupljene drvne mase s terena. Ključna mjera iz perspektive suzbijanja populacije potkornjaka jest uklanjanje ili isušivanje kore, tj. floema koji predstavlja osnovni izvor hrane za ličinke i odrasle jedinke. Ako se taj materijal ne ukloni, može doći do porasta brojnosti populacije, a u najgorem scenariju i do eksponencijalnog rasta s posljedičnim napadima na zdrava stabla (Slika 5).

Na terenu su već zabilježena prva ubušivanja, što je očekivano u ovoj fazi, i zasad je riječ o rijetkoj pojavi (Slika 6). Uklanjanje drvne mase iz šume odvijat će se dinamikom koja ovisi o tehnološkim mogućnostima i troškovima izvođenja, no prioritet treba imati masa u najpogodnijem razvojnom stadiju za potkornjake.



Slika 6. Svježa ubušivanja na drvenasti materijal nakon vjetroloma

a) piljevina od ubušivanja **b)** početak formiranja hodničkog sustava pod korom

Lovna stabla

Preporučuje se da se stabla na kojima su zabilježena ubušivanja posebno označe i vode kao lovna stabla. Takva stabla djeluju kao privlačna točka za populaciju potkornjaka i omogućuju lokalizaciju dijela populacije, čime se usporava njezino širenje i dobiva na vremenu za reakciju.

- Svako izvaljeno, prelomljeno ili oboreno stablo može poslužiti kao lovno stablo.
- Potrebno je redovito kontrolirati stanje pod korom – zasjekom se utvrđuje prisutnost i razvojni stadij (jajašca, ličinke, kukuljice, mlade image).
- Lovna stabla ne uklanjaju se dok se ne ispuni prostorni kapacitet pod korom, odnosno dok populacija ne dostigne tzv. "bijeli stadij".
- Nakon toga donosi se odluka o uklanjanju, otkoravanju, spaljivanju ili izmicanju materijala.
-

Monitoring (praćenje populacije)

Preporučuje se žurna uspostava sustava monitoringa pomoću feromonskih klopki. Sustav omogućuje:

- praćenje populacijske dinamike,
- pravodobno donošenje odluka,
- prognostičku procjenu rizika po zdravim stablima.

Praćenje se provodi tjednim očitanjima ulova u klopkama, uz povezano bilježenje mikroklimatskih uvjeta i razvojnih faza potkornjaka na terenu.

Generacijski ciklus i dinamika

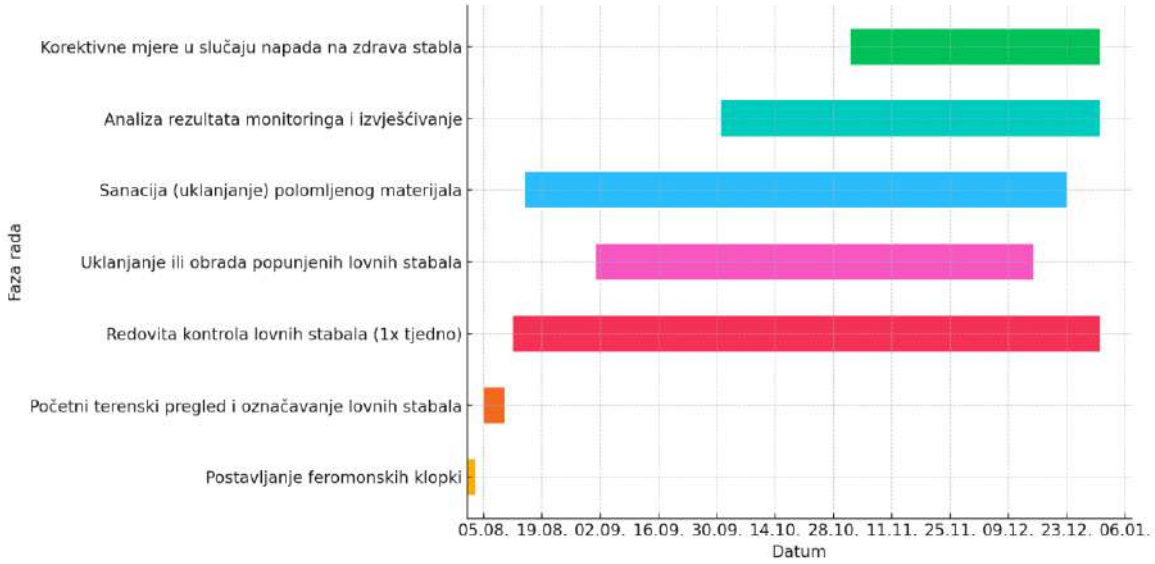
Do kraja godine moguće su najmanje dvije generacije, no u slučaju nastavka toplog i sušnog ljeta, ciklus razvoja može se dodatno ubrzati, a broj generacija povećati – osobito ako zima bude blaga. Stoga je kontrola svake generacije od ključnog značaja, a najbolji alati za to su:

- lovna stabla,
- feromonske klopke,
- vizualni pregled sumnjivih stabala.

Lovna stabla omogućuju usmjeravanje i praćenje dijela populacije na kontroliranom mjestu, što je važno za operativne zahvate i suzbijanje.

Hodogram radova

U nastavku prikazan je hodogram u obliku Ganttovog dijagrama (Slika 7) s okvirnim rokovima i opisom aktivnosti koje je potrebno provesti u sljedećem razdoblju. Hodogram služi kao preliminarni plan radova i podložan je ažuriranju ovisno o razvoju situacije na terenu i meteorološkim uvjetima.



Slika 7. Gantt dijagram: Hodogram radova za prevenciju gradacije potkornjaka

Literatura

Aukema, B.H., Dahlsten, D.L., Raffa, K.F. 2000. Exploiting behavioral disparities among predators and prey to selectively remove pests: maximizing the ratio of bark beetles to predators removed during semiochemically based trap-out. Environ Entomol 29: 651–660

Battisti, A, Larsson, S., 2015. Climate change and insect distribution range in: Climate change and insect pests. Editors, C. Björkman i P. Niemelä. 1-16 .CABI climate change series 7.

Benz, B., Bentz, J.L., MacMahon, J., Allen, C.D., Ayres, M., Berg, E., Carroll, A., Hansen, M. et al. 2009. Climate Change and Bark Beetles of the Western United States and Canada: Direct and Indirect Effects. ark Beetle Symposium; Snowbird, Utah; November, 2005. Salt Lake City, UT: University of Utah Press. Str. 42.

Bright, D. E. 1993. Systematics of bark beetles. In Beetle-pathogen interactions in conifer forests, Ur.: R.D. Schowalter i G. M. Filip, New York: Academic Press. Str. 23-33.

Carnicer J., Coll M., Ninyerola M., Pons X., Sanchez G., Penuelas J., 2011. Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108, 1474–1478.

Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., 2022. Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems. *In* Global Warming of 1.5°C: IPCC Special Report on Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-industrial Levels in Context of Strengthening Response to Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty Ed. C. Intergovernmental Panel on Climate. Cambridge University Press, Cambridge, pp 175–312.

Human, Z.R., Slippers, B., Wilhelm de Beer, Z., Wingfield, M.J., Venter, S.N., 2017. Antifungal actinomycetes associated with the pine bark beetle, *Orthotomicus erosus*, in South Africa. South African Journal of Science, 113 (1-2), 1-7

IPCC, 2023. Climate Change 2023: Synthesis Report. *In* Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee & J. Romero (eds.)], Geneva, Switzerland,pp 35–115.

Kovač, M., Rigling, D., Pernek, M., 2022. Ophiostomatales Associated with Mediterranean Pine Engraver, Orthotomicus erosus (Coleoptera, Curculionidae) in Dalmatia, Croatia. J. Fungi, 8, 788. https://doi.org/10.3390/jof8080788

Mendel, Z., 1988. The biology and ecology of the pine bark beetle *Orthotomicus erosus* (Wollaston) in Israel. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel.

Moser, J.C., Konrad H., Blomquist S.R., Kirisits T., 2010. Do mites phoretic on elm bark beetles contribute to the transmission of Dutch elm disease? Naturwissenschaften, 97, 219–227.

Paine T.D., Raffa K.F., Harrington T.C., 1997. Interactions among scolytid bark beetles, their associated fungi, and live host conifers. Annual Review of Entomology, 42, 179–206.

Papek, E., Derlic, A., Melin, M., Roques, A., Cocos, D., Schroeder, M.L. et al. 2025. Complex population genetic structure of the bark beetle predator *Thanasimus formicarius* (L.) (Coleoptera: Cleridae) across its European range. Agricultural and Forest Entomology, 27(3), 437–451. https://doi.org/10.1111/afe.12677

Pendergrass, A.G., 2020: Changing degree of convective organization as a mechanism for dynamic changes in extremeprecipitation. Current climate change reports **6**, 47–54, https://doi.org/10.1007/s40641-020-00157-9.

Pernek, M., 2018. Sušenje borova u Park šumi Marjan. Hrvatski šumarski institut, 83 str.

Pernek, M., Lacković, N., Lukić; I., Zorić, N., Matošević, D., 2019. Outbreak of *Orthotomicus erosus* (Coleoptera, Curculionidae) on Aleppo Pine in the Mediterranean Region in Croatia. SEEFOR-South-east European forestry, 10 ,1; 19-27.

Pernek, M., Kovač, M. Lacković, N., 2020. Testiranje biološke učinkovitosti feromona i klopki za ulov mediteranskog potkornjaka *Orthotomicus erosus* (Coleoptera, Curculionidae). Šumarski list 7-8: 339-350. https://doi:10.31298/sl.144.7-8.1

Pernek, M. 2022. Akcijski plan sanacije Park šume Marjan (2020.-2022.) 2.1. Određivanje biotičkog potencijala mediteranskog potkornjaka 2.2. Praćenje dinamike populacije i suzbijanje mediteranskog potkornjaka. Hrvatski šumarski institut, str. 55.

Pernek, M., Milas, T., Kovač, M, Lacković, N., Koren, M., Hrašovec, B., 2024. Effective Reduction in Natural Enemy Catches in Pheromone Traps Intended for Monitoring *Orthotomicus erosus* (Coleoptera, Curculionidae). Forests, 15, 1298., https://doi.org/10.3390/f15081298

Pernek, M., 2025. Pregled zdravstvenog stanja agava i savjet za provedbu mjera nakon vjetroloma alepskog bora u Park šumi Marjan. Hrvatski šumarski institut, str. 22.

Pfeffer, A., 1995: Zentral- und westpaläarktische Borken- und Kernkäfer. Naturhistorisches Museum Basel, 309 str., Basel

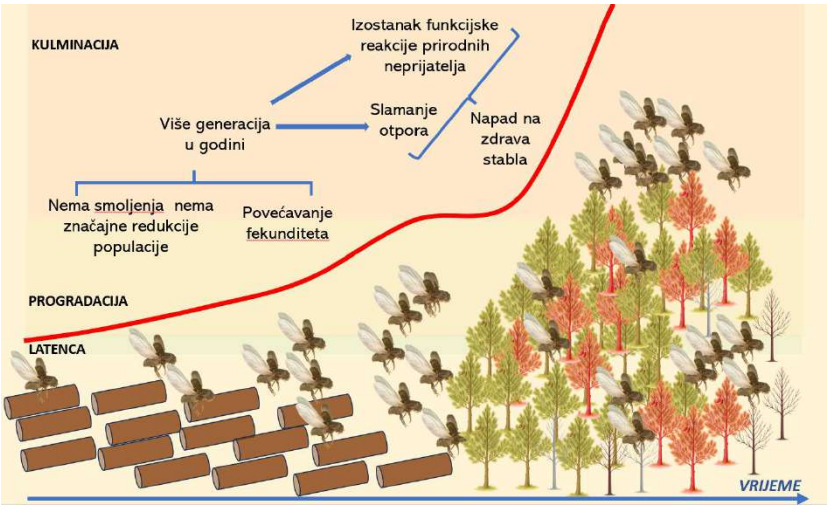
Penuelas, J., 2011. Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108, 1474–1478

Spaić, I., 1964. Eksperimentalno suzbijanje potkornjaka na alepskom boru metodom smoljenja. Šumarski list, 5–6, str. 226–236.

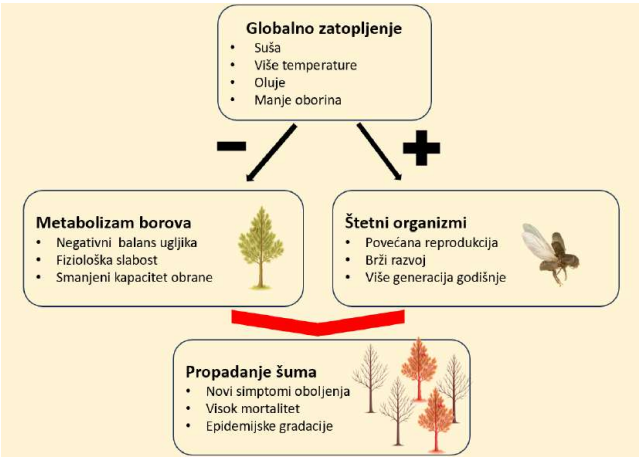
Wood, S.L. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. Great Basin Nat. Mem. 6: 1-1356.

SAŽETAK

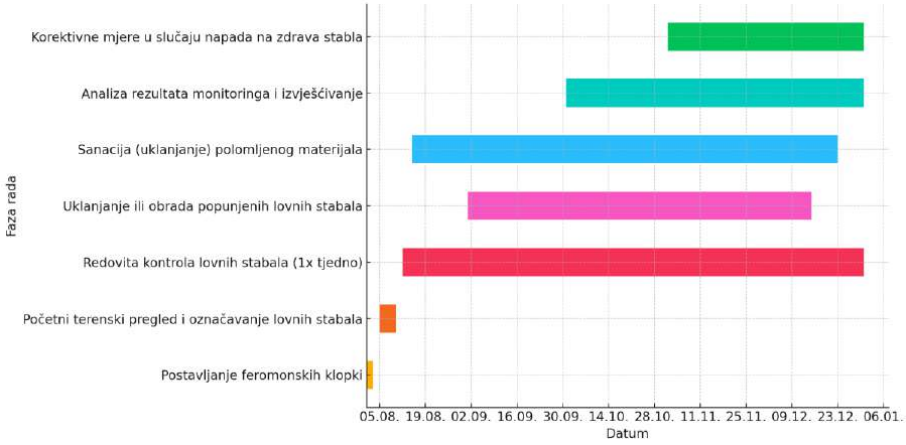
- Četiri godine nakon završetka gradacije mediteranskog potkornjaka (*Orthotomicus erosus*) na području Marjana, zdravstveno stanje šume ocijenjeno je stabilnim. U proljeće 2025. godine na lovnim stablima potvrđena je prisutnost ubušivanja, pri čemu je utvrđeno da se populacija potkornjaka nalazi u fazi latence.
- Aktualno stanje ukazuje na vrlo nisku brojnost populacije potkornjaka, što predstavlja povoljnu početnu poziciju za organizirano i pravovremeno reagiranje nakon vjetroloma.
- Nakon olujnog nevremena koje je zahvatilo područje 8. srpnja 2025. godine, na tlu se nalazi znatna količina oborene drvne mase, čija sanacija nije moguća u kratkom vremenskom okviru.
- Preliminarnom analizom tipologije lomova utvrđeno je da je alepski bor (*Pinus halepensis*) izrazito neprilagođena vrsta u kontekstu olujnih nevremena. Tome doprinosi plitak korijenov sustav, formiranje nepovoljnih V-rašlji te česta prisutnost centralne truleži, uzrokovane gljivom *Phellinus pini*. Lomovi su uočeni na gotovo dvije trećine stabala koja su posjedovala navedene strukturne slabosti.
- Organska masa na tlu predstavlja visoko atraktivno stanište za potkornjake, a njihova prisutnost već je registrirana. U izostanku pravovremene i adekvatne sanacije, vrlo je izvjesno da će doći do prenamnoženja populacije, s potencijalno ozbiljnim posljedicama, uključujući napade i na vitalno zdrava stabla.



- Među jedanaest zabilježenih vrsta potkornjaka, najagresivnijom se pokazala vrsta *Orthotomicus erosus*. Međutim, pažnju treba usmjeriti i na dvije druge potencijalno opasne vrste: *Pityogenes calcaratus* i *Tomicus destruens*.
- Globalno zagrijavanje stvara povoljne uvjete za razvoj potkornjaka, dok istovremeno domaćin– alepski bor – ulazi u sve nepovoljniji fiziološki položaj. Posljedično, povećava se rizik od prenamnoženja potkornjaka i narušavanja šumske stabilnosti.



- **Preventivne mjere koje je nužno provoditi uključuju:**
  - **Pravovremeno uklanjanje oborene i ležeće drvne mase i kore** s terena, budući da predstavljaju primarni izvor zaraze i pogodna mjesta za razvoj potkornjaka,
  - **Primjena feromonskih klopki** u svrhu praćenja dinamike populacije potkornjaka, što omogućuje procjenu stanja i donošenje ciljanih odluka o daljnjim mjerama zaštite,
  - **Postavljanje lovnih stabala** radi manipulacije i usmjeravanja potkornjaka, kao i sustavnog praćenja njihove aktivnosti,
  - **Redovito praćenje hodograma radova**, uz strogo pridržavanje vremenskih rokova za sanaciju i provođenje zaštitnih mjera, kako bi se spriječilo zaostajanje i posljedično povećanje rizika od gradacije.
  - Rok izmicanje pogodnog materijala za potkornjake je kraj 2025. godine, kako bi proljetna generacija bila u nižoj abundanci,
  - U proljeće 2026. prije izlijetanja potkornjaka (krajem ožujka) treba provjeriti stanje i donijeti eventualne dopunske mjere.


Korektivne mjere u slučaju napada na zdrava stabla
Analiza rezultata monitoringa i izvješćivanje
Sanacija (uklanjanje) polomljenog materijala
Uklanjanje ili obrada popunjenih lovnih stabala
Redovita kontrola lovnih stabala (1x tjedno)
Početni terenski pregled i označavanje lovnih stabala
Postavljanje feromonskih klopki
Faza rada
05.08.
19.08.
02.09.
16.09.
30.09.
14.10.
28.10.
11.11.
25.11.
09.12.
23.12.
06.01.
Datum