

Koja je cijena pušenja? – Opasnosti za okoliš

A. Čurić, K. Muzica,* I. Runjak, D. Vasiljević, M. Miloloža i D. Kučić Grgić

Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Trg Marka Marulića 19, 10 000 Zagreb

Ovo djelo je dano na korištenje pod
Creative Commons Attribution 4.0
International License



Sažetak

Konzumiranje duhanskih proizvoda ne predstavlja samo zdravstveni već i važan ekološki problem. U prosjeku je oko 80 % opušaka odbačeno u okoliš. Najveći problem odbačenih opušaka su kemijski spojevi koji su štetni za ljude i okoliš te filtri koji se sporo razgrađuju u prirodi. Klasične cigarete imaju filter napravljen od celuloznog acetata, odnosno polimernog materijala, koji nije biorazgradiv. Celulozni filtri su alternativa polimernim filtrima jer su biorazgradivi, te samim time i manje štetni za okoliš i organizme. Električne cigarete su alternativa klasičnim cigaretama zbog jednostavnijeg sastava i zbog pretpostavke da je to zdravija opcija, a ujedno je izbjegnuto i problem zaostalih opušaka. Odbačene opuške možemo primijetiti u svakodnevnom životu. Pomoću vjetra i oborina transportiraju se s kopna u vodeni okoliš te još dugu godinu otpuštaju štetne kemikalije, a s vremenom potonu na dno. Svrha ovog rada bila je razmotriti štetan učinak odbačenih opušaka na okoliš pomoću testova ekotoksičnosti. Istraženi su radovi koji ispituju ekotoksičnost na morskim i slatkovodnim vrstama u vodenom ekosustavu (bentos, plankton, nekton), kao i na kopnenim organizmima (biljke, beskralješnjaci, kralješnjaci). Istraživanja na vodenim organizmima pokazuju osjetljivost na štetne spojeve koji se nalaze u odbačenim opušcima. Također, odbačeni opušci negativno utječu i na kopneni ekosustav, što je ustanovljeno istraživanjima na mikrobiološkim zajednicama u tlu te biljkama, beskralješnjacima i kralješnjacima. Zaključno, potrebno je informirati pušače o štetnosti odbačenih opušaka u okoliš te ih educirati o pravilnom odlaganju opušaka. Štoviše, problem se može dodatno smanjiti provedbom recikliranja opušaka.

Ključne riječi

Opušak, filter, toksičnost, električne cigarete, testovi ekotoksičnosti

1. Uvod

Duhan je danas jedna od najraširenije rabljenih tvari u svijetu koja izaziva ovisnost. Cigarete efikasno dovode do apsorpcije nikotina u organizam.¹ Nikotin, sastavni dio duhana, pronašao je svoju primjenu i u većem broju insekticida (ponajviše, neonikotinoida diurona), čiju je upotrebu 2009. godine Europska unija zabranila zbog štetnih svojstava. Njegovi tragovi pronađeni su, primjerice, u voću, čajevima te začинима.² Duhan je jedan od vodećih uzročnika raka koji se može spriječiti, a Svjetska zdravstvena organizacija (engl. *World Health Organization*, WHO) procjenjuje da u svijetu postoji 1,27 milijardi korisnika te supstancije.³ Industrija duhana zbog te količine potrošača cvjeta, proizvodeći oko 5,7 bilijuna cigareta godišnje, od čega se dnevno konzumira oko 8,3 milijardi. Sve to dovodi do činjenice da su opušci cigareta najčešći otpad koji se može pronaći u okolišu. Iako su provedena brojna istraživanja koja ukazuju na štetnost pušenja za zdravlje čovjeka, utjecaj nepravilno odbačenih opušaka na okoliš ostao je zanemaren. Opušci su izvor štetnih onečišćujućih tvari u tlu i vodi te imaju dokazano toksično djelovanje na različite organizme. Njihova količina i distribucija kroz okoliš, kao i njihov sastav, čine ih jednim od najvažnijih i iznimno zabrinjavajućih otpada u svijetu.⁴⁻⁶ Plaže, gdje je razvijen turizam, preplavljene su opušcima koji su jednostavno odbačeni na šljunak, pijesak pa čak i u more. Tako odbačeni predstavljaju prijetnju za obalne organizme, ali i za djecu na plažama.^{7,8} Cigareta se sastoji od filtra, papira i duhana, koji može sadržavati razne aditive. Kad cigareta izgori,

zaostaje katran, koji je usko povezan sa štetnim utjecajem na ljudsko zdravlje. Upravo zbog toga uvedeni su filtri, a danas su sve popularniji i alternativni duhanski proizvodi, poput e-cigareta, koji se smatraju kao zdraviji način konzumiranja duhana. Oni, iako smanjuju opasnost za ljudsko zdravlje, ipak pridonose stvaranju novih problema u okolišu.^{1,9} Cigarete u sebi mogu sadržavati sve zaostale toksične spojeve nakon izgaranja duhana i aditiva poput nikotina, ugljikova monoksida, toluena, fenola, teških metala, polikličkih aromatskih ugljikovodika (PAH) i mnogih drugih.⁵ Broj takvih spojeva veći je od 700, a neki od njih klasificirani su i kao karcinogeni. Važno je napomenuti i da se sami filtri proizvode od celuloznog acetata, polimera, koji je iznimno teško biorazgradiv.^{5,8} Svi ti spojevi potencijalno su toksični ili dokazano toksični za organizme s kojima dođu u kontakt zbog čega opušci predstavljaju ekološki rizik. Njihova opasnost u okolišu proizlazi iz činjenice da se u njemu zadržavaju i do 14 godina tijekom kojih dolazi do ispiranja štetnih toksičnih kemikalija u razne vodene i kopnene sustave.¹⁰

U ovom radu bit će prikazani štetni učinci cigareta i opušaka na vodeni i kopneni sustav kroz različite testove ekotoksičnosti.

2. Opušci svuda oko nas

2.1. Izvori opušaka u okolišu

Najzastupljeniji otpad na svijetu su opušci i tu titulu nose još od početka 90-ih godina. Opušci su najčešći oblik

* Autor za dopisivanje: Katarina Muzica
e-pošta: kmuzica@fkit.hr

osobnog otpada, te odbačene opuške možemo primijetiti na svim javnim površinama, od ulica do plaža i vodnih putova (slika 1).¹¹ To možemo pripisati porastu broja stanovništva, čime se posljedično povećava i broj pušača. Godišnje se odbaci oko 4,5 bilijuna opušaka u okoliš, jer oko 76 – 84 % pušača odbacuje opuške u okoliš umjesto njihova odlaganja u kante za otpad.¹¹ Procjena je da će do 2025. godine na svjetskoj razini biti konzumirano devet trilijuna cigareta.⁷ Odbačeni opušci pomoću oborina završavaju u odvodu, te tako dolaze do rijeka i oceana, a iz oceana dospijevaju na plaže.¹² Zbog svoje male mase, opušci se prenose i vjetrom te kad dospiju u vodu, plutaju na površini neko vrijeme prije nego što se natope vodom i potonu, što olakšava njihov transport. U proteklih 27 godina prikupljeno je oko 52 milijuna odbačenih opušaka s plaža i obalnih sredina.⁷ Opušci su mali u odnosu na ostali antropogeni otpad. Međutim, količina odbačenih opušaka svake se godine povećava te predstavlja velik problem za okoliš, jer kemijske komponente opušaka djeluju toksično na okoliš i ljude.¹³

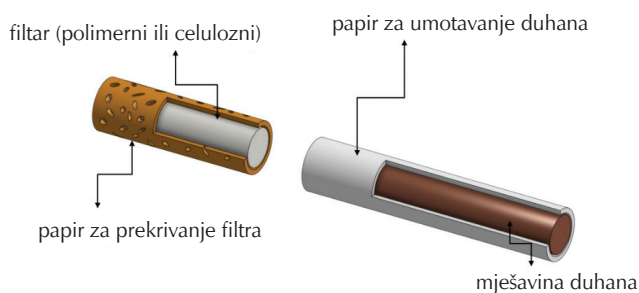


Slika 1 – Načini dospijevanja opušaka u okoliš
Fig. 1 – The ways in which cigarette butts enter the environment

2.2. Sastav cigareta

Cigareta se sastoji od papira i duhana, dok se opušci sastoje od filtra, koji uključuje spaljeni i nespaljeni duhan te pepela i papira (slika 2). Filtri su dodani cigaretama 50-ih godina prošlog stoljeća zbog tadašnjih istraživanja koja su upućivala da pušenje izaziva rak pluća te druge ozbiljne plućne bolesti.⁷ Većina filtara (15 – 35 mm) sastoji se od celuloznog acetata, koji je prisutan u obliku vlakana i to do čak 12 000 vlakana tog materijala po filtru.^{11,14} U cigareta se nalazi preko 5000 spojeva, a najmanje 150 spojeva smatra se toksičnim zbog svojih karcinogenih i mutagenih potencijala. Od 150 spojeva koji su toksični, 44 spoja nalazi se u velikim količinama. Kad se cigareta zapali, prisutne kemikalije stvaraju nove spojeve. Spojevi s najvećim toksičnim potencijalom uglavnom su koncentrirani u ostatku duhana i u filtru.⁷ U dimu cigareta nalazi se do 4000 spojeva od kojih je 3000 spojeva u plinskoj fazi, a 1000 spojeva nalazi se u katranu koji nije u potpunosti izgorio.^{14,15} Odbačeni opušci kombinacija su plastičnog otpada na biljnoj bazi, duhana i toksičnih tvari poput nikotina, formaldehi-

da, teških metala i raznih PAH-ova, koji se zadržavaju u filtru nakon uporabe. Cigarete s okusima sadržavaju u sebi dodatke poput klinčića i različitih začina, no najčešće se upotrebljava 5-metil-2-(propan-2-il)cikloheksan-1-ol, koji se dodaje za aromu u cigaretama s okusom mentola.¹¹ U dimu cigareta nalaze se i teški metali poput kadmija, olova, nikla, kroma i žive.¹⁶ Teški metali najčešće zaostaju u filtru cigareta te se u doticaju s vodom ispiru i dolazi do onečišćenja vode teškim metalima. Osim opasnosti odbačenih opušaka, problem je i pepeo koji nastaje pušenjem cigareta, za koji još nisu poznate posljedice za okoliš.¹⁷ Glavni sastojak duhana je nikotin, koji izaziva ovisnost te negativno utječe na srce, reproduktivni sustav, pluća, bubrege te se smatra karcinogenim.³



Slika 2 – Komponente cigarete
Fig. 2 – Components of a cigarette

2.3. Bio(nel)razgradivost opušaka

2.3.1. Polimerni filtri

Najčešće upotrebljavani filtri u cigaretama su polimerni filtri, odnosno filtri od celuloznog acetata. Celulozni acetat dobiven procesom acetilacije je fotorazgradiv, no ima ograničen potencijal za biorazgradnju. Razgradnja celuloznih filtara je ograničena zbog čvrsto zbijenih vlakana te zbog dodavanja plastifikatora koji se teško razgrađuju u okolišu.⁷ Isprijava su opušci smatrani papirnatim otpadom, međutim zbog celuloznog acetata potrebno je oko 10 godina za njihovu razgradnju, pa se zbog toga ipak smatraju plastičnim otpadom. Polimerni filtri nisu dostupni mikroorganizmima za biološku razgradnju, te se zbog toga akumuliraju u okolišu i u organizmima. U istraživanju razgradnje polimernih filtara pokazalo se da se papir oko filtra lako razgrađuje, dok se plastični dio nije promijenio ni nakon dvije godine razgradnje te nije uočen utjecaj okolišnih uvjeta na proces razgradnje.¹⁸

2.3.2. Celulozni filtri

Da bi se proces razgradnje filtara cigareta ubrzao, uvedeni su filtri od celuloze. Celulozni filtri prihvatljivija su alternativa filtara u odnosu na polimerne filtre. Celulozni filtri sastoje se samo od molekula celuloze te su potpuno biorazgradivi u tlu i vodenom okolišu. Razgradnja celuloznih filtara najbolje se pokazala u kompostu, gdje su kontrolirani uvjeti za optimalnu mikrobiološku aktivnost.¹⁸ Iako se celulozni filtri bolje razgrađuju u okolišu od polimernih, i

dalje imamo kemijske komponente cigareta koje su opasne za okoliš i ljude.

3. Nove generacije duhanskih proizvoda

3.1. E-cigarete

Električne cigarete, e-cigarete, uvedene su na duhansko tržište 2004. godine kao „zdravija“ alternativa pušenja¹⁹ zbog jednostavnijeg sastava i niže temperature zagrijavanja.²⁰ Dolazi do povećanja njihove uporabe s pretpostavkom da je to sigurnija ili zdravija alternativa aktivne uporabe duhanskih proizvoda.¹⁹ Rade na principu zagrijavanja e-tekućine do 350 °C²⁰, pri čemu razgradnjom glicerina i propilen glikola nastaje aerosol koji korisnik udiše. Istraživanja pokazuju da aerosol iz e-cigareta sadrži potencijalno otrovne spojeve, iako najčešće u nižim koncentracijama nego kod konvencionalnog duhanskog dima, ali još uvijek predstavlja prijetnju za zdravlje te se uporaba e-cigareta povezuje s većim brojem plućnih bolesti.²¹ Sastavni dijelovi električne cigarete su spremnik za e-tekućinu, električni grijač i plastična cijev.¹⁹ Dostupni su modeli uređaja sa zamjenjivim ulošcima koji sadrže materijal natopljen e-tekućinom te modeli s komorom za e-tekućinu. Otpad tih proizvoda čine plastične boce koje sadrže ostatke e-tekućine i iskorišteni ulošci.²²

3.2.1. E-tekućine

E-tekućine sadrže mješavinu nikotina, biljnog glicerina, propilen glikola i raznih aroma. Propilen glikol i glicerol su glavne komponente i najčešće se nalaze u omjeru 4 : 1 ili 7 : 3. Umjesto njih tekućine mogu sadržavati i polietilen glikol ili dietilen glikol. Na tržištu su dostupne tekućine različitih okusa i koncentracija nikotina, kao i one bez nikotina. Ostali dopušteni aditivi su konzervansi (npr. etanol, do 5 %) i tvari za reguliranje viskoznosti (voda, etanol). Njihova ekotoksičnost ovisi o prisutnosti različitih aditiva i aroma.²³

3.2. Uređaji za zagrijavanje duhana

Najpoznatiji primjeri uređaja za zagrijavanje duhana (engl. *heat-not-burn tobacco*, HNBT) su IQOS, koji je predstavljen 2014. godine te „glo“ koji je osmišljen 2016. godine. Takvi uređaji rade na principu zagrijavanja duhana pri temperaturama 300 – 350 °C, za razliku od konvencionalnih cigareta kod kojih duhan izgara pri temperaturama 700 – 900 °C. Njihovom upotrebom udiše se dim koji sadrži nikotin i prisutni su štetni sastojci kao što su katran, karbonilni spojevi i nitrozamini, ali u nešto nižim koncentracijama u odnosu na konvencionalne cigarete.²⁰ U novije vrijeme duhanske tvrtke žele promijeniti miris, vidljivost i kvalitetu okusa dima te se broj okusa i aditiva povećava, što može dovesti do nastanka novih vrsta toksičnih tvari. Vlaknasti filtri HNBT uređaja porozne su građe, a kroz njih tijekom pušenja migriraju čestice raspona veličina od nanometarskih do mikrometarskih (maks. 150 μm), kao i kod konvencionalnih cigareta. Izravnim mikroskopskim snimanjem filtara HNBT uređaja dokazan je nastanak anorgan-

skih nanostrukturiranih čestica teških metala koje stvaraju aglomerate prilikom zagrijavanja. Nađene su mikročestice visoko toksičnih metala sastavljene od vanadija, kroma, željeza, nikla, bakra te urana.²⁴ Za razliku od e-tekućina, filtri HNBT uređaja pokazuju visoku ekotoksičnost i moguće je da će postati velik ekološki problem u budućnosti.²²

4. Utjecaj cigareta na okoliš

4.1. Utjecaj opušaka na vodeni sustav

Za vrijeme kišne sezone ili poplava opušci se mogu raširiti u različite dijelove vodenog sustava koji su prirodna staništa mnogih biljnih i životinjskih vrsta.^{11,25} Pronađeno je da su toksični za neke vodene vrste već u koncentracijama od 0,08 do 5 opušaka po litri vode.¹² Štetne tvari koje se akumuliraju u filtru nakon pušenja otapaju se u vodi te imaju štetan utjecaj na organizme koji tamo obitavaju.²⁶ Zadržavanjem opušaka u vodenom okolišu također dolazi do stvaranja mikroplastike kao krhotina polimernog filtra. Mikroplastika, zajedno s potonulim opušcima i otopljenim toksičnim tvarima predstavlja problem za zooplankton, bentoske te slobodno plivajuće vrste i druge vrste koje ih zamjenjuju za hranu, te dolazi do raznih štetnih utjecaja na njihovo zdravlje i bioraznolikost.^{27,28}

4.1.1. Testovi ekotoksičnosti na slatkovodnim organizmima

Dospijevanjem opušaka u vodeni okoliš dolazi do otapanja različitih spojeva koji se smatraju štetnim uglavnom zbog njihovih mutagenih i karcinogenih učinaka. Važni primjeri štetnih učinaka na slatkovodne organizme poput riba, vodenbuha i mikroorganizama su učinci na ponašanje i psihološke odzive, induciranje mutacija, oksidativni stres, povećana smrtnost i brojni drugi. Dobri biološki pokazatelji ekotoksičnosti su slatkovodne mikroalge kod kojih se toksični učinak prati inhibicijom rasta. Primjerice, na slatkovodnu mikroalgu *Raphidocelis subcapitata* opušci nisu negativno djelovali, nego upravo suprotno, biostimulirali su njezin rast.²⁸ *Vibrio fischeri* je gram negativna štapičasta bakterija koja se upotrebljava u testovima ekotoksičnosti i za slatkovodni i za morski okoliš. Njezina sposobnost bioluminiscencije i ovisnost intenziteta svjetla o učinku štetnih tvari čini ju dobrim testnim organizmom. Zbog njezine osjetljivosti već i niske koncentracije opušaka pokazuju štetan učinak na nju smanjujući joj intenzitet bioluminiscencije.²⁸ EC₅₀ vrijednosti za ovaj testni organizam prikazane su u tablicama 1 i 2. Bitni testovi ekotoksičnosti za slatkovodni okoliš su testovi na vodenbuhama, upravo zbog njihove ekološke važnosti i raširenosti po svijetu. Najčešća ispitivana vrsta je *Daphnia magna*, na kojoj se provode testovi toksičnosti za različite onečišćujuće tvari. Štetni spojevi iz opušaka otopljeni u vodi izazivaju visoku stopu smrtnosti, kao i promjenu u brzini otkucaja srca i ponašanju. Utjecaj mikrovlakana plastike nastale iz polimernog filtra također je štetan za vodenbuhu. Kod nižih koncentracija opušaka, gdje je smrtnost manja, većina jedinki se zapetlja u mikrovlakana plastike, što im onemogućuje kretanje i posljedično pridonosi smrtnosti.^{28,29} Testovi ekotoksičnosti na ribama i njihovim embrijima pokazuju značajan štetan

učinak opušaka na vodeni ekosustav. Japanska rižina riba, poznata kao medaka, je riba koja nastanjuje rižina polja u Japanu i obitava u slatkoj i bočatoj vodi. Embrionalni testovi kod te ribe pokazuju visoku smrtnost pri višim koncentracijama opušaka, dok niže koncentracije utječu na razvoj i induciraju anksiozno ponašanje pri izlijeganju.³⁰ Štetne učinke potvrdili su ekotoksikološki testovi i na drugim ribama poput vrsta *Atherinos affinis* i *Oreochromis niloticus*, gdje je letalna koncentracija već jedan opušak po litri vode. Opušci na vodozemce, poput *Hymenochirus curtipes* i *Claris garepinua*, pak imaju teratogene učinke te uzrokuju malformacije.^{13,26} Neki od rezultata testova ekotoksičnosti na slatkovodnim organizmima prikazani su u tablici 1.

4.1.2. Testovi ekotoksičnosti s morskim organizmima

Kad se govori o opušcima u morskom okolišu, pozornost treba dati nikotinu. Nikotin je toksični spoj koji je lako topljiv u vodi, što ga čini iznimno biorasploživim organizmima koji tamo obitavaju. Dakako, i ostali spojevi, poput PAH-ova i teških metala, također štetno utječu na morske organizme.³¹ Testovi ekotoksičnosti za morski okoliš provode se na različitim organizmima, poput puževa, školjkaša, algi i bakterija. Istraživanje štetnog učinka na plavu dagnju (*Mytilus edulis*) i morsku salatu (*Ulva Lactuca*) provelo se oponašajući stvarni morski okoliš u kome dolazi do izmjene morske vode te je i na taj način došlo do pojave različitih štetnih učinaka na organizme.³² Puževi *Austrocochlea porcata*, *Nerita aramentosa* i *Bembicium nanum* nastanjuju obalno područje koje je za vrijeme plime potopljeno morskom vodom, odnosno za vrijeme oseke je izvan vode, a njihova izloženost opušcima izazvala je različite subletalne i letalne učinke. Zanimljivo je da im je pri provedbi testa prva reakcija bila pričvrstiti se uz podlogu i čekati da onečišćenje prođe, a kad se to nije dogodilo, tek su onda pokušali izaći iz onečišćene vode.³³ Već spomenuta bioluminiscentna bakterija *Vibrio fischeri* u morskom okolišu ponaša se jednako kao i u slatkovodnom te u provedbi testa ekotoksičnosti pokazuje inhibiciju bioluminiscencije

kao odgovor na onečišćenje. Ona je važna za ispitivanje akutne toksičnosti zbog kratkog trajanja testa, odnosno kratke reakcije na izloženost onečišćujućoj tvari. I morske mikroalge upotrebljavaju se za ispitivanje ekotoksičnosti u morskom sustavu, poput *Dunaliella teriolecta* koja, za razliku od prethodno navedene slatkovodne alge *Raphidocelis subcapitata*, pokazuje inhibiciju rasta pri izloženosti eluatu opušaka. Možda ne tako česti, ali svakako dobri testni organizmi su i alge kremenjašice (dijatomeje). One se globalno upotrebljavaju za procjenu kvalitete vodenih sustava testovima ekotoksičnosti zbog kratkog životnog vijeka i brzog odgovora na okolišne i antropogene promjene. Diyatomeja *Phaedactylum tricornutum* upotrebljava se za ispitivanje kronične toksičnosti, gdje se kao krajnja točka gleda inhibicija rasta, a pokazano je znatno smanjenje broja diyatomeja ovisno o koncentraciji eluata.^{28,34} Prikaz rezultata nekih testova ekotoksičnosti nalazi se u tablici 2.

4.1.3. Testovi ekotoksičnosti na bentoskim organizmima

Sediment je vitalna sastavnica morskog sustava i jedno je od najvećih staništa na Zemlji. On je dom raznovrsnim organizmima koji su temeljne vrste za funkcioniranje morskog ekosustava. One utječu na biogeokemijske cikluse i prijenos hranjivih tvari i energije između trofičkih razina.³⁵ Vrste organizama koje žive na ili u dnu nazivamo bentoske vrste, a neke od njih su krednjaci (praživotinje iz razreda korjenonožaca) i mnogočetinaši (brojna skupina iz koljena kolutičavaca). Bentoske vrste poput krednjaka, u koje pripada i *Rosalina globularis*, često su među zadnjim eukariotskim vrstama koje će napustiti onečišćeno područje, što ih čini izuzetnim bioindikatorima.³¹ Testovi ekotoksičnosti provedeni na njima ukazuju na štetan učinak na njihovu biokalcifikaciju zbog promjene pH otopine uslijed otapanja spojeva iz opušaka. Bez obzira na pojavu štetnog utjecaja, te vrste otpornije su na onečišćenje od većine drugih.³¹ Školjkaši koji također nastanjuju sediment izloženi su onečišćujućim tvarima uslijed čega dolazi do smrtnosti, međutim, zanimljiviji je utjecaj onečišćujućih tvari na nji-

Tablica 1 – Dostupne vrijednosti LC₅₀ i EC₅₀ za slatkovodne organizme^{26,28}

Table 1 – Available LC₅₀ and EC₅₀ values for freshwater organisms^{26,28}

Testni organizam	Koncentracija eluata / opušaka/l	Praćeni učinak	EC ₅₀	LC ₅₀ /opuška/l
<i>Raphidocelis subcapitata</i> (mikroalga)	10,00	inhibicija rasta	100,00 %	–
<i>Vibrio fischeri</i> (gram negativna bakterija)	10,00	inhibicija bioluminiscencije	17,26 %	–
<i>Thamnocephalus platyurus</i> (rakovi škrgonošci)	10,00	imobilizacija	100,00 %	–
<i>Daphnia magna</i> (rakovi škrgonošci)	10,00	imobilizacija	100,00 %	–
<i>Pimephales promelas</i> (riba iz porodice šarana)	8,00	preživljavanje	–	0,97
<i>Xenopus laevis</i> embriji (afrička kandžasta žaba)	10,00	rast	1,21 opuška/l	1,65

Tablica 2 – Dostupne vrijednosti EC₅₀ za morske organizme²⁸
 Table 2 – Available EC₅₀ values for marine organisms²⁸

Testni organizam	Koncentracija eluata/ opuška/l	Praćeni učinak	EC ₅₀ /%
<i>Phaeodactylum tricornutum</i> (dijatomeja, alga kremenjašica)	10,00	inhibicija rasta	59,17
<i>Dunaliella teriolecta</i> (zelena alga)	10,00	inhibicija rasta	31,31
<i>Acartia tonsa</i> (rakovi veslonošci)	10,00	imobilizacija	17,08
<i>Vibrio fischeri</i> (gram negativna bakterija)	10,00	inhibicija bioluminiscencije	13,41
<i>Ficopomatus enigmaticus</i> (mnogočetinaši)	10,00	inhibicija razvoja ličinki	35,10

hovo ponašanje te svojstvo bioakumulacije. Bioakumulacija štetnih tvari poput teških metala dovodi do mutagenih učinaka na tu vrstu organizma. To može stvarati probleme i za ljudsko zdravlje zbog činjenice da ljudi konzumiraju školjkaše.⁴ Ekotoksikološki testovi sedimenta provedeni su i na nekim vrstama mnogočetinaša poput vrste *Hediste diversicolor*. Oni imaju sposobnost bioakumuliranja nikotina i njegova metabolita kotinina, koji su upotrebljavani kao biomarkeri izloženosti toksičnim tvarima povezanim s duhanskim proizvodima. Praćeni su učinci na rast, aktivnost zakapanja u sediment i oštećenja DNA. Tako su opušci u sedimentu pokazali utjecaj samo na aktivnost zakapanja, dok je eluat opušaka u morskoj vodi izazvao sva tri navedena štetna učinka.³⁵

4.2. Utjecaj opušaka na kopneni sustav

S obzirom na to da se spojevi koji imaju najveći toksični potencijal velikim dijelom nakupljaju u filtru opušaka, možemo opravdano zaključiti da upravo ti spojevi mogu s lakoćom dospjeti u tlo, osobito nakon ispiranja uslijed oborina.⁷ Već je rečeno da filtri nisu biorazgradivi ili se razgrađuju vrlo sporo, stoga ostaju u okolišu dugi niz godina.³⁶ S većim vremenskim odmakom više je spojeva koji se akumuliraju u okolišu.^{37,18} Samo jedan odbačeni opušak može nikotinom onečistiti biljke na području unutar 1 m².¹¹ Na taj način toksični spojevi mogu posljedično ući i u kopneni hranidbeni lanac te ugroziti ljude i životinje.³⁷

4.2.1. Testovi ekotoksičnosti na mikrobiološke zajednice u tlu

Kad razni kemijski spojevi iz opušaka, među kojima ima i teških metala, dospiju u tlo, oni mogu potencijalno poremetiti ekologiju tla. Nekoliko istraživanja pokazalo je da metali mogu znatno utjecati ne samo na raznolikost mikrobnih zajednica u tlu već i na aktivnost pojedinih mikroorganizama.^{22,38} Celulozno acetatni filtri su izvor mikroplastičnih čestica u tlu koje, također, mogu biti toksične za mikroorganizme.²⁷ Provedeno je istraživanje u kojem je ispitan učinak eluata opušaka na mikrobne zajednice u tlu, pri čemu se usporedio učinak biorazgradivih opušaka te

onih koji nisu biorazgradivi. Rezultati su pokazali da samo eluat biorazgradivih opušaka znatno utječe na smanjenje bakterijske raznovrsnosti.³⁸ Dodatnim analizama eluata utvrđena je prisutnost brojnih metala u oba eluata, međutim njihova je koncentracija bila mnogo viša kod biorazgradivih cigareta. Iako nije uočen nikakav značajan štetan učinak cigareta koje nisu razgradive na mikrobne zajednice, treba napomenuti da su oni i dalje jedan od najvećih izvora mikroplastike u okolišu koja dugoročno zasigurno ostavlja negativne učinke na organizme.³⁸

4.2.2. Testovi ekotoksičnosti na biljkama

Najčešći spoj koji je detektiran u biljkama u značajnim koncentracijama jest nikotin.¹¹ Njegova prisutnost dokazana je u različitim prehranbenim usjevima, čajevima i začinicima, zbog izloženosti putem duhanskog dima ili tla onečišćenog duhanskim proizvodima u koje se ubrajaju i opušci.^{2,11} Čak su i u kratkom razdoblju od 48 h u kojem su biljke luka *Allium cepa* bile izložene eluatu opušaka dokazani citotoksični, genotoksični i mutageni učinci na tu biljku.³⁹ Dugoročniji eksperiment u stakleniku postavljen je da bi se ispitan utjecaj odbačenih cigareta na bijelu djetelinu (*Trifolium repens*) i ljulj (*Lolium perenne*). Rezultati su pokazali smanjenu uspješnost klijanja i početnog rasta uslijed izloženosti filtrima cigareta.¹¹ Kod bijele djeteline također je uočeno znatno smanjenje biomase korijena, što smanjuje opskrbu biljke vodom i hranjivim tvarima iz tla. Klorofil se često upotrebljava kao biomarker stresa kod biljaka. Promjene u količini klorofila povezane su s fotosintetskom aktivnošću biljaka te uslijed njihova izlaganja okolišnim stresorima poput nedostatka vode ili povećanog saliniteta dolazi do povećanja ili smanjenja sadržaja klorofila a i b u biljkama. U ovom istraživanju uočen je povećan sadržaj klorofila a kod *T. repens*, odnosno smanjen sadržaj klorofila b kod *L. perenne* nakon izloženosti filtrima. Također, nije primijećena razlika u učincima između popušanih i cijelih filtara te opušaka koji sadrže ostatke duhana, što može značiti da su celulozno acetatni filtri uzročnici uočenih promjena kod ispitanih biljaka. Dakle, za ispitivanje učinka različitih spojeva koji se mogu otpuštati iz opušaka potrebno je provesti dugotrajnije istraživanje.¹¹ Fitotoksičnost uslijed izloženosti eluatu opušaka ispitana je na biljci

boba, *Vicia faba*. Uočena je značajna inhibicija klijanja, smanjena sposobnost upijanja vode te potvrđena prisutnost teških metala, najviše olova, kadmija i nikla.¹⁷ Ispitan je i utjecaj opušaka na začinske biljke – peršin, korijandar, bosiljak i metvicu. Različite koncentracije opušaka aplicirane su na tlo na kojem su uzgajane navedene biljke. Nikotin je detektiran kod svih biljaka. Samo jedan opušak apliciran na 1 m² tla rezultirao je visokim udjelom nikotina kod bosiljka i metvice koji je prelazio dopuštene granice (0,01 mg nikotina po kg suhe tvari) za čak 20 puta.²

4.2.3. Testovi ekotoksičnosti na beskralješnjacima

Opušci najčešće bivaju odbačeni izravno na tlo, gdje se mogu miješati s raznim vrtnim otpadom poput lišća koje je hrana za neke kopnene beskralješnjake poput puževa. Usprkos tome, test toksičnosti na vrsti kopnenog puža iz roda *Anguispira alternata* nije pokazao toksične utjecaje na preživljavanje tog kopnenog puža čak ni pri relativno visokim koncentracijama eluata koje su upotrebljavane u testovima s morskim organizmima. Također, nije zabilježen ni utjecaj opušaka na prehranu i rast tih organizama, međutim primijećeno je da puževi izbjegavaju opuške.⁴⁰ Isto tako, opušci nisu imali nikakav vidljiv učinak na gujavice poput vrste *Eisenia fetida*. Testovi ekotoksičnosti s kopnenim beskralješnjacima vrlo su rijetki, stoga ne možemo sa sigurnošću govoriti o toksičnosti opušaka za te kopnene organizme. Iz postojećih istraživanja može se izvući zaključak da se toksične kemikalije prisutne u opušcima ne zadržavaju u tlu u velikim koncentracijama, odnosno vjerojatno dolazi do njihova ispiranja nakon čega se prenose u podzemne vode ili druge vodene sustave.⁴¹

4.2.4. Testovi ekotoksičnosti na kralješnjacima

Podatci povezani s učincima opušaka na kralješnjake su malobrojni, a provedena istraživanja uključivala su ptice i miševе. Ptice koje nastanjuju velike gradove prilagodile su se urbanizaciji tako što iskorištavaju celulozu iz opušaka pri izgradnji gnijezda. Uočena je povezanost prisutnosti celuloze iz opušaka sa smanjenom pojavom ektoparazita kod ptica. Ta pojava pripisuje se prisutnosti nikotina na celuloznim vlaknima koji djeluje kao odbojno sredstvo na ektoparazite. Međutim, usprkos toj kratkoročnoj dobrobiti, ostatci nikotina i ostalih toksičnih kemikalija na celulozi iz opušaka mogu uzrokovati negativne dugoročne posljedice na ptice koje obitavaju u tim gnijezdima. Uočeni su znakovi genotoksičnosti na krvnim stanicama kod kućne zebe (*Carpodacus mexicanus*) koja je bila izložena ostacima opušaka na taj način.⁴² Najizgledniji način kontakta sisavaca s kemikalijama iz opušaka jest preko vode koju unose u svoj organizam. Već su opisani mehanizmi kojima se kemikalije iz opušaka ispiru i dospijevaju u vodene sustave, te se tako može onečistiti i voda koju neke životinje rabe za piće. Istraživanje na švicarskim albino miševima koje je trajalo 70 dana pokazalo je da unos vode onečišćene opušcima ne utječe na njihove lokomotorne, vizualne, olfaktivne i auditivne sposobnosti, međutim uočen je smanjen stupanj reakcije u kontaktu s predatorima. Sposobnost pravodobnog reagiranja na predatore uvelike utječe na preživljavanje te brojnost i ravnotežu populacije, stoga

takav utjecaj opušaka na miševе može imati dalekosežne posljedice na ekosustav.⁴³ U drugom istraživanju na istoj vrsti laboratorijskih miševa otkriveno je da jedinke koje su pile vodu onečišćenu opušcima imaju znatno smanjenu masu tijela.¹⁴ Svi pregledani organi i tkiva testnih organizama bili su manji nego kod kontrolnih jedinki koje nisu bile izložene opušcima.³⁷

4.3. Usporedba utjecaja različitih vrsta duhanskih proizvoda na okoliš

Tržište duhanskih proizvoda jako se razvilo u ovom stoljeću, stoga je ponuda raznih uređaja i pomagala vezanih uz to područje vrlo raznolika.⁴⁴ S obzirom na to da su električne cigarete i uređaji za zagrijavanje duhana sve popularniji, zanimljiva je usporedba njihova utjecaja na okoliš u odnosu na klasične cigarete. U jednom istraživanju priređeni su eluati od otpada povezanog s navedenim vrstama duhanskih proizvoda te je ispitan njihov utjecaj na mikroorganizme. Kod električnih cigareta priređeni eluat sadržavao je e-tekućine, a u slučaju uređaja za zagrijavanje duhanske štapiće. Utvrđeno je da e-tekućine ne predstavljaju opasnost za mikrobnе zajednice. Za razliku od njih, ostatci proizvoda za zagrijavanje duhana pokazali su snažan inhibicijski učinak na rast mikroorganizama, kao i eluat klasičnih opušaka.⁴⁴ Istraživanja su također pokazala da je eluat električnih cigareta deset puta manje toksičan na embrije vodozemca *Xenopus laevis* od eluata opušaka, što se može vidjeti iz tablice 3.⁴⁵ Međutim, pri koncentracijama većim od 50 g dm⁻³, čak i e-tekućine inhibiraju rast mikroorganizama.²³

Tablica 3 – Vrijednosti LC₅₀ nakon 96 h, LOEC i NOEC izražene u koncentraciji opušaka po litri pri ispitivanju učinka eluata na embrije *Xenopus laevis*⁴⁵

Table 3 – Values of LC₅₀ after 96 h, LOEC and NOEC expressed in cigarette butt concentration per liter when examining the effect of eluate on *Xenopus laevis* embryos⁴⁵

Vrsta eluata	96-h LC ₅₀ / opušaka/l	Smrtnost/ opušaka/l		Malformacija/ opušaka/l	
		LOEC	NOEC	LOEC	NOEC
klasičan opušak	1,20	0,50	0,25	0,10	0,05
električna cigareta	14,60	10,00	8,00	8,00	4,00

5. Moguća rješenja

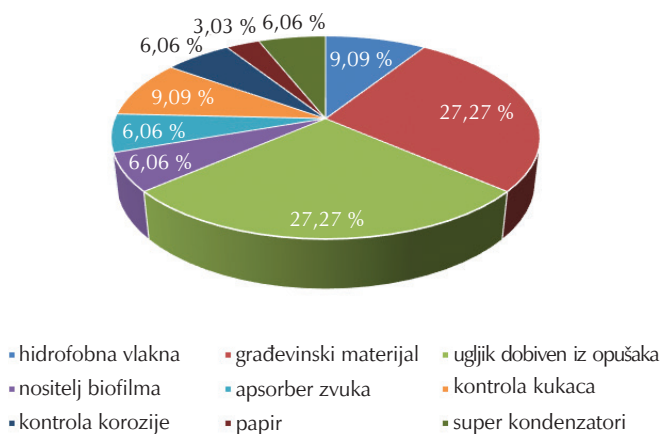
5.1. Strategije smanjenja količine opušaka u okolišu

Metode za smanjenje onečišćenja opušcima uključuju zabranu pušenja na javnim otvorenim površinama, čime se smanjuje prisutnost opušaka u tlu te vodenom i obalnom okolišu. Ta metoda se posljednjeg desetljeća široko primjenjuje u parkovima i plažama SAD-a.⁷ Osim toga, predlaže se ulaganje u biorazgradive filtre, recikliranje opušaka⁴⁷ te uvođenje prijenosnih pepeljara na plažama. U mnogim zemljama duhanski se proizvodi dodatno oporezuju iako

duhanske tvrtke smatraju da je ključ smanjenja ekološkog onečišćenja odbačenim opušcima u edukaciji i promjeni ponašanja pušača. U brazilskom gradu Sao Paulu, gdje se dnevno odbacuje 34 milijuna opušaka, bačeni opušci se spaljuju i iskorištavaju kao gorivo u pećima cementara i čeličana⁷ te se iz celuloznog acetata dobiva proizvod koji se upotrebljava u industriji reciklažnog papira.⁴⁶ Širom svijeta agencije za zaštitu okoliša provode ekološke akcije čišćenja plaža od opušaka te mora i oceana od plastičnog otpada, uključujući opuške.⁷

5.1.1. Recikliranje

Opušci se klasificiraju kao opasan otpad⁴⁶ i njihovo odlaganje i spaljivanje nije pogodno zbog emisije onečišćujućih tvari u tlo, podzemne vode i atmosferu.⁴⁷ Slabo su biorazgradivi i iz njih se godinama mogu ispuštati otrovne kemikalije i teški metali u okoliš, pri čemu su teški metali skloniji ispiranju u područjima s kiselim kišama jer u kiseloj vodi dolazi do poboljšane mobilizacije metala.⁴⁸ Recikliranje opušaka teško je provesti zbog mnoštva štetnih kemikalija prisutnih u opušcima te nastala onečišćena otpadna voda predstavlja ozbiljan problem.⁴⁷ Jedna od metoda zbrinjavanja opušaka je njihova ugradnja u opeke od pečene gline, pri čemu se predlaže uporaba opeka s 1 % masenog udjela opušaka. Tijekom pečenja opeke dolazi do imobilizacije teških metala te je spriječeno njihovo ispiranje. Takve opeke imaju svojstva vrlo slična klasičnim opekama te se mogu upotrebljavati kao građevinski materijal.¹⁴ Opušci se mogu upotrebljavati i za proizvodnju celuloznog materijala. Njihovim kuhanjem u vodenoj otopini NaOH dolazi do hidrolize celuloznog acetata u celulozu te se uklanja lignin iz preostalog duhana i iz njega se oslobađa celuloza. Dobivena smjesa se filtrira, čime se odvaja celulozni materijal od tamne tekućine koji se može rabiti u industriji papira.⁴⁶ Tamna tekućina zahtijeva daljnju obradu. Slika 3 prikazuje distribuciju najvažnijih oporabljenih i recikliranih proizvoda dobivenih iz opušaka.



Slika 3 – Distribucija najvažnijih oporabljenih i recikliranih proizvoda dobivenih iz opušaka

Fig. 3 – Distribution of the most important recovered and recycled products obtained from cigarette butts

Metode recikliranja opušaka dijele se u tri skupine: i) metode u kojima se upotrebljavaju cijeli neprerađeni opušci te one podrazumijevaju njihovu ugradnju u cigle, asfalt ili gips; ii) metode ekstrakcije kemikalija iz opušaka, čime se dobivaju kemikalije poput bioinsekticida i sredstva protiv korozije; te iii) metode odvajanja celuloznog acetata iz filtera koji se upotrebljava za proizvodnju aktivnog ugljena, hidrofobnih vlakana, nosača biofilma, apsorbera zvuka i funkcionalnih prekursora ugljika za superkondenzatore. Od proizvoda dobivenih recikliranjem opušaka najviše se upotrebljavaju građevinski materijali i prekursori ugljika, zatim slijede hidrofobna vlakna i bioinsekticidi, a najmanje se upotrebljava celulozni materijal za proizvodnju papira.⁴⁷

6. Zaključak

Odbačeni opušci sadrže tisuće štetnih kemikalija koje se mogu se lako isprati iz filtera te predstavljaju prijetnju raznim organizmima i ekosustavima. Pripadaju među najbrojniju vrstu otpada i dospijevaju u sve dijelove vodenog sustava, a testovima ekotoksičnosti koji su provedeni na različitim morskim i slatkovodnim vrstama dokazano je njihovo štetno djelovanje. Iz dobivenih rezultata vidljivo je da su takvi organizmi, svaki na svoj način, iznimno osjetljivi na toksične spojeve sadržane u filtru cigarete, kao i na mikroplastiku koja se stvara zadržavanjem opušaka u okolišu. Odbačeni opušci također imaju znatan utjecaj na kopneni sustav. Testovima ekotoksičnosti dokazani su štetni učinci opušaka, najčešće uslijed ispiranja štetnih spojeva kišnicom, na biljke, beskralješnjake poput puževa i gujavica, ali i na kralješnjake, što svakako narušava ravnotežu tog ekosustava. Filtri konvencionalnih cigareta najčešće se sastoje od vlakana celuloznog acetata, polimera koji se teško razgrađuje u okolišu. Rješenje za smanjenje te vrste onečišćenja je u primjeni lako biorazgradivih celuloznih filtera, odgovornom ponašanju pušača te u recikliranju opušaka. Kod recikliranja opušaka glavni je problem emisija štetnih tvari te nastanak onečišćenih otpadnih voda, te se kao učinkovit način recikliranja cijeli opušci mogu ugraditi u materijale poput opeke, gipsa i asfalta.

Popis kratica

List of abbreviations

- EC₅₀ – efektivna koncentracija; koncentracija koja ima štetan učinak na 50 % populacije
– effective concentration
- LC₅₀ – letalna koncentracija; koncentracija koja uzrokuje smrtnost 50 % populacije
– lethal concentration
- LOEC – najniža koncentracija koja izaziva vidljivi štetni učinak
– lowest observable effective concentration
- NOEC – koncentracija koja ne izaziva vidljivi štetni učinak
– no observable effective concentration

Literatura References

1. H. Kurmus, A. Mohajerani, The toxicity and valorization options of cigarette butts, *Waste Manage.* **104** (2004) 104–118, doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.01.011>.
2. N. Abdalla, T. Alshaal, M. Amer, A. El-Henawy, H. El-Ramady, M. Kleinwachter, M. Nowak, A. Radwan, D. Selmar, H. Taha, C. Wittke, Uptake of nicotine from discarded cigarette butts – A so far unconsidered path of contamination of plant-derived commodities, *Environ. Pollut.* **238** (2018) 1–5, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.113>.
3. P. Chaturvedi, S. Datta, A. Garg, P. Joshi, A. Mishra, S. Sinukumar, Harmful effects of nicotine, *Indian J. Med. Paediatr. Oncol.* **36** (2015) 24–31, doi: <https://doi.org/10.4103/0971-5851.151771>.
4. J. E. de Andrade Vieira, T. Q. Chagas, A. P. da Costa Araujo, A. R. Gomes, G. Malafaia, C. Mesak, M. F. Montalvo, T. G. da Silva Alvarez, How leachates from wasted cigarette butts influence aquatic life? A case study on freshwater mussel *Anodontites trapesia*, *Sci. Total Environ.* **689** (2019) 381–389, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.385>.
5. R. Akhbarizadeh, S. Dobaradaran, G. Parhizgar, T. C. Schmidt, R. Mallaki, Potentially toxic elements leachates from cigarette butts into different types of water: A threat for aquatic environments and ecosystems?, *Environ. Res.* **202** (2021) 111706, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111706>.
6. F. Rebischung, L. Chabot, H. Biaudet, P. Pandard, Cigarette butts: A small but hazardous waste, according to European regulation, *Waste Manage.* **82** (2018) 9–14, doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.038>.
7. M. C. B. Araujo, M. F. Costa, A critical review of the issue of cigarette butt pollution in coastal environments, *Environ. Res.* **172** (2019) 137–149, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.02.005>.
8. M. Katarzyte, A. Balčiunas, M. Haseler, V. Sabaliauskaite, L. Laučiute, K. Stepanova, C. Nazzari, G. Schernewski, Cigarette butts on Baltic Sea beaches: Monitoring, pollution and mitigation measures, *Mar. Pollut. Bull.* **156** (2020) 111248, doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111248>.
9. D. Madej, W. Baran, E. Adamek, I. Lipska, Ecotoxicity studies of e-liquids for e-cigarettes, *PECO* **11** (2017) 37–44, doi: [https://doi.org/10.2429/proc.2017.11\(1\)004](https://doi.org/10.2429/proc.2017.11(1)004).
10. P. D. Venugopal, S. K. Hanna, G. G. Gagliano, H. W. Chang, No Butts on the Beach: Aquatic Toxicity of Cigarette Butt Leachate Chemicals, *Tob. Regul. Sci.* **7** (2021) 17–30, doi: <https://doi.org/10.18001/TRS.7.1.2>.
11. D. S. Green, B. Boots, J. Da Silva Carvalho, T. Starkey, Cigarette butts have adverse effects on initial growth of perennial ryegrass (gramineae: *Lolium perenne* L.) and white clover (leguminosae: *Trifolium repens* L.), *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **182** (2019) 109418, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109418>.
12. N. Koutela, E. Fernandez, M-L. Saru, E. Psillakis, A comprehensive study on the leaching of metals from heated tobacco sticks and cigarettes in water and natural waters, *Sci. Total Environ.* **714** (2020) 136700, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136700>.
13. D. S. Green, L. Kregting, B. Boots, Smoked cigarette butt leachate impacts survival and behaviour of freshwater invertebrates, *Environ. Pollut.* **266** (2020) 115286, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115286>.
14. A. Mohajerani, A. A. Kadir, L. Larobina, A practical proposal for solving the world's cigarette butt problem: Recycling in fired clay bricks, *Waste Manage.* **52** (2016) 228–244, doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.012>.
15. Tobacco and its environmental impact: an overview, World Health Organization, (2017) 1–72, url: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255574/9789241512497-eng.pdf> (21. 7. 2022.).
16. J.-J. Piade, G. Jaccard, C. Dolka, M. Belushkin, S. Wajrock, Differences in cadmium transfer from tobacco to cigarette smoke, compared to arsenic or lead, *Toxicol. Rep.* **2** (2015) 12–26, doi: <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2014.11.005>.
17. N. Mansouri, M. Etebari, A. Ebrahimi, K. Ebrahimpour, B. Rahimi, A. Hassanzadeh, Genotoxicity and phytotoxicity comparison of cigarette butt with cigarette ash, *Environ. Sci. Pollut. Res.* **27** (2020) 40383–40391, doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10080-z>.
18. F-X. Joly, M. Coulis, Comparison of cellulose vs. plastic cigarette filter decomposition under distinct disposal environments, *Waste Manage.* **72** (2017) 349–353, doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.11.023>.
19. T. T. Parker, J. Rayburn, A comparison of electronic and traditional cigarette butt leachate on the development of *Xenopus laevis* embryos, *Toxicol. Rep.* **4** (2017) 77–82, doi: <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.01.003>.
20. D. Kučić Grgić, I. Bičanić, N. Čavarović, P. Pohanić, V. Očelić Bulatović, Konvencionalne cigarete vs. alternativni uređaji – štetnost po zdravlje čovjeka i ekosustav, *Kem. Ind.* **68** (2019) 591–598, doi: <https://doi.org/10.15255/KUI.2019.017>.
21. A. Borgini, C. Veronese, C. De Marco, R. Boffi, A. Tittarelli, M. Bertoldi, E. Fernández, O. Tigova, S. Gallus, A. Lugo, G. Gorini, G. Carreras, M. J. López, X. Continente, S. Semple, R. Dobson, L. Clancy, S. Keogan, A. Tzortzi, C. Vardavas, Á. López Nicolás, P. Starchenko, J. B. Soriano, A. A. Ruprecht, TackSHS Project Investigators, Particulate matter in aerosols produced by two last generation electronic cigarettes: a comparison in a real-world environment, *Pulmonology* (2021) 1–8, doi: <https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2021.03.005>.
22. W. Baran, D. Madej-Knysak, A. Sobczak, E. Adamek, The influence of waste from electronic cigarettes, conventional cigarettes and heat-not-burn tobacco products on microorganisms, *J. Hazard. Mater.* **385** (2020) 1–7, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121591>.
23. D. Madej, W. Baran, E. Adamek, I. Lipska, Ecotoxicity studies of e-liquids for e-cigarettes, *Proceedings of ECOpole* **11** (2017) 37–44.
24. R. Matassa, M. S. Cattaruzza, F. Sandorfi, E. Battaglione, M. Relucenti, G. Familiari, Direct imaging evidences of metal inorganic contaminants traced into cigarettes, *J. Hazard. Mater.* **411** (2021) 1–15, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125092>.
25. M. F. Montalvo, T. Q. Chagas, T. G. da Silva Alvarez, C. Mesak, A. P. da Costa Araujo, A. R. Gomes, J. E. de Andrade Vieira, T. L. Rocha, G. Malafaia, Cigarette butt leachate as a risk factor to the health of freshwater bivalve, *Chemosphere* **234** (2019) 379–387, doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.100>.
26. S. Dobaradaran, F. Soleimani, R. Akhbarizadeh, T. C. Schmidt, M. Marzban, R. B. Jahromi, Environmental fate of cigarette butts and their toxicity in aquatic organisms: A comprehensive systematic review, *Environ. Res.* **195** (2021) 110881, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110881>.
27. M. Shen, Y. Li, B. Song, C. Zhou, J. Gong, G. Zeng, Smoked cigarette butts: Unignorable source for environmental microplastic fibers, *Sci. Total Environ.* **791** (2021) 148384, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148384>.
28. M. Oliva, L. De Marchi, A. Cuccaro, C. Pretti, Bioassay-based ecotoxicological investigation on marine and

- freshwater impact of cigarette butt littering, *Environ. Pollut.* **288** (2021) 117787, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117787>.
29. F. Belzagui, V. Buscio, C. Gutierrez-Bouzan, M. Vilaseca, Cigarette butts as a microfiber source with a microplastic level of concern, *Sci. Total Environ.* **762** (2021) 144165, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144165>.
 30. W. Lee, C. C. Lee, Developmental toxicity of cigarette butts – An underdeveloped issue, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **113** (2015) 362–368, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.12.018>.
 31. F. Caridi, A. Sabbatini, G. Birarda, E. Costanzi, G. De Giudici, R. Galeazzi, D. Medas, G. Mobbili, M. Ricciutelli, M. L. Ruello, L. Vaccari, A. Negri, Cigarette butts, a threat for marine environments: Lessons from benthic foraminifera (Protista), *Mar. Environ. Res.* **162** (2020) 105150, doi: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105150>.
 32. D. S. Green, L. Kregting, B. Boots, Effects of cigarette butts on marine keystone species (*Ulva lactuca* L. and *Mytilus edulis* L.) and sediment microphytobenthos, *Mar. Pollut. Bull.* **165** (2021) 112152, doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112152>.
 33. D. J. Booth, P. Gribben, K. Parkinson, Impact of cigarette butt leachate on tidepool snails, *Mar. Pollut. Bull.* **95** (2015) 362–364, doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.004>.
 34. L. K. Pandey, E. A. Bergey, J. Lyu, J. Park, S. Choi, H. Lee, S. Depuydt, Y.-T. Oh, S.-M. Lee, T. Han, The use of diatoms in ecotoxicology and bioassessment: Insights, advances and challenges, *Water Res.* **118** (2017) 39–58, doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.01.062>.
 35. S. L. Wright, D. Rowe, M. J. Reid, K. V. Thomas, T. S. Galloway, Bioaccumulation and biological effects of cigarette litter in marine worms, *Sci. Rep.* **5** (2015) 14119, doi: <https://doi.org/10.1038/srep14119>.
 36. G. Bonanomi, G. Maisto, A. De Marco, G. Cesarano, M. Zotti, P. Mazzei, G. Libralato, A. Staropoli, A. Siciliano, F. De Filippis, A. La Stora, A. Piccolo, F. Vinale, A. Crasto, M. Guida, D. Ercolini, G. Incerti, The fate of cigarette butts in different environments: Decay rate, chemical changes and ecotoxicity revealed by a 5-years decomposition experiment, *Environ. Pollut.* **261** (2020) 114108, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114108>.
 37. T. T. Bekele, F. O. Ashall, Investigation on Toxicity of Leachate of Cigarette Butts Collected from Addis Ababa on Swiss Albino Mice, *East Afr. J. Health Biomed. Sci.* **3** (2019) 21–30.
 38. E. Koroleva, A. Z. Mqulwa, S. Norris-Jones, S. Reed, Z. Tambe, A. Visagie, K. Jacobs, Impact of cigarette butts on bacterial community structure in soil, *Environ. Sci. Pollut. Res.* **28** (2021) 22020–22040, doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13152-w>.
 39. M. F. Montalvao, L. L. G. Sampaio, H. H. F. Gomes, G. Malafaia, An insight into the cytotoxicity, genotoxicity, and mutagenicity of smoked cigarette butt leachate by using *Allium cepa* as test system, *Environ. Sci. Pollut. Res.* **26** (2019) 2013–2021, doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3731-2>.
 40. H. Gill, K. Rogers, B. Rehman, J. Moynihan, E. A. Bergey, Cigarette butts may have low toxicity to soil-dwelling invertebrates: Evidence from a land snail, *Sci. Total Environ.* **628-629** (2018) 556–561, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.080>.
 41. D. I. Korobushkin, P. G. Garibian, L. A. Pelgunova, A. S. Zaitsev, The earthworm species *Eisenia fetida* accelerates the decomposition rate of cigarette butts on the soil surface, *Soil. Biol. Biochem.* **151** (2020) 108022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.108022>.
 42. M. Suarez-Rodriguez, C. Macias Garcia, There is no such a thing as a free cigarette; lining nests with discarded butts brings short-term benefits, but causes toxic damage, *J. Evol. Biol.* **27** (2014) 2719–2726, doi: <https://doi.org/10.1111/jeb.12531>.
 43. L. S. Cardoso, F. N. Estrela, T. Q. Chagas, W. A. M. da Silva, D. R. de Oliveira Costa, I. Pereira, B. G. Vaz, A. S. de Lima Rodrigues, G. Malafaia, The exposure to water with cigarette residue changes the anti-predator response in female Swiss albino mice, *Environ. Sci. Pollut. Res.* **25** (2018) 8592–8607, doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-1150-4>.
 44. W. Baran, D. Madej-Knysak, A. Sobczak, E. Adamek, The influence of waste from electronic cigarettes, conventional cigarettes and heat-not-burn tobacco products on microorganisms, *J. Hazard. Mater.* **385** (2020) 121591, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121591>.
 45. T. T. Parker, J. Rayburn, A comparison of electronic and traditional cigarette butt leachate on the development of *Xenopus laevis* embryos, *Toxicol. Rep.* **4** (2017) 77–82, doi: <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.01.003>.
 46. M. B. d'Henri Teixeira, M. A. B. Duarte, L. R. Carcez, J. C. Rubim, T. Hofmann Gatti, P. A. Z. Suarez, Process development for cigarette butts recycling into cellulose pulp, *Waste Manage.* **60** (2017) 140–150, doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.013>.
 47. M. Yousefi, M. Kermani, M. Farzadkia, K. Godini, J. Torkashvand, Challenges on the recycling of cigarette butts, *Environ. Sci. Pollut. Res.* **28** (2021) 1–7, doi: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-14058-3>.
 48. H. Kurmus, A. Mohajerani, Leachate analysis of heavy metals in cigarette butts and bricks incorporated with cigarette butts, *Materials* **13** (2020) 1–23, doi: <https://doi.org/10.3390/ma13122843>.

SUMMARY

What is the Price of Smoking? – Risks for the Environment

Ana Čurić, Katarina Muzica,* Ivana Runjak, Daniela Vasiljević,
Martina Miloloža, and Dajana Kučić Grgić

Consuming tobacco products does not represent only a health problem, but also an important environmental issue. On average, 80 % of cigarette butts are disposed in the environment. The biggest problem with discarded cigarette butts is the chemical compounds that are not only harmful to humans, but also degrade slowly in nature. Classic cigarettes contain a filter made of cellulose acetate, a form of polymer that is non-biodegradable. Cellulose filters are a biodegradable alternative to polymer filters and therefore less harmful to the environment and living organisms. Similarly, electric cigarettes are an alternative to classic cigarettes because of their simpler chemical composition and the assumption that they are a healthier option. In addition, leave behind no waste such as cigarette butts. Discarded cigarette butts can be detected in everyday life. With the help of wind and precipitation, they are transported from land to the aquatic environment where they leach harmful chemicals for many years, and once soaked in water they sink to the bottom. The purpose of this paper was to consider the harmful effects of discarded cigarette butts on the environment using ecotoxicity tests. Ecotoxicity studies on marine, freshwater, and sedimentary species in the aquatic ecosystem (benthos, plankton, nekton), as well as terrestrial organisms (plants, invertebrates, vertebrates) were investigated. Current literature on aquatic organisms show sensitivity to harmful compounds found in discarded cigarette butts. In addition, research on microbiological communities in soil, plants, invertebrates, and vertebrates demonstrated that discarded cigarette butts negatively affect the terrestrial ecosystem. Overall, this highlights the need to inform smokers about the negative effects of discarded cigarette butts on the environment, and to educate them about the appropriate disposal of cigarette butts. Moreover, the problem can be further reduced by implementing the recycling of cigarette butts.

Keywords

Cigarette butt, filter, toxicity, electric cigarettes, ecotoxicity test

*University of Zagreb, Faculty of Chemical
Engineering and Technology, Trg Marka
Marulića 19, 10 000 Zagreb, Croatia*

Review
Received July 25, 2022
Accepted September 7, 2022