Postoji li utjecaj gorenja plastike na zdravlje našeg okoliša

Anastazija Gubina, 8. razred

Osnovna škola Mladost, Osijek
Mentor: *Jasna Rebrina*

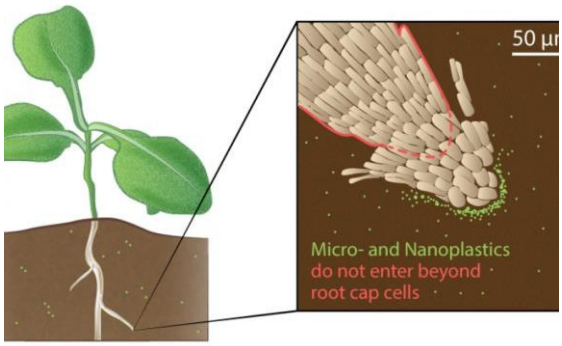
SAŽETAK

Cilj je ovog istraživanja bio utvrditi postoje li dugoročni utjecaji požara plastičnog otpada na zdravlje okoliša u okolici Antunovca. Utjecaj je procijenjen analizom kvalitete tla prikupljenog na različitim udaljenostima od požarišta (200 m, 2 km i 6 km), uz usporedbu s kontrolnim uzorkom humusnog tla iz školskog dvorišta. Uzorcima tla odrađena je filtracija kako bi se utvrdila pH vrijednost tla. Pšenici za rast i razvoj pogoduje neutralnije tlo. Zdravlje tla procijenjeno je primjenom bioloških pokazatelja. Aktivnost gujavica korištena je kao pokazatelj biološke aktivnosti i pogodnosti tla za život organizama. Brzina razgradnje organske tvari određena je praćenjem razgradnje listova salate, a klijavost i početni rast božićne pšenice te brzina rasta korijena korišteni su kao pokazatelji fitotoksičnosti tla. Rezultati su pokazali smanjenu biološku aktivnost tla u uzorcima bližima požarištu (200 m, 2 km), sporiju razgradnju organske tvari te nižu klijavost i slabiji rast pšenice u odnosu na udaljenije (6 km) i kontrolno humusno tlo. Rezultati ankete ukazali su na prisutnu zabrinutost stanovnika Antunovca zbog mogućeg negativnog utjecaja požara na zdravlje i kvalitetu okoliša. Dobiveni rezultati upućuju na mogući negativan utjecaj gorenja plastike na biološku kvalitetu tla i zdravlje okoliša, osobito u neposrednoj blizini požarišta. Istraživanje naglašava važnost pravilnog gospodarenja plastičnim otpadom te potrebu za daljnjim praćenjem dugoročnih posljedica takvih događaja.

Ključne riječi: *gorenje plastike; kvaliteta tla; bioindikatori; klijavost; okoliš; Antunovac*

UVOD

Nezapamćen požar plastike dogodio se prije tri godine (3. listopada 2023.), u dvorištu tvrtke *Drava International d.o.o.*, u blizini Antunovca. Gorenjem plastike oslobodila se velika količina dima i otrovnih plinova koje je nosio jak vjetar toga dana. Požar je prouzročio veliku štetu, no najveća je opasnost prijetnja zdravlju građana. Plastika je skupina sintetskih polimera koji se zbog svoje trajnosti i široke primjene sve više nakupljaju u okolišu. Zbog svoje kemijske stabilnosti plastika se razgrađuje vrlo sporo, a pod utjecajem sunčeva zračenja, temperature i mehaničkih utjecaja raspada se na sitnije čestice – mikroplastiku (manju od 5 mm) i nanoplastiku (manju od 1 µm) (slika 1).



Slika1 Prisutnost i nakupljanje mikroplastičnih čestica u tlu i na korijenu

Ove čestice, poput dioksina i furana, onečišćuju zrak te se taloženjem mogu prenijeti u tlo, mijenjati njegova fizikalna i kemijska svojstva te utjecati na organizme u tlu i rast biljaka (UNEP, 2021; European Environment Agency, 2022). Prethodnim istraživanjem (Tomić, 2024) provedenim neposredno nakon požara ispitivan je utjecaj gorenja plastike na klijavost i rast pšenice te aktivnost gujavica u tlu uzorkovanom na udaljenosti 200 m, 2 km, 6 km od gorišta. Dobiveni rezultati ukazali su na razlike u biološkim svojstvima tla. Najsporije je iznikla pšenica posađena u tlu, koje je uzeto 200 m od gorišta te ima najmanji broj isklijanog sjemenja (Tomić, 2024.). Ovisno o udaljenosti od izvora onečišćenja (Tomić,

Autori zadržavaju autorska prava te časopisu daju pravo prvog objavljivanja rada u skladu s licencijom CC BY 4.0, koja dopušta drugima dijeljenje rada uz navođenje autorstva i izvornog mjesta objavljivanja rada u časopisu.

2024) utvrđeno je da tlo najbliže gorištu imalo negativan utjecaj na aktivnost i razmnožavanje gujavica u puno većoj mjeri nego tlo s udaljenijih područja od gorišta. Biljke su dobri bioindikatori stanja okoliša jer brzo reagiraju na promjene, kao što su gujavice dobri bioindikatori kvalitete tla te se često koriste kao bioindikatori onečićenja otrovnih tvari u tlu (ISO 11268; Poletti,1999).

Budući da se onečišćenje tla može zadržati kroz dulje vremensko razdoblje, važno je ispitati postoje li dugoročne posljedice gorenja plastike na tlo i organizme u njemu. Utjecaj nanoplastike na pšenicu sličan je utjecaju mikroplastike na tu biljnu vrstu (slika1), jer dovodi do produljenja korijena i pada omjera biomase izdanka i korijena (Campanale i sur., 2022).

U ovom istraživanju uzeti su uzorci zemlje sa 200 m, 2 km i 6 km od požarišta, a kao kontrola uzeto je humusno tlo iz školskog dvorišta. Istraživanjem se želi saznati postoje li dugoročne posljedice gorenja plastike ili se okoliš djelomično oporavio. Dodatnim istraživanjem brzine razgradnje organske tvari zelene salate u uzorcima humusnog tla 200 m, 2 km i 6 km od zgarišta praćena je biološka aktivnost tla. Anketiranjem mještana Antunovca saznala sam koliko su svjesni posljedica gorenja plastike nakon velikog požara. Cilj je istraživanja utvrditi utječe li udaljenost gorenja plastike na klijavost i rast božićne pšenice i njenog korijena te biološku aktivnost tla izraženu kroz brzinu razgradnje organske tvari i aktivnost gujavica. Pretpostavka je ovog istraživanja da će klijavost i rast božićne pšenice bit slabija u tlu bliže požarištu kao i brzina rasta korijena, a bolja u uzorcima s većih udaljenosti i humusu; očekuje se da će razgradnja listova salate biti sporija u tlu bliže požarištu, a brža u udaljenijim uzorcima i humusu; očekuje se da će aktivnost gujavica biti manja u tlu bliže požarištu, a veća u uzorcima udaljenijim od požarišta i humusu te da će mještani Antunovca dvije godine nakon gorenja plastike navoditi negativne posljedice na okoliš i zdravlje. Ovaj rad istražuje moguće posljedice onečišćenja tla povezanog s izgaranjem plastike.

METODE RADA

Istraživanje je provedeno na uzorcima tla udaljenim 200 m (broj 1, 1a), 2 km(broj 2, 2a) i 6 km (broj 3, 3a) od gorišta te u humusnom tlu (broj 4, 4a) uzetom iz školskog dvorišta, kao kontrola. U istraživanju je korištena božićna pšenica marke *Green Garden* (slika 2).



Slika 2 Božićna pšenica

U svaku teglicu stavljeno je 300 g uzorka tla s navedenih lokacija, što čini ukupno 8 teglica u kojih je zasijano 30 sjemenki božićne pšenice, 3. prosinca 2025 (slika 3).



Slika 3 Posijano sjeme pšenice

U uzorcima tla obavljena je filtracija (slika 4) te je utvrđena njihova pH vrijednost pomoću Pen type pehametra (slika 5) jer pšenica uspijeva na neutralnijim tlima. Svaki uzorak prošao je dvostruku filtraciju:

kroz cjediljku krupnijih rupica te kroz filtar papir manjih rupica.



Slika 4 Filtracija



Slika 5 Pen type pH meter

Kroz četiri tjedna, odnosno dva ciklusa, pratili su se: broj izniknulih klica pšenice (brojao se svaki dan; slika 6), brzina rasta pšenice (visina mjerena svaka tri dana; slika 7), brzina rasta korijena (svaki dan mjerila se duljina). Rezultati su prikazani grafički. Praćenje se odvijalo svaki dan tijekom dva tjedna do ponavljanja cijelog postupka, sveukupno četiri tjedna. Pšenica je zalijevana svaka 2 do 3 dana s 20 mL vode.



Slika 6 Klijanje pšenice



Slika 7 Brzina rasta pšenice

Biološka razgradnja organske tvari praćena je vizualnim i opisnim opažanjima razgradnje lista zelene salate (*Lactuca sativa*). List salate približno iste mase stavljen je u 4 posude (slika 8) sa zemljom uzete iz područja udaljenog 200 m, 2 km i 6 km od požarišta te u humusno tlo (kao kontrola). Listovi salate zatrpani su u 2000 g tla na 3–4 cm dubine, u istim kontroliranim uvjetima (slika 9).



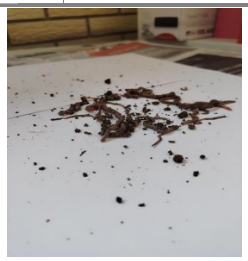
Slika 8 Listovi salate u uzorcima tla



Slika 9 Struktura tla sa uzorkovanih lokacija

Stupanj razgradnje procjenjivan je vizualno prema sljedećoj skali: 0 – bez promjena; 1 – blage promjene boje i omekšavanje; 2 – početna razgradnja, manja oštećenja; 3 – djelomična razgradnja, list gubi strukturu; 4 – izražena razgradnja; 5 – potpuno razgrađen. Tijekom dva tjedna, ciklus se ponavlja. Prilikom promatranja razgradnje, list se nije vadio iz uzorkovane zemlje, kako se ne bi poremetio proces razgradnje. Vizualna opažanja bilježena su u tablicu, a rezultati su analizirani opisno, usporedbom promjena kroz vrijeme.

Biološka aktivnost tla praćena je kroz brojnost i aktivnost gujavica (Lumbricidae) u uzorcima tla uzetih sa udaljenosti 200 m, 2 km, 6 km od požarišta te u humusu kao kontrolnom tlu. U svaku staklenu kadicu izvagano je 500 g zemlje i u njih stavljeno 6 gujavica (slika 10) koje su praćene u istim kontroliranim uvjetima (slika 11). Aktivnost i brojnost gujavica pratila se opisno svaka tri dana prema sljedećoj skali: 0 – nema gujavica, tlo zbijeno; 1 – rijetke gujavice, malo hodnika; 2 – umjerena aktivnost; 3 – puno gujavica, puno hodnika. Rezultati su prikazani tablično i analizirani opisno tijekom dvaju ciklusa vizualnog opažanja.



Slika 10 Gujavice iz školskog komposta



Slika 11 Gujavice u uzorcima tla

Da bi se dobio cjelovitiji uvid o mogućim dugoročnim posljedicama ovog ekološkog problema, provedena je anonimna anketa mještana Antunovca (n = 30 ispitanika) o posljedicama gorenja plastike nakon požara (prilog 1). Ciljano su anketirani stanovnici Antunovca starije životne dobi s duljim životnim iskustvom. Dobiveni odgovori obrađeni su grafički dijagramom i analizirani opisno.

REZULTATI

Odrađena je pH-vrijednost tla (slika 5) 200 m, 2 km, 6 km od gorišta te humusnog tla. Tlo 200 m od gorišta (pšenica 1 i 1a) imala je pH-vrijednost 6,5 (kiselo), tlo 2 km od gorišta 6,5 (kiselo, pšenica 2 i 2a), 6 km od gorišta (3 i 3a) imala je pH 6,9 (kiselo) te humusno tlo 7,1 (neutralno, pšenica 4 i 4a).

Tablica 1 Vizualna procjena razgradnje lista zelene salate i aktivnosti gujavica nakon 4 tjedna (2 ciklusa)

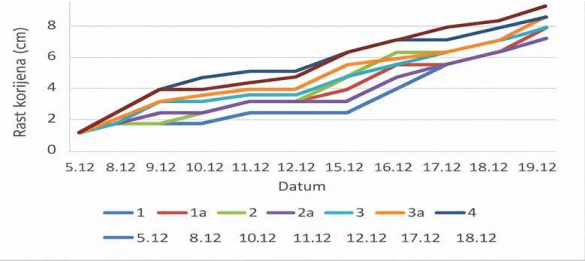
Datum:	Uzorak tla	Stupanj razgradnje lista*	Opis stanja lista	Aktivnost gujavica	Opažanja tla
6.12 9.12. 12.12. 15.12 18.12 12.1. 15.1. 19.1. 22.1. 26.1.	Kontrola - humusno tlo (školsko dvorište)	2 2 3 4 5 1 3 4 4 5	List gotovo potpuno razgrađen, vidljivi samo manji ostaci	3 3 3 2 0 3 3 2 2 0	Tlo rahlo, mnogo hodnika, prisutno više gujavica
6.12. 9.12. 12.12 15.12. 18.12. 12.1. 15.1. 19.1. 22.1. 26.1.	6 km od požarišta	1 2 3 4 5 2 3 4 4 5	List znatno razgrađen,mek i djelomično raspadnut	3 2 2 2 1 0 3 3 2 0	Umjeren broj hodnika, tlo relativno rahlo, prisutne gujavice
6.12. 9.12. 12.12 15.12. 18.12. 12.1. 15.1. 19.1. 22.1. 26.1.	2 km od požariša	1 1 2 3 4 1 2 3 3 3	List djelomično razgrađen, list gubi strukturu	2 2 1 0 0 2 2 2 1 0	Malo hodnika, manji broj gujavica, tlo djelomično zbijeno
6.12. 9.12. 12.12 15.12. 18.12 12.1. 15.1. 19.1. 22.1. 26.1.	200 m od požarišta	1 1 2 3 3 1 2 2 3 3	Početna razgradnja, manja oštećenja	2 2 1 0 0 2 1 0 0 0	Tlo zbijeno, bez ili vrlo malo hodnika, gujavice rijetke ili odsutne

U (tablici 1) prikazani rezultati dobiveni su vizualnom procjenom aktivnosti gujavica (skala od 0–3) u uzorcima tla prikupljenim sa 200 m, 2 km, 6 km od zgarišta te iz humusa radi usporedbe. Iz tablice je vidljivo da je u humusnom tlu aktivnost gujavica najveća (skala 3) što je povezano s većim brojem hodnika, prisutno više preživjelih gujavica, tlo je rahlo. Slični rezultati dobiveni su u tlu udaljenom 6 km

od zgarišta (skala 2), umjeren broj hodnika ukazuju na prisutnost gujavica i rahlo tlo. Manji broj gujavica povezan je s malo hodnika što čini tlo djelomično zbijenim na udaljenosti 2 km od zgarišta (skala 1). Očekivani rezultati ukazuju da je na najbližoj udaljenosti od zgarišta (200 m) tlo zbijeno s vrlo malo hodnika (skala 0) jer gujavice brzo ugibaju.

U (tablici 1) prikazana je i vizualna procjena razgradnje lista zelene salate prema (na skali od 1–5) tijekom četiri tjedna, kroz dva ciklusa. Najsporije se razgradio list salete u uzorku tla sa 200 m udaljenosti od zgarišta (skala procjene 1) s blagim promjenama boje i omekšavanjem strukture lista. U uzorku tla s 2 km udaljenosti od zgarišta list pokazuje gubitak strukture i djelomičnu razgradnju (skala 2). Razgradnja lista u uzorku tla s udaljenosti 6 km od požarišta pokazuje da je proces razgradnje vidljiviji i brži (skala 4), odnosno da je struktura lista gotovo raspadnuta. U humusnom tlu list se potpuno razgradio u oba ciklusa što je vidljivo po bržem mekšanju strukture, bržoj promjeni boje lista (skala 5). Rezultati ukazuju na povećanje brzine razgradnje s povećanjem udaljenosti od mjesta požara što omogućuje veću aktivnost razlagača i bržu razgradnju biljnog materijala, što potvrđuje povezanost između faune tla i procesa razgradnje.

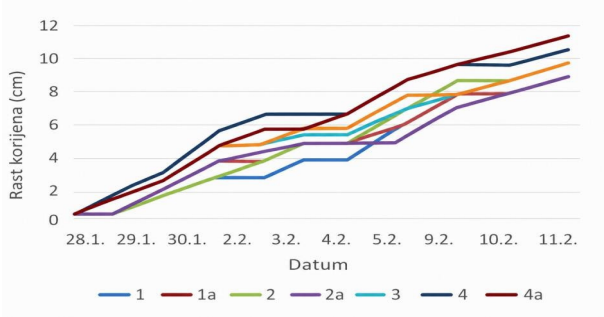
Tijekom prvog ciklusa od 5.12. do 19.12. (slika 12) vidljiva je razlika u brzini rasta korijena kroz duljinu rasta.



Slika 12 Brzina rasta korijena u ciklusu 1

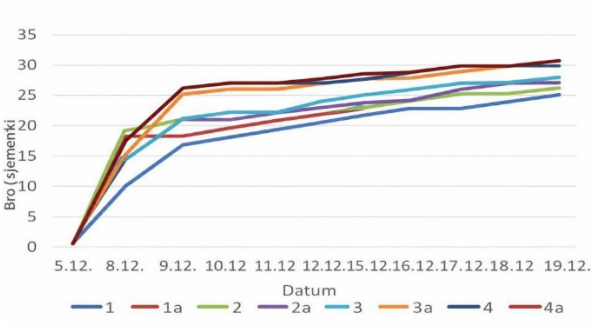
Najveću duljinu korijena ima pšenica u uzorku tla 4a (humus) 11 cm, visok rast korijena zabilježen je u uzorku 2 i 4 (10 cm), umjeren rast korijena u tlu 1a i 3 (9 cm), a najslabiji rast korijena u uzorku 1 (8 cm), što upućuje na moguću povezanost s blizinom gorišta plastike.

U drugom je ciklusu od 28.1. do 11.2. (slika 13) stabilan i najbrži rast korijena zabilježen u uzorku tla 4a (približno 11 cm), visok rast zabilježen je u uzorku 4 (10 cm), umjeren rast u uzorku tla 3a (9 cm). Sporiji rast korijena je uzorku tla 2 (oko 8 cm) a najsporiji je 1a (7 cm), što možemo povezati s blizinom požara plastike kao i u prvom ciklusu.



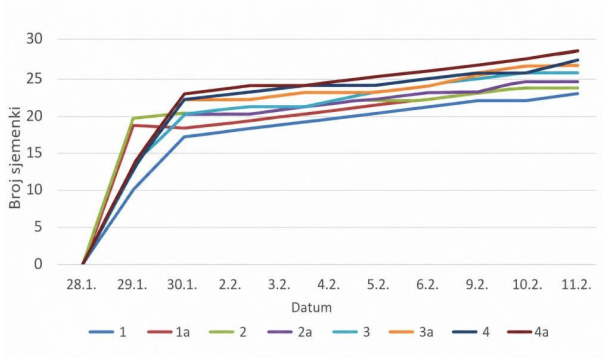
Slika 13 Brzina rasta korijena u ciklusu 2

U prvom ciklusu (slika 14) od 5.12. do 19.12. u uzorcima tla (1, 1a, 2, 2a, 3, 3a, 4, 4a) najveći broj isklijalih sjemenki zabilježen je u uzorku tla 4a (30/30) te u 3a (28/30), što upućuje na uspješniju klijavost na većoj udaljenosti od požarišta. Najmanji broj isklijalih sjemenki zabilježen je u uzorku tla 1, 1a, 2 (18, 19, 20/30). Razlika u broju klica između uzorkovanih tla u oba ciklusa ukazuje na vidljiv utjecaj blizine gorišta plastike.



Slika 14 Broj izniknulih pšenica u ciklusu 1

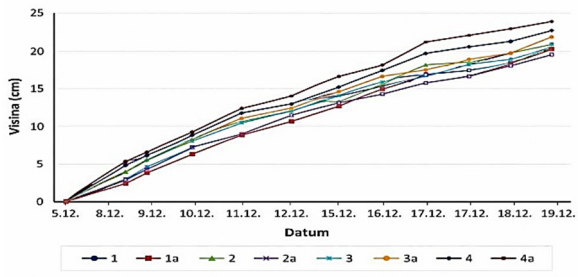
U drugom ciklusu (slika 15) rezultati pokazuju promjenu broja izniknulih pšenica (klijanje) u razdoblju od 28.1. do 11.2.



Slika 15 Broj izniknulih pšenica u ciklusu 2

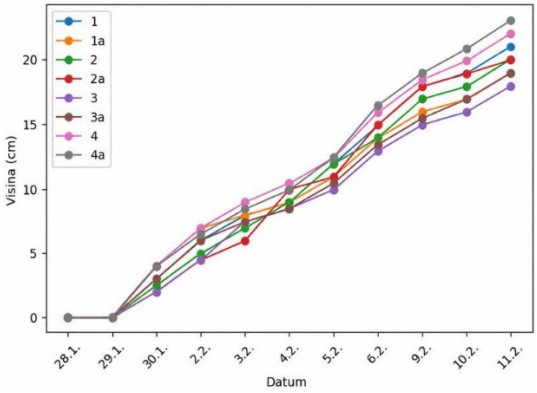
U uzorcima tla (1, 1a, 2, 2a, 3, 3a, 4, 4a) nagli porast broja klijanja sjemenja javlja se 30. 1. kada kod većine uzorka doseže (oko 10–20) klica. Najbolji početni rezultat pokazuje uzorak tla 2 (oko 20/30 klica) sa udaljenosti 2 km od zgarišta, dok uzorak 1 (200 m od zgarišta) ima nešto sporiji početak klijanja. Uzorak tla 4a (humus) ima najveći broj izniknulih klica (30/30), zatim 4 i 3a (28–29/30) dok uzorci 2, 2a, 3 imaju srednje vrijednosti (oko 25–27/30) klica. Najmanji broj izniknulih klica ima tlo 1 (s udaljenosti 200 m od zgarišta), oko 24/30 klica. Razlika u broju klica (oko 5–6) između uzorkovanih tla ukazuje na vidljiv utjecaj blizine gorišta plastike.

Brzina rasta pšenice u prvome ciklusu (slika 16) pokazuje da je najveću visinu, odnosno brzinu rasta, imala pšenica u uzorku tla 4a i 4 (oko 25 i 24 cm), dok je u tlu 3 i 3a zabilježena visina oko 23 i 22 cm. Nešto sporiji rast pokazuje 1 a i 2 (oko 18 i 19 cm), a najsporiji i najniži rast pokazuje tlo 2a i 1 (oko 15 i 15 cm).



Slika 16 Brzina rasta pšenice u ciklusu 1

Rezultati pokazuju postupnu promjenu visine (brzine rasta) pšenice (slika 17) u razdoblju od 28.1. do 11.2. za sve uzorke tla (1, 1a, 2, 2a, 3, 3a, 4, 4a). Najveću briznu rasta i najveću visinu postiže tlo 4 (humus), oko 23 cm, uzorci tla 4 i 2a, oko 20–21 cm, dok uzorci tla 1, 1a, 2 i 3a dosežu visinu oko 19–20 cm. Najmanju visinu, odnosno brzinu rasta, pokazuje uzorak tla 3 (oko 18 cm). Razlike u brzini rasta pokazuju da tlo udaljenije od požarišta doseže veću visinu i brži rast. Najbolju brzinu rasta u oba ciklusa pokazalo je humusno tlo.

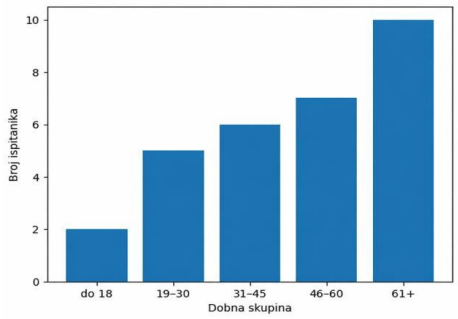


Slika 17 Brzina rasta pšenice u ciklusu 2

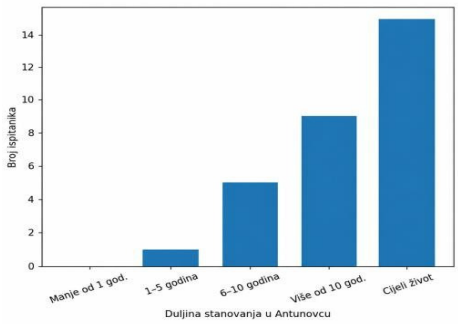
Rezultati ankete

Rezultati provedene ankete (prilog 1) pokazuju potrebu mještana za dodatnim praćenjem zdravstvenog stanja i informiranjem stanovništva o mogućim zdravstvenim posljedicama izloženosti dimu i zagađenju nakon požara (slike 18 – 31).

Ciljano su anketirani mještani Antunovca s dužim životnim iskustvom. Broj ispitanika do 18 godina je 2, od 19–30 je 5, od 31–45 je 6, od 46–50 je 7 i od 61+ 10 (slika 18). Najveći broj ispitanika živi dugi niz godina u Antunovcu, cijeli život 15 ispitanika, više od 10 godina 9 ispitanika, 6-10 godina 5 ispitanika, od 1–5 godina 1 ispitanik (slika 19).



Slika 18 Dob ispitanika u Antunovcu

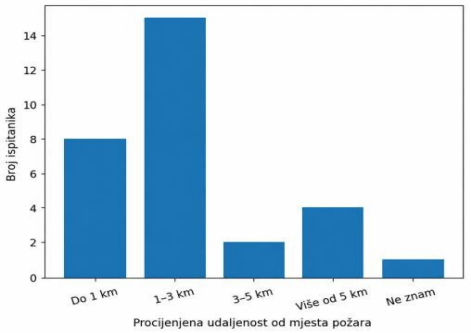


Slika 19 Duljina stanovanja ispitanika u Antunovcu

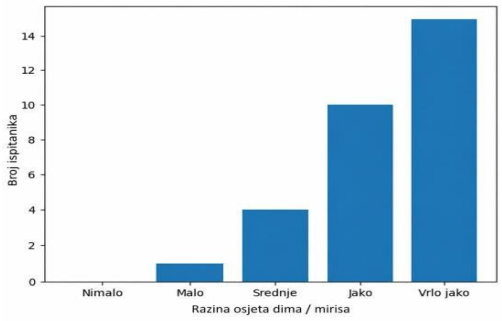
Najveći broj ispitanika, 15, procjenjuje da živi na udaljenosti od 1–3 km od požarišta. Njih 8 ispitanika bilo je unutar 1 km, a najmanji broj ispitanika procjenjuje da živi na 3–5 km od požarišta. Na udaljenosti više od 5 km procjenjuje da živi 4 ispitanika, a jedan ispitanik nije znao procijeniti udaljenost od mjesta požara (slika 20). Najveći broj ispitanika, ukupno 25, osjetilo je jako i vrlo jako dim tijekom požara, manji broj osjetio je malo ili srednje, ukupno 5. Svi stanovnici osjetili su dim prilikom izgaranja plastike (slika 21).

Najveći broj ispitanika, 27, odgovorilo je da se kvaliteta zraka pogoršala nakon požara, nitko nije odgovorio da nije, djelomično 2 ispitanika i 1 ispitanik odgovara da ne zna. Rezultati upućuju da većina stanovnika uočava promjene u kvaliteti zraka (slika 22).

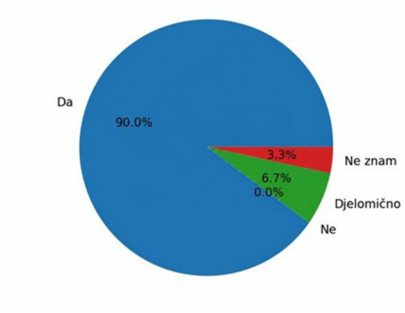
Na pitanje osjećaju li povremeno neugodan miris zraka, veći broj ispitanika, ukupno 13, odgovorilo je potvrdno (često), 10 povremeno, 5 ne, a 2 ispitanika odgovorilo je „ne znam“ (slika 23).



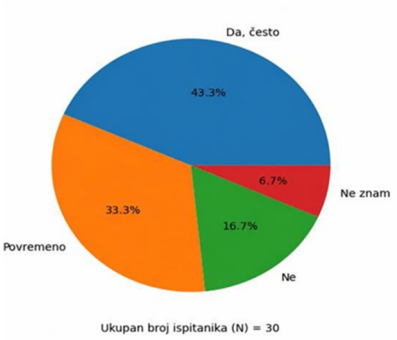
Slika 20 Procjena udaljenosti stanovanja ispitanika od požarišta



Slika 21 Odgovori ispitanika na anketno pitanje: Koliko ste osjetili dim?



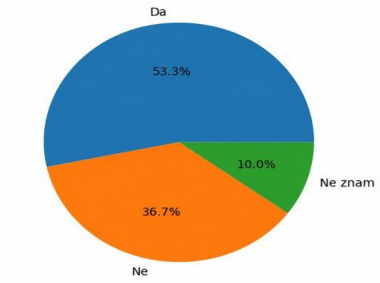
Slika 22 Odgovori ispitanika na anketno pitanje: Smatrate li da se kvaliteta zraka u Antunovcu pogoršala?



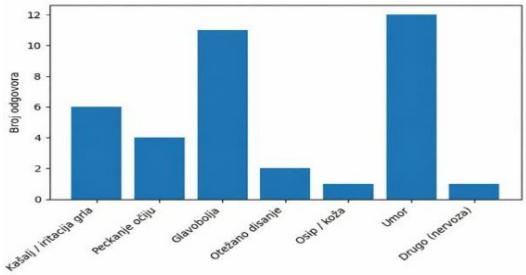
Slika 23 Odgovori ispitanika na anketno pitanje: Osjećate li danas povremeno neugodan miris zraka?

Više od polovice ispitanika (53,3 %) navodi da su nakon požara primijetili zdravstvene tegobe kod sebe ili ukućana (slika 24). To upućuje na značajan mogući utjecaj požara na zdravlje stanovništva. S druge strane, 36,7 % ispitanika nije primijetilo nikakve tegobe, dok 10,0 % nije sigurno, što može ukazivati na blaže ili nespecifične simptome koje je teško povezati s događajem. Rezultati sugeriraju potrebu za dodatnim praćenjem zdravstvenog stanja i informiranjem stanovništva o mogućim zdravstvenim posljedicama izloženosti dimu i zagađenju nakon požara.

Prema rezultatima ankete, ispitanici su najčešće navodili umor (12 odgovora) i glavobolju (11 odgovora) kao prisutne tegobe. U nešto manjoj mjeri pojavljuju se kašalj ili iritacija grla (6 ispitanika) te peckanje očiju (4 ispitanika). Rjeđe su zabilježeni otežano disanje (2 ispitanika) i kožne promjene ili osip (1 ispitanik. Jedan ispitanik naveo je i dodatni simptom – nervozu (slika 26). Rezultati pokazuju da među ispitanicima prevladavaju opći simptomi poput umora i glavobolje, dok su specifičnije respiratorne i kožne tegobe znatno rjeđe prisutne.



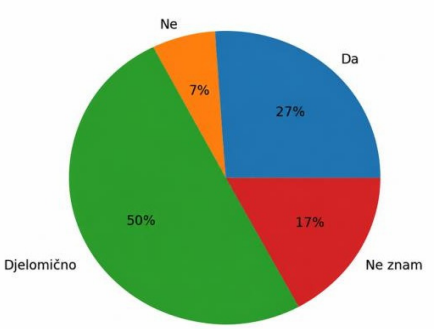
Slika 24 Odgovori ispitanika na anketno pitanje: Jeste li nakon požara primijetili zdravstvene tegobe kod sebe ili ukućana?



Slika 25 Zdravstvene tegobe prema iskazima ispitanika

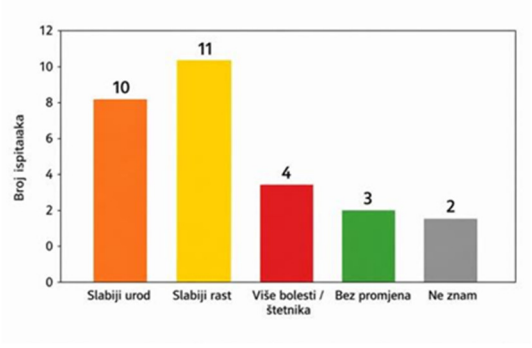
Rezultati pokazuju da polovica ispitanika (50 %) smatra da su njihove zdravstvene tegobe djelomično povezane s požarom plastike (slika 26). 27 % ispitanika vjeruje da postoji izravna povezanost između požara i pojave tegoba. S druge strane, manji dio ispitanika nije siguran u postojanje povezanosti (17 %,) dok samo 7 % smatra da tegobe nisu povezane s požarom (slika 26). Ovi rezultati ukazuju na to da većina

ispitanika u određenoj mjeri povezuje pojavu zdravstvenih problema s događajem požara, iako kod dijela njih postoji nesigurnost ili nedostatak jasnog stava o uzročno-posljedičnoj vezi.

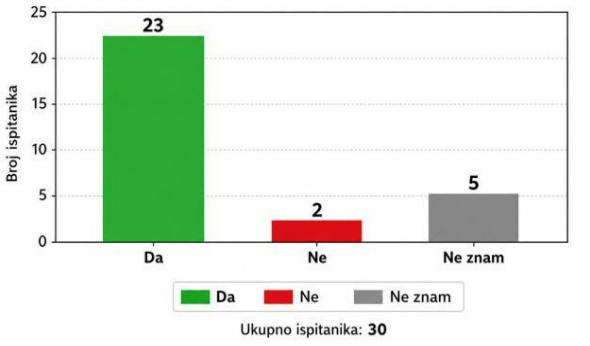


Slika 26 Tegobe ispitatnika povezane s požarom

Svi ispitanici (100 %) izjavili su da imaju vrt ili se bave poljoprivredom, što pokazuje da uzorak čine osobe koje su u potpunosti povezane s uzgojem biljaka i potencijalno izložene utjecaju okolišnih čimbenika. Na pitanje jesu li primijetili promjene u rastu/urodu nakon požara, većina ispitanika primijetila je negativne posljedice požara na rast i urod (slika 27). Najveći broj ispitanika (11) naveo je slabiji rast, dok je vrlo sličan broj (10) istaknuo slabiji urod. Ovi podaci upućuju na to da požar ima značajan utjecaj na vegetativni razvoj biljaka, što se posljedično odražava i na količinu prinosa. Manji broj ispitanika (4) primijetio je povećanu pojavu bolesti i štetnika, što može ukazivati na narušenu ravnotežu ekosustava i oslabljenu otpornost biljaka nakon požara. Samo 3 ispitanika navela su da nije bilo promjena, dok su 2 ispitanika odgovorila „ne znam“ (slika 27), što pokazuje da je vrlo mali udio ispitanika bez jasne percepcije negativnih posljedica. Rezultati jasno ukazuju da većina ispitanika percipira požar kao čimbenik koji negativno utječe na poljoprivrednu proizvodnju, prvenstveno kroz smanjenje rasta i uroda, a u manjoj mjeri kroz povećanu pojavnost bolesti i štetnika.



Slika 27 Promjene u rastu / urodu nakon požara prema iskazima ispitanika



Slika 28 Odgovori ispitanika na anketno pitanje: Smatrate li da je tlo u okolici potencijalno onečišćeno?

Na pitanje smatraju li da je tlo u okolici potencijalno onečišćeno, rezultati ankete pokazuju da velika većina ispitanika smatra kako je tlo u okolici potencijalno onečišćeno (slika 28). Čak 23 od ukupno 30 ispitanika odgovorilo je „da“, što upućuje na izraženu zabrinutost vezanu uz stanje tla nakon požara. Samo 2 ispitanika smatraju da tlo nije onečišćeno, dok je 5 ispitanika odgovorilo „ne znam“, što ukazuje na manji stupanj nesigurnosti ili nedostatka informacija. Rezultati sugeriraju prevladavajuću percepciju potencijalne ekološke ugroženosti tla među ispitanicima.

Rezultati ankete nadalje ukazuju da značajan dio korisnika bunarske vode primjećuje promjene u njezinim svojstvima što može upućivati na potencijalne probleme s kvalitetom vode i potrebu za dodatnim ispitivanjima. Rezultati pokazuju da većina ispitanika (21 od ukupno 30 ispitanika; 70 %) koristi bunarsku vodu, dok 9 ispitanika (30 %) ne koristi (slika 29).

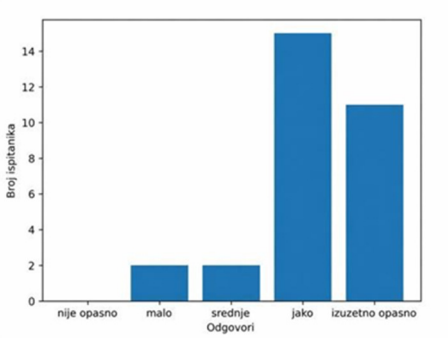


Slika 29 Usporedba korištenja bunarske vode s promjenama mirisa/ okusa/ boje prema iskazima ispitanika

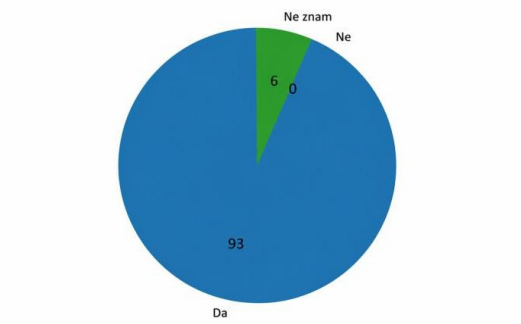
Od onih koji koriste bunarsku vodu (n = 21), njih 13 (62 %) primijetilo je promjene u mirisu, okusu ili boji vode, što upućuje na moguću promjenu kvalitete vode. Samo 2 ispitanika (10 %) nisu primijetila promjene, a 6 je ispitanika (28 %) nesigurno (slika 29).

Rezultati pokazuju da ispitanici u velikoj većini smatraju izgaranje plastike opasnim za zdravlje (slika 30). Najveći broj odgovora nalazi se u kategorijama „jako opasno" (15 ispitanika) i „izuzetno opasno" (11 ispitanika), dok je manji broj ispitanika procijenio opasnost kao srednju (2) ili malu (2). Nitko od ispitanika ne smatra da izgaranje plastike nije opasno (slika 30). Dobiveni rezultati ukazuju na visoku razinu svijesti ispitanika o potencijalnim zdravstvenim rizicima povezanima s izgaranjem plastike.

Većina ispitanika (27 od 29, odnosno 93 %) smatra da su institucije trebale provesti više mjerenja zraka, tla i vode. Nitko ne smatra da dodatna mjerenja nisu potrebna, a 2 ispitanika (7 %) nisu sigurna (slika 31). Rezultati jasno pokazuju visok stupanj zabrinutosti među ispitanicima glede praćenja okolišnih parametara nakon požara.



Slika 30 Odgovori ispitanika na anketno pitanje: Koliko je po vašem mišljenju izgaranje plastike opasno za zdravlje?



Slika 31 Odgovori ispitanika na anketno pitanje: Smatrate li da su institucije trebale provesti više mjerenja zraka/tla/vode?

RASPRAVA

Rezultati ovog istraživanja pokazali su da se brzina razgradnje lista zelene salate i aktivnost gujavica povećavaju s udaljenošću od lokacije požarišta plastike. Najveći stupanj razgradnje i najveća aktivnost gujavica zabilježeni su u kontrolnom humusnom tlu, a najmanje vrijednosti uočene su u uzorku tla udaljenom 200 m od požarišta. To upućuje na smanjenu biološku aktivnost tla u blizini izvora mogućeg onečišćenja. Razgradnja organske tvari u tlu ovisi o aktivnosti mikroorganizama i faune tla, osobito gujavica koje imaju važnu ulogu u usitnjavanju biljnog materijala, miješanju tla i poticanju mikrobne aktivnosti (Edwards i Bohlen, 1996). Gujavice se smatraju ključnim organizmima u procesima kruženja tvari i stvaranja humusa (Lavelle i sur., 2006; Hrvatska enciklopedija, 2026). U ovom istraživanju uočena je povezanost između veće aktivnosti gujavica i brže razgradnje lista, što je u skladu s navedenim spoznajama. Smanjena brojnost i aktivnost gujavica u uzorcima bliže požarištu može upućivati na negativan utjecaj štetnih tvari nastalih izgaranjem plastike, poput teških metala, policikličkih aromatskih ugljikovodika i dioksina, koji mogu smanjiti biološku aktivnost tla i usporiti procese razgradnje. Slične

rezultate navode i hrvatski autori koji ističu da onečišćenje tla dovodi do smanjenja aktivnosti organizama tla i usporavanja razgradnje organske tvari (Škorić, 1986; Husnjak, 2014). Prema Husnjaku (2014), biološka aktivnost tla jedan je od najosjetljivijih pokazatelja promjena u kvaliteti tla uzrokovanih utjecajima čovjeka, poput požara.

Dobiveni rezultati upućuju na mogući negativan utjecaj požara plastike na biološku kvalitetu tla u neposrednoj blizini lokacije, što se očituje smanjenom aktivnošću gujavica i sporijom razgradnjom organske tvari, lista salate. Istraživanjem Qi i sur. (2018) dobiveni su slični rezultati u kojima se navodi kako će dodavanje Bio-makroplastike i Bio-mikroplastike znatno utjecati na visinu, klijavost i rast pšenice. Iako su opažanja provedena vizualnom metodom, pokazuju povezanost između udaljenosti od izvora onečišćenja i biološke aktivnosti tla.

Cilj je ovog istraživanja bio utvrditi postoji li utjecaj požara u blizini naselja Antunovac, povezanog s tvrtkom *Drava International*, na biološka svojstva tla i rast biljaka. Kao bioindikatori korišteni su brzina rasta korijena, klijanje i rast božićne pšenice, razgradnja organske tvari (list zelene salate) te aktivnost gujavica. Percepcija stanovništva analizirana je anketnim upitnikom. Dobiveni rezultati pokazali su određene razlike između uzoraka tla ovisno o udaljenosti od mjesta požara. Klijavost i brzina rasta pšenice bili su pokazatelji osjetljivosti biljaka na moguće promjene u kemijskom sastavu tla. U uzorcima tla bližima mjestu požara (200 m ,2 km) uočene su slabije vrijednosti pojedinih parametara u odnosu na kontrolni uzorak humusnog tla, što se poklapa sa istraživanjima na istim lokacijama (Tomić, 2024). To može upućivati na prisutnost nepovoljnih čimbenika poput onečišćujućih tvari, promjena pH vrijednosti ili smanjene dostupnosti hranjivih tvari. Biljke su poznati bioindikatori jer brzo reagiraju na promjene u okolišu, pa dobiveni rezultati imaju značaj u procjeni kvalitete tla. Rezultati ankete pokazali su da stanovnici Antunovca u određenoj mjeri primjećuju ili pretpostavljaju dugoročne posljedice požara na okoliš i zdravlje. Takva percepcija može biti povezana s vidljivim promjenama u okolišu, medijskim informacijama ili osobnim iskustvima, ali također naglašava važnost informiranja javnosti i provođenja dodatnih znanstvenih istraživanja.

Važno je istaknuti i ograničenja istraživanja. Uzorci tla prikupljeni su s ograničenog broja lokacija i tijekom relativno kratkog vremenskog razdoblja što može utjecati na opću primjenjivost rezultata. Također, nisu provedene kemijske analize tla koje bi mogle preciznije potvrditi prisutnost onečišćujućih tvari. Unatoč tome, biološki pokazatelji korišteni u ovom istraživanju pružaju vrijedne informacije o stanju tla jer odražavaju stvarne uvjete za život organizama.

Za potpunije razumijevanje utjecaja požara na okoliš bilo bi korisno provesti dugoročnija istraživanja koja bi uključivala veći broj uzoraka kemijske analize tla i praćenje tijekom različitih godišnjih doba. Time bi se mogla dobiti jasnija slika o stvarnom opsegu utjecaja na ekosustav i potencijalnim rizicima za zdravlje ljudi.

ZAKLJUČCI

Dobiveni rezultati poklapaju se s pretpostavkama na početku istraživanja.

Požar plastičnog otpada negativno je utjecao na kvalitetu tla u blizini požarišta, a učinak se smanjuje s povećanjem udaljenosti.

Na temelju istraživanja može se zaključiti:

- aktivnost gujavica je manja u tlu bliže požarištu, a veća u uzorcima udaljenijima od požarišta i u humusu;
- razgradnja listova salate sporija je u tlu bliže požarištu, a brža u udaljenijim uzorcima i kontrolnom tlu;

- brzina rasta korijena, klijavost i rast božićne pšenice je slabija u tlu bliže požarištu, a bolji u uzorcima s većih udaljenosti i u humusu;
- stanovnici Antunovca primijetili su negativne promjene u okolišu nakon požara (zabrinutost za tlo, biljke i zdravlje).

LITERATURA

Campanale C., Galafassi S., Savino I., Massarelli C., Ancona V., Volta P., Uricchio V. F. 2022. Microplastics pollution in the terrestrial environments: Poorly known diffuse sources and implications for plants. Science of the Total Environment 805: 150431.

Edwards C. A., Bohlen P. J. 1996. Biology and ecology of earthworms. Chapman & Hall, London.

Hrvatska enciklopedija. 2026. Humus. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, https://www.enciklopedija.hr/clanak/humus, pristupljeno 14.1.2026.

Husnjak S. 2018. Utjecaj onečišćenja tla na klijavost pšenice. Poljoprivreda 24(2): 45–52.

ISO 11268. Earthworm tests for soil quality. ISO, https://www.iso.org/standard/53528.html, pristupljeno 2.1.2026.

Lavelle P., Decaëns T., Aubert M., Barot S., Blouin M., Bureau F., Margerie P., Mora P., Rossi J.-P. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. European Journal of Soil Biology 42(1): S3-S15.

Paoletti M. G. 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. Agriculture, Ecosystems & Environment 74(1–3): 137–155.

Škorić A. 1986. Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Špoljar, A., & Husnjak, S. (2023). Degradacija tla u svijetu i Hrvatskoj. *Hrčak – znanstveni časopis,* pristupljeno 14.1.2026.

Tomić, E. (2025). Utjecaj gorenja plastike na klijavost i rast pšenice te aktivnost gujavica u tlu. *Bioznalac*, 11, str. 1–10. pristupljeno 30.1.2025.

Verma, R., Vinoda, K. S., Papireddy, M., & Gowda, A. N. S. (2016). Toxic pollutants from plastic waste – A review. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 701–708. pristupljeno 3.2.2026.

World Health Organization (2024). Air quality and health. Dostupno na: https://www.who.int. pristupljeno 5.12.2025.

Izvori fotografija:

Slika1. Prisutnost i nakupljanje mikroplastičnih čestica u tlu i na korijenu biljaka(izvor:znanstvena ilustracija i mikroskopski prikaz)

Slika 2.Božična pšenica(izvor:autor ovog rada)

Slika3.Posijano sjeme pšenice(izvor:autor ovog rada)

Slika4.Filtriranje(izvor:autor ovog rada)

Slika5 Pen type pH meter(izvor:autor ovog rada) Slika 6.Klijanje pšenice(izvor:autor ovog rada)

Slika 7.Brzina rasta pšenice (izvor:autor ovog rada) Slika8.Listovi salate u uzorcima tla (izvor:autor ovog rada))

Slika 9.Struktura tla sa uzokovanih lokacija (izvor:autor ovog rada) Slika10. Gujavice iz školskog komposta (izvor:autor ovog rada) Slika11.Gujavice u uzorcima tla(izvor:autor ovog rada) Slika12.Brzina rasta korijena u ciklusu 1(izvor:autor ovog rada) Slika13. Brzina rasta korijena u ciklusu2 (izvor:autor ovog rada)

Slika 14. Broj izniknulih pšenica u ciklusu 1 (izvor :autor ovog rada) Slika 15.Broj izniknulih pšenica u ciklusu 2(izvor:autor ovog rada) Slika16.Brzina rasta pšenice u ciklusu 1(izvor:autor ovog rada)

Slika 17.Brzina rasta pšenice u ciklusu 2(izvor:autor ovog rada)

PRILOZI

Prilog 1 Anketa za mještane Antunovca

Anketa za mještane Antunovca
Tema: Posljedice požara plastike (Drava International)
Napomena: Anketa je anonimna i služi u svrhu istraživanja.
A) Osnovni podaci

1. Dob:
   ☐ do 18 ☐ 19–30 ☐ 31–45 ☐ 46–60 ☐ 61+
2. Koliko dugo živite u Antunovcu?
   ☐ <1 god ☐ 1–5 god ☐ 6–10 god ☐ >10 god ☐ cijeli život
3. Udaljenost od mjesta požara (procjena):
   ☐ do 1 km ☐ 1–3 km ☐ 3–5 km ☐ >5 km ☐ ne znam

B) Zrak i opći dojam

4. Koliko ste osjetili dim/miris tijekom požara?
   ☐ nimalo ☐ malo ☐ srednje ☐ jako ☐ vrlo jako

5. Smatrate li da se kvaliteta zraka u Antunovcu pogoršala nakon požara?

☐ Da ☐ Ne ☐ Djelomično ☐ Ne znam

6. Osjećate li i danas povremeno neugodan miris/zrak?

☐ Da, često ☐ Povremeno ☐ Ne ☐ Ne znam

C) Zdravlje (samoprocjena)

7. Jeste li nakon požara primijetili zdravstvene tegobe kod sebe ili ukućana?

☐ Da ☐ Ne ☐ Ne znam

8. Ako da, koje? (može više odgovora)

☐ kašalj/iritacija grla ☐ peckanje očiju ☐ glavobolja

☐ otežano disanje ☐ osip/koža ☐ umor ☐ drugo: _____

9. Smatrate li da su te tegobe povezane s požarom plastike?

☐ Da ☐ Ne ☐ Djelomično ☐ Ne znam

D) Tlo, voda i poljoprivreda

10. Imate li vrt/poljoprivredu?

☐ Da ☐ Ne

11. Ako da: jeste li primijetili promjene u rastu/urodu nakon požara?

☐ slabiji urod ☐ slabiji rast ☐ više bolesti/štetnika ☐ bez promjena ☐ ne znam

12. Smatrate li da je tlo u okolici potencijalno onečišćeno?

☐ Da ☐ Ne ☐ Ne znam

13. Koristite li bunarsku vodu?

☐ Da ☐ Ne

(Ako da) Jeste li primijetili promjene mirisa/okusa/boje?

☐ Da ☐ Ne ☐ Ne znam

E) Svijest i informiranost

14. Koliko je po vašem mišljenju izgaranje plastike opasno za zdravlje?

☐ nije opasno ☐ malo ☐ srednje ☐ jako ☐ izuzetno opasno

15. Smatrate li da su institucije trebale provesti više mjerenja zraka/tla/vode?

☐ Da ☐ Ne ☐ Ne znam