

Značaj kompostiranja kao mjere ublažavanja i prilagodbe klimatskim promjenama

Antulov, Dana

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:345093>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-04**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Dana Antulov

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

**Značaj kompostiranja kao mjere ublažavanja i prilagodbe
klimatskim promjenama**

Završni rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Dana Antulov

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

**Značaj kompostiranja kao mjere ublažavanja i prilagodbe
klimatskim promjenama**

Završni rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Dana Antulov

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

**Značaj kompostiranja kao mjere ublažavanja i prilagodbe
klimatskim promjenama**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. doc. dr. sc. Bojana Brozović, mentor
2. prof. dr. sc. Irena Jug
3. prof. dr. sc. Danijel Jug

Osijek, 2021.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Hortikultura

Završni rad

Dana Antulov

Značaj kompostiranja kao mjere ublažavanja i prilagodbe klimatskim promjenama

Sažetak: U ovom završnom radu prikazuje se značaj i uloga kompostiranja u ublažavanju i prilagodbi poljoprivredne proizvodnje klimatskim promjenama. Klimatske promjene prikazane su na globalnoj razini uz osvrt na njihovo trenutno i moguće djelovanje na poljoprivredu, kao što je mogućnost reduciranja emisije stakleničkih plinova. Definirane su metode, sustavi i materijali koji se koriste u kompostiranju, kao i utjecaj komposta na ublažavanje klimatskim promjenama. Spomenuti su i mogući načini implementacije navedenih mjera s ciljem povećanja svijesti o navedenoj tematici.

Ključne riječi: klimatske promjene, kompost, kompostiranje, poljoprivreda

24 stranica, 2 tablica, 9 slika, 20 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Horticulture

BSc Thesis

Dana Antulov

The importance of composting as a mitigation and adaptation measure to climate change

Summary: This paper presents the importance and role of composting in mitigating and adapting agricultural production to climate change. Climate change are described at the global level and its current and possible impact on agriculture, such as the possibility of reducing greenhouse gases. Methods, systems and materials of composting are defined, as well as the influence of compost on climate change mitigation. Possible ways of implementing these measures with the aim of raising awareness on this topic are also mentioned.

Keywords: climate change, compost, composting, agriculture

24 pages, 2 tables, 9 figures, 20 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of agrobiotechnical Sciences in Osijek and in digital repository of Faculty of agrobiotechnical Sciences in Osijek

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Klimatske promjene	2
1.2. Kompostiranje	2
2. KLIMATSKE PROMJENE	4
2.1. Klimatske promjene u svijetu	4
2.2. Klimatske promjene u Hrvatskoj	6
2.3. Ekstremni vremenski uvjeti	7
2.4. Utjecaj na zdravlje	8
3. KOMPOSTIRANJE	9
3.1. Povijest kompostiranja	9
3.2. Činitelji kompostiranja	11
3.2.1. <i>Aeracija</i>	11
3.2.2. <i>Temperatura</i>	11
3.2.3. <i>C/N omjer</i>	11
3.2.4. <i>Vlaga</i>	12
3.2.5. <i>pH</i>	12
3.3. Sustavi i metode kompostiranja	13
3.4. Materijali kompostiranja	15
3.5. Zdravlje i sigurnost kompostiranja	16
4. UTJECAJ KOMPOSTIRANJA NA UBLAŽAVANJE KLIMATSKIH PROMJENA	17
4.1. Sinergijski učinak komposta i biogljena	17
4.2. Bioplin	19
4.3. Ekološka poljoprivreda	19
5. MJERE PRILAGODBE U SEKTORU POLJOPRIVREDE	20
6. KAKO IMPLEMENTIRATI MJERE PRILAGODBE	21
7. ZAKLJUČAK	22
8. POPIS LITERATURE	23

1. UVOD

Znanost o klimi postala je pokretač tema koje su aktualne i svakodnevno prisutne, te su izvor političkih pregovora i sukoba. Istraživanja geofizičkih procesa antropogenog globalnog zagrijavanja još uvijek napreduju, pa se može pretpostaviti kako će u budućnosti još više pridonijeti razumijevaju tog fenomena. Klimatske promjene nisu isključivo okolišni problem, već su povezane sa sve širim spektrom društvenih, ekonomskih i političkih pitanja, a prije svega s pitanjem održivosti postojećeg tipa ponašanja suvremenog čovjeka prema planetu, odnosno pitanjima njegova opstanka (Hrvatski meteorološki časopis, 2016.). Cilj ovog rada je upoznati se sa metodama i sustavima kompostiranja koji mogu pridonijeti ublažavanju klimatskih promjena.

1.1. Klimatske promjene

Klima nije strogo statična, te se tijekom duljeg razdoblja može mijenjati. Razlikuje se promjena klime nekog područja i varijacije unutar nekog klimatskog razdoblja koje se odnose na razlike unutar puno kraćih razdoblja, primjerice od jedne godine do druge. Takve varijacije su svojstvene klimatskom sustavu, ovise o klimatskim elementima i klimatskim faktorima, odnosno posljedica su varijabilnosti i kaotičnih svojstava atmosfere (Branković, 2013.). Promjena klime može biti uzrokovana prirodnim ili antropogenim djelovanjem. Primjeri antropogenog djelovanja su deforestacija, potrošnja fosilnih goriva, doprinos povećanju aerosola u zraku te će se takve promjene dugo osjećati zbog velike tromosti klimatskog sustava. Zbog dobivanja znanstvenih, tehničkih i socioekonomskih informacija važnih za razumijevanje klimatskih promjena, njezinih mogućih posljedica i mogućnosti prilagodbe i ublažavanja, Svjetska meteorološka organizacija (World Meteorological Organization, WMO) i Program za okoliš Ujedinjenih naroda (United Nations Environment Programme, UNEP) osnovali su Međuvladino tijelo za klimatske promjene (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). IPCC okuplja stručnjake različitih struka koji na temelju rezultata istraživanja znanstvenika iz cijeloga svijeta zatim donose izvješća o klimatskim promjenama, njihovim složenim uzrocima i posljedicama (Zaninović, Gajić Čapka, 2008.). Klimatske promjene posljednjih su desetljeća postale jedna od najozbiljnijih posljedica globalne okolišne krize i jedna od najvećih prijetnji životu kakvog poznajemo. Iako klimatske promjene potječu iz prirode, kao prijetnja svoje uzroke imaju u modernoj društvenoj organizaciji; ekonomskom, političkom i kulturnom sustavu koji se iz najrazvijenijih zemalja širi ostatkom svijeta (Stiglitz 2002, Barry 2012).

1.2. Kompostiranje

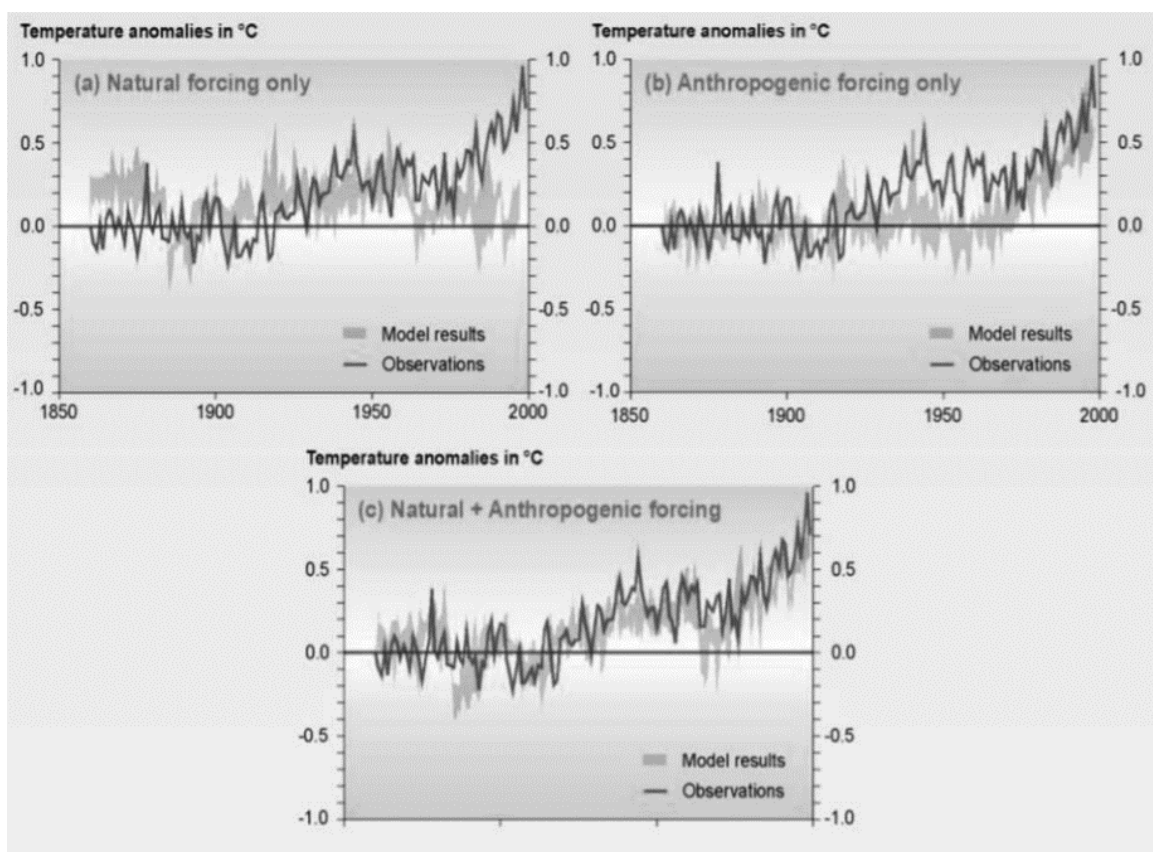
Kompostiranje predstavlja biološko razlaganje i stabilizaciju organske tvari dobivene od biljnih, životinjskih, pa čak i ljudskih ostataka djelovanjem različitih mikroorganizama u aerobnim uvjetima. Konačni proizvod ovog biološkog procesa je stabilna podloga slična humusu, bez patogena i sjemena biljaka, koja se može korisno primijeniti na poljoprivredna zemljišta kao sredstvo za poboljšanje plodnosti tla ili kao organsko gnojivo. Iako povijesne tradicije starih Egipćana već ukazuju na to da je kompostiranje drevni način poboljšanja plodnosti tla, temeljna znanstvena istraživanja o ovom biološkom procesu objavljena su tek u posljednja četiri desetljeća. Tehnologija procesa i saznanja o interakciji brojnih

konkurentskih odnosa i čimbenika unutar strukture kompostiranja tek su nedavno uspostavljeni. U smislu gospodarenja otpadom, organski otpad koji potječe iz gradova, poljoprivrede i šumarstva kao i iz prehrambene industrije predstavlja važnu komponentu krutog otpada. Količine, sastav i karakteristike organskog otpada ključni su s obzirom na metode obrade otpada i zaštitu klime. S jedne strane, kompostirani organski otpad predstavlja resurs, dok se s druge strane predstavlja emisiju stakleničkih plinova (npr. ugljikov dioksid (CO₂), metan (CH₄) i dušikov oksid (N₂O)) tijekom biološke razgradnje i pretvorbe organske tvari ovisno o primijenjenoj tehnologiji.

2. KLIMATSKE PROMJENE

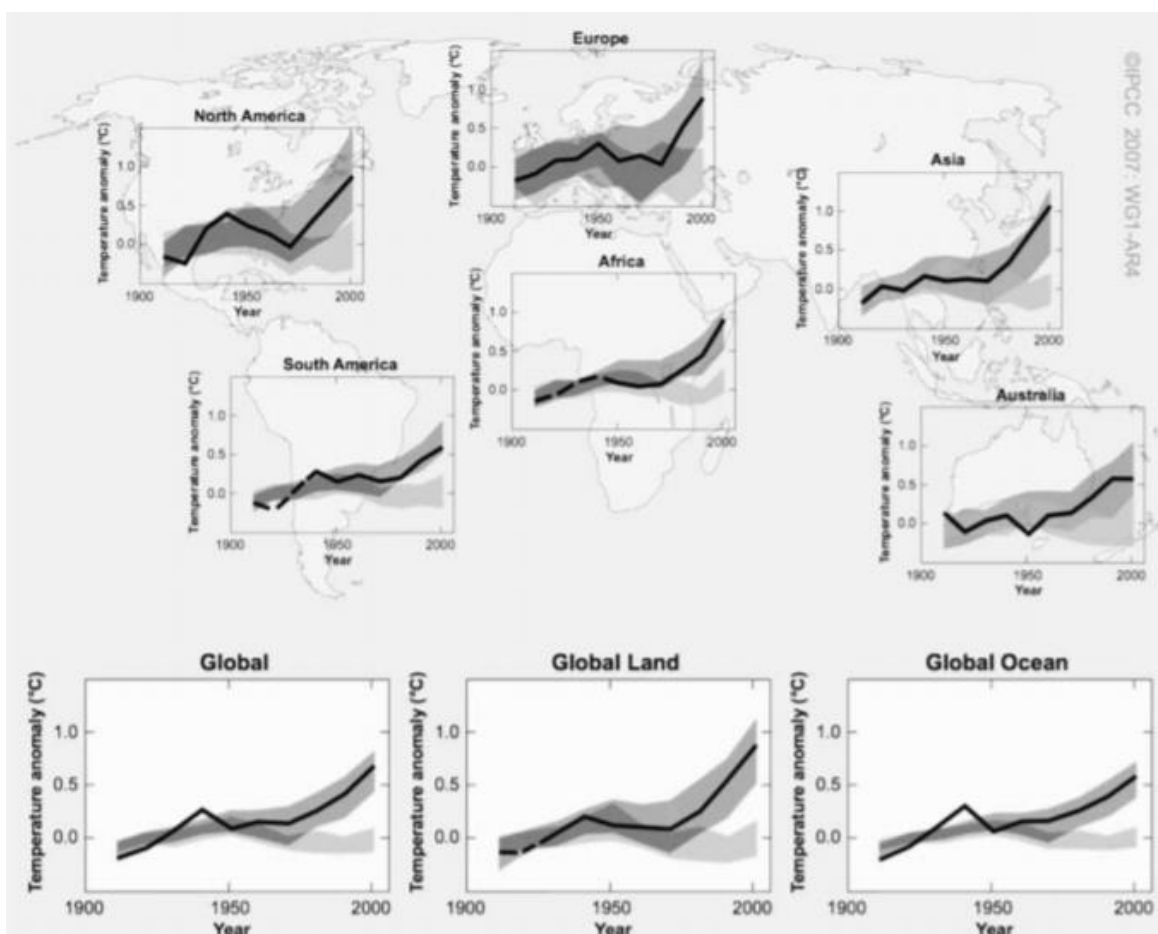
2.1. Klimatske promjene u svijetu

Prvo IPCC izvješće iz 1990. godine ustanovilo je da se s klimom „nešto događa“. U drugom izvješću iz 1995. godine istaknuto je da postoji antropogeni signal unutar prirodne klimatske varijabilnosti. Treće IPCC izvješće iz 2001. godine naglašava da postoje novi i jači dokazi da se najviše opaženih zatopljenja proteklih 50 godina vjerojatno (vjerojatnost 66 - 90%) može dovesti u vezu s ljudskim djelovanjem. Četvrto izvješće IPCC-a 2007. godine utvrđuje da je opaženo zatopljenje od sredine 20. stoljeća vrlo vjerojatno (vjerojatnost 90 - 99%) uzrokovano opaženim povećanjem koncentracija antropogenih stakleničkih plinova. Na Slici 1 prikazane su globalne temperaturne promjene.



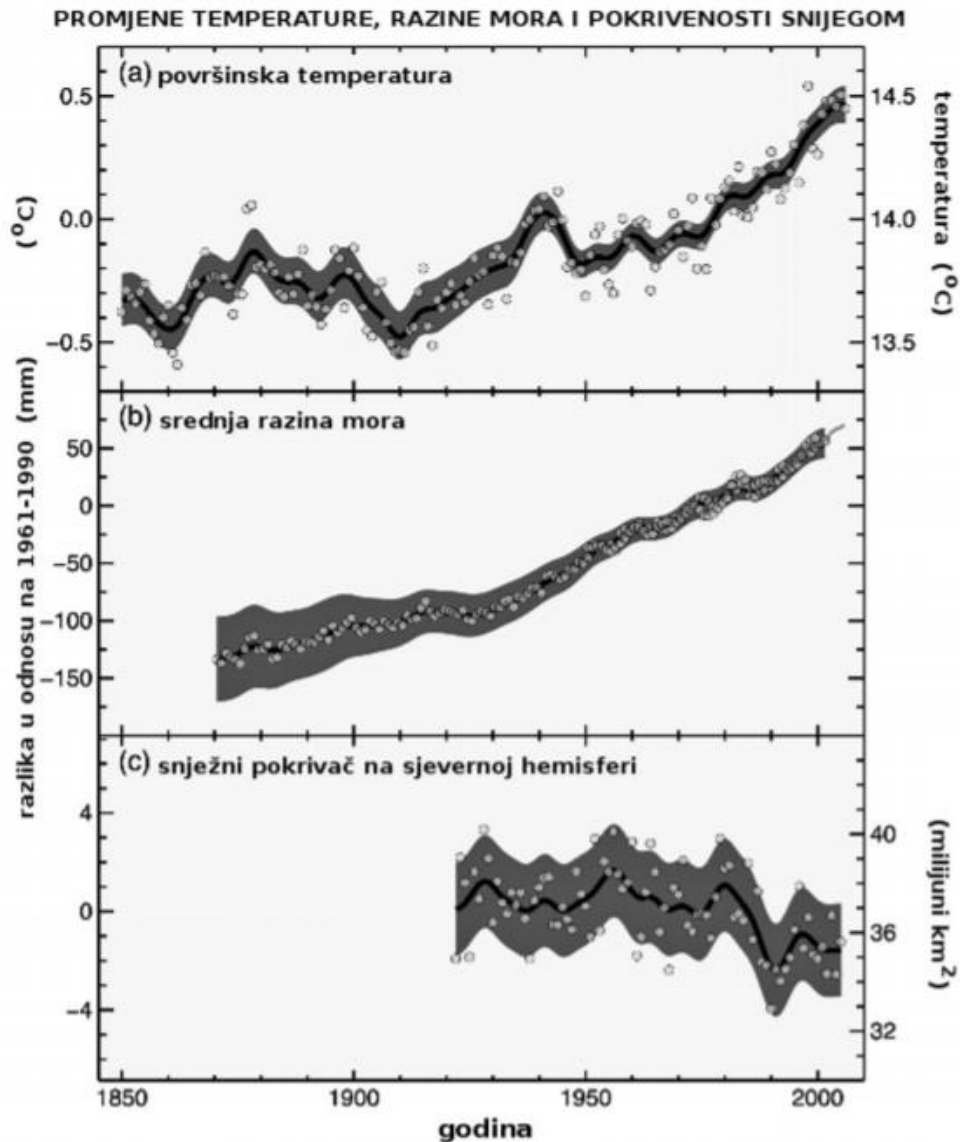
Slika 1. Globalne temperaturne promjene kao rezultat prirodnih promjena (gore lijevo), antropogenog utjecaja (gore desno) i zajednički utjecaj prirodnih promjena i antropogenog utjecaja (dolje) (Izvor: Zaninović, Gajić Čapka, 2008.)

Osim navedenih, postoje i regionalne razlike koje su prikazane na Slici 2. Zatopljenje je izraženije nad kopnom nego nad morem, pa je u skladu s time jače nad Europom, Sjevernom Amerikom i Azijom nego nad Afrikom, Australijom i južnom Amerikom.



Slika 2. Regionalne razlike temperaturnih promjena (Izvor: Zaninović, Gajić Čapka, 2008.)

Na Slici 3 je prikazana promjena klime na globalnoj razini. Uočeni su brojni fizikalni i biološki indikatori klimatskih promjena kao što su povećanje srednje razine mora, trajanje leda na rijekama i jezerima, topljenje ne polarnih ledenjaka, smanjenje površine snježnog pokrivača i smrznutoga tla, pomicanje snježne granice, promjene u godišnjim dobima i vegetacijskom razdoblju, a kao posljedica navedenog i u fenološkim fazama (početak cvatnje biljaka, početak žućenja lišća, opadanje lišća), pomak granica rasprostranjenosti pojedinih biljnih i životinjskih vrsta, promjene u razmnožavanju i cvjetanju te bijeljenje koraljnih grebena u Pacifiku (Zaninović, Gajić Čapka, 2008.).

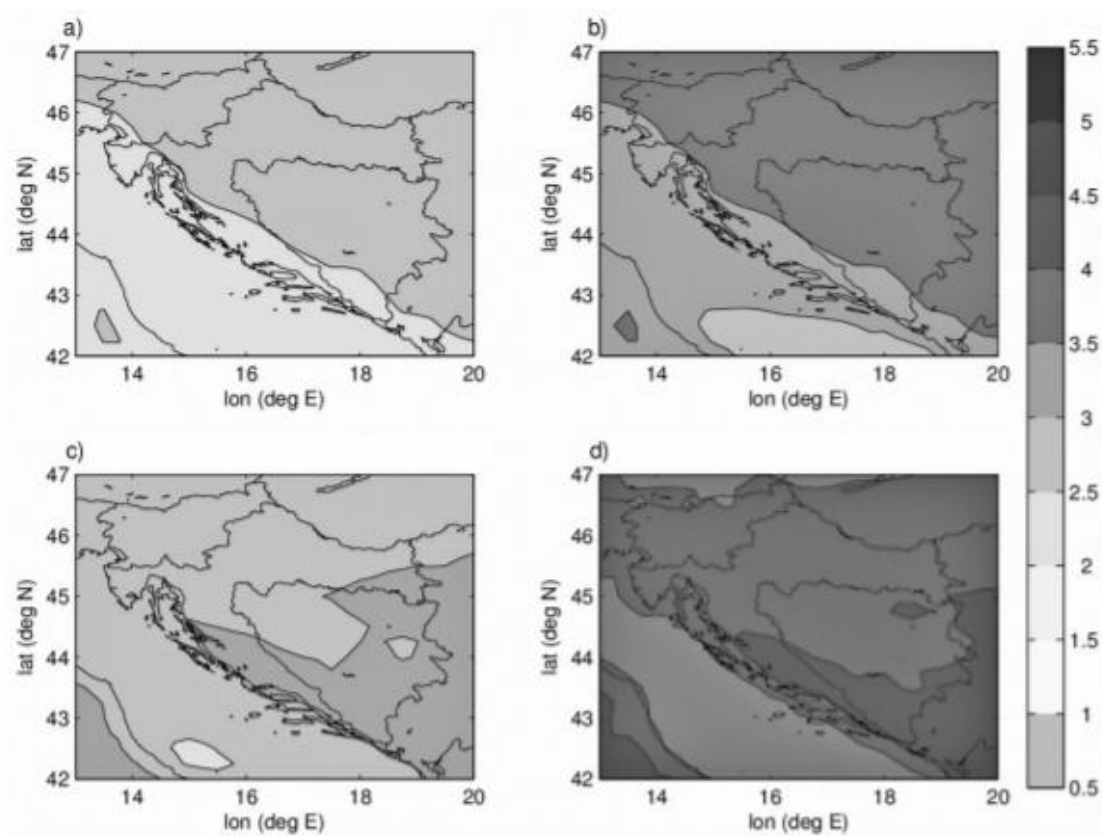


Slika 3. Promjene globalne (a) površinske temperature, (b) srednje razine mora i (c) snježnog pokrivača na sjevernoj hemisferi (Izvor: IPCC, 2007., Branković, 2014.)

2.2. Klimatske promjene u Hrvatskoj

Neupitna je prisutnost klimatskih promjena, kako u svijetu, tako i u Hrvatskoj, koje su uzrokovane ljudskim djelovanjem. Slika 4 pokazuje moguće znatno zatopljenje u Hrvatskoj do kraja ovog stoljeća. Branković (2013.) navodi, za razdoblje oko sredine 21. stoljeća (slika 4a), tijekom zime projiciran porast temperature između 2,5 i 3°C u kontinentalnoj Hrvatskoj te nešto blaži porast u obalnom području. Ljeti je u središnjoj i južnoj Dalmaciji moguć porast između 3 i 3,5°C, a u ostalim dijelovima Hrvatske 2,5 i 3°C (slika 4c). Projekcije upućuju na mogući izrazito visok porast temperature u zadnjih 30 godina 21. stoljeća. U kontinentalnoj Hrvatskoj zimi je projiciran porast od 3,5 do 4°C te nešto blaži porast u

obalnom području, između 3 i 3,5° C (slika 4b). Ljetni, projicirani porast temperature je vrlo izražen, u južnoj i središnjoj Dalmaciji između 4,5 i 5° C, a u ostalim dijelovima Hrvatske između 4 i 4.5° C (slika 4d).



Slika 4. Promjena temperature na 2 m (°C) u odnosu na referentno razdoblje 1961.-1990. za zimu (gore) i ljeto (dolje) za razdoblje 2041.-2070. (lijevo) i razdoblje 2071.-2100. (desno) (Izvor: DHMZ, Branković, 2014.)

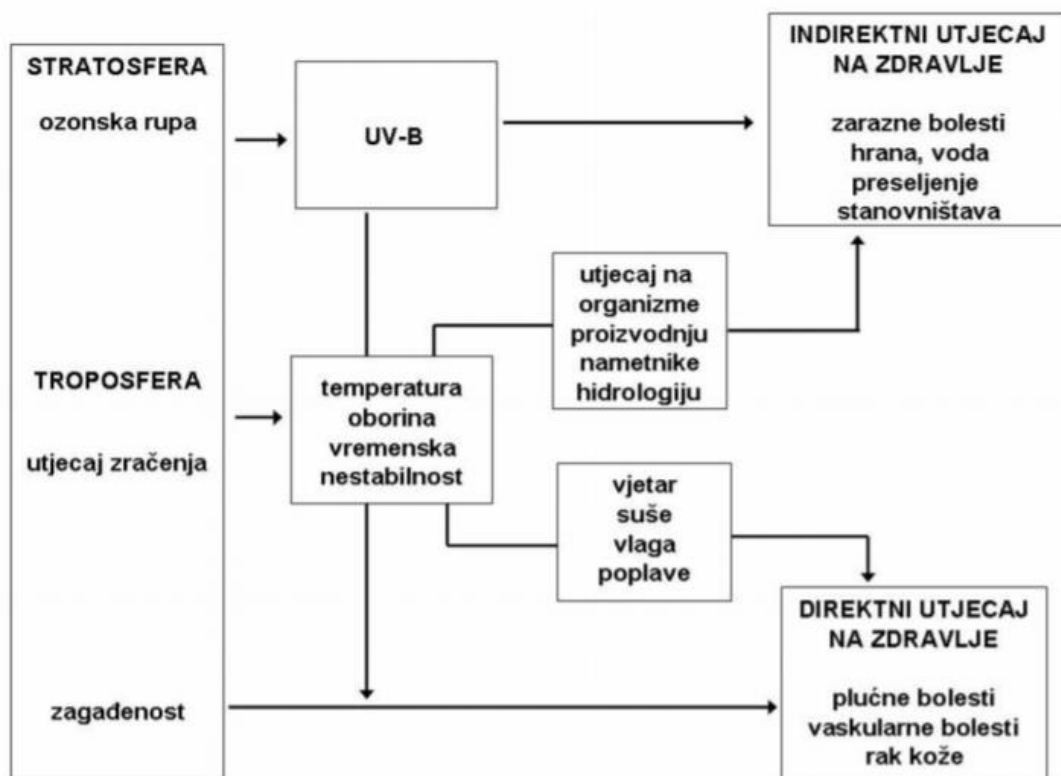
2.3. Ekstremni vremenski uvjeti

Utjecaj klimatskih promjena u Europi vidljiv je kroz povećanje temperature, promjene u količini oborina, odnosno u smanjenju količine leda i snijega. U sredozemnim područjima sve su češće pojave intruzije morske vode u vodonosnike, slijeganja obale, onečišćenja vode i povećanja potrebe za navodnjavanjem u poljoprivredi (Füssel, 2012.; Somot i sur., 2008.). Poplave, nestašice vode, toplinski valovi, dugotrajne suše, promjenjivi i nestalni tokovi rijeka, porast temperatura i smanjena količina oborina više nisu izuzetak nego su postali pravilo. U budućnosti se očekuje veća učestalost i pojačavanje intenziteta ovih pojava, što će utjecati na postupke obrade vode, pouzdanost sustava i operativne troškove (European Commission, 2011.). Budućnost je stigla, kako i pretpostavljene promjene, odnosno češće

suočavanje s ekstremnim vremenskim uvjetima. Primjer ekstremnih vremenskih pojava je i katastrofalna poplava u Slavoniji 2014. godine kada su poplave uništile vodocrpilište u Gunji te kompletnu javnu vodoopskrbnu mrežu, a bili su kontaminirani i privatni bunari. Ekstremne vremenske nepogode kao što su super oluje i olujni vjetrovi mogu prouzročiti izravnu štetu na vodoopskrbnom sustavu, odnosno oštećenje električne, komunikacijske i distribucijske infrastrukture, što može utjecati na učinkovitu obradu i distribuciju vode (Liu i sur., 2008.; Wright i sur., 2014.). U Hrvatskoj su u posljednjih nekoliko godina zabilježene brojne prirodne katastrofe: od već navedene poplave u Slavoniji 2014. godine, vrlo niske temperature 2017. godine u Splitu, a potom iste godine obilne poplave u Zadru. Osim poplava, veliki dio Hrvatske zahvatili su i požari, naročito 2017. godine kada je izbio jedan od najvećih požara u povijesti Hrvatske na području Splita.

2.4. Utjecaj na zdravlje

Klimatske promjene mogu imati povoljne i nepovoljne učinke na ljudsko zdravlje, biološku raznolikost, proizvodnju žitarica, smanjenje zaliha vode, smanjenje kvalitete pitke vode, klimatsku varijabilnost kako i broj ekstremnih događaja. Atmosfera u kojoj živi, nužno utječe na čovjeka posredno i neposredno, kako prikazuje Slika 5. Neposredni utjecaj vremena očituje se kod meteorotropnih bolesti, primjerice vaskularne bolesti, astme, reuma ili rak kože. Posredni učinak vrijeme može imati na čovjeka pri prijenosu zaraznih bolesti, utjecajem na proizvodnju hrane, dostupnost pitke vode i infrastrukturu. Od svih ekstremnih meteoroloških događaja (nevrijeme, tornado, poplava) najviše smrtnih slučajeva povezano je s toplinskim valovima (Zaninović, Gajić Čapka, 2008.). Upravo su ekstremne temperature obilježile i ovo ljeto. Temperatura u Španjolskoj je dostigla 47.5 °C što je ujedno i najviša evidentirana temperatura u Španjolskoj ikada. Kanada je također dostigla temperaturni rekord od skoro 50 °C (49.6 °C) što je nažalost uzrokovalo smrt nekoliko stotina ljudi.



Slika 5. Shematski prikaz utjecaja atmosfere na čovjeka (Izvor: Zaninović, Gajić Čapka, 2008.)

3. KOMPOSTIRANJE

Kompost je organsko gnojivo i poboljšivač tla proizveden kontroliranom bio oksidativnom razgradnjom različitih smjesa sastavljenih prvenstveno od različitih biljnih ostataka, ponekad pomiješanih s organskim gnojivima i/ili životinjskim ostacima, a sadrži ograničene količine mineralnih tvari (Zakon o vodama, NN 73/2021). Kompost je zapravo usmjeravanje prirodnog procesa kojim se organski otpad razgrađuje i postižu temperature od 49 do 77 °C za što je potrebna vlaga, kisik i bakterije. Budući da je nusprodukt mikrobne aktivnosti toplina, kompostnim sustavima potrebna je odgovarajuća vlaga i hranjive tvari za brzi rast mikroorganizama. Primjerice, temperatura usred vanjske hrpe komposta može doseći 55 °C u prvih nekoliko dana miješanja svih organskih materijala, čak i kad je temperatura zraka ispod nule. Takva vrsta kompostiranja naziva se termofilna.

3.1. Povijest kompostiranja

Povijest stvaranja gradskog otpada i njegovo upravljanje počinje s počecima ljudske civilizacije i urbanizacijom. Tijekom neolitika ljudi su po prvi put počeli živjeti u urbanim naseljima, mijenjajući svoje navike od lovaca i sakupljača do poljoprivrednika i uzgajivača.

Od osnivanja ovih naselja, jame za otpad postale su uobičajene. Prve jame za otpad pronađene su u sumerskim gradovima prije otprilike 6000 godina. Gradile su se kamene jame izvan kuća. U tim jamama se skladištio organski gradski otpad za eventualnu primjenu na poljoprivrednim poljima. Prve civilizacije u Južnoj Americi, Indiji, Kini i Japanu bavile su se intenzivnom poljoprivredom, a poznato je da su koristile poljoprivredne (biljne), životinjske i ljudske ostatke kao gnojiva. Mnogi od tih ostataka stavljali su se u jame ili bi se odlagali na hrpe te ostavljali da trunu duže vrijeme radi proizvodnje izmjene tla.

3.2. Činitelji kompostiranja

3.2.1. Aeracija

Kompostiranje započinje čim se materijali nagomilaju u značajnijoj količini. Početno miješanje sirovina uvodi dovoljno zraka kako bi se pokrenuo proces kompostiranja. Gotovo odmah, mikroorganizmi počinju trošiti kisik i taloženjem materijala izbacuju zrak kroz pore. Sa smanjenjem zalihe kisika, aerobna razgradnja se usporava te može i prestati ako se kisik ne nadoknađuje, za što je potrebna stalna aeracija.

3.2.2. Temperatura

Oslobađanje topline izravno je povezano s mikrobiološkom aktivnosti. Temperaturni porast uzrokovan mikrobiološkom aktivnosti uočljiv je u roku od nekoliko sati nakon formiranja kompostne hrpe. Temperatura komposta najčešće naglo poraste na 120-140 °C i održava se nekoliko tjedana. Kako se aktivno kompostiranje usporava, tako temperatura postupno pada na 37 °C i na kraju dolazi do okolišne temperature. Tijekom razdoblja aktivnog kompostiranja, ako nedostaje kisika, temperatura pada jer se smanjuje mikrobiološka aktivnost. Temperatura ponovno raste nakon okretanja ili aeracije. Ako je kisik dostupan, a mikrobiološka aktivnost intenzivna, temperatura može porasti znatno iznad 60 °C. U ovom stadiju, mnogi mikroorganizmi umiru ili prijelaze u dormantno stanje. Sa smanjenjem mikrobiološke aktivnosti, temperatura se može stabilizirati ili čak pasti. Hlađenje hrpe okretanjem ili tzv. prisilnim prozračivanjem pomaže u sprječavanju dostizanja štetnih razina temperature. Kompostiranje se u osnovi odvija unutar dva raspona: mezofilni (10-40 °C) i termofilni (preko 40 °C). Termofilne temperature su poželjne jer uništavaju više patogena, sjemena korova i larve muha u materijalima za kompostiranje.

3.2.3. C/N omjer

Ugljik (C), dušik (N), fosfor (P) i kalij (K) su primarne hranjive tvari potrebne mikroorganizmima koji su uključeni u kompostiranje. Dušik, fosfor i kalij također su primarne hranjive tvari za biljke, pa njihove koncentracije također utječu na vrijednost komposta. Mnogi organski materijali, uključujući gnojiva, biljne ostatke i ostatke hrane, sadrže dovoljne količine hranjivih tvari. Prekomjerna ili nedovoljna količina ugljika ili dušika najvjerojatnije će utjecati na proces kompostiranja. Mikroorganizmi koriste ugljik za energiju i rast, dok je dušik bitan za proteine i reprodukciju. Općenito, mikroorganizmi, trebaju oko dvadeset pet

puta više ugljika nego dušika. Najznačajniji učinak nezrelog komposta je biološka blokada dušika dostupnog u tlu što može uzrokovati ozbiljne nedostatke N u usjevima s posljedičnim depresivnim učincima. Uravnotežen omjer CN obično osigurava i da su sve ostale hranjive tvari prisutne u odgovarajućim količinama.

3.2.4. Vlaga

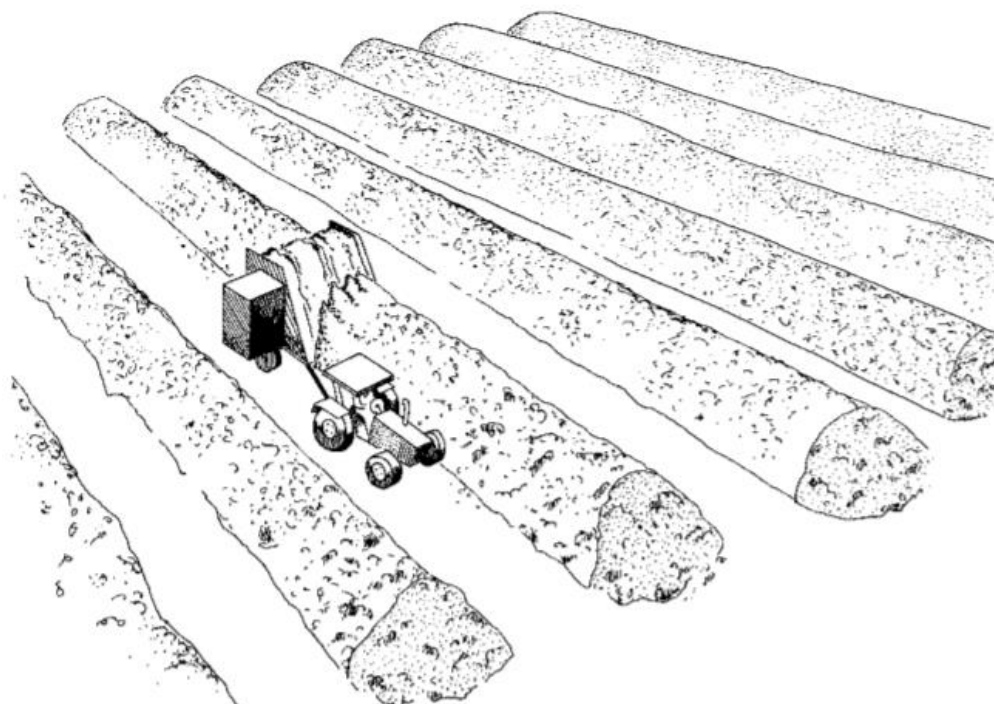
Vlaga je neophodna za metaboličke procese mikroba. Voda osigurava medij za kemijske reakcije, prenosi hranjive tvari i omogućuje mikroorganizmima kretanje. U teoriji, biološka aktivnost je optimalna kada su materijali zasićeni, a potpuno prestaje ispod 15% sadržaja vlage. U praksi, međutim, materijali za kompostiranje se održavaju u znatno užem rasponu sadržaja vlage, općenito između 40% i 65%. Ispod 40%, mikrobiološka aktivnost se polagano nastavlja. Na razinama vlažnosti iznad 65%, voda istiskuje veći dio zraka iz pora. To ograničava kretanje zraka i dovodi do anaerobnih uvjeta. Budući da se sadržaj vlage općenito smanjuje kako se odvija proces kompostiranja, početna razina vlage treba biti znatno iznad 40%. U pravilu, materijali za kompost su previše vlažni ako se voda može istisnuti iz šake, a previše suhi ako se ne doimaju vlažnim na dodir.

3.2.5. pH

Postupak kompostiranja relativno je neosjetljiv na pH u okviru uobičajenog raspona u mješavinama organskih materijala, uvelike zbog širokog spektra uključenih mikroorganizma. Preferirani raspon pH vrijednosti je 6,5-8,0, no puforni kapacitet omogućava i mnogo širi raspon. Kompostiranje može započeti pri pH razini između 5,5 i 9. Međutim, vjerojatno će biti manje učinkovit na pH vrijednosti od 5,5 ili 9 nego pri neutralnoj vrijednosti (pH 7). Svakako, pH postaje važan za sirovine koje imaju visok postotak dušika. Visok pH, iznad 8.5, potiče pretvorbu dušikovih spojeva u amonijak, što dodatno povećava lužnatost.

3.3. Sustavi i metode kompostiranja

Kompostiranje se može provesti na mnogo različitih načina, pomoću malih kanti za gujavice (za unutarnji prostor) koje obrađuju nekoliko kilograma hrane na tjedan, do velikih komercijalnih ili industrijskih sustava koji prerađuju tone organskih tvari u dugim, hrpama/kamarama tzv. windrow sustavima. Mnogi sustavi se za razgradnju oslanjaju isključivo na mikroorganizme, uglavnom bakterije i gljivice. U tim sustavima uspješno kompostiranje ovisi o stvaranju povoljnih uvjeta za rast i aktivnost mikrobne zajednice. **Vermikompost** (lumbripost, orbig, biohumus) je organsko gnojivo proizvedeno biološkom razgradnjom organske tvari (najčešće stajskog gnojiva) kroz probavni sustav kalifornijske gliste (*Eisenia foetida*), za koju je poznato da uspijeva u okruženju koje je bogato organskim tvarima. Gujavicama je potrebno relativno vlažno i aerobno okruženje s niskim koncentracijama amonijaka. Mnoge sustave kompostiranja na otvorenom napadaju beskralježnjaci u tlu, koji poput gujavica u vermikompostiranju, imaju ulogu u razgradnji zajedno s bakterijama i gljivama.



Slika 6. Ilustrirani prikaz windrow sustav kompostiranja (Izvor: Rynk, 1992.)

Kompostiranje se može provoditi u spremnicima ili posudama koje se zovu bioreaktori. Bioreaktori velikih razmjera koriste se u komercijalnom i industrijskom kompostiranju, dok

se bioreaktori malih razmjera koriste za provođenje istraživanja unutar prostora dostupnog u laboratorijima ili malim vanjska istraživačka područja.

Razlikujući pasivne i aktivne metode u otvorenom sustavu kompostiranja, najznačajnijih 5 metoda kompostiranja su:

1. pasivno kompostiranje u hrapama ili naslagama
2. kompostiranje u dugačkim kamarama (eng. windrow) s miješanjem
3. kompostiranje u statičnim kamarama s pasivnim aeriranjem
4. kompostiranje u statičnim kamarama s aktivnim aeriranjem
5. kompostiranje u bio reaktorima. (Lončarić, 2015.)



Slika 7. Prikaz vermikompostiranja (Izvor: Shutterstock)

Postoji i pet činitelja kompostiranja koji trebaju biti unutar optimalnog ili bar prihvatljivog raspona:

1. vlažnost kompostne mase
2. C/N odnos (odnos ugljika i dušika)
3. aeriranost (koncentracija kisika)
4. pH vrijednost
5. temperatura.

Tablica 1. Optimalni i prihvatljivi raspon činitelja kompostiranja (Izvor: Rynk, 1992.)

Činitelji	Prihvatljivi raspon	Optimalni raspon
C/N omjer	20:1-40:1	25:2-30:1
sadržaj vlage	40-65%	50-60%
koncentracija kisika	>5%	>10%
pH	5.5-9.0	6.5-8.0
temperatura	40-65 °C	55-60 °C

3.4. Materijali kompostiranja

Tablica 2. Materijali kompostiranja (Izvor: Lončarić, 2015.)

Tvorivo	Svojstva	Ocjena
goveđi stajski gnoj	- bogat dušikom i vlažan - C/N odnos ovisi o udjelu stelje - brzo se razgrađuje - zahtijeva veliki volumen suhog dodatka bogatog ugljikom	vrlo dobro primarno tvorivo
konjski stajski gnoj	- širi C/N odnos (20-50) i manje vlage - brzo se razgrađuje - može se kompostirati samostalno, dobar u smjesi s goveđim stajskim gnojivom	odlično primarno tvorivo
svinjski stajski gnoj	- bogat dušikom i prevlažan - C/N odnos 10-15 - neugodan miris - brzo se razgrađuje - zahtijeva veliki volumen suhog dodatka bogatog ugljikom	dobro primarno tvorivo
peradski stajski gnoj	- jako bogat dušikom (C/N 10-15) - umjereno vlažan - brzo se razgrađuje - zahtijeva veliki volumen dodatka bogatog ugljikom - visok pH i veliki gubitci NH ₃ - neugodan miris	dobro do vrlo dobro primarno tvorivo
ostala stajska gnojiva (ovčji, kozji, zečji)	- jako bogat dušikom i relativno suhi - brzo se razgrađuju - dobri u smjesi s ostalim gnojivima	dobro primarno tvorivo
lišće	- relativno suho i bogato ugljikom - C/N odnos 40-80 - dobra razgradljivost - umjeren kapacitet upijanja vode - u smjesi korisno kao primarno tvorivo ili kao dodatak	dobro primarno tvorivo
ostatci voća i povrća	- nizak C/N odnos (10-20) - umjerena do velika vlažnost - dobra razgradljivost - loša struktura, stvara anaerobne uvjete	zadovoljavajuće do dobro primarno tvorivo
trava	- nizak C/N odnos (10-25) - umjerena do velika vlažnost - brza razgradljivost	dobro primarno tvorivo

	<ul style="list-style-type: none"> - dobar izvor dušika - loša struktura, stvara anaerobne uvjete - u smjesi dobra struktura 	
ostatci prehrambene industrije	<ul style="list-style-type: none"> - varijabilna svojstva - prešani materijali suhi - nizak C/N odnos - loša razgradivost 	loše do dobro primarno tvorivo
komina masline	<ul style="list-style-type: none"> - visok sadržaj lignina, celuloze i hemiceluloze - visok sadržaj topivih soli i amonijaka - spora razgradivost 	dobro primarno tvorivo
slama	<ul style="list-style-type: none"> - visok C/N odnos (50-150) - suha, dobra razgradljivost - koristi se kao stelja - dobro upija vodu i smrad 	odličan dodatak
piljevina i strugotina	<ul style="list-style-type: none"> - vrlo visok C/N odnos (450-1.300) - suha, loša razgradljivost - strugotina se sporije razgrađuje - koristi se kao stelja - dobro upija vodu i smrad 	zadovoljavajući do dobar dodatak
drvena sječka	<ul style="list-style-type: none"> - vrlo visok C/N odnos (150-1.300) - suha, loša razgradljivost - odlična struktura 	loš dodatak ali vrlo dobar kondicioner
kora drveta	<ul style="list-style-type: none"> - visok C/N odnos (400-1.200) - suha, dobra razgradljivost - više N nego piljevina i strugotina - može se samostalno kompostirati - dobar za proizvodnju malčeva i supstrata za uzgoj presadnica 	loš dodatak ali vrlo dobar kondicioner
gotov kompost	<ul style="list-style-type: none"> - umjereno suh - nizak do umjeren C/N odnos - dobar izvor mikroorganizama - dobar dodatak prevlažnim tvorivima bez povećavanja C/N odnosa 	dobar dodatak
bijeli treset	<ul style="list-style-type: none"> - kiseli vlaknasti materijal - nizak udio N, visok C/N odnos - velika sposobnost upijanja vode i smrada - vrlo skup 	odličan dodatak
drveni pepeo	<ul style="list-style-type: none"> - vrlo suh i alkalni - bez ugljika i dušika - značajan sadržaj kalija - sklon sljepljivanju - dobar dodatak vlažnim kiselim smjesama - ne koristi ako je pH visok 	zadovoljavajući do dobar dodatak
vapno i dolomit	<ul style="list-style-type: none"> - suh i alkalni - koristi se za neutralizaciju smrada - nepotreban i često štetan dodatak jer pH bude previsok 	loš (nepotreban) dodatak
urea	<ul style="list-style-type: none"> - koristi se za snižavanje C/N odnosa - učinak kratkotrajan jer je N raspoloživ puno brže od C što dovodi do gubitka viška NH₃ 	loš (nepotreban) dodatak

3.5. Zdravlje i sigurnost kompostiranja

Pravilna pozornost usmjerena na zdravlje i sigurnost može spriječiti većinu rizika u kompostanama. Dok kompostiranje nije inherentno opasna aktivnost, mjere opreza neophodne su za zaštitu od ozljeda.

Sigurnosne mjere pri kompostiranju odnose se prvenstveno na opremu, potrebno je koristiti zaštitu za oči i uši ako se koriste brusilice ili druga poljoprivredna oprema. Dodatne mjere opreza moraju se slijediti kada se koristi specijalizirana oprema za windrow sustave, obraćajući pažnju tijekom okretanja komposta kada strane tvari mogu biti prisutne, gdje pri velikoj brzini i okretanju, čak i malena kamenja mogu postati opasna.

U radu s kompostom postoje još dvije potencijalne opasnosti. Prva se odnosi na vrstu organskih materijala koji se kompostiraju, neki od njih mogu sadržavati organizme koji uzrokuju bolesti ili patogene. Ostaci mesa i mliječni proizvodi te otpad od kućnih ljubimaca ne smiju se koristiti u kompostiranju zbog njihovog potencijala za širenje bolesti ili privlačenje štetnika. Bitno je znati da se ne smije kompostirati neorganski, biorazgradivi otpad, dio biljaka koje su izložene ispušnim plinovima iz vozila, bolesni usjevi ili biljke tretirane pesticidima, sjeme korovskih biljaka, meso, ribu, jaja i mliječne proizvode u kantama na otvorenom prostoru upravo zbog privlačenja štetnika.

Druga potencijalna opasnost od kompostiranja odnosi se na alergijske reakcije na spore u zraku, iako to nije raširen problem. Studije radnika velikih kompostana te pojedinaca koje žive u blizini takvih objekata nisu otkrile povećanu učestalost alergijskih reakcija ili bilo koje druge zdravstvene probleme. Međutim, postoji rizik od preosjetljivosti na neke gljive u kompostu. Jedna od ovih vrsta je *Aspergillus fumigatus* koja može zaraziti dišni sustav osjetljive osobe koja je jako izložena (iako je ova gljiva sveprisutna, u kompostu se javlja u relativno visokim koncentracijama). Muhe i mirisi u kompostu mogu biti smetnja, ali općenito ne predstavljaju zdravstveni problem. Također, uz pravilno održavanje kompostnih hrpa, te se smetnje mogu izbjeći.

4. UTJECAJ KOMPOSTIRANJA NA UBLAŽAVANJE KLIMATSKIH PROMJENA

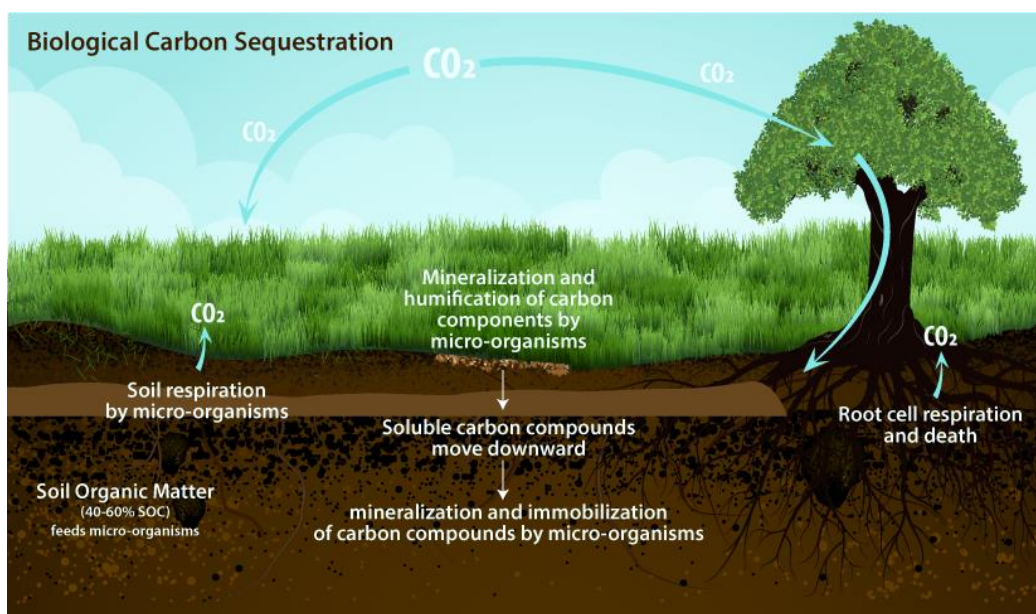
4.1. Sinergijski učinak komposta i biougljena

Potaknuti klimatskim promjenama i rastom stanovništva, sve je veći pritisak ljudi koji nastoje pretvoriti prirodni krajolik u poljoprivredna polja i pašnjake, a istodobno iscrpljuju zemljište koje se trenutno koristi u poljoprivredi. Posljedično, razvija se „začarani krug“, dodatno pogoršavajući klimatske promjene. Dolazi do degradacije tla, erozije tla, gubitka organske tvari u tlu (SOM, *soil organic matter*) i ispiranja hranjivih tvari. Stoga su hitno potrebni održivi koncepti za povećanje proizvodnje hrane kako bi se smanjio pritisak na tlo, kako bi se smanjili ili spriječili negativni utjecaji intenzivne poljoprivrede na okoliš. Ključ za takve strategije je održavanje ili povećanje razine organske tvari koja zatim potiče pozitivno djelovanje ekosustava, kao što su povećana produktivnost, skladištenje hranjivih tvari i vode, netaknuti kapacitet filtera, ukorjenjivanje, prozračivanje i stanište organizama u tlu itd. Ukratko, organska tvar poboljšava plodnost tla i skladištenje ugljika (sekvencijaciju).



Slika 8. Ilustracijski prikaz apliciranja biougljena (Izvor: Chemosphere, Science Direct, 2014.)

Učinkovit način za povećanje razine organske tvari je upravo primjena komposta, proizvedena posebno od otpada biomase. Tijekom posljednjih desetljeća pažnja je posvećena profesionalizaciji kompostiranja zbog nekoliko trendova u današnjem društvu. S jedne strane, došlo je do rasta stočarstva i intenziviranja biljne proizvodnje uz sve veći nedostatak resursa, na primjer fosilna goriva, zalihe fosilnih hranjivih tvari i oranice. S druge strane, urbanizacija i sve veći broj stanovnika međusobno su povezani stvarajući povećanu količinu otpada te su odgovorni za okolišne opasnosti i onečišćenje. Stoga je kompost postao učinkovito sredstvo za preradu otpada, poboljšanje brojnih svojstava tla i općenito pozitivnog utjecaja na okoliša. Međutim, do sada poznati potencijal sekvestracije ugljika ograničen je zbog upravljanja kompostom u smislu učinkovitosti njegovog korištenja i dugoročnog očuvanja, čak i u kombinaciji s organskim uzgojem i bez obrade tla. Zato su potrebni i novi koncepti sekvestracije ugljika u borbi protiv daljnjeg povećanja emisije CO₂ u atmosferu. Jedna od obećavajućih mogućnosti je korištenje "terra preta koncepta" koji kombinira tehnologije biogoriva i kompostiranja. Ovaj koncept mogao bi poboljšati kvalitetu i svojstva materijala kompostnih proizvoda dovodeći do veće dodane vrijednosti i do znatno boljeg potencijala sekvestracije ugljika zbog dugotrajne stabilnosti biogoriva. Pretpostavlja se da kompostiranje biogoriva zajedno s drugim biogenim materijalima koji sadrže labilne organske tvari i hranjive tvari mogu biti prikladan alat za proizvodnju supstrata sa sličnim svojstvima kao što su terra preta, poput povećane plodnosti tla i sekvestracije ugljika.



Slika 9. Proces sekvestracije ugljika (Izvor: CalRecycle, 2018.)

4.2. Bioplin

Bioplin je plin koji prirodno nastaje razgradnjom organske tvari anaerobnim bakterijama i koristi se u proizvodnji energije. Razlikuje se od prirodnog plina po tome što je obnovljivi izvor energije proizveden biološki anaerobnom razgradnjom, a ne fosilno gorivo proizvedeno geološkim procesima. Bioplin se prvenstveno sastoji od plina metana, ugljičnog dioksida i tragova dušika, vodika i ugljičnog monoksida. Prirodno se javlja u gomilama komposta, kao močvarni plin, i kao rezultat enteričke fermentacije u goveda i drugih preživača. Bioplin se također može proizvesti u anaerobnim digestorima iz biljnog ili životinjskog otpada ili sakupiti s odlagališta. Sagorijeva se za proizvodnju topline ili se koristi u motorima s unutarnjim izgaranjem za proizvodnju električne energije. Korištenje bioplina predstavlja tehnologiju s ekološkim prednostima koja omogućuje učinkovito korištenje nakupljenog životinjskog otpada iz proizvodnje hrane i komunalnog krutog otpada iz urbanizacije. Pretvaranjem organskog otpada u bioplin smanjuje se proizvodnja metana, jer učinkovito izgaranje zamjenjuje metan ugljikovim dioksidom. S obzirom da je metan gotovo dvadeset i jedan put učinkovitiji u zadržavanju topline u atmosferi od ugljičnog dioksida, izgaranje bioplina rezultira neto smanjenjem emisija stakleničkih plinova. Osim toga, proizvodnja bioplina na farmama može smanjiti mirise, pojavnost kukaca i patogena povezanih s tradicionalnim zalihama gnoja.

4.3. Ekološka poljoprivreda

Poljoprivredna proizvodnja u većini dijelova svijeta suočava se s manje predvidljivim vremenskim uvjetima nego što je čovječanstvo doživjelo tijekom intenziviranja poljoprivrede u prošlom stoljeću. Vremenski ekstremi postaju dominantni. Otpornost i prilagodljivost novi su zahtjevi koji dobivaju na važnosti za inovacije u poljoprivredi. Tradicionalne vještine i znanje zanemareni su u intenzivnoj poljoprivredi, iako se sada djelomično ponovno zahvaćaju integriranim suzbijanjem štetočina. Ekološka poljoprivreda s druge strane, uvijek se temeljila na praktičnim poljoprivrednim vještinama, zapažanju, osobnom iskustvu i intuiciji. Takvo znanje je važno za manipuliranje složenim agro-ekosustavima, za uzgoj lokalno prilagođenog sjemena i stoke te za proizvodnju gnojiva na farmama (kompost, gnoj, zeleno gnojivo) i jeftinih pesticida iz prirode. Poljoprivredne prakse poput ekološke poljoprivrede koje čuvaju plodnost tla i održavaju je ili čak povećavaju organske tvari u tlu, u dobrom su položaju za održavanje produktivnosti u slučaju suša, neredovitih oborina s poplavama i porastom temperature. Tla pod organskim

upravljanjem zadržavaju znatno više kišnice zahvaljujući organskoj tvari koja djeluje kao spužva. Ekološka poljoprivreda ima posebno povoljan položaj, budući da ostvaruje ublažavanje i sekvestraciju CO₂ na učinkovit način. Ekološka poljoprivreda, sa svojim cjelovitim više ciljnim pristupom, nudi daljnje relevantne prednosti s obzirom na promjene načina života.

5. MJERE PRILAGODBE U SEKTORU POLJOPRIVREDE

Staklenički plinovi radijacijski su vrlo aktivni i značajni, jer u velikoj mjeri propuštaju kratkovalno Sunčevo zračenje a apsorbiraju dugovalno Zemljino zračenje, onemogućavajući na taj način hlađenje Zemljine površine. Takvo radijacijsko povećanje temperature zove se efekt staklenika, a plinovi koji ga stvaraju staklenički plinovi. Život na zemlji upravo je moguć zbog postojanja prirodnih stakleničkih plinova u atmosferi, prvenstveno vodene pare. Zbog tog djelovanja temperatura na Zemlji je oko 32 °C viša no što bi bila bez tog djelovanja (Zaninović, Gajić Čapka, 2008.).

Mnogim istraživanjima su utvrđene niže emisije N₂O iz tla u ekološkoj poljoprivredi u odnosu na konvencionalnu poljoprivredu (Petersen i sur., 2005; Flessa i sur., 2002; FAO, 2008), a procijenjeno je da bi se direktne globalne emisije stakleničkih plinova iz poljoprivrede mogle smanjiti za 20% ukoliko se mineralna gnojiva u poljoprivredi ne bi primjenjivala (El-Hage Scialabba i Muller-Lindenlauf, 2010). Krčenjem šuma i spaljivanjem biomase dolazi do otpuštanja značajnih količina emisija stakleničkih plinova u atmosferu i gubitka ugljika koji je sekvestriran u biomasi. Emisije CH₄ i N₂O uslijed spaljivanja biomase iznose oko 12% emisija stakleničkih plinova iz sektora poljoprivrede (El-Hage Scialabba i Muller-Lindenlauf, 2010). Obzirom da je spaljivanje biomase u ekološkoj poljoprivredi zabranjeno zakonom u Republici Hrvatskoj (NN 89/11) i Europskoj uniji (EEA.EUROPA.EU, 2016), ekološka poljoprivreda može i na ovaj način doprinijeti ublažavanju klimatskih promjena.

Emisije metana iz skladišta stajskog gnoja i crijevne fermentacije direktno su povezane s vrstom životinja, brojem i životnim vijekom stoke na gospodarstvu. Ekološka poljoprivreda može imati značajan utjecaj na smanjenje emisija metana s obzirom da je broj stoke na ekološkim gospodarstvima ograničen zakonskim normama (njihov broj je vezan za jedinicu površine) (Weiske i sur., 2006; Olesen i sur., 2006; Kotschi i Müller-Sämman, 2004; NN 1/13). Ograničenim brojem stoke na ekološkom gospodarstvu spriječena je prekomjerna

ispaša koja dovodi do degradacije tla i velikih gubitaka ugljika (Conant i Paustian, 2002; Zou i sur., 2007). Neadekvatna skladišta ali i nepravilna manipulacija sa stajskim gnojem pospješuje otpuštanje emisija metana, a u ekološkoj poljoprivredi skladišta stajskog gnoja moraju biti odgovarajućih kapaciteta koji omogućuju sigurno skladištenje gnoja s proizvodne jedinice (NN 13/02; NN 60/17).

6. KAKO IMPLEMENTIRATI MJERE PRILAGODBE

Čovječanstvo mora promijeniti način na koji živi, načine gospodarenja i način na koji promiču poslovanje ako žele osigurati održiv svijet za buduće generacije. Obrazovanje za održivi razvoj identificirano je kao važna strategija u transformaciji društva, ali obrazovanje za održivost može rezultirati pozitivno samo ako dođe do stvarne promjene u razmišljanju pojedinaca. Budući diplomanti moraju shvatiti da je održiva budućnost moguća samo u svijetu u kojem su društveni, ekonomski i prirodni sustavi sustavno usklađeni na obostranu korist svih. Obrazovanje za održivost promatra se kao proces učenja koji bi uključivao pomak svijesti prema etici životvornih odnosa koji poštuje međusobnu povezanost čovjeka sa svojim prirodnim svijetom. S obzirom na ovaj pomak u obrazovanju, građani bi trebali težiti ekološkoj osviještenosti, ekonomskoj odgovornosti te biti društveno predani zdravoj i prosperitetnoj budućnosti. Društvene promjene koje su se dogodile izazvale su pojavu stila života koji podupire sustave visokih emisija, rast populacije te u konačnici i visoke emisije stakleničkih plinova. Posebno se ističe važnost međusobno uvjetujućih interesa koji osnažuju velike sustave bazirane na upotrebi fosilnih goriva, poput proizvodnje i potrošnje energije, transporta, suburbanih naselja, konzumerizma i dr. Prelazak na društvo niskih emisija nije jednostavan jer uključuje preokret većine sustava u dvadesetom stoljeću. Taj preokret također nailazi na otpor sustavnih interesa, dugoročnih međuovisnih sustava, promjenu više sustava simultano te teškoću organizacije i ujedinjavanja globalne politike. Promjena od strane vladajućih elita pretpostavlja ulogu znanosti, politike, medija i javnosti u stvaranju okvira koji će povezati kompleksne društvene posljedice s promjenama klime. (Hrvatski meteorološki časopis, 2016.). Odgovornost za održiviju budućnost je na strani vlade i civilnog društva, kao i pojedinaca. Svi moraju doprinijeti na svoj način. Obrazovanjem dolazi sljedeća generacija građana, birača, radnika, stručnjaka i istaknutih pojedinaca koji će onda biti pripremljeni za cjeloživotno učenje o održivosti.

7. ZAKLJUČAK

Doprinos poljoprivrednog sektora emisiji stakleničkih plinova i svih klimatskih promjena sve se bolje razumije. Istodobno, sve se više priznaje potencijalna uloga sektora kao sredstva za rješavanje klimatskih promjena, koji se u prošlosti zanemarivao. Apsorpcijski potencijal poljoprivrednog tla mogao bi značajno pridonijeti ograničavanju rasta emisije stakleničkih plinova, a također pridonijeti poboljšanju kvalitete tla u nekim područjima. Osim navedenih mjera, druge prednosti primjene komposta mogu imati određenu važnost. Neke od ovih mjera uključuju zamjenu kemijskih sintetskih mineralnih gnojiva (što podrazumijeva izbjegavanje emisije stakleničkih plinova povezanih s njihovom proizvodnjom), smanjenu uporabu pesticida (izbjegavanje emisija povezanih s njihovom proizvodnjom), poboljšani nagib i obradivost tla (manja potrošnja goriva). U Republici Hrvatskoj kompostane još nisu postale pravilo i relativno je uzak izvor informacija o kompostiranju i pravilima procesa za građane. Upravo zbog manjka informacija, proces se doima kompliciraniji nego što je, što uzrokuje lošu angažiranost ljudi. Postoje financijska sredstva Europske unije koja su namijenjena razvitku ekološke poljoprivrede u Hrvatskoj, pomoću kojih bi bilo moguće osvijestiti i stimulirati ljude kako bi na svojim gospodarstvima započeli s profesionalnim i funkcionalnim kompostiranjem. Kako bi se nastavilo u dobrom smjeru, na znanstvenicima je odgovornost prikupljanja točnih informacija o klimatskim promjenama i njihovom utjecaju, ali jednako tako i odgovornost nametanja tih činjenica političkom svijetu koji zapravo donosi odluke.

8. POPIS LITERATURE

1. Ančić, B. i sur. (2016.): Vidimo li klimatske promjene u hrvatskoj? Istraživanje stavova o nekim od aspekata klimatskih promjena u hrvatskom društvu, *Hrvatski meteorološki časopis*, 51 (51), str. 27-45. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/168219>. (Datum pristupa: 1.7.2021.)
2. Badurek (2020.): Biogas, *Encyclopedia Britannica*. Preuzeto s: <https://www.britannica.com/technology/biogas>. (Datum pristupa: 15.8.2021.)
3. Bogunović, I. i sur. (2018.): Održive mjere gospodarenja tlom u ekološkoj poljoprivredi za klimatske uvjete mediteranske Hrvatske. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Zagreb. 147. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:071045>. (Datum pristupa: 15.8.2021.)
4. Branković, Č. (2014.): Klima i klimatske promjene, *Matematičko fizički list*, 64 (255), str. 152-162. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/242658>. (Datum pristupa: 1.7.2021.)
5. Diaz L. F., de Bertoldi M., Bidlingmaier W. (ur.) (2007.): *Compost Science and Technology*, Elsevier. 380.
6. Favoino i Hogg (2008.): The potential role of compost in reducing greenhouse gases, *Waste Management & Research*, 26 (1), str. 61–69. Preuzeto s: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0734242X08088584>. (Datum pristupa: 14.8.2021.)
7. Jiménez i Perez Garcia (1989.): Evaluation of city refuse compost maturity: a review, *Biological Wastes*, 27 (2), str. 115-142. Preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0269748389900396>. (Datum pristupa: 13.8.2021.)
8. Kumar S. i Bharti A. (2012.): *Managment of Organic Waste, Synergisms between Compost and Biochar for Sustainable Soil Amelioration*. Preuzeto s: <https://www.intechopen.com/books/873>. (Datum pristupa: 14.8.2021.)
9. Linzer i Mostbauer (2005.): Composting and its impact on climate change with regard to process engineering and compost application - A case study in Vienna. *Sardinia Tenth International Waste Management and Landfill Symposium*, str. 59.-60. Preuzeto s: <https://bit.ly/311ROi7>. (Datum pristupa: 15.8.2021)
10. Lončarić R., Zmaić K., Sudarić T. (2012.): Kompostiranje kao hortikulturna mogućnost povećanja ekonomske uspješnosti mješovitih farmi. U: Pospišil, M. (ur.) *Zbornik radova 47. hrvatskog i 7. međunarodnog simpozija agronoma*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet Zagreb, str. 202.-206. Preuzeto s: http://sa.agr.hr/pdf/2012/sa2012_p0213.pdf. (Datum pristupa: 13.8.2021.)

11. Lončarić Z. (ur.) (2015.): Gnojidba povrća, organska gnojiva i kompostiranje. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 123.
12. Rynk, R. (ur.) (1992.): On-Farm Composting Handbook. North East Regional Agricultural Engineering Service. Co operative Extension. Ithaca, New York. SAD.
13. Segovia V. M. (2010.): Transforming Mindsets Through Education for Sustainable Development. U: International Encyclopedia of Education (Third Edition). Peterson P., Baker E., McGaw B. (ur.) Elsevier, str. 746-752. Preuzeto s: <https://bit.ly/2WPqSKd> (Datum pristupa: 13.8.2021.)
14. Tittarelli, F. i sur. (2007.): Quality and agronomic use of compost, Waste Management Series, 8, str. 119-157. Preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1478748207800108>. (Datum pristupa: 14.8.2021.)
15. Trautmann, N.M., Krasny, M.E. (1997.): Composting in the classroom. Scientific Inquiry for High School Students. Cornell University. Ithaca, NY. SAD. Preuzeto s: <https://bit.ly/3tkhg6h>. (Datum pristupa: 6.9.2021.)
16. Ujević Bošnjak, M., Bućan Ž., Capak K., Jeličić P. (2019.): Stručni prikaz: Mogući utjecaj klimatskih promjena na kvalitetu vode za ljudsku potrošnju, Hrvatske vode, 27 (110), str. 355-0. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/232955>. (Datum pristupa: 1.7.2021.)
17. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2012.): „Education for sustainable development“. Preuzeto s: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=400&nr=926&menu=1515>. (Datum pristupa: 13.8.2021.)
18. Urs, N. (2008.): Organic farming and climate change. International Trade Centre (ITC), Geneva. Preuzeto s: <https://orgprints.org/id/eprint/13414/>. (Datum pristupa: 8.9.2021.)
19. Zakon o vodama, NN 73/2021 (30.6.2021.), III. Akcijski program zaštite voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima poljoprivrednog podrijetla, Ministarstvo poljoprivrede. Preuzeto s: <https://www.zakon.hr/cms.htm?id=49186>. (Datum pristupa: 19.8.2021.)
20. Zaninović, K. i Gajić-Čapka, M. (2008.): Klimatske promjene i utjecaj na zdravlje, Infektološki glasnik, 28 (1), str. 5-15. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/30456> (Datum pristupa: 1.7.2021.)