

# Energija u ekosustavima

---

Šestan, Nikola

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:083311>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

NIKOLA ŠESTAN

ENERGIJA U EKOSUSTAVIMA

ZAVRŠNI RAD

Varaždin, 2019.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

ENERGIJA U EKOSUSTAVIMA

KANDIDAT:

NIKOLA ŠESTAN

*Nikola Šestan*

MENTOR:

izv. prof. dr. sc. Zvezdana Stančić

Varaždin, 2019.



Sveučilište u Zagrebu  
Geotehnički fakultet



## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: NIKOLA ŠESTAN

Matični broj: 2420 - 2014./2015.

### NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

ENERGIJA U EKOSUSTAVIMA

- Rad treba sadržati:
1. Uvod
  2. Metode rada
  3. Energija i ekosustavi
  4. Energetski procesi u ekosustavima
  5. Izvori energije koje koristi čovjek
  6. Rasprava
  7. Zaključci
  8. Literatura

Pristupnik je dužan predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 19.04.2019.

Rok predaje: 05.09.2019.

Mentor:

*Z. Stančić*

Izv.prof.dr.sc. Zvezdana Stančić



Predsjednik Odbora za nastavu:

*Igor Petrović*

Izv.prof.dr.sc. Igor Petrović

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

**ENERGIJA U EKOSUSTAVIMA**

---

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **izv.prof.dr.sc. Zvezdane Stančić.**

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 05.09.2019.

**NIKOLA ŠESTAN**

---

(Ime i prezime)

*Nikola Šestan*

---

(Vlastoručni potpis)

## SAŽETAK

### **Nikola Šestan, Energija u ekosustavima**

Energija predstavlja sposobnost nekog tijela da obavi rad. Postoji nekoliko osnovnih vrsta energija, a one se pretvaraju jedna u drugu. Svi živi organizmi na Zemlji koriste energiju za svoje osnovne životne potrebe. Najvažniji izvor energije za sva živa bića je Sunčeva energija, a najbitniji energetske procesi za sva živa bića na Zemlji su fotosinteza, tijekom koje dolazi do pretvorbe Sunčeve energije u kemijsku te stanično disanje, tijekom koje se oslobađa energija koja je pohranjena u spojevima. Živa bića u prirodi sastavni su dijelovi ekosustava, kako kopnenih, tako i vodenih. Vodeni i kopneni ekosustavi su usko povezani. Energija u ekosustavima ima svoj karakteristični tok od nižih prema višim trofičkim razinama u hranidbenoj mreži pri čemu se jedan dio troši za životne procese, a jedan dio gubi. Međutim, dio energije koju su pohranila živa bića iskorištava čovjek za svoje potrebe kao hranu, lijekove, gorivo i ostalo. Čovjek često prekomjernim iskorištavanjem prirodnih resursa dovodi do ruba egzistencije brojna živa bića i ugrožava brojne ekosustave. Gubitak biološke raznolikosti veliki je problem današnjice, a moguće rješenje problema je održivo korištenje prirodnih dobara i veće korištenje obnovljivih izvora energije.

**Ključne riječi:** energija, ekosustavi, organizam, čovjek, biološka raznolikost

## **Abstract**

**Nikola Šestan, Energy in ecosystems**

Energy represents the ability of a body to do the work. There are several basic types of energy, and they are transformed into each other. All living organisms on the Earth use energy for their basic life needs. The most important source of energy for all living beings is solar energy, but other sources of energy such as water, wind, geothermal energy, nuclear energy and fossil fuels are also important. The most important processes for all living beings on Earth are photosynthesis, during which solar energy is converted to chemical energy and cellular breathing, during which energy stored in compounds is released. Live beings in nature are integral parts of the ecosystem, both land and water. Aquatic ecosystems are closely related to land. Part of the energy stored by living creatures exploits a man for his needs as food, medicine, fuel (wood mass, water) and the rest. Man by his uninvited exploitation of natural resources has led to the edge of the existence of many living beings and the endangerment of numerous ecosystems. Biodiversity is the main problem of today because they are trying to maintain species, but environmental damage and ecosystems are great.

**Keywords:** energy, ecosystems, organism, man, biodiversity



## SADRŽAJ:

<b>1. Uvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Metode rada</b> .....	<b>2</b>
<b>3. Energija i ekosustav</b> .....	<b>3</b>
<b>4. Energetski procesi u ekosustavima</b> .....	<b>7</b>
4.1. Fotosinteza.....	7
4.1.1. Apsorpcija svjetlosti .....	8
4.1.2. Fotosintetski aparat .....	9
4.1.3. Calvinov ciklus.....	11
4.2. Kemosinteza.....	12
4.3. Stanično disanje .....	13
4.4. Energija kroz hranidbeni lanac.....	15
4.5. Vodeni ekosustavi.....	18
4.5.1. Tok energije u vodenim ekosustavima .....	19
<b>5. Izvori energije koje koristi čovjek</b> .....	<b>23</b>
5.1. Energija biomase.....	25
5.1.1. Proizvodnja energije iz biomase .....	27
5.1.1.1. Drvna biomasa .....	27
5.1.1.2. Bioplin .....	30
5.1.1.3. Biodizel.....	34
5.2. Utjecaj čovjeka na ekosustave .....	35
5.3. Utjecaj čovjeka na biološku raznolikost.....	38
<b>6. Rasprava</b> .....	<b>42</b>
<b>7. Zaključci</b> .....	<b>46</b>
<b>8. Literatura</b> .....	<b>49</b>
<b>POPIS SLIKA</b> .....	<b>55</b>
<b>POPIS TABLICA</b> .....	<b>56</b>

## 1. Uvod

Svakom organizmu potrebna je energija za biološke procese koji uključuju rast, kretanje, razmnožavanje, održavanje i liječenje. Energija postoji u nekoliko oblika, a pretvara se iz jednog oblika u drugi. Ona ne može nestati ni nastati, već konstantno protiče. Živa bića energiju uzimaju iz okoliša putem hrane i sunčeve svjetlosti. Postoje dva glavna energetska procesa u prirodi: fotosinteza i stanično disanje. Fotosinteza je proces u kojemu zelene biljke, alge i neke bakterije iskorištavaju svjetlosnu energiju za dobivanje kemijski iskoristive energije i sintezu ugljikohidrata. Stanično disanje predstavlja niz metaboličkih procesa u kojima se iz organskih tvari kao što je glukoza, premješta kemijska energija u molekule adenzin trifosfata (ATP), a one se dalje koriste za sve stanične procese. (Taiz i Zeiger 2002)

Organizmi se dijele u tri kategorije (proizvođači, potrošači i razlagači), a svi oni čine trofičke dijelove neke hranidbene mreže ili lanca. U ekosustavu u hranidbenom lancu postoji tok energije od proizvođača, preko potrošača do razlagača, a na kraju svakog procesa oslobađa se toplina. (Briški 2016)

Najveći problem današnjice predstavlja očuvanje biološke raznolikosti, a kao najveći neprijatelj toj činjenici postavio se čovjek. Čovjek je svojim nesavjesnim ponašanjem poremetio tok energije. Previše iskorištava ekosustave i prirodna dobra kako bi zadovoljio svoje potrebe. Na primjer, od davnina je koristio šumu i drvenu masu za gorivo i estetiku životnog prostora, čime je ugrozio šume i njezine stanovnike. (Javna ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Krapinsko-zagorske županije 2018)

Urbanizacijom i rastom stanovništva došlo je do smanjenja zaliha vode i zagađenja vodenih resursa (Gereš 2002). Uvođenje alohtonih vrsta može uzrokovati izumiranje autohtonih vrsta. Svi ekosustavi na Zemlji bore se sa održavanjem vrsta i biološke raznolikosti, a bez svih njih čovjek neće moći opstati. (Slavica i Trontel 2010)

Cilj ovog rada je prikaz procesa protoka energije kroz ekosustave i objašnjenje zašto je taj proces bitan za sve žive organizme na Zemlji pa tako i za čovjeka.

## **2. Metode rada**

Rad je podijeljen u osam glavnih poglavlja te u nekoliko potpoglavlja. Na početku rada je dan sažetak na hrvatskom i engleskom jeziku i ključne riječi, zatim sadržaj.

Rad je napisan korištenjem podataka iz literature. Korištena literatura u radu uglavnom je temeljena na člancima. Najčešće su članci pronađeni na internetu. Istraživanje se temeljilo na traženju podataka o ekosustavima i energije u njima, na koji način organizmi uzimaju energiju i kako ona protiče te na kraju kako čovjek iskorištava tu energiju. Kao izvori podataka osim članaka, poslužile su internet stranice i stručni radovi.

### 3. Energija i ekosustav

Energija u fizici označava sposobnost nekog sustava da obavi rad. Riječ energija potječe od grčke riječi *energōs* što znači aktivnost. Jedno od najvažnijih svojstava energije je to da ona ne može nastati ni nestati pa se kaže kako je količina energije u zatvorenom sustavu uvijek konstantna, a taj fizikalni zakon se naziva Zakon o očuvanju energije. Iako energija ne može nastati ni nestati, može prelaziti iz jednog oblika u drugi, a to se naziva rad ili snaga. (Izvori energije 2008)

U solarnom sustavu najveći izvor energije je Sunce, a glavni energetske proces koji se na Suncu odvija je nuklearna fuzija. Fuzija predstavlja spajanje jezgara atoma te nastajanje teže jezgre, uz oslobađanje energije proporcionalne razlici masa prije i nakon reakcije (prema Einstein-ovoj formuli  $E = mc^2$ ). Nuklearnom fuzijom se svake sekunde u Suncu pretvori oko 700.000.000 tona vodika u oko 695.000.000 tona helija, a razlika od 5.000.000 tona se pretvori po Einstein-ovoj formuli u energiju u obliku gama zračenja. (Izvori energije 2008)

Glavni izvor energije na Zemlji za sve prirodne ekosustave je Sunce. Sunce je najbliža zvijezda našoj planeti koje je neposredno ili posredno izvor većeg dijela raspoložive energije na Zemlji. Sunčevo zračenje je kratkovalno zračenje koje Zemlja dobiva od Sunca, a godišnje Zemlja dobiva oko 41024 J (džula) energije što je nekoliko tisuća puta više nego što iznosi ukupna godišnja potrošnja energije iz svih primarnih izvora. Spektar sunčevog zračenja obuhvaća: mikrovalove, radio valove, infracrveno zračenje, ultraljubičasto zračenje, vidljivo zračenje, X-zrake i Y-zrake. (Bioterm d.o.o. 2016)

Iskorištavanje Sunčeve energije podrazumijeva njeno neposredno iskorištavanje u izvornom obliku, a ona se može iskorištavati aktivno i pasivno. Aktivno podrazumijeva njezinu izravnu pretvorbu u toplinsku ili električnu energiju, a pasivna podrazumijeva iskorištavanje dozačene Sunčane topline odgovarajućom izvedbom građevina. (Bioterm d.o.o. 2016)

Osim energije Sunca, postoje i drugi izvori energije kao što su: energija vjetra, vode, biogorivo, bioplin, geotermalna energije, energija oceana (obnovljivi izvori energije) i nuklearna energija, ugljen, nafta, prirodni plin (neobnovljivi izvori energije). (Izvori energije 2006)

Postoji nekoliko glavnih oblika energija: (Izvori energije 2008)

- Potencijalna energija – označava rad koji se obavi protiv dane sile promjenom pozicije promatranog objekta u odnosu na neku referentnu poziciju. Vrste potencijalne energije su gravitacijska i elastična potencijalna energija. Primjer iskorištavanja gravitacijske potencijalne energije su hidroelektrane kod kojih se potencijalna energija vode pretvara u kinetičku energiju kojom se tada pokreće turbina generatora električne energije.
- Kinetička energija – naziva se još i energija kretanja, a ona je potrebna da se neki objekt ubrza na neku brzinu, odnosno energija objekta kod određene brzine u odnosu na neki referentni objekt. Proporcionalna je masi objekta i kvadratu brzine kretanja objekta. Primjer iskorištavanja kinetičke energije su recimo pretvaranje energije vjetra u električnu energiju u vjetrenjačama
- Toplinska energija – predstavlja energiju nasumičnog gibanja mikroskopskih čestica koje tvore objekt, tj. energetski udio sustava koji se povećava s temperaturom. Prelazi s jednog objekta na drugi zbog razlike u temperaturi. Može se direktno koristiti za grijanje ili posredno za dobivanje drugih oblika energije, poput geotermalne energije unutar Zemlje koja se može koristiti za generiranje električne energije.
- Električna energija – predstavlja oblik potencijalne energije u polju Columbove sile u kojem se čestice istog naboja međusobno odbijaju, a čestice suprotnih naboja se međusobno privlače. Ona je najvažniji oblik energije na Zemlji za čovjeka i njegove potrebe jer je laka za transport i lako se pretvara u druge korisne oblike energije poput kinetičke ili toplinske energije. Najvećim dijelom se dobiva iz fosilnih goriva, ali danas sve više iz alternativnih izvora poput iskorištavanja energije Sunca, energije vode, geotermalne energije, energije vjetra i drugih.
- Kemijska energija – definira se kao rad koji obavljaju električne sile prilikom preslagivanja električnih naboja, protona i elektrona, u kemijskim procesima. Ako se kemijska energija sustava smanji u kemijskoj reakciji to znači da je razlika emitirana u okolinu u obliku svjetlosti ili topline, a ako se kemijska energija poveća to znači da je sustav iz okoline uzeo određenu količinu energije i to najčešće u obliku svjetlosti ili topline.

- Nuklearna energija – dobiva se postupcima nuklearne fuzije i nuklearne fisije. Nuklearna fuzija je spajanje dva ili više laka atoma u jedan teži uz oslobađanje određene količine energije u obliku raznih zračenja. Nuklearna fisija je također oslobađanje određene količine energije u obliku raznih zračenja, ali dobiva se cijepanjem teških atoma na dva ili više manja atoma. U skoroj budućnosti nuklearna fuzija neće biti od neke koristi na Zemlji, ali nuklearna fisija je jednostavan proces koji se iskorištava u nuklearnim reaktorima za proizvodnju električne energije.

Za većinu živih organizama najvažniji izvor energije je Sunčeva energija. Jedan dio Sunčeve energije dopijeva do površine Zemlje u obliku topline. Toplina utječe na raspodjelu klime na Zemlji i na sav živi svijet i njegovo funkcioniranje. Zahvaljujući povoljnim klimatskim uvjetima, život na Zemlji opstaje već milijunima godina. Posljednjih nekoliko desetljeća došlo je do globalnog zatopljenja što ima negativne posljedice na živi svijet jer se organizmi moraju seliti ili prilagoditi kako bi mogli preživjeti. (Izvori energije 2006)

Osim topline, važan oblik Sunčeve energije je energija elektromagnetskog zračenja, koju fotosintetski organizmi pretvaraju u kemijsku energiju, a koja je glavni izvor energije za žive organizme. Naime, energija elektromagnetskog zračenja ne može se pohraniti, zbog čega je fotosintetski organizmi pretvaraju u kemijsku energiju koja ima sposobnost skladištenja u obliku organskih molekula. Prema potrebi, organizmi pretvaraju kemijsku energiju u druge oblike energije, koje koriste za rast i razvoj stanica, tkiva, organa i općenito funkcioniranje organizma. (Izvori energije 2006)

„Ekosustav je skup biotskih i abiotskih elemenata i procesa koji imaju utjecaj na ponašanje i život određene jedinice u definiranom prirodnom okruženju.“ (Jug 2014)

Svako pridruživanje novih elemenata u sustav može rezultirati negativnim posljedicama, a u nekim ekstremnim slučajevima može dovesti do izumiranja pojedinih vrsta u tom ekosustavu. Zbog toga je veoma bitno očuvanje ekosustava u prirodnom stanju bez unosa dodatnih elemenata koji bi mu mogli naštetiti. Utjecaj novih elemenata može se izbjeći ako se radi na njegovom smanjenju. Konvencija o biološkoj raznolikosti ratificirana u 175 zemalja svijeta ima veliku ulogu u očuvanju okoliša i ekosustava. Ona definira načine zaštite ekosustava, prirodnih naseljenika tih sustava i očuvanja prirodne raznolikosti sustava. Prema toj konvenciji ekosustav se definira kao

dinamička složenost biljaka, životinja, zajednice mikroorganizama i njihove ne-nežive okoline koje u interakciji čine jednu funkcionalnu zajednicu. (Šolić 2010)

Svaki ekosustav čini životna zajednica (biocenoza) i biotop, a primjer su: šuma, travnjak, jezero, rijeka i drugi. Ekosustav predstavlja dinamičnu cjelinu koja se zasniva na međusobnim djelovanjima i interakcijama između živih i neživih komponenti. Sva živa bića u njemu su prostorno i vremenski integrirana protokom energije i kružnim tokovima tvari. Osim toga, ekosustav ima sposobnost samoobnove, samoodržavanja i samoorganizacije.

Komponente ekosustava:

- Abiotičke – sunčeva svjetlost, voda, temperatura, mineralne tvari, kemijska svojstva tla i vode;
- Biotičke – primarni producenti, biljojedi, mesojedi, svejedi, razlagači. (Begon i sur. 1997)

Osnovne kategorije odnosa između osnovnih komponenti su:

- a) akcije – biotop (kompleks ekoloških čimbenika) → živi organizmi (biocenoza)
- b) reakcije – živi organizmi → biotop
- c) koakcije – uzajamni odnosi između organizama kao članova biocenoze (ishrana, zaklon, razmnožavanje) (Begon i sur. 1997)

Stanište predstavlja područje na kojem neki organizam živi, a ekosustav obuhvaća kompleks živih organizama i neživog okoliša koji međusobno djeluju kao funkcionalna jedinica. Vrednovanjem ekosustava pokušava se skrenuti pažnja na činjenicu kako je ekosustav veoma bitan i neophodan za čovjeka. (Šolić 2010)

## 4. Energetski procesi u ekosustavima

Ekosustav s trofičkog gledišta ima dvije komponente:

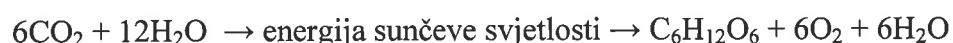
- I. Autotrofna – odnosi se na pretvaranje svjetlosne energije u kemijsku energiju, korištenje jednostavnih anorganskih tvari i izgradnja složenih, organskih tvari. Autotrofni organizmi sami proizvode organsku tvar uz korištenje anorganskog ugljikovog dioksida.
- II. Heterotrofna – ona podrazumijeva iskorištavanje, preraspodjelu i razgradnju kompleksne organske tvari. Heterotrofni organizmi uzimaju gotovu organsku tvar, a energiju dobivaju oksidacijom organskih spojeva. (Begon, i sur. 1997)

Energija koja protječe kroz ekosustav je ireverzibilnog karaktera, a kruženje tvari u ekosustavu je reverzibilnog karaktera.

### 4.1. Fotosinteza

Fotosinteza je proces u kojemu zelene biljke, alge i neke bakterije iskorištavaju svjetlosnu energiju za sintezu ugljikohidrata i time dobivanje kemijski iskoristive energije. To je biološki proces u kojemu se anorganski ugljik pretvara u organski oblik. Tijekom samog procesa oslobađa se kisik koji je neophodan za disanje većine živih bića na Zemlji. (Taiz i Zeiger 2002)

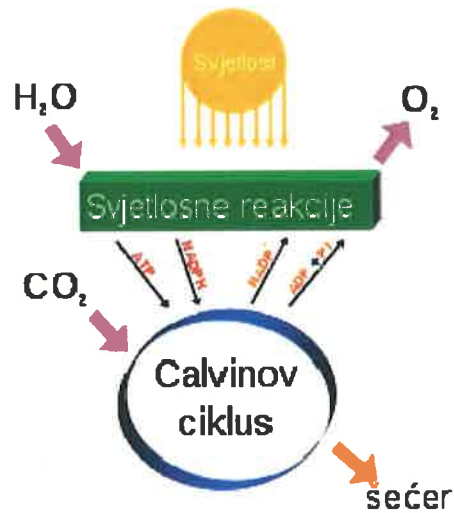
Najjednostavnija definicija fotosinteze kod viših biljaka i algi je da je to fiziološki proces koji se odvija u kloroplastima biljnih stanica u kojima biljka iz anorganskih spojeva (ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>) i vode (H<sub>2</sub>O)) izgrađuje organske spojeve (šećere) koristeći energiju sunčeve svjetlosti, a može se predočiti pojednostavljenom jednadžbom: (Bioteka 2012)



Svjetlosna energija se pohranjuje u kemijskim vezama ATP-a i nikotinamid adenin dinukleotid fosfata (NADPH) te se razvija kisik, a nastali ATP i NADPH se koriste za sintezu organskih molekula iz CO<sub>2</sub>. Zelene biljke u kloroplastima sadrže enzime koji



kataliziraju pretvorbu  $\text{CO}_2$  u reducirane organske spojeve. (Nelson i Cox 2013) Na Slici 1. prikazan je protok energije u fotosintezi.



Slika 1. Protok energije u fotosintezi (Wikipedija 2009)

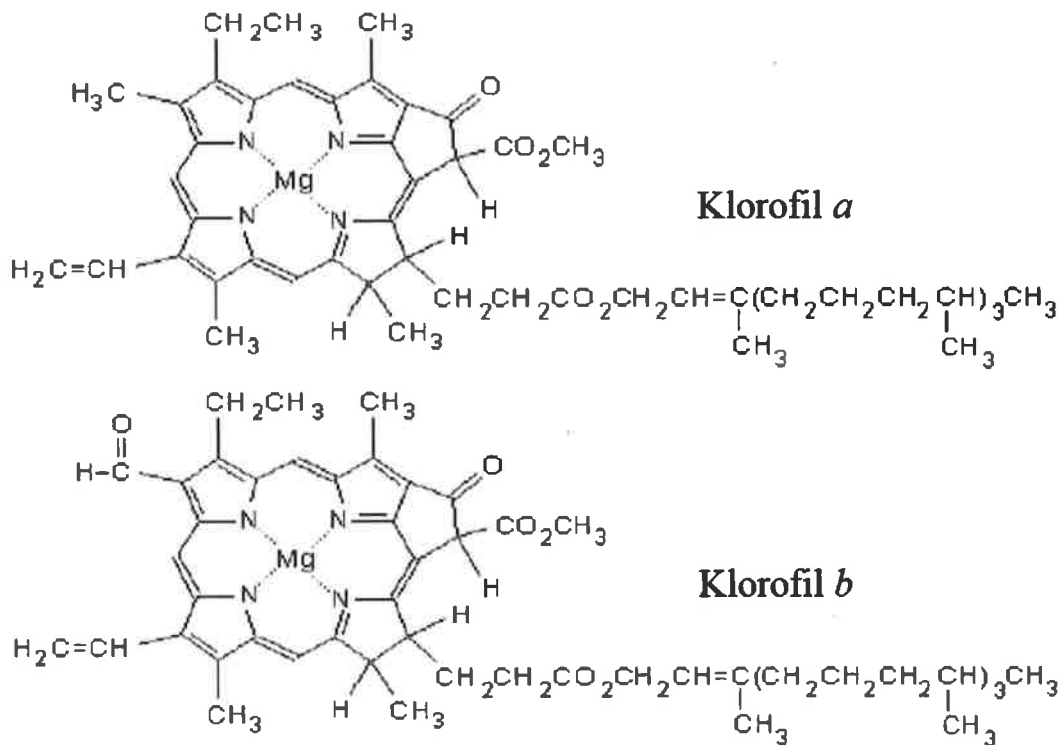
Fotosinteza se odvija u dvije faze (Nelson i Cox 2013):

- I. Prva služi za apsorpciju svjetlosne energije i njenu pretvorbu u kemijsku energiju u visokoenergetskim vezama adenozin trifosfata (ATP)
- II. Druga faza (ili Calvinov ciklus) služi za iskorištavanje energije dobivene u prvoj fazi i za sintezu ugljikohidrata.

#### 4.1.1. Apsorpcija svjetlosti

Svjetlost se može promatrati kao transverzalni val ili kao struja čestica koje se nazivaju fotoni. Svaki foton sadrži određeni kvant (dio) energije, pa se može reći kako je svjetlost kiša fotona različitih energija. Tijekom apsorpcije fotona, elektron u apsorberajućoj molekuli prijeđe u više energetske stanje, dok molekula koja je apsorberala foton nalazi se u nestabilnom pobuđenom stanju, a njen se elektron iz orbitale više energije želi vratiti nazad u orbitalu niže energije, u stabilno osnovno stanje. To se događa na dva načina: fluorescencijom tj. emisijom svjetlosti (uvijek niže energije od apsorberane) ili direktnom predajom energije susjednoj molekuli. (Nelson i Cox 2013).

U većini fotosintetskih organizama, kao što su zelene biljke i većina algi, svjetlost apsorbiraju pigmenti tilakoidnih membrana, od kojih su najvažniji klorofili (Slika 2.), zeleni pigmenti policikličke, planarne strukture s  $Mg^{2+}$  na centralnoj poziciji.



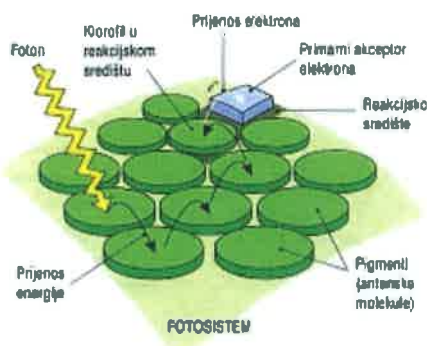
**Slika 2.** Klorofil *a* i klorofil *b* (Teixeira 2006)

Crvene alge i cijanobakterije kao pigmente imaju fikobiline koji su kovalentno vezani za specifične proteine. Oni se međusobno spajaju u komplekse koji se nazivaju fikobilisomi te na taj način čine primarne strukture za hvatanje svjetlosti tih organizama. (Nelson i Cox 2013)

#### **4.1.2. Fotosintetski aparat**

Fotosintetski aparat čine apsorbirajući pigmenti tilakoida i bakterijskih membrana. Svi pigmenti fotosistema mogu apsorbirati fotone, ali samo klorofil *a* koji se nalazi u reakcijskom središtu sposoban je pretvarati svjetlosnu u kemijsku energiju. Sve ostale molekule pigmenata fotosistema su antenske molekule čija je zadaća apsorpcija i prijenos svjetlosne energije do reakcijskog središta. (Slika 3.) (Nelson i Cox 2013)

Fotosinteza predstavlja niz kemijskih reakcija u kojima se elektroni prenose s jedne vrste molekula (oksidacija) na druge (redukcija). Antenske molekule apsorbiraju svjetlosnu energiju i prenose je do molekule klorofila *a*, ona se pobuđuje i predaje primarnom akceptoru elektrona. Na taj način molekula klorofila *a* privremeno ostaje bez elektrona i tada svjetlost započinje niz reakcija oksidacije i redukcije. Oksidira se voda, a reducira NADP. (Nelson i Cox 2013)



**Slika 3.** Prijenos energije do reakcijskog središta sustavom antena (Pevalek- Kozlina 2003)

Stanica služi kao izvor energije na način da upotrijebi razliku koncentracije iona i električnog potencijala na suprotnim stranama membrane. Energija fotona može uzrokovati oštećenja na molekularnoj razini i nastanak toksičnih spojeva, poput radikala kisika ili peroksida. Zbog toga fotosintetski organizmi imaju kompleksne mehanizme za regulaciju i popravak fotosintetskog aparata. Neki od njih reguliraju protok energije kroz sustav antena, neki neutraliziraju nastale toksične spojeve, a neki služe popravku u slučaju oštećenja sustava. (Taiz i Zeiger 2002)

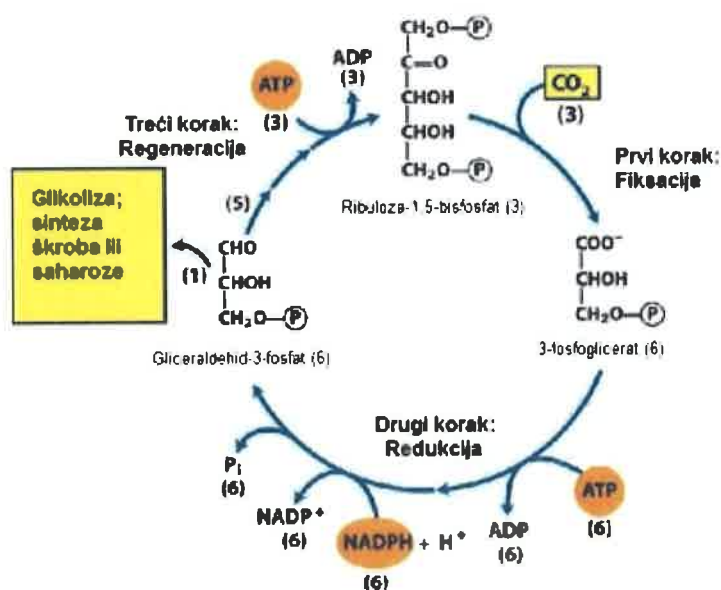
Kod nekih biljaka, pomoćni pigmenti karotenoidi služe za zaštitu fotosintetske membrane od viška svjetlosne energije kada se ona ne može pohraniti u obliku kemijske energije. Kada pobuđeni klorofil ne može predati primljenu energiju, reagira s molekulom kisika stvarajući radikale kisika koji su vrlo reaktivni i mogu oštetiti stanične strukture. Pošto karotenoidi imaju zaštitnu ulogu jer mogu preuzeti energiju s pobuđenog klorofila, njihovo pobuđeno stanje nema dovoljno energije za reakciju s kisikom pa gubi energiju u obliku topline vraćajući molekulu karotenoida u osnovno stanje. (Taiz i Zeiger 2002)

### 4.1.3. Calvinov ciklus

Fotosintetski organizmi mogu sintetizirati ugljikohidrate iz  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ , reducirajući  $\text{CO}_2$  pomoću energije ATP-a i redukcijskog potencijala NADPH nastalih tijekom fotosintetskih reakcija ovisnih o svjetlosti. Zelene biljke u kloroplastima sadrže enzime koji kataliziraju pretvorbu  $\text{CO}_2$  u reducirane organske spojeve. Ciklički put kroz koji se asimilira  $\text{CO}_2$ , a čiji se spojevi stalno obnavljaju naziva se ciklus fotosintetske redukcije ugljika ili Calvinov ciklus (Slika 4.). (Taiz i Zeiger 2002)

Tri molekule  $\text{CO}_2$  fiksiraju se na tri ribuloza-1,5-bisfosfata da bi se formiralo šest molekula gliceraldehid-3-fosfata (ukupno 18 C atoma). Pet od šest molekula trioza fosfata (15 C atoma) koristi se za regeneraciju 3 molekule ribuloza-1,5-bisfosfata (15 C atoma). Šesta molekula trioza fosfata konačni je produkt fotosinteze te se može koristiti u sintezi heksoza koje se koriste za dobivanje energije i sintezu drugih biomolekula.

U noći biljke otvaraju puči zbog hladnijeg i vlažnijeg zraka, kako bi se omogućila izmjena plinova  $\text{CO}_2$  i  $\text{O}_2$ . Kroz puči ulazi  $\text{CO}_2$  i voda, a izlazi  $\text{O}_2$ . Po danu se puči zatvaraju kako ne bi došlo do gubitka vode zbog visokih temperatura. (Nelson i Cox 2013)



Slika 4. Calvinov ciklus (Nelson i Cox 2008)

## 4.2. Kemosinteza

Kemosinteza iskorištava kemijsku energiju pohranjenu u anorganskim spojevima za proizvodnju organske tvari, za razliku od fotosinteze koja iskorištava energiju svjetlosti za proizvodnju organske tvari. Kemosintetske reakcije provode prokariotski mikroorganizmi, uglavnom bakterije i arheje. Energija se proizvodi u kemosintetskim reakcijama. Postoje razne kemosintetske bakterije koje provode ove reakcije, uključujući nitrifikacijske bakterije (oksidiraju  $\text{NH}_4$  ili  $\text{NO}_2$ ), sumporne bakterije (oksidiraju  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{S}$  i druge sumporne spojeve), vodikove bakterije (oksidiraju  $\text{H}_2$ ), metanske bakterije (oksidiraju  $\text{CH}_4$ ), bakterije željeza i mangana (oksidiraju spojeve željeza i mangana). (Pace i Lovett 2013)

Litotrofija je upotreba anorganskog spoja kao izvora energije. Većina litotrofnih bakterija su aerobni organizmi koji proizvode energiju na isti način kao i svi aerobni respiracijski organizmi: uklanjaju elektrone iz supstrata i stavljaju ih kroz sustav za transport elektrona koji će stvarati ATP fosforilacijom elektronskog transporta. Litotrofi dobivaju elektrone iz anorganskog, a ne iz organskog spoja. Neki su litotrofi fakultativni litotrofi, što znači da mogu koristiti i organske spojeve kao izvore energije. Ostali litotrofi ne koriste organske spojeve kao izvore energije. Ti se litoautotrofi često nazivaju "kemoautotrofi", ali izraz litoautotrof je točniji opis njihovog metabolizma. Litotrofi su vrlo raznolika skupina prokariota, objedinjena samo sposobnošću oksidacije anorganskog spoja kao izvora energije. (Dover 2001)

U dubokom moru izvori organskog ugljika iznimno su mali, posebice onog koji dopijeva iz gornjih osvjetljenih slojeva. Međutim, oko hidrotermalnih izvora zabilježena je velika raznolikost živoga svijeta. Izvor energije za navedene životne zajednice su kemosintetske reakcije, odnosno najčešće se radi o oksidaciji sumporovodika. Visoka biomasa na hidrotermalnim otvorima dijelom je posljedica aerobnog prirodnog procesa. Kisik se koristi za oksidaciju sumporovodika, stvarajući velik energetske prinos koji zauzvrat može potaknuti proizvodnju velikih količina organskog ugljika. Anaerobne kemijske reakcije, poput oksidacije vodika ( $\text{H}_2$ ) dobivenog iz ventilacije ugljičnim dioksidom ( $\text{CO}_2$ ), mogu također podržati

kemosintezu na otvorima, ali energetski prinosi u takvim anaerobnim uvjetima su mnogo manji nego kod aerobne oksidacije. (Cockell 2014)

### 4.3. Stanično disanje

Stanično disanje predstavlja niz metaboličkih procesa u kojima se iz organskih tvari kao što je glukoza, premješta kemijska energija u molekule ATP-a, a one se dalje koriste za sve stanične procese. Tijekom razgradnje molekule glukoze dio pohranjene energije oslobađa se kao toplina.

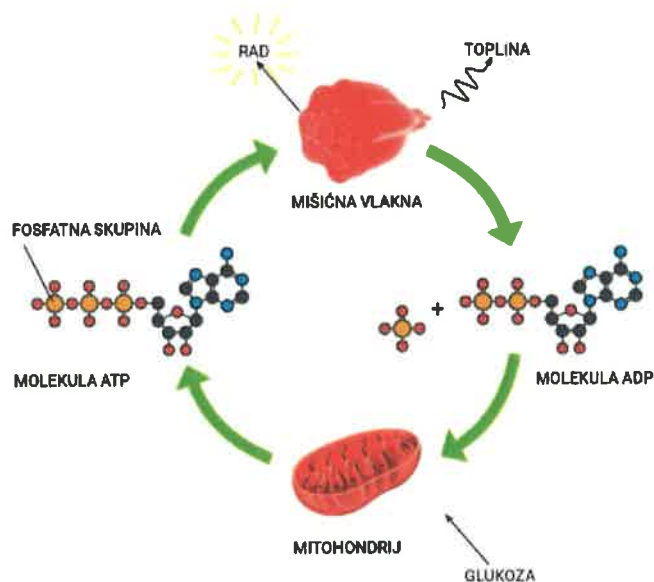
Glukoza je osnovni izvor energije za sva živa bića. Razlika između autotrofa i heterotrofa je različit način dolaska do glukoze. Autotrofne biljke troše glukozu koju su same stvorile fotosintezom, dok heterotrofi organsku tvar dobivaju iz autotrofa i koriste ih u metaboličkim procesima za stvaranje glukoze. Osim glukoze kao izvor energije mogu se koristiti i različiti proteini i lipidi. (Zdravstveno veleučilište Zagreb 2013)

Kemijski procesi u nekom organizmu, a koji su neophodni za održavanje života, nazivaju se metabolizam.

Postoje dvije skupine metaboličkih procesa:

- Katabolički procesi – procesi u kojima se molekule razgrađuju i pritom se oslobađa energija.
- Anabolički procesi – procesi pri kojima se stvaraju nove tvari uz ulaganje energije. (Project Noah 2010)

Energija koja se oslobodi kataboličkim procesima mora se dopremiti do dijela stanica u kojima se odvijaju anabolički procesi, a glavnu ulogu u takvom prijenosu energije ima ATP. U njoj je energija pohranjena u kovalentnim vezama između susjedne tri fosfatne skupine, a razdvajanjem tih fosfatnih skupina oslobađa se energija koju stanica koristi za svoje potrebe. Nastaje molekula ADP koja sadrži dvije fosfatne skupine, a ona se vraća u oblik molekule ATP tijekom kataboličkih procesa u stanici. (Blanco i Blanco 2017) Na slici 5 prikazan je cijeli proces i uloga molekula ATP-a.



**Slika 5.** Uloga molekule ATP-a (CARNET 2018)

Stanično disanje je aerobni metabolički put kojim se molekule glukoze razgrade u potpunosti do  $\text{CO}_2$ , a odvija se u mitohondrijima i sastoji se od dvije reakcije:

- I. Krebsova ciklusa – molekule pirogrogđane kiseline razgrađuju se do molekula  $\text{CO}_2$  i pri tome se oslobađaju 2 molekule ATP-a za svaki piruvat. Za proces su također zaslužni nosači elektrona bez kojih razgradnja ne bi bila moguća.
- II. Dišnoga lanca – odvija se na unutarnjoj membrani mitohondrija, a glavna uloga je regeneracija nosača elektrona potrebnih za glikolizu i Krebsov ciklus. Oni se regeneriraju tako da otpuste elektrone koje su dosad primali, a krajnji primatelj tih elektrona su molekule kisika koje se u tim procesima pretvaraju u molekule vode. Tijekom dišnog lanca stvori se dodatnih 32 molekule ATP-a, a svi procesi staničnog disanja mogu se prikazati općom kemijskom jednadžbom:



Kada se usporedbe jednadžbe fotosinteze i staničnog disanja, može se primijetiti da su reaktanti jednog procesa, produkti drugog procesa i obrnuto. Te tvari međusobno kruže u ekosustavu dok energija protječe kroz njih te na taj način su procesi u prirodnoj ravnoteži. (Izvori energije 2008)

Postoje dva osnovna tipa disanja u svim živim bićima:

- Aerobno – nužna je prisutnost kisika.
- Anaerobno – odvija se u odsutnosti kisika

Budući da su fotosinteza i stanično disanje povezani, oni održavaju kružni tok ugljika na Zemlji, odnosno CO<sub>2</sub>. (Holenda i Sikirica 2004)

#### 4.4. Energija kroz hranidbeni lanac

Hranidbeni lanac predstavlja linearni prijenos energije dobivene iz hrane, od jedne populacije organizama na sljedeću. Kompleks međusobno povezanih hranidbenih lanaca tvori hranidbenu mrežu, što je stvarniji prikaz toka energije u prirodi. Kroz hranidbeni lanac se odvija prijenos hranjivih tvari od proizvođača, preko niza potrošača do razlagača, a oni čine trofičke razine koje je uveo Raymond Lindeman. On objašnjava ekosustav kao sustav transformacije energije u obliku piramide u kojoj na svakoj trofičkoj razini ima sve manje raspoložive energije. (Šolić 2010)

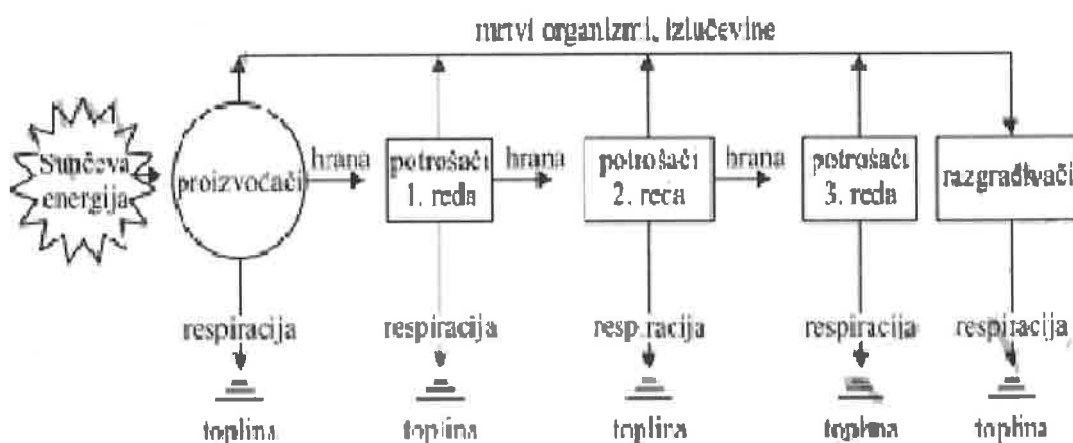
U hranidbenoj mreži prijenos hranjivih tvari i energije odvija se preko organizama koji čine tri kategorije (Briški 2016):

- I. Proizvođači – nazivaju se i autotrofi. Oni proizvode kompleksne organske molekule iz jednostavnih anorganskih tvari uz energiju Sunčeve svjetlosti. Najznačajniji u kopnenom ekosustavima su biljke, a u vodenim alge i određene vrste bakterija. Navedene skupine organizama provode proces fotosinteze, sintetiziraju i pohranjuju organske spojeve u sebe i tako postaju potencijalni izvor hrane ostalim organizmima.
- II. Potrošači – nazivaju se i heterotrofi. Hrane se proizvođačima te se nazivaju potrošači prvog reda, odnosno konzumiraju samo biljne vrste i nazivaju se herbivori. Primjer su goveda. Potrošači drugog reda se hrane potrošačima prvog reda, a potrošači trećeg reda sa onim drugog reda. Potrošače drugog i trećeg reda čine mesojedi, poput vuka, psa, mačke i ostalih. Ostali potrošači su svejedi, hrane se i životinjama i biljkama, a u njih se ubrajaju svinje, medvjedi, majmuni i ljudi. Mnogi se potrošači ne mogu svrstati samo u jednu kategoriju, jer svoju prehranu prilagođavaju potrebama.



III. Razlagači – nazivaju se i saprotrofi. Oni su heterotrofi koji razgrađuju organski materijal i koriste se produktima razgradnje za opskrbu energijom. Produkte razgradnje otpuštaju u okoliš, poput jednostavnih anorganskih molekula i soli minerala koje opet iskorištavaju proizvođači. Primjeri razlagača su bakterije i gljive.

Putem hrane javlja se tok energije kroz hranidbenu mrežu, a energija se prenosi od proizvođača do razlagača koji dio energije koriste za biološki rad, a dio se oslobađa kao toplina. Takav tok energije predstavlja jednosmjerni proces (Slika 6.), pri čemu se oslobađa toplina, koja je opet oblik energije. Pri svakom prijelazu od proizvođača do potrošača, isto tako i s potrošača na potrošača i razlagača, oslobađa se toplina. (Briški 2016)

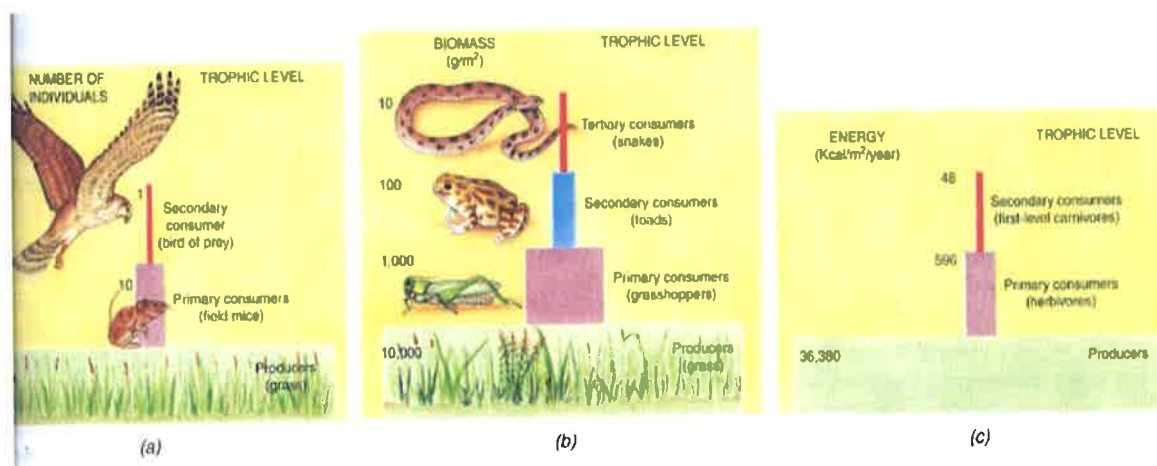


Slika 6. Jednosmjerni tok energije kroz ekosustav (Briški 2016)

Svaki stupanj u hranidbenom lancu ili mreži se naziva stupanj trofije, a relativne energijske vrijednosti se prikazuju grafički ekološkim piramidama. Postoje tri glavne vrste piramida: (Briški 2016)

- I. Piramida broja – pokazuje broj organizama u svakom stupnju trofije u određenom ekosustavu, pri čemu je puno veći broj organizama pri dnu piramide, a puno manji pri vrhu piramide.
- II. Piramida biomase – prikazuje ukupnu biomasu u svakom stupnju i može se izraziti različitim jedinicama,  $gm^{-2}$  (kopneni ekosustavi) ili  $gm^{-3}$  (vodeni ekosustavi). Ona prikazuje progresivno smanjivanje biomase u svakom sljedećem stupnju trofije, po kojem u svakom stupnju trofije dolazi do 90 %-tnog smanjenja biomase.

III. Piramide energije – prikazuje sadržaj energije koja se najčešće izražava u  $\text{kJm}^{-2}$  za biomasu u pojedinom stupnju trofije. (Slika 7.)

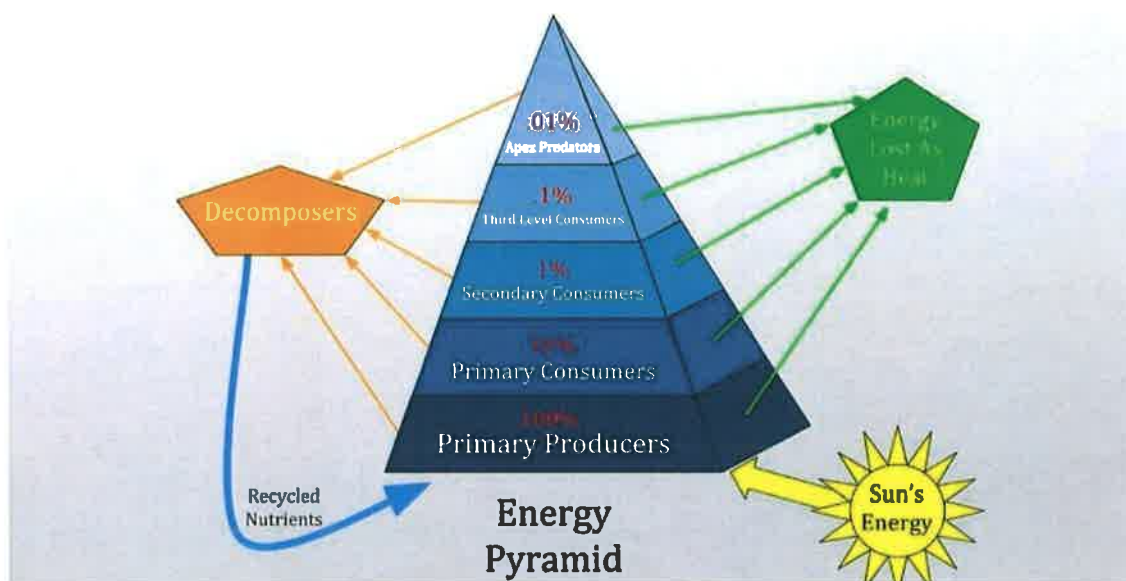


**Slika 7.** Piramida brojeva, biomase i energije (Trevor-Henry 2014)

Prijenos energije kroz hranidbenu mrežu od primarnih proizvođača do razlagača odvija se putem hrane. Potrošači se hrane različitim vrstama te su i sami hrana za druge vrste. Količina energije kod svake više trofičke razine je značajno manja u odnosu na nižu trofičku razinu. Jedan dio se izgubi kao toplina, jedan dio potrošači koriste za probavu i rad, oko 40 % (ili manje) koristi se za rast i reprodukciju, oko 10 % organizmi ugrađuju u svoja tijela. Upravo zbog toga su životinje rjeđe u ekosustavima u odnosu na biljne organizme. (Project Noah 2010)

Tijekom prijenosa energije kroz uzastopne trofičke razine u ekosustavu dolazi do gubitka energije na cijelom putu. Niti jedan prijenos energije nije 100- postotni. Studije prijenosa energije u različitim hranidbenim lancima u velikom broju ekosustava otkrile su ujednačenu količinu prijenosa energije te tako možemo govoriti o 10 % zakonu. Taj zakon, poznat kao 10 % zakon predložio je Raymond Lindeman koji govori o veličini gubitka energije u prehranbenim lancima. Prema zakonu, samo 10 % energije koja ulazi u određenu trofičku razinu organizama je dostupno za prijenos na sljedeću višu trofičku razinu. Svi prijenosi energije u hranidbenom lancu slijede zakon od 10 %, što jednostavno znači da je energija dostupna na svakoj uzastopnoj trofičkoj razini 10 % od prethodne razine. Na taj način dolazi do progresivnog pada (postupnog smanjenja) raspoložive količine energije prelazeći s razine proizvođača na višu trofičku razinu

organizma. Na Slici 8. prikazano je pravilo koje uključuje 10 % prijenosa energije. (Šolić 2010)



**Slika 8.** Prijenos energije s niže na višu trofičku razinu prema 10 % zakonu (Wikipedija 2015)

Primjer jednog hranidbenog lanca u kojem 10 % od ukupne energije organizmi ugrađuju u svoja tijela je: cvrčak uzima biljni sok od biljke na kojoj se odvija proces fotosinteze i hrani se njime, on je hrana ptici šojci, a ona je hrana čaglju. Nakon što čagalj uginе, njega razlažu razlagači i vraćaju u obliku minerala, vode i ugljikovog dioksida proizvođačima. Na taj način se odvija kruženje tvari i protok energije kroz ekosustav. (Balažinec 2018)

#### 4.5. Vodeni ekosustavi

Vodeni i kopneni ekosustavi potpuno su različiti. U vodenim ekosustavima temperatura okoliša ne utječe previše na životne funkcije živih bića, jer voda ublažava utjecaj topline. Vodeni ekosustavi se dijele na slatkovodne i morske. Svi sadrže glavne grupe organizama: (Briški 2016)

- 1) Plankton:
  - a) Fitoplankton – fotosintetske cijanobakterije i alge
  - b) Zooplankton – nefotosintetski organizmi, poput praživotinja i ličinki brojnih životinja
- 2) Nekton – ribe, kitovi, kornjače
- 3) Bentos – sesilni organizmi: rakovi, vagilni organizmi: školjke

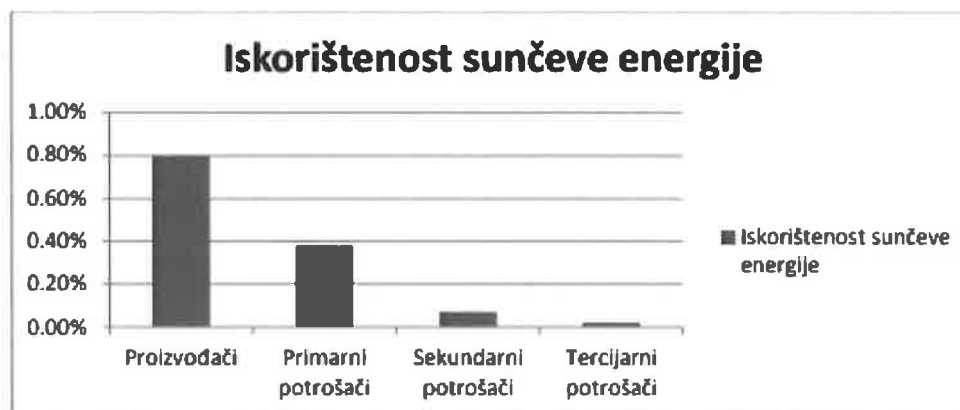
#### **4.5.1. Tok energije u vodenim ekosustavima**

U vodenim ekosustavima razlikuju se tri hranidbena lanca: lanci predatora, lanci parazita i detritusni lanci. Oni su povezani te tvore trofičku mrežu, a kontroliraju se kroz tri hipotetske kontrole: opskrbu energijom (ili dostupnost resursa), veličinu ekosustava i varijacije u okolišu. (Stanković 1961)

U vodnim ekosustavima moguća su dva izvora organske tvari: autohtona proizvodnja fotosintezom ili alohtoni unos tvari iz okolnih staništa (Danger i sur. 2013). Na primjer, u slatkovodnoj tekućici sastav alohtone organske tvari varira s tipom vegetacije i lokacijom, ali najveći dio čini otpalo lišće koje služi kao izvor energije za vodenu hranidbenu mrežu (Abelho 2001). Najveći dio alohtone organske tvari uđe u rijeku u određenom dijelu godine što ovisi o fenologiji dominantne vrste drveća. U veći vodotok ulazi manji postotak lišća, ali je u njima veći postotak drva. Otpalo lišće se kreće nizvodno, a zadržavanje ovisi o hidrološkim prilikama i obilježjima podloge. Mjesta zadržavanja otpalog lišća su brane nastale od nanosa organskog podrijetla. Brane povećavaju učinkovitost razgradnje lišća u manje frakcije što povećava broj korisnih izvora energije. Tako se krupna organska tvar nalazi u procesu ispiranju u vodotoku pri čemu oslobađa otopljeni organski materijal koji se fizičkom abrazijom ili biološkom razgradnjom usitnjava u fino usitnjenu organsku tvar. Zatim se ugrađuje u biomasu heterotrofa i metabolizira do CO<sub>2</sub>. (Cillero i sur. 1990)

Glavni nositelj energije u vodenim ekosustavima, kao i u svim drugim ekosustavima, je organska tvar. Energija dobivena hranom ide u tri smjera na svakom trofičkom stupnju: akumulira se u tijelu organizma, transformira se u slobodnu energiju procesom disanja i oslobađa u obliku topline te napušta odgovarajući trofički stupanj vezan za degradiranu organsku tvar. Glavna značajka prijenosa energije kroz hranidbenu mrežu je u njezinom

progresivnom opadanju. Proizvođači vežu sunčevu energiju procesom fotosinteze i zatim je pretvaraju u kemijsku energiju koju potrošači akumuliraju u obliku vlastite biomase. Iskoristivost energije sekundarnih potrošača veća je za 3,3 puta od tercijarnih potrošača, za 16,7 puta od primarnih potrošača te biljaka za 33,3 puta. (Slika 9). (Stanković 1961)



**Slika 9.** Iskorištenost sunčeve energije (Sauerbom 2016)

U kratkim hranidbenim lancima iskoristivost biljne proizvodnje je veća jer su članovi bliže izvoru, a to se može vidjeti na primjeru hranidbenog lanca rijeke: fitoplankton – zooplankton – riba kovač – pastrva. Oko 15 % energije fitoplanktona se prenosi do zooplanktona, 2,9 % energije se prenosi na ribu kovača, a pastrva koristi samo 0,59 % energije. Može se primijetiti kako oko 10 do 20 % energije se prenosi od jednog do drugog člana hranidbenog lanca, a najmanji postotak energije se prenosi na zadnjeg člana hranidbenog lanca.

U rijekama dominacija primarnih proizvođača nije ista u svim dijelovima. U gornjim dijelovima rijeke najviše dominiraju alge kremenjašice, crvene alge i cijanobakterije uz mahovine, dok u srednjim i donjim tokovima rijeke se povećava udio zelenih algi. U tekućicama ritronskog tipa (zajednice brzotekućih voda) plankton je slabo razvijen pa većina hranidbenih lanaca kreće od primarnih proizvođača s dna. U jezerima i potamonskim rijekama (zajednice mirnih voda) hranidbeni lanac započinje od planktonskih organizama. (Simić i Simić 2012)

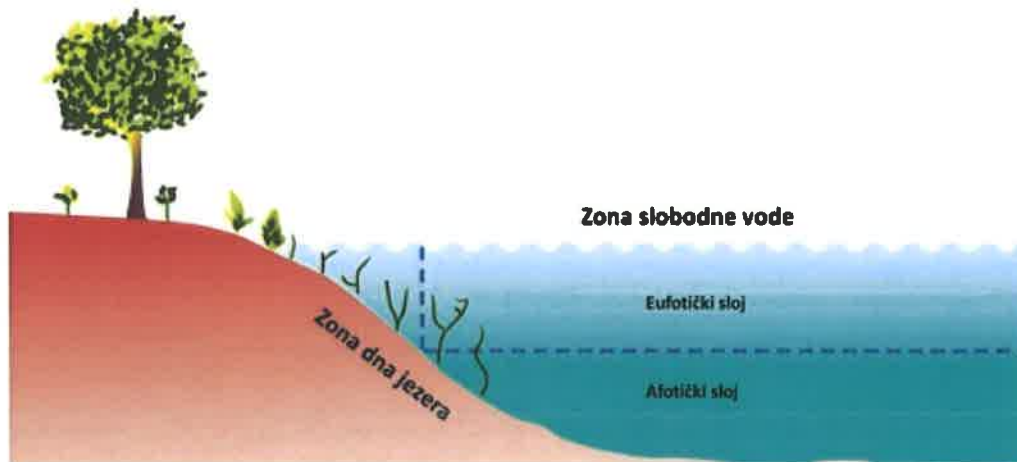
U tekućicama se procesi metabolizma odvijaju od izvora prema ušću s različitim intenzitetom duž riječnog toka, a u jezerima se odvijaju vertikalno zbog vertikalne stratifikacije. Proces kruženja tvari je često prostorno odvojen pa se produkti razgradnje mogu jednim dijelom oslobađati u slobodnoj vodi, a drugim se akumuliraju u sedimentu. (Simić i Simić 2012)

U planinskim jezerima, najveći dio oksidacije organske tvari događa se na dnu jezera, jer su takva jezera plitka i voda je niske temperature. (Stanković 1961)

Jezero je specifičan vodeni ekosustav koji se može podijeliti na nekoliko zona, a koje su nastale djelovanjem osnovnih ekoloških čimbenika: temperature, svjetlosti, otopljenih plinova, soli te podloge jezerskog dna. Raznolikost u jezerskim slojevima pogoduje razvijanju više životnih staništa različitih populacija. Staništa u jezeru mogu se podijeliti na (Slika 10.) (Kerovec 1988):

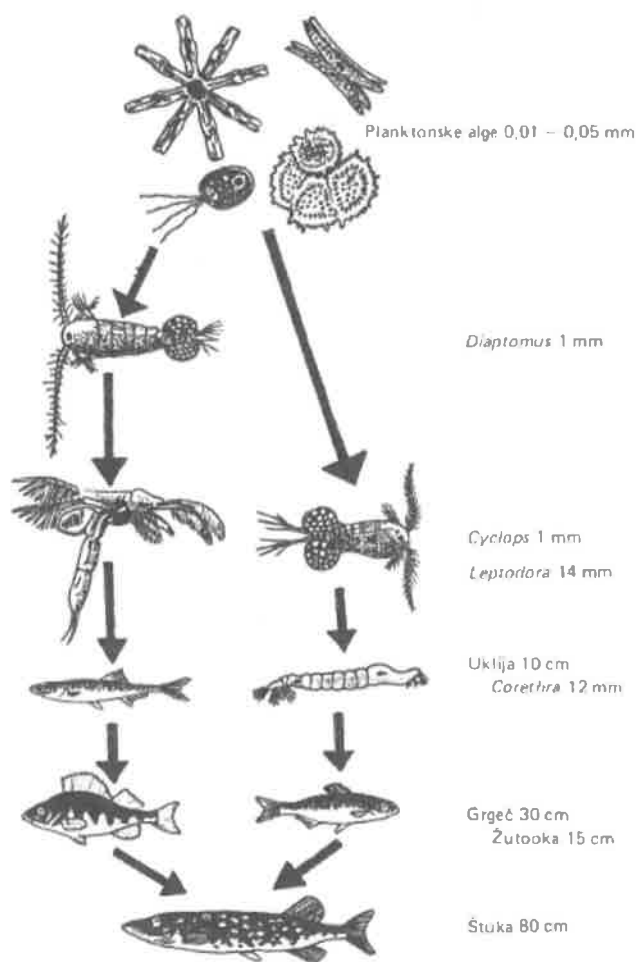
1. Zona slobodne vode (limnion) – obuhvaća vodenu masu od površine jezera do dna, koji se dijeli na eufotički i afotički sloj. U eufotičkom sloju su za organsku produkciju zaslužne planktonske zajednice koju čine biljni plankton ili fitoplankton, primjerice mikroskopske alge koje bujaju zahvaljujući svjetlosti i dospjelim hranjivim tvarima s okolnog tla. U zoni slobodne vode živi i životinjski plankton ili zooplankton te veći broj riba koje čine nekton. U afotički sloj ne prodire sunčeva svjetlost te tamo nema primarne proizvodnje, no on je značajan zbog intenzivne bakterijske razgradnje organskih tvari.
2. Zona dna jezera (bental, pedon) - dijeli se na tri podzone:
  - a) Litoralna – obuhvaća priobalje do 30 m dubine te je karakterizirana najvećim brojem različitih organizama, a obuhvaća četiri pojasa različitih karakteristika: priobalni pojas trstike i šaša, pojas plivajuće vegetacije, pojas podvodne vegetacije i pojas kompaktnih livada višestaničnih algi-parožina. Dno litoralne zone može biti pješčano, kamenito i muljevito.
  - b) Sublitoralna – seže od 30 m do 180 metara dubine, a karakterizirana je vrlo mali prodorom svjetlosti ili njenim potpunim izostankom. Organizmi koji naseljavaju ovu zonu su prema načinu prehrane samo potrošači (životinje) i razlagači (bakterije) koji iz litoralne zone dobivaju hranu i kisik. Neke od prisutnih životinjskih skupina su spužve, rakušci i drugi.

- c) Profundalna – zauzima prostor ispod 180 metara dubine, gdje se dno sastoji od finog mulja. Karakteriziraju je stalno niska temperatura vode, potpuni izostanak svjetlosti te niska koncentracija kisika. Ovdje žive životinje poput puževa, rakušaca i drugih vrsta koje se hrane organskim česticama, koje su im glavni izvor hrane. (Kerovec 1988)



**Slika 10.** Poprečni presjek jezera (Mihaljević 2018)

Primjer hranidbenog lanca u jezeru i odnosi veličina nekih njegovih članova prikazani su na Slici 11.



**Slika 11.** Primjer hranidbenog lanca u jezeru i odnosi njegovih članova (Kerovec 1988)

## 5. Izvori energije koje koristi čovjek

Izvori energije koje koristi čovjek mogu se podijeliti na obnovljive, neobnovljive i alternativne izvore energije. Alternativni izvori energije danas su popularni jer su najmanje štetni za okoliš i sve se više ulaže u njihov razvoj i primjenu u svim sferama života.

**Obnovljivi izvori energije** mogu se podijeliti na: tradicionalne obnovljive izvore energije kao što su biomasa i velike hidroelektrane te novi obnovljivi izvori energije kao što su energija Sunca, energija vjetra, geotermalna energija i drugi. Oko 18 % svjetske energije dobiva se iz obnovljivih izvora energije, a velik dio te energije je dobiven iskorištavanjem biomase za kuhanje i grijanje od 13 do 18 %. Oko 3 %



energije dobiva se iz velikih hidroelektrana. Samo oko 2,4 % energije dobiva se iz novih izvora energije, a od toga 1,3 % otpada na instalacije za grijanje vode, 0,8 % na proizvodnju električne energije i 0,3 % na biogoriva. (Šolić 2010)

Udio energije iz obnovljivih izvora treba povećati jer je neobnovljivih izvora energije sve manje, a imaju i štetan utjecaj na okoliš koji je u zadnjim desetljećima dosta izražen.

Sunce je velik izvor energije, ali njegovo iskorištavanje od čovjeka je veoma malo.

Geotermalna energija podrazumijeva korištenje topline unutrašnjosti Zemlje, a može se koristiti izravno i neizravno, u toplicama, za grijanje kuća i staklenika.

Energija plime i oseke dolazi od gravitacijskih sila Sunca i Mjeseca, a iskorištavanje te energije moguće je samo na područjima gdje postoji velika razlika između plime i oseke.

Energija valova se javlja u obliku transformirane Sunčeve energije koja stvara stalne vjetrove na nekim dijelovima Zemlje. Ti vjetrovi dovode do stalne valovitosti, a iskorištavanje te energije nije jednostavno zbog visoke cijene gradnje elektrana jer se moraju graditi na pučini, a također je problem i prijenosa energije. (Šolić 2010)

**Neobnovljivi izvori energije** podrazumijevaju: fosilna goriva (naftu, prirodni plin, ugljen) i nuklearnu energiju. Njihov nastanak kreće daleko u povijest, kada su se ostaci biljaka i životinja počeli skupljati na dnu oceana, a tijekom vremena prekrio ih je sloj blata, mulja i pijeska. Došlo je do porasta temperature i velikog pritiska i u takvim uvjetima nastala su fosilna goriva. U fosilnim gorivima glavni izvor energije su organski spojevi čijim sagorijevanjem u atmosferu odlazi velika količina CO<sub>2</sub>. U zadnjih 150 godina povećana je koncentracija CO<sub>2</sub> za 28 %, a to je posljedica uporabe fosilnih goriva. U samim počecima koristio se ugljen, koji je najviše štetan za okoliš i atmosferu jer njegovim izgaranjem nastaje sumporov dioksid i druge tvari. Sumporov dioksid se u atmosferi spaja s vodenom parom i tvori sumpornu kiselinu, koja pada na tlo u obliku kiselih kiša. Danas, stanovništvo u velikim količinama koristi ugljen ugljen koristi te se procjenjuje da zadovoljava 1/3 energetske potrebe. Rezerve ugljena su velike i uz ovoliku potrošnju mogle bi potrajati i više od 200 godina. Izgaranjem ugljena dobiva se otoplinska energija koja se može iskoristiti ili pretvoriti u električnu energiju. Nafta zauzima i više od 40 % energetske potrebe, ali su rezerve mnogo

manje od ugljena. Rafinerije su postrojenja gdje se prerađuje nafta te se većina naftnih derivata koristi kao gorivo. Ekološki najprihvatljivije fosilno gorivo je zemni plin. Zemni plin pokriva oko 20 % svjetskih energetske potrebe i njegove rezerve su jednake naftnim rezervama. (Šolić 2010)

Nuklearne elektrane ne ispuštaju u atmosferu CO<sub>2</sub>, ali upotrebljavaju nuklearno gorivo, koje nakon uporabe postaje radioaktivno te se kao takvo mora specijalno skladištiti jer razgradnja tih spojeva traje od nekoliko desetaka do nekoliko tisuća godina. Danas procese u nuklearnim elektranama uglavnom nadziru računala, jer se utvrdilo kako je čovjek bio najviše odgovoran za nesreće. Time se povećava sigurnost za ljude i okoliš. (Šolić 2010)

**Alternativni izvori energije** predstavljaju obnovljive izvore energije koji se dobivaju iz prirode, a nisu štetni za okoliš i pri tome koriste energiju vjetra, Sunca i vode. Za ovakav izvor energije potrebno je znanje kako na direktan ili indirektan način dobiti neki oblik energije iz Sunca, vjetra ili vode. Snaga vjetra se može koristiti na način da se protok zraka upotrebljava za pokretanje vjetroturbina. Tehnički potencijal energije vjetra je pet puta veći od konačne svjetske proizvodnje energije, odnosno 40 puta je veći od trenutne potražnje energije. Zbog toga bi trebale velike površine tla na kojima bi se postavile vjetroturbine i to na područjima s većim izvorima energije. Osim vjetra, važna je i voda kao izvor energije, a ona se može sakupljati u obliku kinetičke energije i zatim koristiti. Solarna energija predstavlja izvor energije od sunčeve svjetlosti. Svi navedeni alternativni oblici su veliki izvori energije, bez negativnih posljedica za okoliš, ali još uvijek nedovoljno iskorišteni. (Šolić 2010)

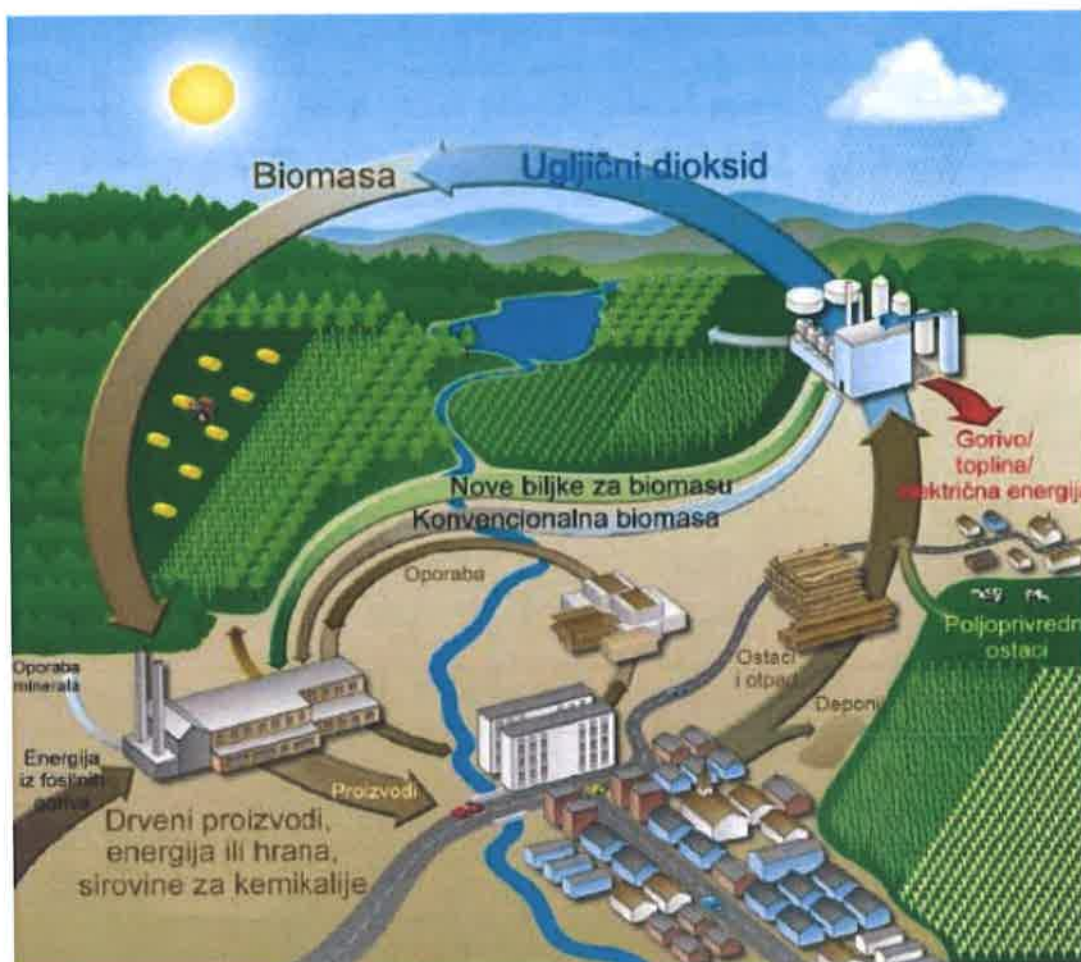
### **5.1. Energija biomase**

Biomasa je izraz za sve organske materijale koji nastaju iz živih organizama, uključujući alge, drveće, usjeve, ostatke hrane, ostatke sa životinjskih farmi, fekalije, itd.) Biomasa je najčešće biljni materijal dobiven u procesu fotosinteze reakcijom između CO<sub>2</sub>, vode i sunčeve svjetlosti, pri čemu nastaju ugljikohidrati i drugi organski spojevi. Biomasa je organska tvar u kojoj je energija sunčeve svjetlosti pohranjena u kemijskim vezama. Kada se veze između susjednih molekula ugljika, vodika i kisika razbiju digestijom, izgaranjem ili razgradnjom te tvari oslobađaju svoju pohranjenu,

kemijsku energiju. Kroz povijest, biomasa je bila glavni izvor energije za čovječanstvo i trenutno se procjenjuje da doprinosi 13–18 % svjetskoj opskrbi energijom. Biomasa se kvalificira kao obnovljivi izvor energije, a može se podijeliti na drvnu, nedrvnu i životinjski otpad, unutar čega se razlikuje (Šljivac i Šimić 2009):

- drvna biomasa (ostaci iz šuma, otpadno drvo),
- drvnu uzgojenu biomasu (brzorastuće drveće),
- nedrvnu uzgojenu biomasu (brzorastuće alge i trave),
- ostaci iz poljoprivrede,
- otpad od životinja i ostaci,
- gradski i industrijski otpad (Šljivac i Šimić 2009).

Glavna prednost kod korištenja biomase kao obnovljivog izvora energije su dobri potencijali, ne samo dobivanje uroda zasađene biljne kulture, već i iskorištavanje nastalog otpadnog materijala u prehrambenoj i poljoprivrednoj industriji. Korištenjem biomase nastaju štetni plinovi koji se mogu iskoristiti u proizvodnji energije. Kada se uspoređi korištenje biomase s fosilnim gorivima dobiva se znatno manja emisija štetnih plinova i otpadnih tvari. Računa se da je zagađenje atmosfere s CO<sub>2</sub> pri uporabi biomase kao goriva zanemarivo, uzimajući u obzir da je količina emitiranog CO<sub>2</sub> prilikom izgaranja jednaka količini apsorbiranog CO<sub>2</sub> tijekom rasta biljke. Na Slici 12. prikazan je ciklus biomase. (Smith i Smith 2009)



Slika 12. Prikaz ciklusa biomase (Šljivac i Šimić 2009)

### 5.1.1. Proizvodnja energije iz biomase

U sljedećem poglavlju objasnit ću postupak dobivanja energije iz pojedinih vrsta biomase te njihovo korištenje u svrhu proizvodnje električne energije, topline, kao i za pokretanje automobila, odnosno kao gorivo.

#### 5.1.1.1. Drvna biomasa

Energija iz drvene biomase može se dobiti na razne načine. Najviše se koristi **šumska biomasa** (ostaci i otpad nastali redovitim gospodarenjem šumama, ogrjevno drvo) te **biomasa iz drvene industrije** (ostaci i otpad kod piljenja, brušenja). Na primjer,

sabijanjem/ prešanjem usitnjene drvene biomase proizvode se briketi (Slika 13.) i peleti (Slika 14.), a služe kao gorivo. (Smith i Smith 2009)



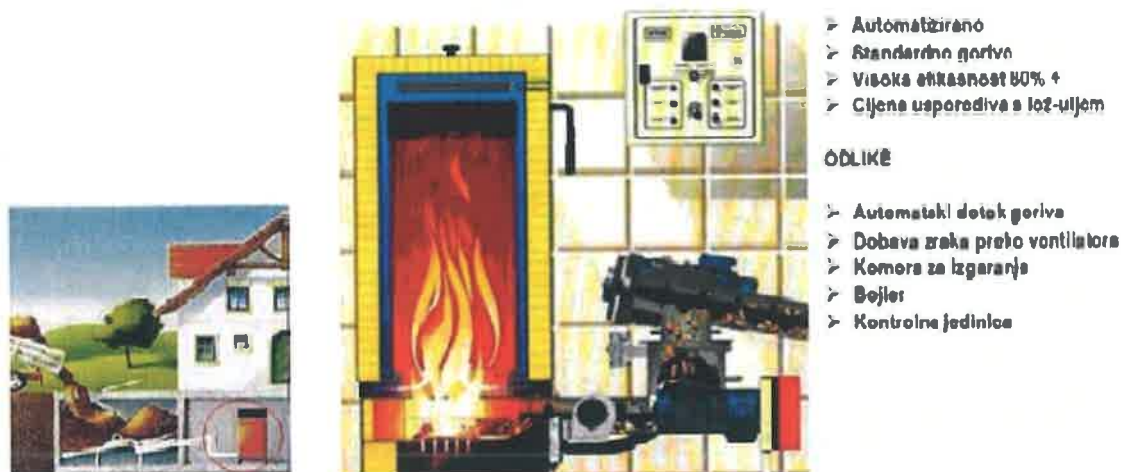
**Slika 13.** Briketi (Glavač 1999)



**Slika 14.** Peleti (Glavač 1999)

Biomasa se može pretvoriti u energiju **sagorijevanjem** (izgaranjem) te se na taj način može proizvesti pregrijana vodena para za grijanje u industriji i kućanstvima (Slika 15.)

ili za dobivanje električne energije u malim termoelektranama. U tim postrojenjima se kao gorivo koristi otpad iz drvne industrije, šumarstva, poljoprivredni ostaci, komunalni i industrijski otpad. (Šljivac i Šimić 2009)



Slika 15. Grijanje biomasom (Šljivac i Šimić 2009)

Temeljni faktor za određivanje iskoristive energije iz određene količine drva je ogrjevna vrijednost. (Tablica 1.) Najviše utjecaja na ogrjevnju vrijednost ima vlažnost (u svježem drvu vlaga iznosi 50-55 %, a u ogrjevnom oko 20 %), kemijski sastav te gustoća i zdravost drva. Kod vrsta drveća bitno je odrediti ubrajaju li se u listače ili četinjače (meko ili tvrdo drvo), zato što je udio pojedinih sastojaka različit pa je različita i tvar koja se koristi kao gorivo. (Ošljaj i Muršec 2010)

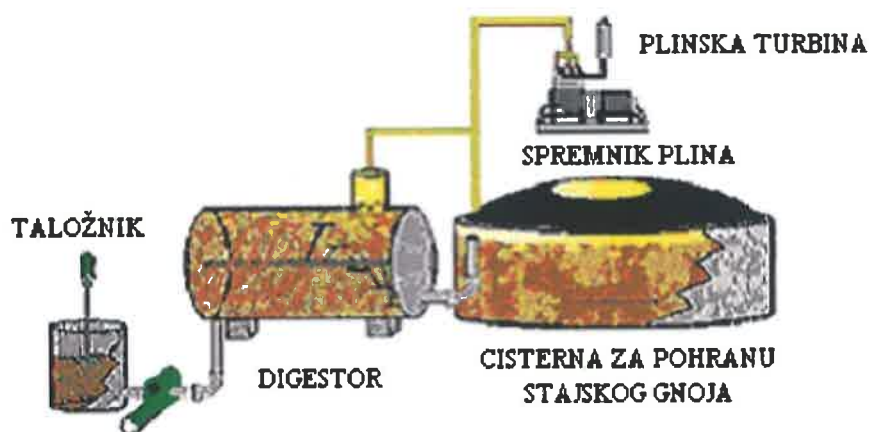
Tablica 1. Ogrjevna vrijednost najčešćih oblika šumske biomase (Perforum 2011)

Oblik biomase	Parametri				
	udio vlage U, %	gornja ogrjevna vrijednost H <sub>p</sub> MJ/kg	donja ogrjevna vrijednost H <sub>d</sub> MJ/kg	gustoća ρ, kg/m <sup>3</sup>	energetika gustoća, MJ/m <sup>3</sup>
Peleti	10	19,8	16,4	600	9840
Prosušena sječka od tvrdog drva	30	19,8	12,2	320	3900
Sječka tvrdog drva	50	19,8	8,0	450	3600
Prosušena sječka od mekog drva	30	19,8	12,2	250	3050
Sječka od mekog drva	50	19,8	8,0	350	2800
Kora	50	20,2	8,2	320	2620
Piljevina	50	19,8	8,0	240	1920

### 5.1.1.2. Bioplin

Bioplin je plin bogat metanom, koji se dobiva fermentacijom životinjskog izmeta, otpadnih voda ili ostataka usjeva u nepropusnom spremniku. Koristi se kao gorivo za zagrijavanje peći, svjetiljki te za proizvodnju električne energije. Ostaci proizvodnje bioplina koriste se kao organsko gnojivo niskog stupnja. Bioplinska goriva obično ne uzrokuju zagađenje atmosfere, a budući da dolaze iz obnovljivih izvora energije imaju veliki potencijal za buduću uporabu. (EEA 2000)

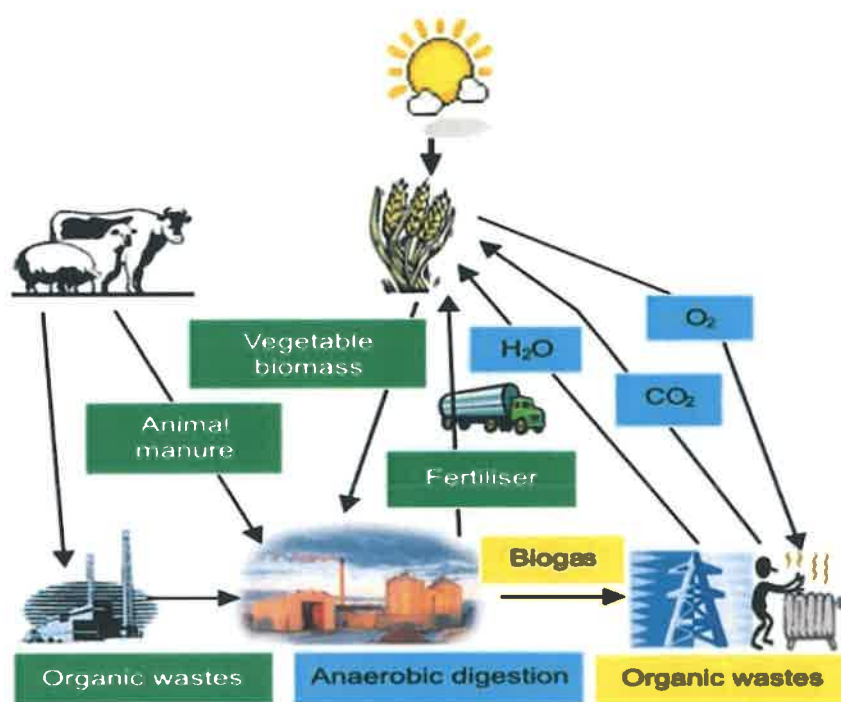
Bioplin se dobiva iz anaerobne fermentacije organskih tvari (Slika 16.). Fermentacija je biološki proces koji rezultira nastajanjem bioplina. Bioplin iz digestora za otpadne vode obično sadrži 55 do 65 % metana, 35 do 45 % ugljičnog dioksida i <1 % dušika; bioplin iz digestora organskog otpada obično sadrži 60 do 70 % metana, 30 do 40 % ugljičnog dioksida i <1 % dušika dok je na odlagalištima otpada sadržaj metana obično 45 do 55 %, 30 do 40 % ugljičnog dioksida i 5 do 15 % dušika. Obično bioplin sadrži i male količine vodikovog sulfida i druge spojeve sumpora, spojeve kao što su siloksani i aromatski i halogenirani spojevi. (Ošljaj i Muršec 2010)



Slika 16. Proces kojim se dobiva bioplin (Šljivac i Šimić 2009)

Kada se ne tretira ili se njime loše upravlja, životinjski gnoj postaje glavni izvor onečišćenja zraka i vode. Sektor stočarske proizvodnje odgovoran je za 18 % ukupnih emisija stakleničkih plinova mjereno u ekvivalentu CO<sub>2</sub> i za 37 % antropogenog

metana, koji ima 23 puta veći potencijal globalnog zagrijavanja od CO<sub>2</sub>. Nadalje, 65 % antropogenog dušikovog oksida i 64 % antropogene emisije amonijaka potječe iz svjetskog sektora proizvodnje životinja. Na Slici 17. prikazan je održivi ciklus proizvodnje bioplina. (Olšaj i Muršec 2010)



**Slika 17.** Shematski prikaz održivog ciklusa anaerobne digestije stajskog gnojiva i organskog otpada (Olšaj i Muršec 2010)

Proizvedeni bioplin najčešće se upotrebljava u svrhu dobivanja toplinske i električne energije izgaranjem u turbini, plinskom motoru ili kotlu (izmet od 120 krava može proizvesti dovoljno bioplina za pogon motora snage 50 kW, što je praktički dovoljno za opskrbu električne energije nekog manjeg sela). U Tablici 2. prikazana je količina dobivene energije i bioplina iz životinjskog otpada. (Šljivac i Šimić 2009)

**Tablica 2.** Bioplin i energija dobivena iz životinjskog otpada (Šljivac i Šimić 2009)



<b>Životinja</b>	<b>Vrsta otpada</b>	<b>Količina (kg/dan)</b>	<b>Suho (kg/dan)</b>	<b>Bioplin (m<sup>3</sup>/dan)</b>	<b>Energija (kWh/god)</b>
<b>Goveda</b>	<b>Tekući</b>	51	5,4	1,6	3400
	<b>Suhi</b>	32	5,6	1,6	3400
<b>Svinje</b>	<b>Tekući</b>	16,7	1,3	0,46	970
	<b>Suhi</b>	9,9	2,9	0,46	970
<b>Perad</b>	<b>Suhi</b>	0,66	0,047	0,017	36

**Rasplinjavanje (gasifikacija)** je tehnologija koja pretvara materijale koji sadrže ugljik, uključujući ugljen, otpad i biomasu u sintetički plin, koji se može koristiti za proizvodnju električne energije i drugih vrijednih proizvoda, kao što su kemikalije, goriva i gnojiva. Rasplinjavanje ne uključuje izgaranje, već umjesto toga koristi malo ili nimalo kisika ili zraka u zatvorenom reaktoru za pretvaranje materijala na osnovi ugljika izravno u sintetički plin. Rasplinjavanje može povratiti energiju pohranjenu u biomasi i krutom komunalnom otpadu, pretvarajući te materijale u vrijedne proizvode i eliminirajući potrebu za spaljivanjem ili odlaganjem. Rasplinjavanje se pouzdano koristi u komercijalnim razmjerima više od 75 godina u industriji rafiniranja, gnojiva i kemijske industrije, a više od 35 godina u elektroenergetici. Rasplinjavanje proizvodi električnu energiju sa značajno smanjenim utjecajem na okoliš u usporedbi s konvencionalnim tehnologijama. (Smith i Smith 2009). Na Slici 18. prikazano je postrojenje za gasifikaciju.



**Slika 18.** Prikaz postrojenja za gasifikaciju koji upotrebljava drvenu sječku (Wikipedija 2008)

**Piroliza** je proces zagrijavanja organske tvari na visokim temperaturama u odsutnosti kisika. Budući da nema kisika, organski materijal se ne zapali. Umjesto toga, kemijski spojevi (tj. celuloza, hemiceluloza i lignin) koji čine materijal raspadaju se na zapaljive plinove i ugljen. (Smith i Smith 2009)

Piroliza biomase proizvodi tri proizvoda - tekućinu, plin i krutinu:

- Bio-ulje nastaje iz zapaljivih plinova, koji se kondenziraju u tekućinu. Bio-ulje se može koristiti kao dizelsko ulje niskog stupnja;
- Bio-čaha je kruti materijal koji se stvara u procesu pirolize.
- Sintetički plinovi su trajni plinovi ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ) koji ostaju nakon dovršenja procesa pirolize. Sintetički plinovi se mogu koristiti umjesto prirodnog plina ili pretvoriti katalizatorom u etanol.

Od davnina se piroliza koristi za pretvaranje drva u drveni ugljen. Piroliza predstavlja priliku za proizvodnju tekućih goriva s niskom razinom ugljika i smanjenje emisija u industriji. Zapravo, piroliza može biti ugljično negativna ako se proizvedeni biološki materijal ukopava u tlo i koristi kao gnojivo za razne usjeve umjesto sagorijevanja. Proizvedena goriva smatraju se gorivima druge generacije budući da su sirovine iz obnovljivih izvora, kao što su otpad i biomasa. Kao rezultat toga, manje su štetne od fosilnih goriva. (Smith i Smith 2009)

### **5.1.1.3. Biodizel**

Biodizel je alternativno dizelsko gorivo, proizvodi se iz obnovljivih bioloških izvora poput biljnih ulja i životinjskih masti (Slika 19.). Biorazgradiv je i netoksičan, ima nisku emisiju štetnih plinova pa je i manje štetan po okoliš. Različite studije procjenjuju da uporaba 1 kg biodizela dovodi do smanjenja emisije CO<sub>2</sub> (oko 3 kg). Stoga, uporaba biodizela dovodi do značajnog smanjenja emisije CO<sub>2</sub> (65 % -90 % manje od klasičnog dizela), emisije čestica i drugih štetnih tvari. Biodizel sadržava izrazito malo sumpora, ima visoku mazivost i brzu biorazgradivost. Povećana upotreba biodizela u Europi predstavlja važan korak za Europsku uniju da ispuni svoj cilj smanjenja emisija kako je dogovoreno protokolom iz Kyota. Dodatno smanjenje emisija onečišćujućih tvari ublažava različite probleme sa zdravljem ljudi. (EBB 2019)



Slika 19. Ciklus dobivanja biodizela (Bipul 2011)

## 5.2. Utjecaj čovjeka na ekosustave

Čovjek danas gospodari Zemljom, svakodnevno je odgovoran za promjenu njezinog izgleda, strukturnih i funkcionalnih osobitosti. Ne postoji niti jedan ekosustav na koji čovjek nije utjecao ili ga izmijenio. Porast svjetskog stanovništva, intenzivno poljodjelstvo, krčenje šuma, iskorištavanje fosilnih goriva, industrijalizacija, onečišćavanje vode, zraka, zemlje, nedostatak vode za piće i drugo, bitni su uzroci globalnih promjena. Pojam „globalne promjene okoliša“ podrazumijeva takve promjene koje biosferu Zemlje nepovratno mijenjaju i utječu na životne prilike svjetskog pučanstva. Promjene su najvećim dijelom izazvane od strane čovjeka. Pod promjenama globalnog okoliša podrazumijevaju se promjene parametara ekosustava, smanjenje prirodnih resursa (krčenje šuma, smanjenje biološke raznolikosti, erozija tla, iskorištavanje mineralnih sirovina), strukturne izmjene (razlike životnog standarda između razvijenih i nerazvijenih zemalja, urbanizacija, širenje pustinja), promjene globalnih procesa (prirodni tokovi vode, dušika, ugljika i drugih elemenata, velike migracije stanovništva, oceanska strujanja) te preoblikovanje Zemljine površine (akumulacijska jezera, vegetacijski pokrov, industrijska područja i sl.) (Glavač 1999).

Veća napućenost uzrokuje viši životni standard pa je tako i veća potrošnja sirovina i energije te je veća opterećenost životnog okoliša. Tablica 3. prikazuje kako čovjek koristi usluge ekosustava. Naime, veći dio usluga ekosustava podrazumijeva korištenje organske tvari u raznim oblicima (hrana, lijekovi, kozmetika, materijali, ogrjev, gorivo).

**Tablica 3.** Pregled definicija i potencijalnih pokazatelja pružanja usluga ekosustava (Kandziora i sur. 2013)

<b>Pružanje usluga</b>	<b>Definicija</b>	<b>Potencijalni pokazatelji</b>
Usjevi	Uzgoj jestivih biljaka i žetvatih biljaka na poljoprivrednim poljima i vrtovima koji se koriste za ljudsku prehranu	Sjeme usjeva Neto primarna proizvodnja Prinos
Biomasa za energiju	Biljke korištene za dobivanje energije (šećerna trska, kukuruz)	Ubrane biljke Neto primarna proizvodnja Prinos
Krmno bilje	Uzgoj i berba stočne hrane za domaće životinje	Žetva krmnog bilja Neto primarna proizvodnja Prinos Površina korištena za žetvu stočne hrane
Stoka (domaća)	Proizvodnja i upotreba domaćih životinja za prehranu i upotreba srodnih proizvoda (npr. mliječni proizvodi, vuna)	Broj životinja Odgovarajući proizvodi životinjskog podrijetla Stočarska proizvodnja Prinos
Vlakna	Uzgoj i žetva prirodnih vlakana (npr. pamuk, juta sisal, svila, celuloza) za npr. krpe, tkanine, papir	Požnjevena vlakna Prinos
Gorivo – drva (biomasa)	Drvo koje se koristi za dobivanje energije i / ili proizvodnju topline	Sakupljeno drveno gorivo Neto primarna proizvodnja Prinos
Riba, plodovi mora i jestive alge	Ulov morskih plodova / algi za hranu, riblje brašno i riblje ulje	Ulovljena riba / morski plodovi / alge Prinos
Akvakultura	Berba morskih plodova / algi s morskih i slatkovodnih uzgajališta akvakulture	Berba plodova mora / algi Stočarska proizvodnja Prinos
Divlja hrana, polu-domaća stoka i ukrasni resursi	Berba bobica, gljiva, (jestivih) biljaka, ulov divljih životinja, ulov ribe, polu-domaće stočarstvo i	Iznos prikupljenih stavki, broj divljih vrsta koje se koriste za prehranu Ulov ribe / broj divljih

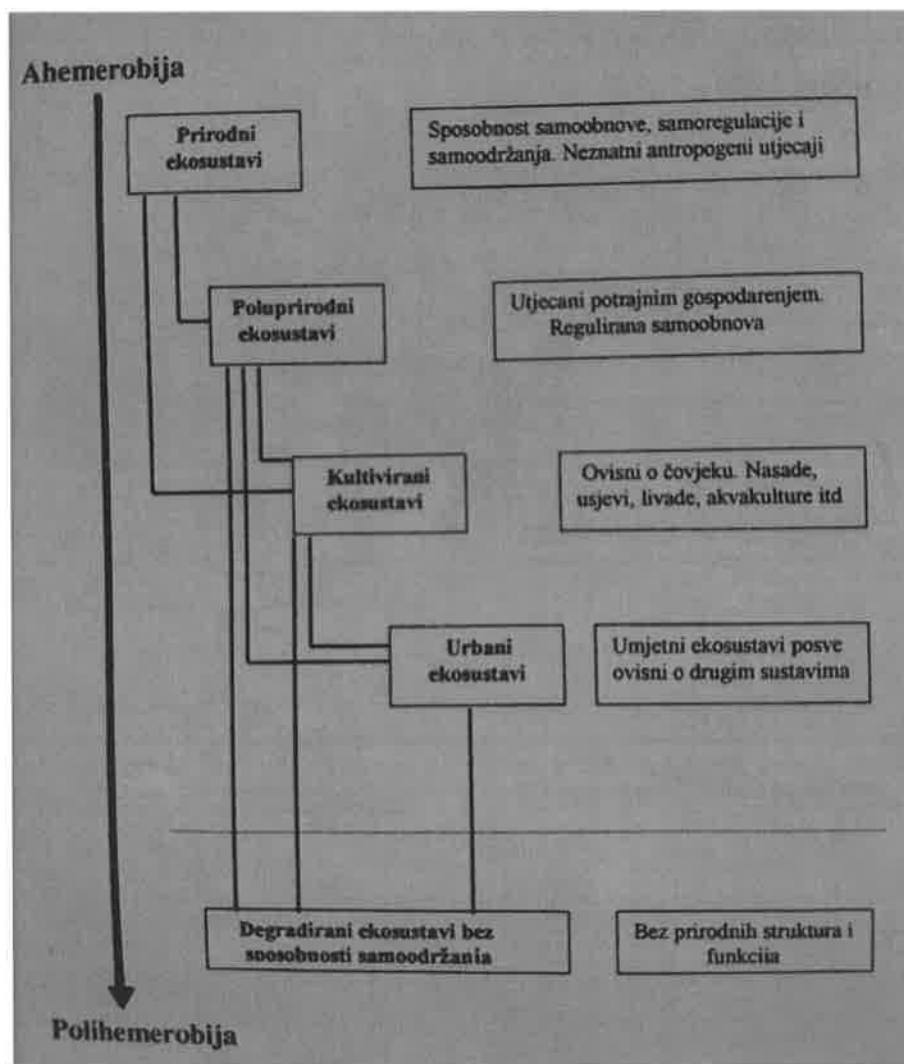
	sakupljanje prirodnih ukrasa (npr. školjke, lišće i grančice za ukrasne ili vjerske svrhe).	Životinja Sakupljena biljna biomasa Prinos
Biokemikalije i medicina	Prirodni proizvodi koji se koriste kao biokemikalije, lijekovi i / ili kozmetika	Količina ili broj proizvoda korištenih za medicinu i biokemikalije Neto primarna proizvodnja Prinos
Slatka voda	Upotreba slatke vode (npr. za piće, kućanstvo, navodnjavanje)	Povlačenje slatke vode
Mineralni resursi	Minerali iskopani blizu površine ili ispod površine (npr. pijesak za gradnju, lignit, zlato)	Iskopani minerali
Abiotički izvori energije	Izvori korišteni za pretvorbu energije (npr. solarna energija, snaga vjetra, vodena snaga i geotermalna snaga)	Pretvorena energija Proizvedena električna energija

Čovjek već tisućljećima opterećuje okoliš iskorištavanjem raspoloživih prirodnih dobara. U regionalnim prostornim dimenzijama često se govori o promjeni okoliša u smislu strukturne preobrazbe krajolika, o prirodnosti ili neprirodnosti okoliša ili o hemerobiji ekosustava. Hemerobija podrazumijeva cjelokupnost svjesnih ili nesvjesnih promjena prirodnih ekosustava uzrokovanih ljudskim djelovanjem (Slika 20.) u nekom krajobrazu, tj. stupanj funkcionalne i strukturne preobrazbe zbog ljudskog djelovanja. (Glavač 1999)

Prema stupnju izmijenjenosti ekosustava djelovanjem čovjeka (Glavač 1999) razlikuju se:

- 1) Ahemerobni ili prirodni dijelovi krajolika (gotovo neizmijenjeni dijelovi prirode, npr. ostaci prvobitnih močvara, prašume itd.)
- 2) Oligohemerobni dijelovi prirode (na njih čovjek malo utječe, npr. priobalne slanuše, gospodarske šume s prirodnim pomlađivanjem, planinske rudine i sl.)
- 3) Mezohemerobni ili poluprirodni dijelovi prirode (na njih čovjek osrednje utječe, npr. livade, kamenjari, šume panjače)
- 4) Euhemerobne (jače su izmijenjeni ekosustavi, npr. travnjaci, voćnjaci, gnojene livade, razni usjevi itd.)

- 5) Polihemerobne (jače izmijenjeni dijelovi krajobraza, npr. gradski nasadi, ruderalne zajednice u naseljima itd.)
- 6) Metahemerobne (beton, asfalt, izgrađene površine itd.)



**Slika 20.** Promjene prirodnog ekosustava u nekom krajobrazu zbog ljudskih djelatnosti (Glavač 1999)

### 5.3. Utjecaj čovjeka na biološku raznolikost

Biološka raznolikost je bitna stavka ekosustava i ako se ona naruši, prirodni ekosustav postaje nestabilan. Mnoge su posljedice smanjenja biološke raznolikosti. Smanjenje biološke raznolikosti dovodi do narušavanja ili propadanja ekosustava. Zdravlje

ekosustava, hrana, energetska sigurnost i voda usko su povezani. To znači da osiguranje jednog aspekta može lako destabilizirati druge aspekte. Na primjer, ako se poveća poljoprivredna produktivnost to dovodi do povećanja potražnje za vodom i energijom te tako utječe na biološku raznolikost i usluge koje pruža ekosustav. Velika je povezanost ljudske sudbine s biološkom raznolikošću, raznolikošću biljaka i životinja, mjestima gdje žive te okolišem koji ih okružuje. Kako bi osigurali potrebnu hranu, gorivo i druge potrepštine nužne za život oslanjamo se na raznolikost života. Ipak, biološka raznolikost gubi se velikom brzinom zbog ljudskih djelatnosti. Smanjenje biološke raznolikosti suočava milijune ljudi s budućnošću gdje je proizvodnja hrane podložnija bolestima i štetočinama, a pitka voda neće biti česta pojava ili je neće biti dovoljno što je za ljude veoma zabrinjavajuće. (WWF 2019)

Ekosustavi i pripadajuće vrste obavljaju vrlo važne biološke zadaće, što pomaže održavanju okoliša zdravim i prikladnim za ljudski život. Iako se treba još mnogo toga naučiti o složenim funkcijama ekosustava i koje vrste imaju ključnu ulogu, poznato je da ako se ekosustav izmjeni neće moći izvršavati svoje osnovne zadaće. Gospodarski argumenti također mogu biti dovoljni razlozi za očuvanje biološke raznolikosti. Različite vrste biljaka, životinja, gljiva, mikroorganizama daju ljudima hranu, gorivo, lijekove, vlakna za odjeću te industrijske proizvode. Biološka raznolikost je temeljni prirodni resurs koji su ljudi iskorištavali tisućama godina. Vrlo je važna jer održava ljude na životu. Stoga je od vitalnog je značaja da je sačuvamo. (Glavač, 1999)

Biološke zadaće koje vrše ekosustavi (Glavač 1999):

1. Zaštita područja od erozije tla, poplava i drugih nepovoljnih vremenskih uvjeta: vegetacijski pokrov pomaže zaštititi tla od erozije. Na primjer: šume i živice između oranica daju korisnu zaštitu od vjetra u ratarskim područjima, a vegetacija na naplavnim blatnim pličinama i pješčanim dinama štiti obalna područja od erozije tla djelovanjem mora i vjetra.
2. Smanjenje rizika od lokalnih i globalnih klimatskih promjena: ekosustavi pomažu očuvati zdravu ravnotežu plinova u atmosferi. Stabla i druge biljke skladište ugljik i pomažu u sprječavanju nakupljanja ugljičnog dioksida u atmosferi, smanjujući tako rizik od globalnog zatopljenja.
3. Reciklaža hranjivih tvari: gljive i heterotrofne bakterije zadužene su za recikliranje hranjivih tvari u ekosustavima, razgrađuju mrtvu organsku tvar do



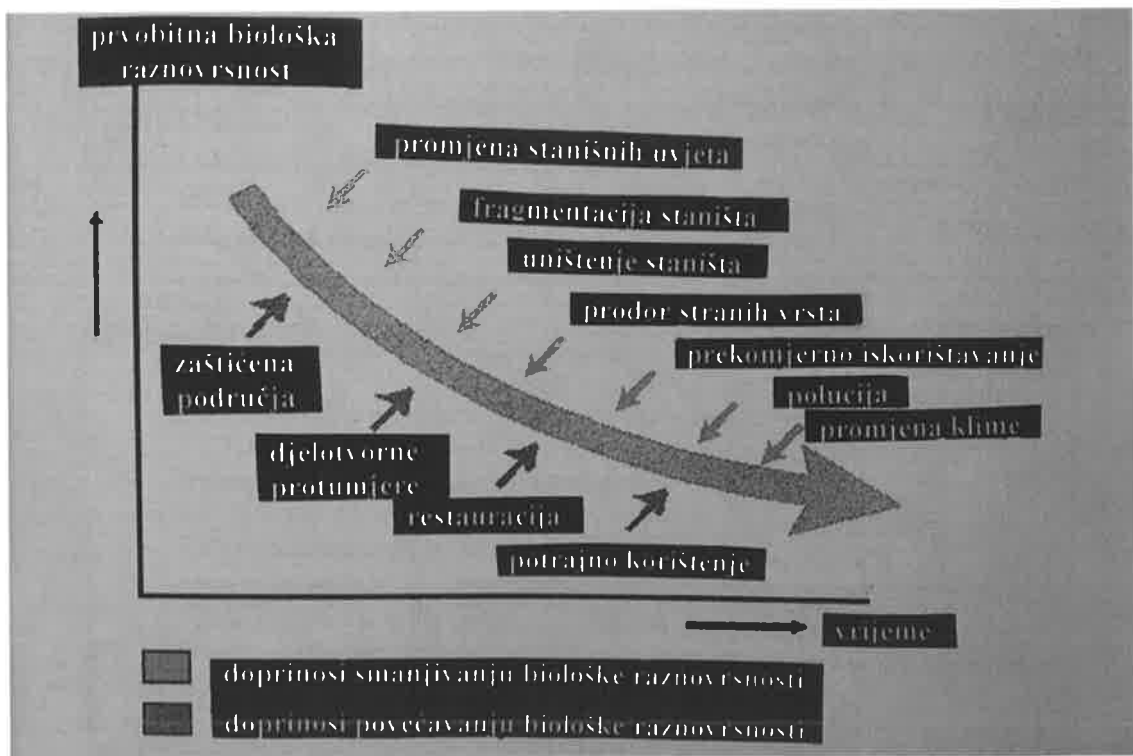
anorganskih tvari koje ponovno koriste primarni proizvođači. Neke od biljaka imaju ključnu ulogu pri fiksaciji dušika u tlu. Fiksacija dušika je proces pretvaranja atmosferskog dušika u amonijeve ione.

4. Oprašivanje i biološka kontrola: neke životinje, kukci, ptice i šišmiši imaju vrlo važnu ulogu oprašivača jestivih biljaka kao što su povrće i voće te su također prirodni neprijatelji korova, štetočina i bolesti koje mogu naškoditi usjevima. (Glavač, 1999)

Uzimanje velikog dijela godišnjeg energetskog proračuna živoga svijeta, koji je osigurala fotosinteza biljaka, ima za posljedicu poremećaje u ekosustavima. Gubitak bioraznolikosti zauzvrat ljudima postavlja ozbiljna pitanja o mogućnosti opstanka i ljudske civilizacije. (Glavač, 1999)

Ljudske radnje imaju značajan utjecaj na gubitak biološke raznolikosti. Na Slici 21. navedeni su neki od uzroka smanjivanja biološke raznolikosti (UNEP 1997):

1. Krčenje i uništavanje šuma
2. Širenje poljodjelskih površina, ljudskih naselja i akvakultura
3. Rascjepkavanje preostalih prirodnih ekosustava (izgradnja novih naselja, prometnica, komunikacija, požari itd.)
4. Uništavanje staništa (erozija tla, odvodnjavanje poplavnih te močvarnih područja i sl.)
5. Bioinvazija stranih vrsta
6. Povećanje poljoprivredne i industrijske proizvodnje (gnojiva, pesticidi, lijekovi, hormoni, biotehnologija, novi proizvodi itd.)
7. Zagađenje tla, vode i zraka u lokalnim i regionalnim te globalnim razmjerima
8. Promjena klime



**Slika 21.** Osnovni uzroci promjene biološke raznolikosti (UNEP 1997)

Smanjenje biološke raznolikosti uzrokovane ljudskim djelatnostima nije uvijek bio kontinuiran proces. U starijim kultiviranim krajobrazima predindustrijskog doba prirodni ekosustavi, poglavito šume, postupno su pretvarani u obradiva zemljišta, a ostaci su degradirani pašom, sječom ili požarom. Također, usjevi na malim šumskim progalama, poljodjelstvo s plugom i motikom, okućnice, kućne vrtove s povrćem, male voćnjake ili voćke uz puteve, živice i šume panjače na nepovoljnim staništima; djelatnosti koje su se obavljale uz pomoć jednostavnih oruđa, bez pesticida, umjetnih gnojiva i strojeva. U takvim je povijesnim bioregijama najčešće nastao mozaik različitih prirodnih, poluprirodnih i antropogenih ekosustava. Iako je i ovdje tlo iscrpljeno i degradirano, biljni i životinjski svijet znatno smanjen, ipak su ti krajolici zadržali puno veću biološku raznolikost, nego što je to prizor u kultiviranom krajobrazu industrijskog društva. (Glavač 1999)

Također, mora se napomenuti da mnoge vrste i mnogi ekosustavi nestaju prije nego što smo ih uopće znali. Javnost jedva spominje da su ekosustavi osnovne funkcionalne jedinice ekosfere, jako važne etape biogeokemijskog kruženja tvari i spremišta kemijske energije, da imaju regulaciju vodnih resursa u krajoliku, štite tlo od erozije, da

filtriraju atmosferu i štetne tvari, da proizvode kisik itd. Ako dođe do gubitka samo nekoliko ključnih vrsta unutar ekosustava, uvelike se mijenja građa ekosustava te odnosi unutar njega. (Glavač 1999)

## **6. Rasprava**

Na početku ovog rada spomenuo sam da je energija potrebna kako bi neko tijelo obavilo rad. Živi organizmi također koriste energiju za obavljanje svih svojih funkcija. Naime, Sunce je glavni izvor energije za živa bića. Na primjer, Sunce za 14 i pol sekundi pruža toliko energije koliko čovječanstvo iskoristi u jednome danu. (Taiz i Zeiger 2002)

Organizmi modificiraju svoje okruženje, a ni ljudi nisu iznimka. Kada je ekosustav stabilan i zdrav, naziva se održivim. To znači da je sposoban održavati se i reproducirati. Održivi ekosustavi imaju biološku raznolikost. Ljudski utjecaj na ekosustave je značajan i sve više raste. Ljudi su svakodnevno u interakciji s prirodom. Kako se naša populacija raste učinci ljudskih aktivnosti na ekosustave, uključujući vodu, zrak, tlo i život s kojim dijelimo svijet, gotovo su nemjerljivi. (TheWorldCounts 2014)

Biološki resursi za energiju, koji se još nazivaju i biomasa, predstavljaju niz materijala koji potječu od živih ili nedavno živih organizama. Fosilni resursi također potječu iz organizama, ali kao rezultat procesa koji su se dogodili prije milijuna godina. Biološki resursi pohranjuju kemijsku energiju u veze između njihovih atoma. Ovu energiju primarno fiksiraju biljke koje proizvode organsku tvar koristeći solarnu energiju i atmosferski ugljični dioksid, korisnu energiju dobivenu iz bioloških resursa. Mnogo je načina kako pretvoriti biološke resurse u energetske usluge koje uključuju toplinu, električnu energiju i transportna goriva. Izbor puta pretvorbe ovisi, s jedne strane, o prirodi biološkog resursa, a s druge strane, o traženoj energetskej usluzi. Konačno, na svakom se putu energija u biomasi oslobađa izgaranjem, čime se oslobađa ugljik i energija u obliku topline. Pretvorba biomase može uključivati primarne i sekundarne procese pretvorbe. Primarna pretvorba uključuje termokemijske procese kao što su

izgaranje, gasifikacija, piroliza i biokemijski procesi poput fermentacije, anaerobne digestije i transesterifikacije. Sekundarna pretvorba uključuje kotlove, plinske turbine ili plinske motore i motore s unutarnjim izgaranjem. (Paz 2013)

Bioenergija se odnosi na upotrebu biljnih i životinjskih materija za proizvodnju obnovljive energije. Izvori bioenergije mogu biti različiti od drva i ostataka iz šumarstva / poljoprivrednog sektora, usjevi / ostaci / stočni otpad iz poljoprivrednog sektora, otpad iz sektora prerade hrane / kućni / komunalni otpad iz stambenog sektora. Gubitak i promjena staništa jedan je od najvažnijih pokretača promjena ekosustava i gubitka biološke raznolikosti radi proizvodnje energije iz biomase. Izravne i neizravne promjene u korištenju zemljišta utječu na proširenje sirovina za biomasu za proizvodnju energije što je rezultiralo gubitkom staništa i biološke raznolikosti, posebno kada se usvoji velika pretvorba zemljišta pomoću monokulturne proizvodnje sirovina. Također, sirovina za proizvodnju tekućeg biogoriva predstavlja rastuću prijetnju biološkoj raznolikosti. Gubitak staništa i promjena tijekom uzgoja sirovine (u suštini poljoprivredna aktivnost) je možda najvažniji mehanizam promjene ekosustava povezanih s biogorivima i gubitkom biološke raznolikosti. No, veličina gubitka biološke raznolikosti se mijenja ovisno o vrsti pretvorenog zemljišta, sirovina i ranjivosti ugroženih vrsta. Izravna pretvorba prirodnih ekosustava (npr. travnjak, šuma) vjerojatnije će rezultirati višim razinama gubitka biološke raznolikosti u usporedbi s pretvorbom obrađenog ili neaktivnog zemljišta. (Gasparatos i sur. 2017)

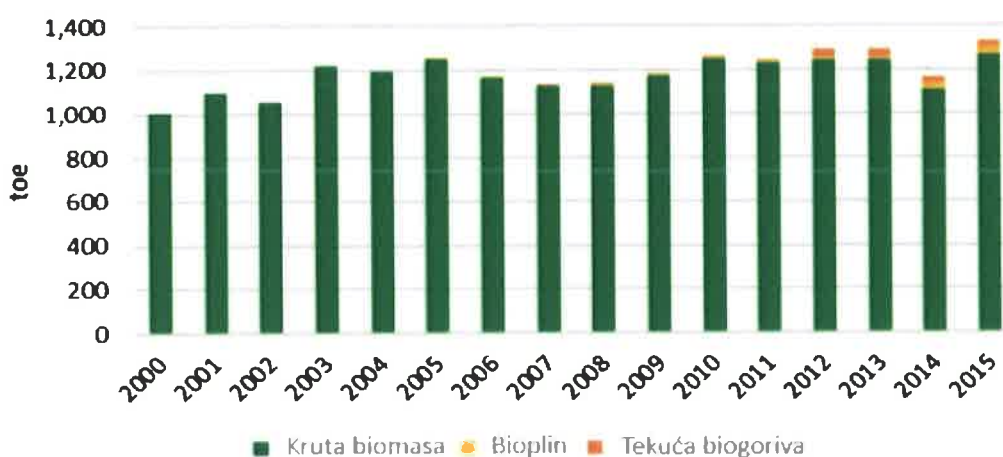
Čovjek korištenjem organske tvari na različite načine mijenja ekosustave. Neke je u potpunosti izmijenio i stvorio nove. Na primjer, na mjestu današnjeg kukuruznog polja vrlo vjerojatno je nekada postojala šuma. Time je čovjek u uklonio jedan tip ekosustava i stvorio drugi, koji prvenstveno služi za proizvodnju hrane (energije) za čovjeka. Na taj način je uklonjen prirodni ekosustav s velikom bioraznolikošću vrsta i zamijenjen s antropogenim ekosustavom s niskom razinom bioraznolikosti. Kako se ljudska populacija i dalje povećava, ljudi stvaraju sve veća i veća poljoprivredna gospodarstva, što znači uklanjanje sve većeg broja šuma. Postojeće šume koje nisu iskrčene, također su djelomično izmijenjene djelovanjem čovjeka, odnosno, očišćene su od stabala koja se koriste za građu i ogrjev. Oko 18 milijuna hektara stabala svake godine je sječeno za drvo što ima razorne učinke na z divlje životinje koje time gube izvor hrane i stanište. Daleko najveći doprinos nedavnim izumiranjima vrsta bio je gubitak staništa. Biološka

raznolikost održava dostupnost osnovnih ljudskih potreba kao što su čista voda, čisti zrak i hrana. Također, služi kao resurs za otkrivanje novih lijekova i kao izvor za eksperimentalne modele biljaka, životinja i mikroba na koje se znanstvenici oslanjaju svaki dan kako bi bolje razumjeli kako stanice i organi funkcioniraju u zdravlju i bolestima. (TheWorldCounts 2014)

Ljudi bi svojim iskorištavanjem organskih tvari trebali više brinuti o kvaliteti i narušenosti prirode. Zbrinjavanjem komunalnog organskog otpada štedi se deponijski prostor te se ne onečišćuje nepotrebno svoj okoliš. Kompostiranje predstavlja postupak biološke razgradnje organske materije te se biološki otpad znatno smanjuje i kao rezultat nastaje kompost koji sadržava humus i druge hranjive tvari. Korištenjem komposta: izbjegava se emisija stakleničkih plinova vezanih za proizvodnju gnojiva, značajno se smanjuje upotreba pesticida, poboljšava zdravlje i obradivost tla, pomaže tlu zadržavati ugljični dioksid. Jedina učinkovita metoda za sprečavanje emisije metana s odlagališta je spriječiti ulazak biorazgradivih materijala na odlagališta. Dobra vijest je da su alternative odlagališta, kao što je kompostiranje, lako dostupne i isplative. Kompost ima dodatnu korist dodavanja organskih tvari u tlo, izdvajanja ugljika, poboljšanja rasta biljaka i smanjenja upotrebe vode, a sve je to važno za stabilizaciju klime. Kompostiranje je stoga bitno za obnavljanje klime i naših tla. Također, fekalije nam mogu poslužiti kao jedan od načina dobivanja izvora energije. Korištenje fekalija predstavlja jedan od novijih načina dobivanja energije bez da naštetimo našem okolišu. Ljudski otpad obično se obrađuje u kanalizacijskim ili postrojenjima za pročišćavanje vode. Otpad se suši i pretvara u bio-krutinu koja se ostavlja na odlagalištu ili se koristi kao gnojivo. Ova metoda je štetna za okoliš. Umjesto toga, u neke elektrane se stavlja mulj u rezervoare za digestore, gdje mulj prolazi anaerobnu digestiju. U ovom procesu bakterije pretvaraju organsku tvar u metan i stvaraju bioplin (mješavinu metana i ugljičnog dioksida). Bioplin se koristi za proizvodnju topline ili električne energije za pogon postrojenja. Energija proizvedena ovom metodom otpada može se koristiti na različite načine kao što su: proizvodnja cementa ili građevinskih materijala, piroliza, rasplinjavanje, vlažna oksidacija, hidroliza pri visokim temperaturama, proizvodnja vodika, acetona, butanola ili etanola i izravno stvaranje električne energije pomoću specifičnih mikroorganizama. (Ross 2018)

Proizvedena biomasa u RH je 2016. godine iznosila 66,10 PJ (petadžul) što je najveći udio energije iz obnovljivih izvora u RH. Na ukupnu potrošnju energije iz biomase

otpada 54,42 PJ. Ukupna potrošnja je raspodijeljena kroz sve kategorije energetske bilance. Najviše energije koristila su kućanstva od 47,22 PJ ili 87 %, zatim energiju transformacije od 6,24 PJ ili 11 % i ostala energija biomase koja se odnosi na proizvodnju drvenog ugljena unutar proizvodnje transformirane energije i biogoriva u prometu. Učestali oblik biomase u RH čini ogrjevno drvo koje upotrebljavaju kućanstava. Na Slici 22. prikazana je proizvodnja goriva iz biomase (2000.-2015.). Može se vidjeti da se moderna goriva iz biomase značajnije proizvode i koriste tek 10 godina unazad i da kruta biomasa (velikim dijelom ogrjevno drvo) ostaje dominantan oblik biomase u RH. (Kojaković i sur. 2018)



Slika 22. Proizvedena goriva iz biomase (Kojaković i sur. 2018)

Prema službenim podacima Hrvatske agencije za okoliš i prirodu (HAOP), količina miješanog komunalnog otpada dosegla je 1 251 299 tona u 2016. godini. Procjena teoretskog energetskeg potencijala miješanog komunalnog otpada je 12,14 PJ (uz pretpostavljenu prosječnu ogrjevnu vrijednost od 9,8 MJ/kg). Ako se za proizvodnju energije koristi kogeneracijska jedinica, može se pretpostaviti tehnički energetskeg potencijal od 10,92 PJ. Jedine komponente koje se mogu energetskeg oporabiti su gorivo iz otpada i odvojeni biorazgradivi dio komunalnog otpada. Kod ostalih vrsta otpada, proizvedenu energiju moguće je dobiti energetskeg oporabom otpadnog mulja iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV). Količine otpadnog mulja iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda na godišnjoj razini u RH imaju energetskeg potencijal od 0,511 PJ (uračunata je vrijednost neobrađenog otpadnog mulja od 25 MJ/kg i trenutna količina proizvedenog otpadnog mulja od 20 452 tona). Iako je potencijal malen,

količine otpadnog mulja će narasti izgradnjom uređaja za pročišćavanje otpadnih voda s višim stupnjem pročišćavanja otpadnih voda, čime bi došlo do povećanja energetskog potencijala otpadnog mulja u RH. Prema planu provedbe vodno-komunalnih direktiva (2010), do 2023. predviđa se izgradnja UPOV-a kapaciteta 7,68 mil. ekvivalent stanovnika. S obzirom da Hrvatska smatra turističkom zemljom s velikim brojem noćenja, mora se u obzir uzeti i ovu proizvodnju otpadnih voda. Upravo zbog turističkih sezona predviđa se povećanje količine otpadnih voda od 4-5 % od ukupne količine otpadnih voda u RH. Iz otpadnog mulja mogu se ekstrahirati hranjive tvari (N, H, K) te se tako smatra ovaj otpad kao perspektivni izvor energije i vrijednih materijala. (Kojaković i sur. 2018)

U Tablici 4. prikazani su potencijali otpada mogući za energetske uporabu u Republici Hrvatskoj na temelju količina otpada prikazanih iz 2016. godine.

**Tablica 4.** Potencijali otpada mogući za energetske uporabu u Republici Hrvatskoj (Kojaković i sur. 2018)

Vrsta otpada	Količina [t]	Teoretski potencijal [PJ]	Tehnički potencijal [PJ]
Ukupni miješani komunalni otpad	1 251 299,00	12,14	10,92
Ukupni biorazgradivi komunalni otpad	1 072 439,00	3,43	3,09
Ukupni biorazgradivi proizvodni otpad	432 069,61	1,38	1,24
Ukupni biorazgradivi komunalni otpad za AD	49 697,68	0,16	0,14
Ukupni biorazgradivi proizvodni otpad za AD	11 604,12	0,04	0,03
Ukupni biorazgradivi komunalni otpad za elektrane na biomasu	4 061,07	0,01	0,01
Otpadni mulj s uređaja za pročišćavanje otpadnih voda	20 000,00 - 25 000,00	0,51-0,62	0,46-0,59
Gorivo iz otpada proizvedeno u Centrima za gospodarenje otpadom	1 000 000,00	2,4-6,4	2,16-5,76

## 7. Zaključci

Energija predstavlja sposobnost nekog tijela da obavi rad. Postoji nekoliko osnovnih vrsta energija, a one se pretvaraju jedna u drugu.

Svi živi organizmi na Zemlji koriste energiju za svoje životne potrebe. Glavni izvor energije za većinu poznatih organizama je Sunce. Važni energetske procesi za živa bića su: fotosinteza, kemosinteza i stanično disanje.

- Fotosinteza je proces u kojem autotrofni organizmi ( biljke, alge, određene bakterije) koriste energiju sunčeve svjetlosti za pretvorbu u kemijsku energiju prilikom čega stvaraju glukozu, organsku molekulu koja sadrži veliku količinu energije.
- Kemosinteza je proces u kojem autotrofni organizmi (bakterije i arheje) koriste energiju oksidacije anorganskih spojeva i pri tome sintetiziraju organske spojeve u koje je pohranjena kemijska energija. Kemosinteza je znatno manje zastupljen proces u odnosu na fotosintezu.
- Stanično disanje predstavlja proces pri kojem se pohranjena kemijska energija u obliku organskih spojeva oslobađa kroz procese oksidacije ili razgradnje glukoze (ugljikohidrata) i pri tome se oslobođena energija koristi za potrebe živih organizama.

U ekosustavima postoje zakonitosti protoka energije između organizama na različitim trofičkim razinama (proizvođači - autotrofni organizmi, potrošači – heterotrofni organizmi i razlagači – heterotrofni organizmi). Energiju u obliku organskih spojeva mogu pohranjivati samo autotrofni organizmi, a koriste je svi. Prilikom prijenosa energije kroz hranidbenu mrežu na svaku sljedeću trofičku razinu prenosi se oko 10 % energije. Svi prijenosi energije u hranidbenom lancu slijede zakon od 10%, što jednostavno znači da je energija dostupna na svakoj uzastopnoj trofičkoj razini 10% od prethodne razine.

Danas najčešći oblici energije koju koristi čovjek su:

- Sunčeva energija
- Mehanička energija
- Toplinska energija



- Električna energija
- Kemijska energija

Izvori energije koje koristi čovjek mogu se podijeliti na:

- Obnovljivi izvori energije
- Neobnovljivi izvori energije
- Alternativni izvori energije

Biomasa je najčešće biljni materijal dobiven u procesu fotosinteze reakcijom između CO<sub>2</sub>, vode i sunčeve svjetlosti, pri čemu nastaju ugljikohidrati i drugi organski spojevi. Biomasa je izraz za sve organske materijale koji nastaju iz živih organizama. Biomasa nam služi za grijanje u kućanstvima, proizvodnju električne energije i za proizvodnju biogoriva.

Korištenjem raznih usluga ekosustava čovjek koristi velik dio energije pohranjene u organskim spojevima za svoje potrebe (hrana, gorivo, ogrjev, materijali, drugo). Na taj način se narušava stabilnost ekosustava i dolazi do gubitka živoga svijeta i biološke raznolikosti.

Zbog očuvanja biosfere i samog čovjeka potrebno je sljedeće:

- Planirati cjelokupnu buduću gospodarsku aktivnost na zakonitostima protoka energije kroz hranidbenu mrežu i funkcioniranja ekosustava
- Preorijentirati se na veće korištenje obnovljivih izvora energije kao što su energija Sunca, vjetra, geotermalna energija.
- Koristiti organsku tvar iz ekosustava na održiv način, odnosno na način da se očuva ekosustav i svi pripadajući organizmi
- Ukoliko se koristi organski materijal kao izvor energije treba voditi računa o visokoj efikasnosti procesa
- Otpadni organski materijal potencijalno je izvor energije (biomasa) ili neke druge dodane vrijednosti (kompost).

## 8. Literatura

- Abelho, M. (2001). From litterfall to breakdown in streams: a review. *The Scientific World* 1: 656-680.
- Balazinec, M. (2018). Tlo kao model za poučavanje složenih odnosa u ekosustavu. [Online]. Dostupno na: [https://www.pmfst.unist.hr/wp-content/uploads/2018/09/balazinec\\_istrazivacki-seminar-i.pdf](https://www.pmfst.unist.hr/wp-content/uploads/2018/09/balazinec_istrazivacki-seminar-i.pdf), [22.8.2019.]
- Begon, M.; Harper, J. L.; Townsend, C. R. (1997). *Ecology. Individuals, Populations and Communities*. [Online]. Dostupno na: [http://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=465199](http://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=465199) [22.8.2019.]
- Bioteka. (2012.). Biopojmovnik. Fotosinteza. [Online]. Dostupno na: <http://www.bioteka.hr/modules/lexikon/entry.php?entryID=39> [20.8.2019.]
- Bioterm d.o.o. (2016). Energija sunca. [Online]. Dostupno na: <http://www.bioterm.hr/index.php/energija-sunca>, [22.8.2019.]
- Bipul, R. (2011). Biodiesel- Myths and Facts. [Online]. Dostupno na: <https://electrical-engineering-portal.com/biodiesel-myths-and-facts> [25.8.2019.]
- Blanco, A.; Blanco, G. (2017). *Medical Biochemistry*. [Online]. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/book/9780128035504/medical-biochemistry> [25.8.2019.]
- Bogut, I.; Novoselić, D.; Pavličević, J. (2006). *Biologija riba*. Poljoprivredni fakultet Osijek: Osijek
- Bonacci, O. (2003). Ekohidrologija vodenih resursa i otvorenih vodotoka. [Online]. Dostupno na: <https://www.bib.irb.hr/143338> [21.8.2019.]
- Briški, F. (2016). Svijet u kojem živimo. Zaštita okoliša. Element. [Online]. Dostupno na: <https://element.hr/artikli/file/2864>, [21.8.2019.]
- CARNET. (2018.). *Biologija 1. Stanični metabolizam*. [Online]. Dostupno na: <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco->

[noauth/edutorij/api/proxy-guest/ca2cfa3b-7f51-426a-a40c-b6a298799e73/biologija-1/m04/j01/index.html](https://noauth.edutorij/api/proxy-guest/ca2cfa3b-7f51-426a-a40c-b6a298799e73/biologija-1/m04/j01/index.html) [20.8.2019.]

- Cillero, C.; Pardo, I.; Lopez, E. S. (1999). Comparison of riparian vs. over stream trap location in the estimation of vertical litterfall inputs. [Online]. Dostupno na: [https://www.academia.edu/19762619/Comparisons\\_of\\_riparian\\_vs\\_over\\_stream\\_trap\\_location\\_in\\_the\\_estimation\\_of\\_vertical\\_litterfall\\_inputs](https://www.academia.edu/19762619/Comparisons_of_riparian_vs_over_stream_trap_location_in_the_estimation_of_vertical_litterfall_inputs) [21.8.2019.]
- Cockell, C.S. (2014). Litotroph. [Online]. Dostupno na: [https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-642-27833-4\\_903-3.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-642-27833-4_903-3.pdf) [26.8.2019.]
- Cox, M. M.; Nelson, D. L. (2008). Lehninger Principles of Biochemistry. [Online]. Dostupno na: <https://www.academia.edu/people/search?utf8=%E2%9C%93&q=o%09Cox%2C+M.+M.%3B+Nelson%2C+D.+L.+%282008%29.+Lehninger+Principles+of+Biochemistry.+W.+H.+Freeman+and+Company.+str+742.-786.+> [15.8.2019.]
- Cox, M. M.; Nelson, D. L. (2013). Lehninger Principles of Biochemistry. [Online]. Dostupno na: [https://www.academia.edu/4622632/Lehninger\\_Principles\\_of\\_Biochemistry\\_Fourth\\_Edition\\_-\\_David\\_L.\\_Nelson\\_Michael\\_M.\\_Cox](https://www.academia.edu/4622632/Lehninger_Principles_of_Biochemistry_Fourth_Edition_-_David_L._Nelson_Michael_M._Cox) [15.8.2019.]
- Cuffney, T.F.; Lugthart, G.T.; Wallace, J.B. (1990). Experimental evidence quantifying the role of benthic invertebrates in organic matter dynamics of headwater streams.[Online]. Dostupno na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2427.1990.tb00272.x> . [15.8.2019.]
- Danger, M.; Cornut, J.; Chauvet, E.; Chavez, P.; Elger, A.; Lecerf, A.;(2013). Benthic algae stimulate leaf litter decomposition in detritus-based headwater streams: a case of aquatic priming effect?. [Online]. Dostupno na: <http://europepmc.org/abstract/MED/23951720> [15.8.2019.]
- Dover, C.L. (2001). Hydrothermal Vent Ecology. [Online]. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/chemosynthesis> [25.8.2019.]

- EBB (European biodiesel board). (2019). What is biodiesel. [Online]. Dostupno na: <http://www.ebb-eu.org/biodiesel.php#whatis> [23.8.2019]
- Ecological Society of America. (1997). Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems. Issues in Ecology. [Online]. Dostupno na: <https://www.esa.org/wp-content/uploads/2013/03/issue2.pdf>, [15.08.2019.]
- EEA (European Environmental Agency). [2000]. Biogas. [Online]. Dostupno na: <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/biogas> [23.8.2019.]
- Gasparatos, A.; Doll, N.H.C.; Estelum, M.; Ahmed, A.; Olang, T.A. (2017). Renewable and sustainable energy reviews. [Online]. Dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/310840826\\_Renewable\\_energy\\_and\\_biodiversity\\_Implications\\_for\\_transitioning\\_to\\_a\\_Green\\_Economy](https://www.researchgate.net/publication/310840826_Renewable_energy_and_biodiversity_Implications_for_transitioning_to_a_Green_Economy) [25.8.2019.]
- Gereš, D. (2002). Održivo iskorištavanje vode u Hrvatskoj i Europi. [Online]. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/17402> [15.8.2019.]
- Gerhard, M.; Reich, M. (2000). Restoration of streams with large wood: effects of accumulated and built-in wood in channel morphology, habitat diversity and aquatic fauna. [Online]. Dostupno na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291522-2632%28200003%2985%3A1%3C123%3A%3AAID-IROH123%3E3.0.CO%3B2-T> [20.8.2019.]
- Glavač, V. (1999). Uvod u globalnu ekologiju. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša: Hrvatske šume, javno poduzeće za gospodarenje šumama i šumskim zemljištima u Republici Hrvatskoj: Zagreb
- Holenda, K.; Sikirica, M. (2004). Kemija istraživanjem 8. Repetitorij, CO<sub>2</sub>. [Online]. Dostupno na: <http://eskola.chem.pmf.hr/udzbenik/u54/6%20ciklus%20ugljika.pdf>, [15.8.2019.]
- Hrvatsko šumarsko društvo (2018). Šumarstvo kao proizvođač obnovljivih izvora energije. [Online]. Dostupno na: <https://www.sumari.hr/aktualno/energetska.htm>. [20.8.2019.]
- Izvori energije. (2006). Energija sunca. [Online]. Dostupno na: [https://www.izvorienergije.com/energija\\_sunca.html](https://www.izvorienergije.com/energija_sunca.html), [22.8.2019.]

- Izvori energije. (2006). Uvod u izvore energije. [Online]. Dostupno na: [http://www.izvorienergije.com/uvod\\_u\\_izvore\\_energije.html](http://www.izvorienergije.com/uvod_u_izvore_energije.html) [22.8.2019.]
- Izvori energije. (2008.). Energija. [Online]. Dostupno na: <http://www.izvorienergije.com/energija.html>, [22.8.2019.]
- Javna ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Krapinsko-zagorske županije. (2018). *Usluge ekosustava*. [Online] Dostupno na: <http://www.zagorje-priroda.hr/usluge-ekosustava>, [22.8.2019.]
- Jug, I. (2014.) Ekosustavi u ekološkoj poljoprivredi. [Online]. Dostupno na: [http://ishranabilja.com.hr/literatura/ekosustavi/Ekosustavi%20u%20ekoloskom%20bilinogojstvu\\_I.pdf](http://ishranabilja.com.hr/literatura/ekosustavi/Ekosustavi%20u%20ekoloskom%20bilinogojstvu_I.pdf) [25.8.2019.]
- Kandziora, M.; Burkhard, B.; Muller, F. (2012). Ecological Indicators. Interactions of ecosystem properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators- A theoretical matrix exercise. [Online]. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X12003238?via%3Dihub> [24.8.2019.]
- Kerovec, M. (1988). Ekologija kopnenih voda. Hrvatsko ekološko društvo i dr. Ante Pelivan. Zagreb. [Online]. Dostupno na: [http://www.ekoloskodrustvo.hr/scanovi/eko\\_Kerovec.pdf](http://www.ekoloskodrustvo.hr/scanovi/eko_Kerovec.pdf) [15.8.2019.]
- Kojaković, A.; Vuk, B.; Šaša, D.; Božičević, M.; Perović, M.; Živković, S.; Vorkapić, V.; Granić, G.; Brajković, J.; Mandarić, A.; Židov, B.; Čogelja, G.; Skok, M.; Knežević, S.; Jurić, Ž.; Jakšić, D.; Karan, M.; Bačan, A.; Golja, D.; Stupin, K.; Zidar, M.; Zeljko, M.; Baričević, T.; Fištrek, Ž.; Krstanović, L.; Maljković, D.; Kulišić, B.; Bajš, D.; Horvath, L.; Salopek, M.; Matijašević, N.; Čop, T.; Pešut, D.; Kidnerman, A.; Majstrovic, G.; Jelavić, B.; Đuređević, D.; Matosović, M.; Tot, M.; Fabek, R.; Borković, T.; Bukarica, V. (2018). Analize i podloge za izradu energetske strategije Republike Hrvatske. [Online]. Dostupno na: [https://www.hup.hr/EasyEdit/UserFiles/Granske\\_udruga/CRO%20industrija/Marija%20Šutina/zelena-knjiga.pdf](https://www.hup.hr/EasyEdit/UserFiles/Granske_udruga/CRO%20industrija/Marija%20Šutina/zelena-knjiga.pdf) [25.8.2019.]
- Mešić, A. (2018-2022). Unapređenje usluga šumskih ekosustava Hrvatske kroz vrednovanje bioraznolikosti gljiva temeljenoj na DNA barkodiranju (ForFungiDNA). [Online]. Dostupno na: <https://www.irb.hr/Zavodi/Zavod-za-istrazivanje-mora-i-okolisa/Laboratorij-za-informatiku-i-modeliranje-okolisa/Projekti/Unapredjenje-usluga-sumskih-ekosustava-Hrvatske-kroz->

[vrednovanje-bioraznolikosti-gljiva-temeljenoj-na-DNA-barkodiranju-ForFungiDNA](#), [20.8.2019.]

- Nakano, S.; Murakami, M. (2001). Reciprocal subsidies. Dynamics interdependence between terrestrial and aquatic food webs. [Online]. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC14562/> [15.8.2019.]
- Ošljaj, M.; Muršec, B. (2010). Biogas as a renewable energy source. [Online]. Dostupno na: [https://pdfs.semanticscholar.org/3e69/b58cc30d48af3af5ab5305c726f8f6e77ff3.pdf?\\_ga=2.111000517.1198120927.1564697489-649139140.1564697489](https://pdfs.semanticscholar.org/3e69/b58cc30d48af3af5ab5305c726f8f6e77ff3.pdf?_ga=2.111000517.1198120927.1564697489-649139140.1564697489) [20.8.2019]
- Pace, M.L.; Lovett, G.M. (2013). Primary production. [Online]. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/chemosynthesis> [25.8.2019.]
- Paz, A.M. (2013). Biological resources for energy. [Online]. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489058814> [24.8.2019.]
- Project Noah. (2010). Life science. [Online]. Dostupno na: <http://sciencenetlinks.com/resources/standards/241/116?model=resources.Tool>, [15.08.2019.]
- Ross, R. (2018). The science behind composting. [Online]. Dostupno na: <https://www.livescience.com/63559-composting.html> [25.8.2019.]
- Scott, M. (1998). Ekologija. Zagreb. Sysprint.
- Simić, Snežana B.; Simić, Vladica M. (2012), Ekologija kopnenih voda. (Hidrobiologija I). Fakultet biologije: Beograd (Srbija)
- Slavica. A.; Trontel. A. (2010). Biološka raznolikost i održivi razvoj, Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam. 5/1-2. str: 24-30.
- Smith, T.M.; Smith, R.K. (2012). Elements of Ecology. 8th edition. Pearson Benjamin Cummings: Glenview
- Stanković, S. (1961). Ekologija životinja. Zavod za izdavanje udžbenika. Beograd.

- Šljivac, D.; Šimić, D. (2009). Obnovljivi izvori energije. Najvažnije vrste, potencijal i tehnologija. [Online]. Dostupno na: <http://oie.mingorp.hr/UserDocsImages/OIE%20Tekst.pdf> [22.8.2019.]
- Šolić, M. (2010). Ekologija ekosistema. Osnove ekologije. [Online]. Dostupno na: <http://jadran.izor.hr/hr/nastava/solic/EKOLOGIJA/PREDAVANJA/06.%20KONCEPT%20EKOSISTEMA.pdf>, [23.8.2019.]
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2002). Plant Physiology. [Online]. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4242361/> [21.8.2019.]
- Teixeira, J.A. (2006). The structure of Chlorophyll a and b. [Online]. Dostupno na: [https://www.researchgate.net/figure/The-structure-of-Chlorophyll-a-and-b\\_fig2\\_283348170](https://www.researchgate.net/figure/The-structure-of-Chlorophyll-a-and-b_fig2_283348170) [25.8.2019.]
- TheWorldCounts. (2014). Impact of ecosystem destruction. Everything relies on everything else. [Online]. Dostupno na: <https://www.theworldcounts.com/stories/Impact-of-Ecosystem-Destruction> [23.8.2019.]
- Todorović, B. (2005). Delta Neretve – od močvare do intenzivne poljoprivrede. [Online]. Dostupno na: <http://www.geografija.hr/hrvatska/delta-neretve-od-mocvare-do-intenzivne-poljoprivrede/>, [22.8.2019.]
- UNEP (United Nations Environment Programme). (1997): Global Environmental Outlook. Oxford University Press, New York and Oxford.
- Wikipedia. (2006). Biomasa. [Online]. Dostupno na: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Biomasa> [22.8.2019.]
- Wikipedia. (2015). Ecological pyramid. [Online]. Dostupno na: [https://en.wikipedia.org/wiki/Ecological\\_pyramid](https://en.wikipedia.org/wiki/Ecological_pyramid) [25.8.2019.]
- WWF (World Wide Fund For Nature). (2019). Razlozi zaštite: Biološka raznolikost. [Online]. Dostupno na: [http://www.wwfadria.org/naa\\_zemlja/razlozi\\_zatite/razlozi\\_zatite\\_biološka\\_raznolikost/](http://www.wwfadria.org/naa_zemlja/razlozi_zatite/razlozi_zatite_biološka_raznolikost/) [24.8.2019.]
- Zdravstveno veleučilište Zagreb (2013). Prehrambene mreže, lanci (ekološke mreže). [Online]. Dostupno na: <https://ldap.zvu.hr/~anam/prehrambeni%20lanci.ppt> [24.8.2019.]

- Zelena akcija/FoE Croatia. (2004). Koliko su hidroelektrane zapravo „zelene“?. [Online]. Dostupno na: [https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/zelena-akcija.production/zelena\\_akcija/document\\_translations/480/doc\\_files/original/ZA\\_Stav\\_Koliko\\_su\\_hidroelektrane\\_zapravo\\_zelene\\_20071221.pdf?1270310266](https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/zelena-akcija.production/zelena_akcija/document_translations/480/doc_files/original/ZA_Stav_Koliko_su_hidroelektrane_zapravo_zelene_20071221.pdf?1270310266), [22.8.2019.]

## **POPIS SLIKA**

*Slika 1. Protok energije u fotosintezi*

*Slika 2. Klorofil a i klorofil b*

*Slika 3. Prijenos energije do reakcijskog središta sustavom antena*

*Slika 4. Calvinov ciklus*

*Slika 5. Uloga molekule ATP-a*

*Slika 6. Jednosmjerni tok energije kroz ekosustav*

*Slika 7. Piramida brojeva, biomase i energije*

*Slika 8. Prijenos energije s niže na višu trofičku razinu prema 10% zakonu*

*Slika 9. Iskorištenost sunčeve energije*

*Slika 10. Poprečni presjek jezera*

*Slika 11. Primjer hranidbenog lanca u jezeru i odnosi njegovih članova*

*Slika 12. Prikaz ciklusa biomase*

*Slika 13. Briketi*

*Slika 14. Peleti*

*Slika 15. Grijanje biomasom*

*Slika 16. Proces kojim se dobiva bioplina*

*Slika 17. Shematski prikaz održivog ciklusa anaerobne digestije stajskog gnoja i organskog otpada*



*Slika 18. Prikaz postrojenja za gasifikaciju drvnog plina koji upotrebljava drvene sječke*

*Slika 19. Ciklus dobivanja biodizela*

*Slika 20. Promjene prirodnog ekosustava u nekom krajobrazu zbog ljudskih aktivnosti*

*Slika 21. Osnovni uzroci promjene biološke raznolikosti*

*Slika 22. Proizvedena goriva iz biomase*

## **POPIS TABLICA**

**Tablica 1.** Ogrjevna vrijednost najčešćih oblika šumske biomase

**Tablica 2.** Bioplina i energija dobivena iz životinjskog otpada

**Tablica 3.** Pregled definicija i potencijalnih pokazatelja usluga ekosustava

**Tablica 4.** Potencijali otpada mogući za energetske uporabu u Republici Hrvatskoj