

# Razvoj modela šume bagrema

---

**Amon, Mateja**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:657041>

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

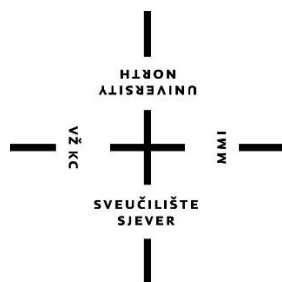
*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-20**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

**Diplomski rad br. 26/ARZO/2021**

## **Razvoj modela šume bagrema**

**Mateja Amon, 1448/336D**

Koprivnica, srpanj 2021. godine



# Sveučilište Sjever

Odjel za ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša

**Diplomski rad br. 26/ARZO/2021**

## **Razvoj modela šume bagrema**

### **Studentica**

Mateja Amon, 1448/336D

### **Mentorica**

Izv. prof. dr. sc. Lovorka Gotal Dmitrović

Koprivnica, srpanj 2021.

## Prijava diplomskog rada


### Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

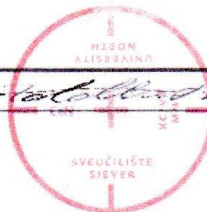
ODJEL	Odjel za ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Ambalaža, recikliranje i zaštita okoliša		
PRISTUPNIK	Mateja Amon	MATIČNI BROJ	1448/336D
DATUM	25.5.2021	KOLEGIJ	Razvoj modela složenih sustava u zaštiti okoliša
NASLOV RADA	Razvoj modela šume bagrema		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Development of acacia forest model		

MENTOR	izv. prof. dr. sc. Lovorka Gotal Dmitrović	ZVANJE	izvanredna profesorica
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. izv. prof. dr. sc. Krunoslav Hajdek - predsjednik povjerenstva		
	2. izv. prof. dr. sc. Bojan Šarkanj		
	3. izv. prof. dr. sc. Lovorka Gotal Dmitrović		
	4. prof. dr. sc. Mario Tomiša - rezervni član		
	5.		

### Zadatak diplomskog rada

BROJ	26/ARZO/2021
OPIS	U diplomskom radu u teoretskom dijelu opisati važnost šuma i njihovu dobrobit, ali i stanje šuma u Republici Hrvatskoj. U eksperimentalnom dijelu opisati pošumljavanje, materijale, metode, razlog odabira bagrema te praćenje rasta i razvoja mladih stabala. U drugom dijelu eksperimentalnog dijela razviti modele i to: - konceptualne: uzrok-posljedica dijagram (Ishikawa dijagram), dijagram uzročnih petlji i dijagram ciklusa aktivnosti, - računalne modele: model rasta stabla, model tolerancije sjene i raspoloživost energije i model vjerojatnosti pojave šumskog požara. Prikazati rezultate dobivene iz modela te donijeti zaključak.

ZADATAK URUČEN 25.5.2021. POTPIS MENTORA 





## **Predgovor**

Velika hvala mojoj mentorici na strpljenju i savjetima, te što je vjerovala u mene i usmjeravala u pravom smjeru.

Ovaj rad posvećujem roditeljima i sestri, bez njih ne bi završila ovaj rad. Zahvaljujem svojim prijateljima, obitelji, susjedima, profesorima i kolegama s fakulteta i drugim dragim ljudima.

## Sažetak

Iz godine u godinu sve su izraženije klimatske promjene, a presudnu ulogu u smanjenju klimatskih promjena mogu imati šume. Šume smanjuju efekt staklenika tako da upijaju ugljikov dioksid i djeluje kao „pluća“ svijeta. Današnji problemi s okolišem nastali su poslije industrijske revolucije. U navedenom razdoblju je došlo do nagle eksplozije broja i rasta tvornice i gradova. Zauzeli su veliki dio površine zemlje pri čemu su velike količine šuma posječene. Na kraju je to sve dovelo do onečišćenja zraka i vode, nastanka otpada i okoliš se okrenuo protiv nas. Sadnja drveća i pošumljavanje bi trebalo ublažiti učinak klimatskih promjena. Na vlastitoj parceli posađeno je 250 mladica bagrema. Bagrem je posađen 2019. godine kako bi se osiguralo pošumljenost jedne lokacije radi zaštite okoliša i staništa za divlje životinje i za ogrjev. U šumi gdje je obavljena sadnja bagrema, prisutne su druge vrste drveća kao što je topola, jasen, vrba, te starija generacija bagrema koja je posađena prije 5 godina. Projekt pošumljivanja bagremom je bio uspješan, te se planira pošumljivanje na drugoj lokaciji šume drugim vrstama, kao što su hrast i orah. Jako je važno šumu održavati kako bi se osiguralo neometan razvitak posađenih mladica i kako ne bi došlo do nekontroliranog širenja ili gubitka zbog vanjskih elemenata koji će biti opisani u diplomskom radu. U diplomskom radu će biti opisana tri konceptualna modela, kako bismo dobili predodžbu što utječe na rast i razvoj bagrema. Modeli koji će se opisivati su dijagram ciklusa aktivnosti, dijagram uzrok – posljedica i dijagram uzročnih petlji. Diplomski rad obuhvaća akciju sadnje drveća s pripadajućim slikama na lokaciji Drnje. Rezultati istraživanja obuhvaćaju fotografije posađenog bagrema nakon 1, 2 i 5 godine poslije sadnje i diplomski rad zadržava tri modela rasta i razvoja bagrema.

U ovom radu obuhvaćeni su konceptualni i računalni modeli. Konceptualni modeli se odnose na šumu bagrem, a računalni modeli obuhvaćaju podatke za bukvu, smreku i sekvoju.

Rezultati rada obuhvaćaju modele rasta stabla, model raspoloživosti energije i toleranciju na sjenu, model vjerojatnosti pojave požara. Navedeni modeli su modelirani u programu Stella Architect i prikazani su u obliku grafova.

***Ključne riječi:*** sadnja drveća, pošumljavanje, klimatske promjene, šuma, bagrem, konceptualni model, računalni modeli.

## Summary

From year to year, climate change is becoming more pronounced, and forests can play a crucial role in reducing climate change. Forests reduce the greenhouse effect by absorbing carbon dioxide and acting as the "lungs" of the world. Today's environmental problems arose after the Industrial Revolution. During this period, there was a sudden explosion in the number and growth of factories and cities. They occupied a large part of the earth's surface and large amounts of forests were cut down. Eventually it all led to air and water pollution, waste generation and the environment turned against us. Tree planting and afforestation should mitigate the effects of climate change. 250 acacia shoots were planted on their own plot. Acacia was planted in 2019 to ensure the afforestation of one site to protect the environment and habitat for wildlife and for firewood. In the forest where acacia was planted, there are other types of trees such as poplar, ash, willow, and the older generation of acacia that was planted 5 years ago. The acacia afforestation project was successful, and afforestation is planned at another forest location with other species, such as oak and walnut. It is very important to maintain the forest to ensure the smooth development of the planted shoots and to avoid uncontrolled expansion or loss due to the external elements that will be described in this thesis. In the thesis will describe three conceptual models, in order to get an idea of what affects the growth and development of acacia. The models to be described are an activity cycle diagram, a cause-effect diagram, and a causal loop diagram. The thesis includes the action of planting trees with accompanying paintings at the location of Drnje. The results of the research include photographs of planted acacia after 1, 2 and 5 years after planting and the thesis retains three models of growth and development of acacia.

Conceptual and computer models are included in this paper. Conceptual models refer to acacia forest, and computer models include data for beech, spruce, and redwood.

The results of the work include tree growth models, energy availability and shade tolerance model, fire probability model. These models are modeled in Stella Architect and are presented in the form of graphs.

**Key words:** *tree planting, afforestation, climate change, forest, acacia, conceptual models, computer models.*



## Popis korištenih kratica

<b>EU</b>	Europska unija
<b>IEA</b>	Međunarodna energetska agencija
<b>UN</b>	Ujedinjeni narodi
<b>FAO</b>	Organizacija za hranu i poljoprivredu
<b>O<sub>2</sub></b>	Kisik
<b>CO<sub>2</sub></b>	Ugljikov dioksid
<b>SO<sub>2</sub></b>	Sumporov (IV) oksid
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Dušikov oksid
<b>C</b>	Ugljik
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metan
<b>CO</b>	Ugljični monoksid
<b>HNO<sub>3</sub></b>	Dušična kiselina
<b>CH<sub>3</sub>Cl</b>	Metil klorid
<b>NH<sub>3</sub></b>	Amonijak
<b>O<sub>3</sub></b>	Ozon
<b>SFM</b>	Sustainable forest management (Održivo gospodarenje šumama)
<b>UNFCCC</b>	Okvirna konvencija o promjeni klime
<b>5W</b>	Where, When, What, Why, Who
<b>km</b>	Kilometar
<b>ha</b>	Hektar
<b>m</b>	Metar
<b>m<sup>2</sup></b>	Metar kvadratni
<b>m<sup>3</sup></b>	Metar kubični
<b>mm</b>	Milimetar
<b>cm</b>	Centimetar
<b>kWh/prm</b>	Ogrjevna vrijednost
<b>°C</b>	Celzijev stupanj
<b>l</b>	Litra

# Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Uloga stabala u klimatskim promjenama.....	3
3. Šuma – rješenje za klimatske promjene.....	6
3.1. Šuma kao spremnik ugljika i kao ponor ugljika .....	7
3.2. Uništenje i krčenje šume i njihov utjecaj na okoliš.....	9
4. Stanje šuma u Republici Hrvatskoj.....	12
4.1. Načelo održivog razvoja u šumama .....	12
4.2. Održivo gospodarenje šumama.....	13
4.3. Uloga općekorisnih funkcija u borbi protiv klimatskih promjena .....	14
4.4. Projekt spašavanja šuma .....	14
4.5. Aplikacija Plant – for - the – planet .....	16
5. Eksperimentalni dio .....	18
5.1. Pošumljavanje.....	18
5.1.1. Ciljevi istraživanja .....	18
5.1.2. Materijali i metode.....	18
5.1.3. Izbor vrste – bagrem .....	19
5.1.4. Lokacija pošumljavanja .....	21
5.1.5. Izbor načina pošumljavanja .....	21
5.1.6. Priprema tla za pošumljavanje.....	22
5.1.7. Uvjeti sadnje bagrema .....	23
5.1.8. Održiva sječa u privatnim šumama.....	23
5.1.9. Uvjeti u kojima se provodi sječa.....	24
5.1.10. Sadnja 250 sadnica bagrema.....	25
5.1.11. Oštećenja poslije sadnje – biotički i abiotički čimbenici.....	26
5.1.12. Očekivanja u budućnosti.....	27

5.2. Razvoj konceptualnih modela šume bagrema .....	28
5.2.1. Uzrok - posljedica dijagram (Ishikawa dijagram) .....	28
5.2.2. Dijagram uzročnih petlji .....	31
5.2.3. Dijagram ciklusa aktivnosti .....	33
5.3. Razvoj računalnog modela .....	35
5.3.1. Model rasta stabla .....	38
5.3.2. Model tolerancije sjene i raspoloživost energije.....	40
5.3.3. Model vjerojatnosti pojave šumskog požara .....	42
6. Rezultati rada .....	45
7. Zaključak.....	52
8. Literatura.....	57

# 1. Uvod

Poznato je da se Zemlja pregrijava, jedan od uzročnika pregrijavanja je ugljični dioksid koji zadržava toplinu u atmosferi (staklenički efekt). Postoji nekoliko mjera koje mogu smanjiti efekt staklenika, jedan od njih je pošumljavanje. Pošumljavanje doprinosi smanjenju efekta staklenika te suzbija globalno zatopljenje. Stabla upijaju ugljični dioksid i tako se oslobađa kisik. Međutim, sječa šuma se nastavlja. Deforestacija je krčenje šuma i doprinosi povećanju razine ugljičnog dioksida u atmosferi. Nekad je u Europi postojala prašuma koja je iskrčena između 7. i 13. stoljeća. Najveći dio prostora te prašume je iskorišten za izgradnju naselja, industrijskih područja i poljoprivrednih površina. U Republici Hrvatskoj je nestao velik dio šuma diljem Jadrana i kontinentalnog dijela. Nestankom šuma dolazi do promjene temperature, smanjuje se količina oborina i povećava se brzina vjetra. Također, nestanak šuma utječe na nestanak biljaka i životinja. Uništavanjem šuma mijenja se cjelokupni ekosustav. Veliki problem predstavlja što ljudi prekomjerno iskorištavaju šume, a malo razmišljaju o obnovi. Procjena je da svakih pet sekundi nestane oko osam hektara šume [1].

Međunarodna energetska agencija (IEA) i Ujedinjeni narodi (UN) su napravili predviđanje rasta ljudske populacije do 2030., odnosno do 2050. godine. Procjena je da se svake godine povećava broj stanovnika za oko 70 – 80 milijuna. S rastom populacije mijenjaju se neophodni elementi za normalan život. Svake godine se uništava oko 11 milijuna ha šume, a istodobno se stvara oko 6 milijuna ha pustinje. Na kraju se ispušta oko 30 milijuna t CO<sub>2</sub> u okoliš. Potrebno je učiniti velike promjene za spas klime, poželjno je nove tehnologije povezati s inozemnim organizacijama preko znanstvene suradnje. Promjene se moraju provoditi dugoročno i postupno radi zaštite klime [2].

Zagađenje okoliša se nije pojavio prvi puta u 60 – im godinama prošlog stoljeća, već se pojavilo prije nekoliko tisuća godina i bio je jedan od uzročnika propasti mnogih poznatih civilizacija poput Mezopotamije ili Rimskog Carstva. Dakle, drevni narodi također nisu mogli riješiti svoje probleme s okolišem. Civilizacije su propadale iz razloga što su uništavali šume, a kasnije nisu imali potrebne resurse i materijale za život i prehranu naroda [2].

Čovjek i njegova aktivnost je uzrokovalo veliku promjenu izgleda planeta Zemlje u želji da zadovolji svoje potrebe. Sve aktivnosti protiv okoliša su dovele u pitanje da li planet Zemlja može izdržati naše potrebe i kako će se oporaviti i obnoviti? To je pitanje na koji znanstvenici nemaju odgovor. Zato je na međunarodnoj razini prihvaćeno velik broj sporazuma o zaštiti okoliša. Danas se zahtijeva da gospodarski razvoj bude ekološki održiv.

U borbi protiv klimatskih promjena nije dovoljno se držati propisa, time se samo privremeno rješava problem, već je bolje rješenje promjena odnosa čovjeka prema prirodi [2].

Današnje poslovanje se temelji na što bržoj proizvodnji i prodaji što više proizvoda bez obzira na ekološke aspekte. Glavni cilj svijeta je gomilanje materijalnog bogatstva, a pri tome se zanemaruje održivi razvitak [3].

Za vrijeme Marije Terezije (1769.) u Austrougarskoj je donesena Zakonska odredba o šumama. Odredba je propisala da se smije sjeći onoliko stabala koliki je bio njegov godišnji prirast na području Kraljevine. Danas je ova odredba postala temelj održivog šumarstva. Zbog toga je gospodarenje šumama u to doba sačuvalo šume na našem području za nas i buduću generaciju. Održiv razvoj je trajno gospodarenje prirodnim bogatstvima na primjeren način [2]. Zahvaljujući tome, Hrvatska više od 252 godina primjerenom upravlja šumama i postala je pravi primjer drugim zemljama kako gospodariti šumama na održiv način [3].

Svjetski dan šuma se obilježava svake godine na prvi dan proljeća (21. ožujka) od 1971. godine kako bismo se podsjetili na važnost šume i njeno očuvanje. Obilježavanje svjetskog dana šuma je započelo na inicijativu Europske poljoprivredne konfederacije (kasnije UN – ova organizacija za hranu i poljoprivredu – FAO). Cilj je proširiti misao o očuvanju i zaštititi šume i njenog ekosustava. Šuma je bitna za čovječanstvo jer pomaže u iskorjenjivanju siromaštva, povećanju sigurnosti hrane i održivosti okoliša. Svaka radnja koju obavlja čovječanstvo je povezana sa šumom. Na primjer, svaka gradnja građevine, pijeće čaše vode ili uzimanje lijekova [4].

Šume su osjetljivi ekosustav i bitno je gospodariti na održiv način uzimajući u obzir sadašnje i buduće potrebe. Jedna trećina planeta Zemlje čine šume i odgovorne su za vitalnu funkciju svih živih bića. O šumama je ovisno oko 1,6 milijardi ljudi za proizvodnju hrane, goriva, skloništa i lijekova. U šumama živi više od 80% kopnenih vrsta biljaka i životinja. Unatoč tome, krčenje šuma se nastavlja i svake godine se uništi oko 13 milijuna ha šume. Krčenje šuma pridonosi emisijama stakleničkih plinova u iznosu 12 – 20% na godinu. U Republici Hrvatskoj nije prisutno krčenje šuma zahvaljujući zaštiti od strane države i šumarskih stručnjaka. Održivo upravljanje šumama je temelj gospodarenja šumama i važno je načelo potrajnosti (održivo gospodarenje šumama). Primjenjuje se načelo i misao da se ne siječe više drva od prirasta. Prema tome, količina šume se stalno povećava i Hrvatska je poznata po prirodnim šumama (naše šume su 95% prirodne što je za svaku pohvalu) [4].

## 2. Uloga stabala u klimatskim promjenama

Stabla su jedan od bitnih elemenata za održavanje života živih bića na Zemlji. Njihova uloga je da proizvodi  $O_2$  i apsorbira  $CO_2$  koji nastaje kao nusprodukt ljudskih aktivnosti. Time se okoliš štiti od zagađenja i održava zaštitni sloj u atmosferi. Zaštitni sloj u atmosferi sprječava prodor infracrvenih zraka i nastanak stakleničkog efekta. Stabla su idealna za čuvanje tla od erozije, sprječavaju poplavu, zadržavaju vlagu u tlu i povoljno utječu na podzemne vode i na oborine. Najvažnija uloga stabala je asimilacija  $CO_2$  preko listova i kao biološki otpad oslobađa  $O_2$ . Može se reći da stabla udišu ono što mi izdišemo i obratno. Važna su za fotosintezu. Šuma uz vodu je jedan od glavnih čimbenika za proizvodnju kisika. Za stabla se kaže da su pluća Zemlje. Procjena je da jedan hektar šume može osloboditi oko 600 kg  $O_2$ , a istodobno upija oko 900 kg  $CO_2$  [5].

Zemljina atmosfera postala bi otrovna da nema šume i ne bi se omogućio razvoj živih bića. Šuma je idealna "ekološka tvornica" za živa bića. Procjena je da čovjek koristi oko 30 – 40% kapaciteta pluća i to je uglavnom zbog današnjeg načina života koji je ubrzan i neuredan. Šuma daje zaštitu tlu i sprječava pojavu pustinje. Stabla usisavaju vodu iz tla preko korijenja i prenosi ju u listove i deblo. Tako se voda oslobađa kao vodena para. Kasnije se kondenzira u oblake što uzrokuje nastanak kiše [5].

Na području gdje nije bilo dugo kiše dolazi do stvaranja pustinje (takav primjer je u Africi). Uništavanjem šuma doprinosi se nastajanju pustinja. Procjena je da se svake godine uništi površina kišne šume u veličini države Floride, a današnja količina kišnih šuma je velika kao Sjedinjene Američke Države. Stabla štite područje od poplava i to tako da upijaju kišu koja padne i postaje podzemna voda ili se ulijeva u rijeke ili oceane. Ako na području nema šume i padne jaka kiša dolazi do poremećaja što uzrokuje poplavu [5].

Stablo ima duboki korijenski sustav koji drobi stijene na dubljim dijelovima i pomiče ga prema površini zemlje i drobi stijene na površini. Tako se dobiva rahlo tlo bitno za sadnju usjeva. Šumi je potrebno oko 400 godina da napravi oko 30 cm površinskog zemljišta za obradu [5].

Šuma ima veliku ulogu u smanjenju klimatskih promjena i zbog toga je bitno primijeniti sljedeće stavke:

- Održati šumske površine i smanjiti sječū,
- Povećati broj površina šume,

- Izbjeći degradaciju i uništavanje šume kako bi se smanjila koncentracija stakleničkih plinova u atmosferi,
- Povećati trajnost drvenih proizvoda (namještaj, materijal, građa, oprema). [3]

Povijesni zapisi pokazuju da uništavanje šuma pokreće uništenje vegetacije, što uzrokuje pojavu pustinja diljem svijeta. Možemo reći da uništavanjem šuma doprinosimo padu naše civilizacije. Trebali bismo učiti na primjeru Libanona, tamo je prije 1 500 godina 90% područje je bilo prekriveno šumom, a danas samo 7%. Zbog toga se količina padalina smanjila za 80%. Nedostatak oborine na tom području dovelo je do masovne gladi i uzrokovalo kolaps civilizacije. To se dogodilo Mezopotamiji, Grčkoj i Rimskom Carstvu [5].

Nekoliko razloga zašto je šuma važna [5]:

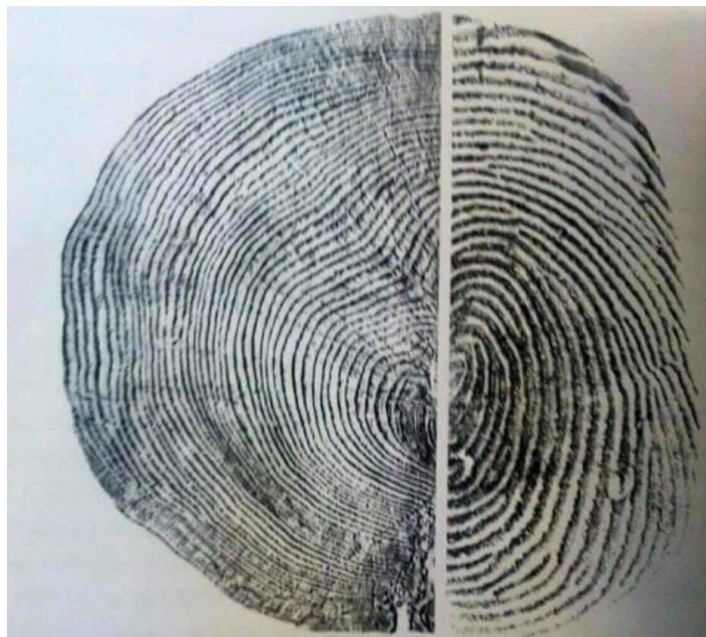
- Doprinosi smanjenju poplava,
- Apsorbira oko 85% oborina, a od toga 15% otječe u rijeke, oceane, jezera,
- Zrelo stablo upija oko 1 400 l vode,
- Izvor pitke vode jer filtrira vodostaje,
- Isparena voda preko lišća doprinosi hlađenju zraka (što je dobro za ljeto),
- Listovi stabla upija prašinu iz zraka prilikom kiše.

Koristi od jednog hektara šume [6]:

- Asimilacija ugljikovog dioksida iz atmosfere – za prirast 1 m<sup>3</sup> drvene zalihe, šuma će asimilirati oko 1,6 t CO<sub>2</sub>. U procesu fotosinteze asimilira se oko 10,4 tona ugljikovog dioksida po 1 ha šume starih oko 20 godina ili više.
- Proizvodnja kisika – jedan hektar šume šalje oko 20 t O<sub>2</sub> u atmosferu.
- Zaštita od vjetra – šuma smanjuje snagu i brzinu vjetra. Brzina vjetra između krošnje i tla je manja od brzine iznad krošnje (oko 40%).
- Poboljšanje kvalitete zraka – stablo zadržava prašinu i čađu na listovima, oko 50 tona po hektaru na godinu.
- Zaštita od UV zračenja – šuma štiti od štetnog UV zračenja. Oko 10 – 16% UV zračenja dolazi do tla u gustim i obraslim šumama.
- Zaštita od erozije – šuma sprječava eroziju i ima velik utjecaj na slijevanje vode, sprječavanje bujica i klizišta zemlje.

- Pročišćavanje vode – određeni dio padaline u šumi se procjeđuje, pročišćava i obogaćuje podzemne tokove pitkom vodom. Jedan hektar šume može pročistiti oko 7 000 m<sup>3</sup> pitke vode iz prosječne količine padaline od 1 200 mm/m<sup>2</sup>.
- Održivo gospodarenje drvom – iz drva koje je starije od 20 godina može se iskoristiti oko 5,5 m<sup>3</sup>/ha na godinu.
- Zapošljavanje – 50 000 ljudi na direktan ili indirektan način živi od šume i šumskih djelatnosti, to je oko 0,02 radnih mjesta prema 1 hektaru.
- Mrtvo drvo – oko 40% živih organizama u šumskom ekosustavu ovise o mrtvom drvu. Ima veliku ulogu za očuvanje biološke raznolikosti u šumi.

Slika 1. prikazuje izgled godova drveća i otisak prsta čovjeka, koji su vrlo slični.



**Slika 1.** Sličnost goda drveta s otiskom prsta čovjeka

<https://www.facebook.com/359170097532754/posts/3758000550983008/?sfnsn=mo>



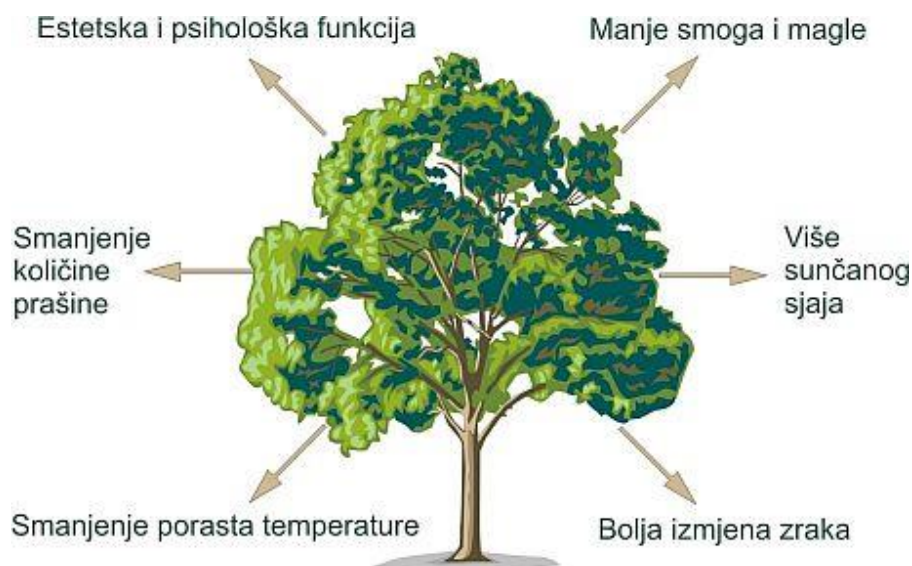
### 3. Šuma – rješenje za klimatske promjene

Danas se Zemlja pregrijava zbog ispuštanja stakleničkih plinova poput ugljikovog dioksida. CO<sub>2</sub> zadržava toplinu u atmosferi i tako se omogućuje život na Zemlji. Ali, ako dođe do prekomjernog zagrijavanja, u atmosferi se povećava CO<sub>2</sub> i temperatura raste. Doprinos prekomjernom zagrijavanju ima sagorijevanje fosilnih goriva u industriji, prometu i prekomjerna sječa šume. Klimatske promjene uzrokuje promjene temperature ljeti i zimi, pojavu prirodnih katastrofa, podizanje razine vode u oceanima i topljenje ledenjaka. Atmosfera postaje zagađena SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> i štetni plinovi padaju na površinu u obliku kiselih kiša. Kisele kiše uništavaju šume, prirodna staništa životinja i biljaka, što doprinosi izumiranju pojedinih vrsta [5].

Šume imaju veliku ulogu u borbi protiv klimatskih promjena i bitno je održavati postojeću šumu i saditi nove šume. Važne su zbog svoje sposobnosti preuzimanja ugljikovog dioksida iz atmosfere. Jedno istraživanje iz Nizozemske je pokazalo da šume mogu imati dugoročan utjecaj na klimatske promjene. Otkrili su da šume do 2100. godine mogu zamijeniti oko 5 – 7% energije i štetnih plinova iz industrije i prometa [5].

Podjela šuma prema funkciji i utjecaju na okoliš (slika 2.):

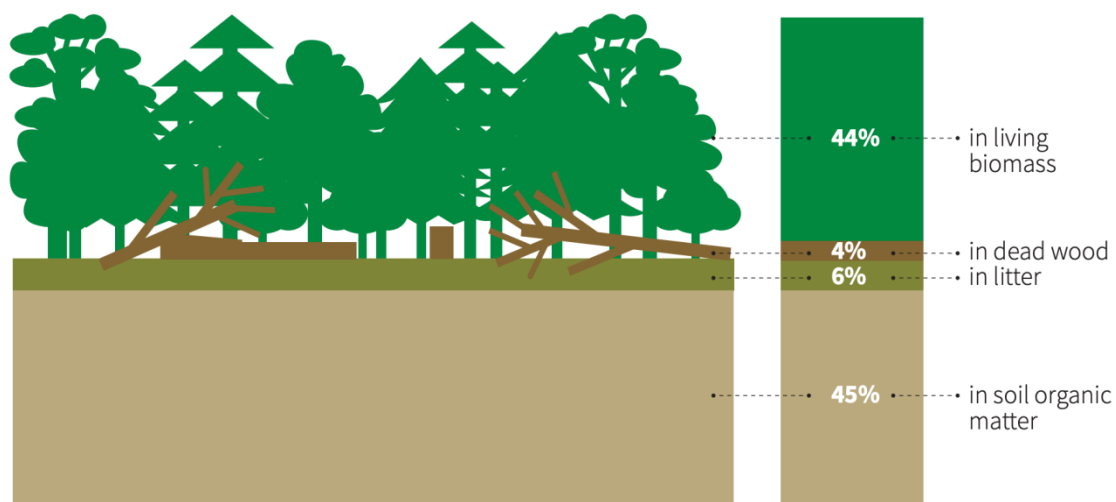
- Hidrološka – šuma najviše pročišćava vodu na prirodan način. Takav primjer su čisti i bistri potoci i rijeke kod planinskih područja. Sprječava eroziju tla i poplave, akumulira poplavnu vodu i utječe na postupno slijevanje vode iz potoka ili rijeke.
- Protuimisijska – šuma pročišćava zrak od onečišćenja i zagađenja. Razgrađuje onečišćene tvari i zbog toga su podzemne vode i vodotoci čiste. Listovi stabla na sebe veže suho i mokro taloženje iz zraka i tako pročišćava zrak. To je bitno za poboljšanje kvalitete života živih bića.
- Rekreativna – često se u blizini šuma nalazi staza za rekreaciju idealnih za trčanje, hodanje, jahanje, skijanje.
- Turistička – šuma je idealno mjesto za odmor turista, jer pružaju zaklon od UV zračenja, mjesto za odmor i ublažava klimatske uvjete (snižava visoku temperaturu ljeti, povećava vlagu zraka).
- Zdravstvena – šuma sudjeluje u stvaranju kisika i vezivanju atmosferskog ugljikovog dioksida. Naselja i kuće u blizini šuma ima bolju i veću kvalitetu zraka. [7]



**Slika 2.** Uloga stabla u smanjenju učinaka klimatskih promjena  
<https://www.hrsume.hr/index.php/hr/home/75-news/latest-news/359-drveceuparkovima>

### 3.1. Šuma kao spremnik ugljika i kao ponor ugljika

Šuma ima ulogu u klimatskim promjenama kao najveći kopneni spremnik ugljika. U nadzemnom dijelu sadrži oko 86% ukupnog ugljika (C), a u podzemnom dijelu je 73% ukupnog ugljika (C) (Slika 3.). Postoji pet pohraništa ugljika, a to su živa biomasa, mrtvo drvo, listinac, šumsko tlo i drvni proizvodi. Živa biomasa sadrži oko 208 milijuna tona ugljika, a u listincu je oko 4,57 tona po hektaru. Zaliha ugljika mrtvog stabla je 2 t/ha [6].

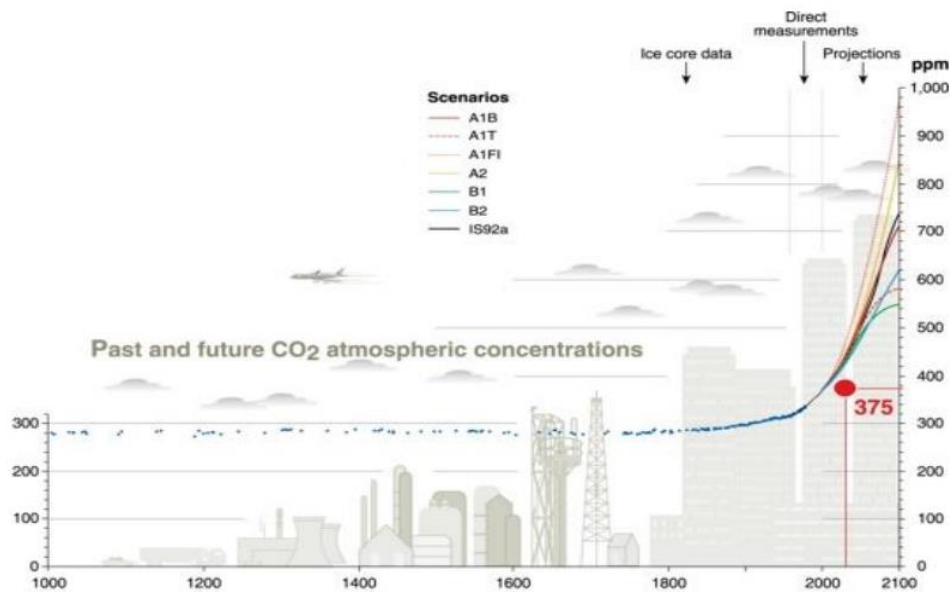


**Slika 3.** Uloga šume kao ponor ugljika  
[https://earth.org/data\\_visualization/carbon-sinks-a-brief-overview/](https://earth.org/data_visualization/carbon-sinks-a-brief-overview/)

Šuma igra značajnu ulogu u ciklusu kruženja ugljika. Posjeduje sposobnost uklanjanja CO<sub>2</sub> iz atmosfere u procesu fotosinteze. Procjena je da se fotosintezom asimilira oko 16 milijuna tona CO<sub>2</sub> iz atmosfere, a u Hrvatskoj je oko 11,8 milijuna zbog gospodarenja koje provode Hrvatske šume. U atmosferu se vraća jedan dio CO<sub>2</sub> prilikom sagorijevanja drva (energent) ili prirodnih neprilika (požari). Vraćeni CO<sub>2</sub> se uračunava u emisiju stakleničkih plinova, ali jedan dio je trajno ugrađen u pohraništa i to je ponor ugljika. Ako se šumom održivo gospodari omogućuje se trajni ponor ugljika i iznos uklonjenog ugljika je veći od emitiranog u atmosferi [6].

Šuma je jedan od glavnih izvora O<sub>2</sub> i zbog prekomjerne sječe postaje sve manji proizvođač kisika. Ona predstavlja pluća Zemlje i neophodan je za normalan život. Problem nastaje uništavanjem šuma zbog gubitka pitke vode. Oborine koja padnu na površinu zemlje sadrže minerale i sol. Pri tome stablo upija ili uvlači iz zemlje vlagu, minerale i soli. Vлага se isparava u atmosferu, a stablo za svoj rast koristi minerale i soli. Na taj način slatka i pitka voda ide u dublje slojeve zemlje i izlazi kod izvora kao čista voda. Ako na nekom području padne kiša, a nema stabala da upija minerale ili sol, tada voda postaje slana i područje se pretvara u pustinju. Riječ je o važnom procesu gdje gubitkom šume, gubimo pitku vodu. Šuma ima važnu ulogu u svakodnevnom životu ljudi i osnova je bioproduktivnog sustava. Pomoću njih dobivamo gorivo, materijale za gradnju, zaštitu tla od erozije, regulira vodni balans. Na žalost, svjetske šume su smanjene za 1/3 radi dobivanja površina za poljoprivredu i gradnju i zadovoljenja energetske potrebe. Dobar primjer krčenja šume su Amazonske prašume u Južnoj Americi i u drugim manje razvijenim zemljama. Na području kod Himalaja i Ande se mogu vidjeti praznine koja je nastala uništenjem šuma. To je sve uzrokovalo eroziju, nanose mulja i poplave. Uništavanjem prašuma doprinosi se uništenju biljnog i životinjskog svijeta. Procjena je da će nestati oko 1 000 vrsta ptica i 10% biljaka na području prašuma [2].

Hrvatske šume svake godine ulažu velik iznos u zaštitu i čuvanju šuma. Često se provodi pošumljavanje i podizanje, sanacija i obnova šume. Koncentracija CO<sub>2</sub> neprestano raste i nema znaka da se smanjuje (Slika 4.). Jednog dana život na Zemlji neće biti prikladan za živa bića i krajnje je vrijeme da to spriječimo.

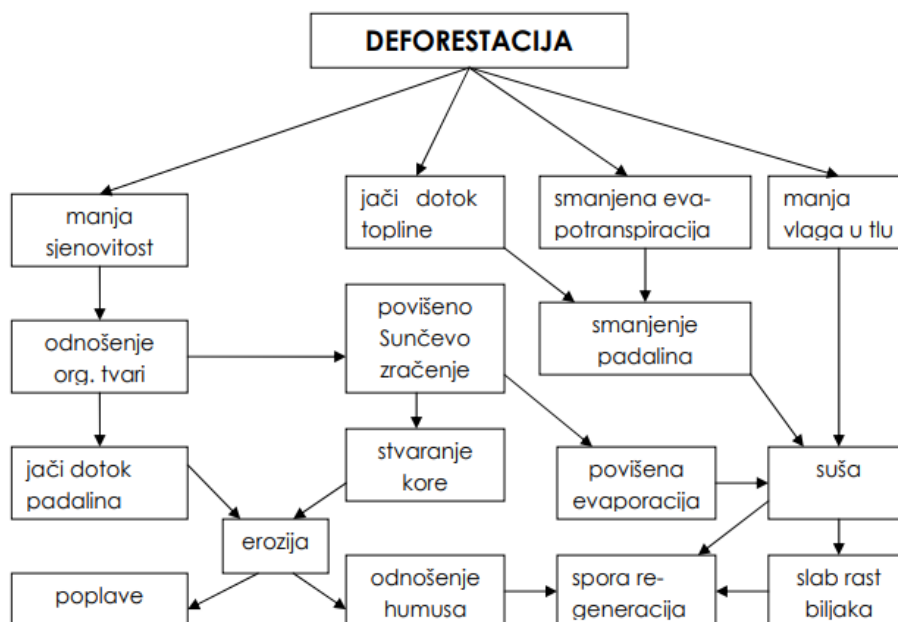


Slika 4. Koncentracija ugljikovog dioksida danas i u budućnosti  
<https://zir.nsk.hr/islandora/object/sumfak%3A598/datastream/PDF/view>

### 3.2. Uništenje i krčenje šume i njihov utjecaj na okoliš

Za sprječavanje klimatskih promjena i njihovih posljedica je potrebno smanjiti emisiju stakleničkih plinova. Za smanjenje emisija je učinkovito pošumljavanje ili sprječavanje krčenja šuma. Riječ je o isplativom i jeftinom procesu. Bitno je sačuvati i održavati šumu jer ona ima veliku ulogu u smanjenju klimatskih promjena, ublažavanju siromaštva i očuvanje biološke raznolikosti (Slika 5.). Šuma ima veliku ulogu u ugljikovom ciklusu i to tako da apsorbira atmosferski CO<sub>2</sub> u procesu fotosinteze. Djeluje kao glavni spremnik ugljika. Na svijetu ima oko 4 milijarda ha šuma i šumskog pokrivača (oko 30% svjetskog kopna) [8].

Na žalost, danas se površina šuma smanjuje radi pretvorbe u poljoprivredno tlo, širenja infrastrukture, naseljenih površina. Navedene aktivnosti doprinose oslobađanju uskladištenog ugljika u obliku CO<sub>2</sub>. Ugljikov dioksid se emitira izgaranjem, razgradnjom ili oksidacijom tla. Zbog izgaranja biomase doprinosi se stvaranju emisija drugih stakleničkih plinova poput metana (CH<sub>4</sub>) i dušikovog oksida (N<sub>2</sub>O). Osim CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O, izgaranjem se oslobađaju i kemijski aktivni plinovi. To su ugljični monoksid (CO), nemetalni ugljikovodici, dušična kiselina (HNO<sub>3</sub>) i metil klorid (CH<sub>3</sub>Cl). Aktivni plinovi i metan sudjeluju u proizvodnji troposferskog ozona (O<sub>3</sub>) koji je jedan od stakleničkih plinova i posreduju u nastajanju hidroksilnog radikala. Hidroksilni radikal je odgovoran za životni vijek atmosferskog plina [8].



**Slika 5.** Posljedica deforestacije šume u okolišu

<https://www.simet.unizg.hr/hr/nastava/predavanja/preddiplomski-sveucilisni-studij-metalurgija/1-godina-preddiplomskog-studija/UVOD%20U%20EKOLOGIJU-%20INTERNET.pdf>

Stopa krčenja šuma iznosi oko 0.2% ukupnih površina šuma, a to je oko 7.3 milijuna hektara (Slika 6.). Krčenjem šuma oslobađa se velika količina CO<sub>2</sub> čime se doprinosi klimatskim promjenama i efektu staklenika. Procjena je da se od 1850. do 2000. oslobodilo oko 156 milijardi metričkih tona ugljika kao posljedica krčenja i uništavanja šume u atmosferu. Smatra se da će do 2050. nestati oko 600 milijuna ha šume. U sljedećih 100 godina će se osloboditi oko 312 – 477 milijardi tona CO<sub>2</sub> ako se ne poduzme neki plan spašavanja [8].



**Slika 6.** Uništena tropska šuma u Brazilu

<https://www.rtl.hr/vijesti-hr/novosti/817929/u-godinu-dana-nestalo-tropskih-suma-u-velicini-tri-new-yorka/>

Šume su velika prirodna bogatstva i ključne su za opstanak čovjeka. Važne su za regulaciju hidroloških procesa i ugljikovog ciklusa. Zbog čovjekovog razmišljanja da su šume besplatne, nedovoljno cijenjene i podcijenjene rezultiralo je njihovim krčenjem, uništavanjem i pretjeranim iskorištavanjem. Važno je prepoznati današnju krizu i treba razmišljati o svim posljedicama koja dolazi s uništavanjem šuma [8].

Zbog klimatskih promjena, polako se mijenja naš način razmišljanja o šumama i shvaćamo da je riječ o neprocjenjivom resursu. Kada se shvatilo da šuma ima veliku ulogu u ublažavanju klimatskim promjenama dovelo je do povećanja aktivnosti u pošumljivanju [8].

## 4. Stanje šuma u Republici Hrvatskoj

Republika Hrvatska je bogata šumama i spada u samoobnovljivo prirodno bogatstvo. Za njih je zaduženo Ministarstvo poljoprivrede, Uprava šumarstva, lovstva i drvne industrije te vodi gospodarenje šumama na prihvatljiv način.

Šumarstvo je važna djelatnost koji ima utjecaj na šumu jer sudjeluje u održavanju, obnovi i zaštiti. Na taj način se osigurava održivo gospodarenje šumama. Osigurava se opskrba društvu prirodnim dobrima na optimalan, trajan i održiv način. Mnogi razmišljaju o šumi kao "tvornici drva", ali sam pojam šuma je više od toga. Takvo razmišljanje često dovodi do degradacije šume, šumskog tla i šumskog ekosustava. Degradacija šuma je stanje koji može skupo koštati ljude i imati teške posljedice. Sanacija štete u šumskom ekosustavu može biti skupa i dugotrajna. Šuma je osjetljiv ekosustav koji osjeća najmanje promjene u okolišu. Za razliku od pojedinih europskih zemalja, Hrvatska nije provodila mjere uklanjanja prirodnih šuma i degradaciju zemljišta [9].

U Hrvatskoj je 42% kopna prekriveno šumama, to je otprilike oko 2,377,686 ha. Prema tome, Hrvatska pripada među zemlje najbogatije šumama u Europi. U zadnjih 100 godina pošumljenost područja u Hrvatskoj je u porastu, a u posljednjih 35 godina područje bogatom šumama se povećala za 135 000 ha. U državnom vlasništvu je oko 77% šuma, a u privatnom vlasništvu je 23% [9].

### 4.1. Načelo održivog razvoja u šumama

Gospodarenje šumama u Hrvatskoj se primjenjuje na prirodnom pristupu šumama i vodi se računa o ekološkim karakteristikama drveća. Važan je međuodnos biotopa i biocenoze. Prednost u održivom gospodarenju šumama imaju domaće vrste i vrste koje su prisutne na području gospodarenja šumama [9]. Načelo održivog razvoja šume glasi: " Smije se posjeći onoliko stabala koliko je mladica zasađeno".

Načelo održivog razvoja (načelo potrajnosti) u šumama je definiran prvi put davne 1713. od strane Von Carlowitza. Pojam se odnosi na upotrebi šume i šumskog tla na održiv način s ciljem održavanja njihove biološke raznolikosti, sposobnosti obnavljanja, vitalnosti i produktivnosti za sadašnju i buduću generaciju. Također mora ispuniti ekološku, općekorisnu, gospodarsku i socijalnu funkciju na lokalnoj i međunarodnoj razini i da ne naruši druge ekosustave [9].

Od ulaska Hrvatske u Europsku uniju stanje u šumarstvu se pogoršao. Dolazi do smanjenja šumskih površina radi izgradnje ceste, plinovoda, dalekovoda, golf igrališta, vinograda i drugih građevina. Pri tome se ne vodi računa o mogućnosti obnove šume na drugim područjima u istoj količini koja se iskoristila za gradnju građevina. Ako se sa šumom uništava i makija i šikara riječ je o postupku krčenja šuma. Sve navedeno dovodi do narušavanja načela održivog razvoja. Problem predstavljaju privatne šume koje su neodržavane i to doprinosi nastanku požara [9].

## 4.2. Održivo gospodarenje šumama

Održivo gospodarenje šumama je upotreba šuma i šumskog zemljišta na održiv način i pri tome se poštuje biološka raznolikost, kapacitet, vitalni i potencijalni elementi šumskog ekosustava. Također se moraju poštovati ekološka, gospodarska i društvena načela na lokalnoj i globalnoj razini za sadašnju i buduću generaciju. Načelo održivog gospodarenja šumama se primjenjuje kroz održivo gospodarenje šumama, tako da šumski proizvodi, roba, materijali i usluga budu u skladu s održivim razvojem i sa zaštitom šume. Podrazumijeva se i učinkovito korištenje šumskih resursa i optimizacija doprinosa šume ruralnom razvoju i otvaranju radnih mjesta. Načelo promiče povećanje odgovornosti za šume na globalnoj razini. Za financiranje održivog gospodarenje šumama se koriste sredstva šumskog posjednika, sredstva iz javnih izvora i naknada za općekorisne funkcije šume [10].

Prema EU, održivo gospodarenje šumama mora obuhvaćati:

- Održavanje i unapređenje postojećeg šumskog ekosustava radi smanjenja emisija stakleničkih plinova,
- Održavanje zdravog i vitalnog šumskog ekosustava,
- Održavanje i unapređenje proizvodnih funkcija šume,
- Održavanje i čuvanje biološke raznolikosti u šumama. [10]

Održivo gospodarenje šumama (*Sustainable forest management - SFM*) je koncept koji je općeprihvaćen i regulira šumsku politiku diljem svijeta. Obuhvaća upravljanje šumama na lokalnoj i globalnoj razini koji poštuje svaku državnu politiku, zakone, sporazume, uredbe. Primjenjuje se u javnim i privatnim šumama. Održivo gospodarenje je temelj osiguranja da sve mjere ublažavanja i prilagodbi u klimatskim promjenama budu u skladu sa svrhom gospodarenja šumama [3].



Ujedinjeni narodi su donijeli Okvirnu konvenciju o promjeni klime (UNFCCC) i odgovorna je za međunarodnu politiku prema klimatskim promjenama. Lokalna, regionalna i državna politika mora biti u skladu s svjetskom šumskom politikom. UNFCCC je ratificiralo 195 zemalja i pri tome su prihvatile jednu odluku, a to je REDD+. Odluka REDD+ se odnosi na smanjenje emisije koje nastaju tokom uništavanja i degradacije šuma. Time se potiče na očuvanje šuma i održivo gospodarenje šumama. Zemlje koje su potpisale UNFCCC mogu dobiti financijsku potporu od REDD+ – a. Preporuka je da se koriste svi financijski mehanizmi potpore koji nudi REDD i država u vidu poticaja [3].

### **4.3. Uloga općekorisnih funkcija u borbi protiv klimatskih promjena**

U prvom Zakonu o šumama NN 52/99 je uveden pojam općekorisna funkcija šuma. Općekorisne funkcije šuma su jako važne za normalan život zbog povoljnog učinka na sva živa bića i omogućuje međusobno djelovanje. Imaju veliku ulogu u očuvanju i zaštiti šuma. Uvođenjem navedenog pojma je pomoglo u zaštiti i obnovi šuma jer se od ukupnog prihoda pravnih osoba mora izdvojiti za porez od 0,07%. Danas je porez manji na 0,02% i ugrozio je opstanak milijun hektara šume koje su se oporavile zbog sredstava prikupljenim porezom. Zbog toga je upitno postojanje općekorisnih funkcija šume u budućnosti. Smanjenjem sredstava za zaštitu šuma nepovoljno utječe na protuerozijsku, klimatsku, protupožarnu i zdravstvenu zaštitu i bit će manje znanstvenih istraživanja. Sredstva prikupljen od poreza se koristi za podizanje šuma i poboljšanje njihovih svojstava. Šume su ugrožene zbog jačih industrijskih i gospodarskih aktivnosti. Također se sredstva koriste za zaštitu od požara i preventivne mjere u šumama. Republika Hrvatska je zbog uvođenja pojma općekorisnih funkcija u Zakon o šumama osigurala zaštitu šuma i spada među naprednije zemlje jer je među prvima prepoznala važnost općekorisnih funkcija šuma [9].

### **4.4. Projekt spašavanja šuma**

Prije više od pola stoljeća Američka agencija za zaštitu okoliša je pokrenula akciju spašavanja šuma (Drveće za spas naše planete). U ovoj akciji sudjeluju milijarde ljudi diljem svijeta. Mnogi ne znaju puno o održivom razvoju, ali svima je jasno da ako nastavimo s ovakvim načinom življenja, neće postojati budućnost za sljedeću generaciju. Cilj je bio do 2020. godine posaditi 7,8 milijardi stabala diljem svijeta. Stablo ima veliku ulogu u pročišćavanju zraka jer upija goleme količine CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> i O<sub>3</sub> iz prometa i industrije. Procjena je da jedno zrelo stablo upija oko 60 kg onečišćenja i lebdećih čestica.

Šuma pozitivno utječe na društvo i održava ekonomsku situaciju stabilnom, štiti vode, tlo, zrak i veliki je izvor prehrane. Tako da se sadnjom poboljšava kvaliteta i dobrobit svih živih bića. Prije je na Zemlji bilo oko 14% tropskih šuma, a dok je danas jedva 5%. Dakle, krčenje i uništavanje šume je veliki problem i ne smije se nastaviti u tolikoj mjeri kao danas. Šuma se uništava kako bi se napravila plantaža za uzgoj i proizvodnju čokolade, ulja, margarina, sapuna i kozmetike. Evidentirano je oko 80 000 vrsta drveća, a ugroženo je oko 8 750 vrsta. Oko pola hektara šume upija jednaku količinu stakleničkog plina koju proizvodi jedno vozilo s 35 000 prijeđenim km [11].

S razvojem kapitalizma u Europi došlo je do masovne sječe šume i izgradnje naselja i širenja poljoprivrednih površina. Naše prirodno i održivo gospodarenje šumama je pomoglo očuvati velik broj šuma u Hrvatskoj. Međutim, naše šume osjećaju posljedice prekograničnog onečišćenja. U tu svrhu je uveden sustav monitoringa prekograničnog onečišćenja ICP Forests/International Co – operative Programme. Monitoring je uveden 1985. godine i odnosi se na praćenje zagađenja zraka i njihovog utjecaja na šumu. U posljednjem desetljeću je zaustavljena drastična sječa šume zahvaljujući većim kontrolama politike i akcijama aktivista i ekologa [11].

Za ostvarivanje ciljeva europske Strategije za bioraznolikost potrebna je velika podrška od privatnih šumovlasnika. U EU je oko 16 milijuna ljudi koji posjeduju šumu u privatnom vlasništvu i upravljaju s oko 60% šuma u EU. Glavni cilj Europske strategije za bioraznolikost je do 2030. stvoriti Transeuropsku mrežu prirodnih područja. Mreža bi trebala pomoći u zaštiti 30% kopnenih i morskih područja u EU, a od toga jedna trećina bi bila strogo zaštićena. Na taj način će europske prašume i stare šume bile zaštićene i povećati ulogu šuma u borbi protiv klimatskih promjena. Drugi cilj strategije je posaditi 3 milijarde stabla do 2030. Strategija se temelji na holističkom pristupu i bit će usredotočena na prilagodbi šuma na klimatske promjene. U EU smatraju da šume trpe sve više utjecaje i posljedice klimatskih promjena. U posljednjih 25 godina se povećala površina šume u EU za 9 milijuna hektara. Nova strategija će potaknuti šume na smanjenje emisija ugljikovog dioksida. Međutim, postoji zabrinutost da ako dođe do planiranog porasta u eksploataciji šume može smanjiti sposobnost šume u apsorpciji ugljikovog dioksida za 20%. Važno je da se ne zanemari mogućnost zamjene fosilnih gorivima drugim vrstama koje nisu štetni za okoliš poput biomaterijala. EU smatra da se ne smije se zanemariti skladištenje ugljika u drvnim proizvodima i da se vodi više računa o tome [12].

Preporuka je da se za proslavu Dana planeta Zemlje (22. travanj) posadi drvo! (Slika 7.)



**Slika 7.** Zasadi jedno stablo za Dan planeta

<https://www.tehnoeko.com.hr/4121/Dan-planeta-Zemlje-ove-godine-u-znaku-klimatskih-promjena>

#### **4.5. Aplikacija Plant – for - the – planet**

Zaklada Plant – for – the – planet je pokrenut od strane Felixa Finkbeinera na temelju kampanje Billion Tree. Današnji cilj zaklade je posaditi više od 3 bilijuna stabala, jer se sadnja stabala pokazalo kao najučinkovitije i najjeftinije sredstvo u borbi protiv klimatskih promjena u vidu smanjenja i uklanjanja ugljikovog dioksida iz atmosfere [13].

Ako osoba nije u mogućnosti posaditi stablo ili vlastitu šumu, može preuzeti aplikaciju Plant – for – the – planet (Slika 8.). Aplikacija omogućuje osobama da sudjeluju u akcijama sadnje drveća i obnove šuma u zemljama u razvoju. Aplikacija je zamišljena tako da osoba uz nekoliko klikova može financirati sadnju. Na primjer, za tri eura se može posaditi jedno stablo u Brazilu, a za sto eura se može financirati sadnja tisuću stabala u Indoneziji. Zahvaljujući aplikaciji je posađeno više od 13 milijardi stabala u 193 zemlje i u aktivnostima sudjeluje oko 81 000 djece i mladih iz 73 zemlje. Prikupljena sredstva putem aplikacije se ulaže u rasadnike stabala. Svaka osoba uz pomoć aplikacije može odabrati jedan projekt i donirati novce, a novci će se iskoristiti za sadnju stabala u ime osobe koja je donirala novce.

Aplikacija je dobro rješenje za ublažavanje klimatskih kriza. Preuzimanjem aplikacije osoba se može registrirati i omogućuje osobi uvid o lokaciji sadnje doniranih stabala.

Aplikacija sudjeluje u ostvarivanju ciljeva Bonnskog izazova. Cilj Bonnskog izazova je do 2030. godine pošumljavati oko 350 milijuna hektara ogoljelog područja. Izazov je pokrenuo Međunarodni savez za očuvanje prirode i prirodnih bogatstva i njemačka vlada prije deset godina [13].



**Slika 8.** Aplikacija Plant - for - the - planet  
<https://www1.plant-for-the-planet.org/>

## **5. Eksperimentalni dio**

### **5.1. Pošumljavanje**

#### **5.1.1. Ciljevi istraživanja**

Cilj ovog rada je analiza i prikaz rezultata rada u vidu pošumljivanja jedne lokacije sa sadnicama bagrema. Pošumljavanje je zahtjevan i odgovoran posao za koje je potrebno puno strpljenja, troškova, vremena i rada.

Svrha je stvaranje šume kako bi sudjelovala u ublažavanju klimatskih promjena. Sam postupak je zahtjevan i neizvjestan, te je potrebno u obzir uzeti puno elemenata kao što je lokacija, izbor drveća, vremenski uvjeti i prisutnost biljnih i životinjskih zajednica.

U radu će biti prikazan postupak pošumljavanja, utjecaj na okoliš i klimatske promjene, te konceptualni modeli pošumljavanja. Rezultati rada će biti prikazani u obliku fotografija.

Utjecaj klimatskih promjena se mogu primijetiti na šumama i u šumskim ekosustavu. Neke biljne i životinjske vrste su nestale. Na lokaciji sadnje je u posljednjih nekoliko godina primijećeno nestanak ili smanjenje broja pčela, krijesnica, drugih kukaca i ptica.

U šumi je postavljeno hranilište za ptice s hranom, ali nitko ne konzumira hranu jer nema ptica. Zbog toga smatram da klimatske promjene smanjuju i uništavaju šumski ekosustav.

Kako bi se ublažio učinak klimatskih promjena i imali drva za ogrjev prema načelu održivog razvoja, obavljena je sadnja 250 sadnica bagrema u vlastitoj šumi.

U šumarskoj ekonomiji se primjenjuje načelo u kojem šuma ostaje pošumljena sve dok njezina vrijednost (drvo i drvni materijal, biološka raznolikost, hidrološki značaj, rekreacijska i turistička uloga) je veća od vrijednosti ne šumske namjene. Zadržavanjem šuma doprinosi se očuvanju prirodnih bogatstava, smanjenju poplava, erozije, pojavi mulja i zaštiti biljnog i životinjskog ekosustava [8].

#### **5.1.2. Materijali i metode**

U radu su korišteni vlastiti podaci o pošumljavanju u tekstualnom i vizualnom obliku. Drugi dio eksperimentalnog dijela se odnosi na konceptualne modele koji prikazuju razvoja sadnica bagrema, korist od bagremovog drva i rasad bagrema.

### 5.1.3. Izbor vrste – bagrem

Za pošumljavanje su izabrane sadnice bagrema. Sadnice bagrema se koriste za pošumljavanje jer brzo rastu i nisu zahtjevne. Bagrem se prvi puta pojavio u Europi oko 1600. godine od strane francuskog vrtlara Jean Robina. Bagrem je sličan akaciji samo po nazivu (pseudacacia). Spada u skupinu mahunarki i listopadno je drvo poznat pod nazivom lažna akacija. Često se od bagrema mogu dobiti velike količine meda i spada u najmedonosniju biljku. Bagrem može doseći do 25 m u visinu, a promjer je oko 50 cm [14].

Bagrem ima korijen koji sudjeluje u simbiozi sa dušičnim bakterijama i fiksira atmosferski dušik. Mlada stabla na sebi imaju trn koji kasnije nestaje. Samo stablo je tvrdo i elastično, te posjeduje lijepu boju i teksturu (Slika 9.) Cvatnja bagrema počinje početkom svibnja do kraja lipnja. Sadnju bagrema je najbolje obaviti na proljeće poslije razdoblja mraza i kada je temperatura tla oko 10° C. Posađene mladice bagrema do jeseni narastu do 1 – 1,5 metara u visinu [14].

Bagrem jako brzo raste i nije zahtjevan. Jako je važan za život pčela jer njima daju nektare i cvjetni prah. Bagrem luči puno nektara i cvjetni prah je žućkaste boje. Idealni uvjeti za kvalitetno lučenje nektara je za vrijeme jutra, temperature od 16 ° C i bez vjetera [14].

Ako se svi uvjeti poklope, dnevni unos može biti oko 15 kilograma po košnici, a sveukupno oko 70 kg. Po jednom hektaru bagrema može se dobiti oko 1000 kg nektara. Med bagrema je lijepog i ugodnog mirisa i okusa. Posjeduje visoku kvalitetu i nije sklon kristalizaciji. Zbog toga je bagrem najvažnija medonosna biljka [15]. Stablo bagrema se često koristi za stolarstvo, za zaštitu tla od erozije i vjetera (dobri su vjetrozaštitni pojasevi). Kao ogrjevno drvo ima visoku kalorijsku vrijednost, oko 2040 kWh/prm [14].

Cvjetovi bagrema se smije koristiti za jelo. Nije preporučeno saditi ih blizu vrtića, škole ili igrališta jer ima trnove na sebi. Prvo se koristio u parkovima kao ukrasni element sve dok nisu počeli koristiti bagrem za pošumljavanje. Idealan je za pošumljavanje jer veže korijen stabla sa zemljom što sprječava eroziju. Vodeća država na svijetu po površini bagremovih šuma koja su umjetno posađena je Mađarska [14].

Bagrem se može naći na područjima gdje prevladava suha, pjeskovita i umjereno vlažna tla brdskog i nizinskog pojasa. Ima dobro razvijen korijen pa se primjenjuje za sadnju radi poboljšanja kvalitete tla [15].

Prepoznaje se po rijetkoj i razgranatoj krošnji. Cvjetanje bagrema počinje u svibnju i ima bijele cvjetove. Bagrem je osjetljiv na mraz. Prve godine poslije sadnje, može doseći visinu

do 1 m, a do cvatnje dolazi nakon 4 – 6 godina. Prilikom pošumljavanja bagremom treba voditi računa o razmaku između sadnica bagrema (idealno je 1 – 2 m). Potrebno je ukloniti korove i okopati tlo [15].



**Slika 9.** Odraslo stablo bagrema fotografiran u ožujku 2021. godine (Izvor: Autor)

Slika 10. prikazuje fenomen sramežljivosti krošnje i javlja se kod istih vrsta drveća. Krošnje se međusobno ne dodiruju i pri tome tvore krošnju s procjepima poput kanala. Može se javiti i kod stabala različitih vrsta, ali najčešće se javlja kod istih vrsta [16].



**Slika 10.** Fenomen razgranate krošnje

[https://m.facebook.com/SciencePagecom/photos/a.220081758428121/1068913676878254/?type=3&source=57&refid=52&tn\\_ =EH-R](https://m.facebook.com/SciencePagecom/photos/a.220081758428121/1068913676878254/?type=3&source=57&refid=52&tn_ =EH-R)

#### 5.1.4. Lokacija pošumljavanja

Prije pošumljavanja mora se odrediti lokacija. Bitno je procijeniti teren i odrediti dubinu na koju će se saditi sadnice bagrema. Poželjno je da dubina bude oko pola metra, kako bi korijenski sustav imao prostora da se prilagodi novim uvjetima i pričvrstio se.

Prije se radilo pošumljavanje bagremom na drugoj lokaciji i sam postupak je bio uspješan. Zbog toga se ponovno pošumljavalo na odabranoj lokaciji sa više sadnica bagrema (250). Također je odabranu lokaciju bilo potrebno očistiti i pripremiti ju za sadnju.

#### 5.1.5. Izbor načina pošumljavanja

Na lokaciji Drnje se pošumljivalo na 0,3 ha s 250 sadnica bagrema, a cijela čestica je veličine 1 ha. Bagrem je odabran iz razloga što udovoljava svim ekološkim, biološkim, klimatskim zahtjevima područja, te fizikalnim i kemijskim svojstvima tla (erozija, podzemne vode). Na slici je satelitska snimka lokacije veličine 1 hektara na kojoj je obavljena sadnja. Za to je korišten preglednik Arkod (Slika 11).



**Slika 11.** Satelitska snimka lokacije sadnje bagrema (Izvor: Autor)



### 5.1.6. Priprema tla za pošumljavanje

Na području pošumljivanja se nalazi staza (Slika 12.) koja je pregledna i omogućuje pristup svim mjestima. Područje nije ograđeno i ima otvoreni pristup što omogućuje životinjama neometan pristup (Slika 13). Područje je bogatom pitkom i podzemnom vodom zbog blizine potoka Gliboki (Slika 14).



Slika 12. Staza koja vodi do šume bagrema (Izvor: Autor)



Slika 13. Otvorenost područja šume (Izvor: Autor)



Slika 14. Potok Gliboki (Izvor: Autor)

### 5.1.7. Uvjeti sadnje bagrema

Sadnice bagrema je najbolje posaditi u proljeću i jesen zbog povoljnijih vremenskih uvjeta. Povoljan utjecaj na rast stabla ima umjerena količina kiše i temperatura. Sadnici treba kratko vrijeme prilagodbe prije visokih temperatura ljeti i nižih temperatura u zimi [5].

Prije sadnje potrebno je iskopati rupu koja nije preduboka ili je ukoso. Ako je rupa preduboka, korijen stabla neće dobivati potreban kisik za rast. Ako je rupa ukoso, korijen se ne može uhvatiti i stablo se ne može "usidriti", te ne dobiva hranu i kisik za svoj rast. Za sadnju se koristila sadnica s golim korijenom. Takvu sadnicu je potrebno posaditi što prije i osigurati mu dovoljno vlažnosti prije sadnje. Neke sadnice nisu mogle samostalno stajati, pa je bilo potrebno osigurati potporu [5]. Tlo mora biti dobro pripremljeno za sadnju kako bi se sadnici stvorili optimalni uvjeti za rast i razvoj. Pripremom se stvaraju vodno – zračni odnosi kojoj sadnici daju resurse za život.

Postupci pripreme se sastoji od:

- Poboljšanje pristupa mjestu pošumljavanja (staza),
- Obrada tla (čišćenje),
- Kopanje rupe (jame) za sadnju sadnica.

### 5.1.8. Održiva sječa u privatnim šumama

Prije sadnje je potrebno posjeći nekvalitetna i trula stabla kako bi se napravilo mjesto za sadnju mladica bagrema. Prije sječe stabala u šumi se mora predati zahtjev za doznaku stabla (Slika 15.).



**Slika 15.** Doznačeno stablo za rušenje radi promicanja održivog razvoja (Izvor: Autor)

Riječ je o postupku koji vodi ovlaštenu šumarski stručnjak s ciljem poboljšanja stanja u šumama. Područje na kojem je posađena 250 mladica bagrema je miješana šuma u kojem se nalaze crna joha, bijela topola, vrba i bagrem. Doznaka stabla se radi zbog obnove šume i poboljšanja stanja šume. Bitno je redovito održavati šumu te vršiti sječicu loših i nekvalitetnih vrsta stabla, a u korist kvalitetnijih. Nakon toga je potrebno popunjavati šumu i to sadnicama autohtonih vrsta i raditi njegu i druge šumske radove.

Prilikom doznake stabla mora se izvršiti uvid u priloženu dokumentaciju i stranka na terenu mora pokazivanjem identificirati stablo za sječicu ovlaštenoj osobi za obavljanje doznake. Nakon toga ovlaštena osoba označi i obilježi stablo za sječicu doznačnim čekićem. Ako je šumski posjednik ispunio uvjete za sječicu stabla na svoju adresu će dobiti elaborat sa smjernicama gospodarenja. Elaborat omogućuju šumskom posjedniku da izvrši sječicu doznačenog stabla.

#### **5.1.9. Uvjeti u kojima se provodi sječica**

Dopušteno je sječici samo stabla koja su doznačena. Nakon sječice je bitno uspostaviti šumski red. Šumoposjednici moraju uspostaviti i održavati šumski red za vrijeme pridobivanja drva, a najkasnije se to može učiniti u roku 3 mjeseca nakon završetka radova pridobivanja drva. Šumski red su svi postupci koja se obavlja u sječici, kako bi se osiguralo redovno gospodarenje šumama. To pomaže u zaštiti šuma od požara, biljnih bolesti, napada štetočina, očuvanja bioraznolikosti i osiguranja svih općekorisnih funkcija šuma. Pridobivanje drva obavlja ovlaštena osoba ili samostalno, ukoliko je osoba osposobljena za radove pridobivanja.

Voditi računa da prilikom stavljanju drva u transport, mora biti dobro i propisno obilježen i da posjeduje odgovarajuću dokumentaciju. Za vrijeme sječice paziti da što manje utječe i oštećuje ne doznačena stabla i okolno tlo (Slika 16.). Ako se dogodi oštećenje ne doznačenog stabla za vrijeme sječice, potrebno je to stablo kasnije doznačiti i posjeći. Izdana doznaka vrijedi 3 godine poslije izdavanja elaborata.



**Slika 16.** Posječena bijela topola pokraj tri stabla bagrema radi održivog razvoja (Izvor: Autor)

#### **5.1.10. Sadnja 250 sadnica bagrema**

Pošumljavalo se ogoljeno područje veličine 0,3 ha, na lokaciji Drnje. Za pošumljavanje je izabran bagrem radi brzog rasta i lake sadnje. Pošumljavanje predstavlja dobar primjer prakse zaštite okoliša i u borbi protiv klimatskih promjena. Za sadnju se koristilo 250 sadnica bagrema. Sadnja je obavljena 2019. godine. Prije pošumljavanja, bilo je potrebno područje očistiti i pripremiti tlo za sadnju. Također su se uklonila starija i osušena stabla. Prije sadnje se iskopa rupa duboka pola metra, u koju se stavi sadnica bagrema i zatrpa se zemljom. Između sadnica bagrema postoji razmak od 1,5 m. Svaki od 250 komada bagrema je označen bijelom vrpcom, kako bi se pratilo stanje. Područje nije ograđeno, nalazi se u blizini potoka što može utjecati na rast sadnica. Slike 17. – 20. prikazuju sadnice nakon godinu dana od sadnje.



**Slika 17.** Mlada šuma bagrema s desne strane staze 2020. godine (Izvor: Autor)



**Slika 18.** Mlado, pojedinačno stablo bagrema 2020. godine s desne strane staze (Izvor: Autor)



**Slika 19.** Mlado, pojedinačno stablo bagrema 2020. godine s lijeve strane staze (Izvor: Autor)



**Slika 20.** Mlada šuma bagrema s lijeve strane staze 2020. godine (Izvor: Autor)

### 5.1.11. Oštećenja poslije sadnje – biotički i abiotički čimbenici

Postojala je mogućnost da sve posađene sadnice bagrema neće uspjeti. Godinu dana nakon sadnje, uočena su oštećenja i sušenja bagrema. Procjena je da nakon godinu dana poslije sadnje, uspješnost je oko 70%. Sadnice bagrema koje nisu uspjele, su se posušile ili su oštećene od divljih životinja. Problem predstavlja što područje nije ograđeno, srne dolaze i često čiste svoje rogove pomoću posađenih bagrema, jedu mlado lišće čime se sadnice oštećuju i onemogućen im je daljnji rast.

Biotički uzročnik oštećenja mladice bagrema – životinje (srne) (Slika 21.), biljke (bršljan) (Slika 23.), čovjek (čupanje, nije dobro gospodario prilikom sječe). Abiotički uzročnik oštećenja mladice bagrema – vjetar (slomio mladice) (Slika 22.), sušenje (osušene mladice zbog previše sunca ili nedostatka vlage), poplava (područje je blizu potoka i kada padne jača kiša onda su neke mladice pod vodom zbog neravnog terena).



**Slika 21.** Oštećenje bagrema poslije dolaska srne (Izvor: Autor)



**Slika 22.** Slomljena mladica, vjerojatni uzrok je vjetar (Izvor: Autor)



**Slika 23.** Bršljan na stablu (Izvor: Autor)

### 5.1.12. Očekivanja u budućnosti

U budućnosti se očekuje daljnji rast sadnica i napredak bez većih problema. Na slici 24. su prikazane sadnice bagrema 5 godina poslije sadnje. Posađene šume bi trebale pružiti utočište za divlje životinje i sačuvati tlo od erozije i klizišta. Također pružaju zaštitu od poplava, jer se

u blizini nalazi potok. U blizini se nalaze kuće i posađena šuma bi trebala pružiti zaštitu od visokih temperatura ljeti, te od onečišćenog zraka, buke i vjetra. Plodovi bagrema se mogu koristiti za dobivanje meda.



**Slika 24.** Petogodišnja šuma bagrema (Izvor: Autor)

## **5.2. Razvoj konceptualnih modela šume bagrema**

Konceptualnim modeliranjem dobiva se informacija o stvarnom svijetu, putem podataka koji su sastavni elementi informacijskog sustava. Kod razvoja modela važno je voditi računa o svim podacima koji su potrebni za razumijevanje samog procesa. Konceptualno modeliranje se sastoji od entiteta, veza i atributa u obliku dijagrama [17].

Modelom se može predviđati, prognozirati, upravljati, učiti i eksperimentirati. Podaci za modeliranje mogu biti kvalitativni i kvantitativni [18].

### **5.2.1. Uzrok - posljedica dijagram (Ishikawa dijagram)**

Uzrok – posljedica dijagram je razvijena od strane profesora Kaoru Ishikawe na Sveučilištu u Tokiu 1943. godine. Dijagram uzrok – posljedica je metoda bazirana na sagledavanju svih mogućih uzroka jedne posljedice. Provodi se analiza s ciljem unapređenja i

poboljšanja tehnoloških procesa. Zasniva se na vizualnom prikazu uzroka i posljedice, kako bi se analiza olakšala i pružila potrebnu informaciju na jednostavan način [18].

Konstrukcija i analiza dijagrama uzrok – posljedica se sastoji od nekoliko faza [19]:

- Prva faza je identifikacija jedne pozitivne ili negativne posljedice (izlaza) i mora se podvrgnuti analizi.
- Druga faza je oblikovanje posljedice u obliku crteža.
- Treća faza je definirati nekoliko uzroka koji je odgovoran za posljedicu.
- Četvrta faza je identifikacija faktora za uzroke koji može doprinijeti posljedici.
- Peta faza se sastoji od analize dijagrama. Analiza mora biti pravilno provedena kako bi se omogućilo daljnje istraživanje i pronašlo rješenje problema.

Analiza se mora bazirati na identifikaciji uzroka kako bi se moglo poduzeti aktivnost ili mjera s ciljem minimiziranja ili uklanjanja štetnog utjecaja uzroka. Dijagram uzrok – posljedica je dobro rješenje jer daje rezultate i potragu s mogućim rješenjima uzroka – posljedice. Međutim, dijagram može imati nedostatke, često dolazi do nagomilavanja uzroka što dovodi do nepreglednosti.

Idealno je rješenje za kompleksnu strukturu zbog preglednosti svih informacija. Nakon modeliranja svih uzroka jedne posljedice provodi se analiza. Rezultati analize se sastoji od vizualnog opisa što uzrokuje posljedicu, te vjerojatnost finalne posljedice na temelju uzročne posljedice, te opis uzroka između događaja i sigurnosnog zahtjeva [18].

Nakon što se utvrdi uzrok i posljedica, slijedi razmišljanje prema principu 5W, odnosno postave se pitanja: gdje, kad, što, zašto i tko (eng. Where, When, What, Why, Who). Primjenjuje se 5W kako bi se uzroci proširili i otkrili koji je glavni uzrok problema. Nakon toga slijedi analiza svih dostupnih podataka. Prvi korak je identifikacija svih uzroka problema koji se označuje u dijagram uzrok – posljedica. Međutim dijagram nije rješenje za uklanjanje problema, on samo usmjerava na uzroke i uzrok – posljedice veze [20].



Posljedica kod modela razvijenog za potrebe ovog rada je *rast i razvoj bagrema*, a glavni uzroci su (Slika 25.):

- *ljudski faktor,*
- *klimatski uvjeti,*
- *prisutnost životinja i*
- *uvjeti šume.*

*Ljudski faktor* ima četiri poduzroka, a to su:

- *nedostatak opreme,*
- *loše održavanje,*
- *loše obrazovanje i*
- *greška kod sadnje.*

*Klimatski uvjeti* ima četiri poduzroka, a to su:

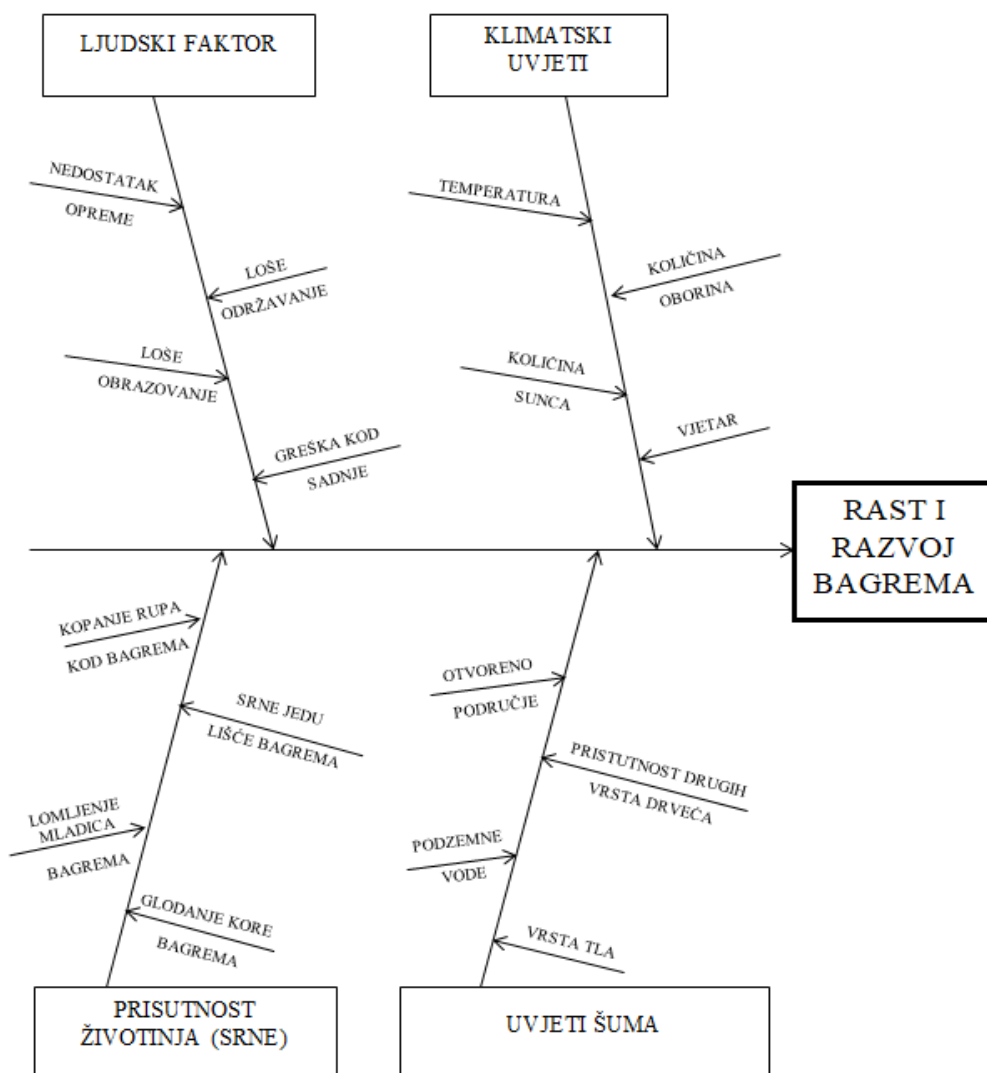
- *temperatura,*
- *količina oborina,*
- *količina Sunca i*
- *vjetar.*

*Prisutnost životinja* ima četiri poduzroka, a to su:

- *kopanje rupa kod bagrema,*
- *srne jedu lišće bagrema,*
- *lomljenje mladica bagrema i*
- *glodanje kore bagrema.*

*Uvjeti šume* ima četiri poduzroka, a to su:

- *otvorenost područja,*
- *prisutnost drugih vrsta drveća,*
- *podzemne vode i*
- *vrsta tla.*



Slika 25. Uzrok - posljedica dijagram rasta i razvoja bagrema (Izvor: Autor)

### 5.2.2. Dijagram uzročnih petlji

Dijagram uzročnih petlji je bitan element za prikaz povratnih sastavnica sustava. Ima veliku primjenu u poslovanju i akademskim radovima [21].

Prednost dijagrama je mogućnost prilagodbe u prikazu međuovisnosti i procesa povratnih veza. Koristi se za prikaz povratnih informacija koje mogu biti odgovorne za nastanak problema. Ovaj dijagram daje informaciju o tome što će se dogoditi ako se varijabla promijeni [21].

Kod crtanja dijagrama potrebno je slijediti određena pravila. Sastoji se od varijabli povezanih strelicama, a strelice označava uzročne utjecaje za varijable [21].

Dijagram sadrži povratne petlje, a pozitivna veza označava da kod povećanja uzroka, učinak se povećava, kod smanjenja uzroka učinak se smanjuje. Negativna veza označava da ako dođe do povećanja uzroka, učinak se smanjuje, a ako dođe do smanjivanja uzroka, učinak se povećava [21].

Važna faza je označivanje polariteta svake veze. Pozitivna povratna petlja se naziva kao pojačavajuća petlja i označava se s „+“, a negativna se naziva kao balansirajuća i označava se s „-“. Ako ima puno detalja u petlji, to može otežati uvid u sam cijeli dijagram i teže se dolazi do informacija i shvaćanja samog dijagrama [21].

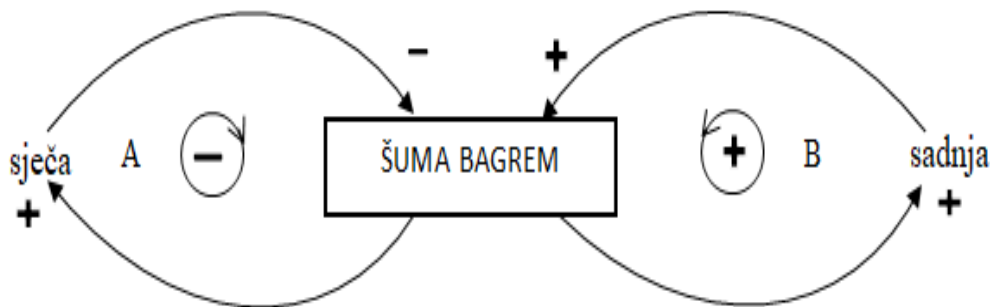
Dijagram uzročnih petlji se sastoji od prikaza uzročno – posljedičnih veza između elemenata sustava. Strelica u dijagramu označava smjer veze, a „+“ i „-“ znak uz strelicu pokazuje da li je veza pozitivna ili negativna. Veza je pozitivna ako dođe do povećanja uzroka, čime se posljedica povećava. Isti princip vrijedi za smanjenje uzroka, onda se smanjuje i posljedica [22].

Negativnu vezu prepoznajemo po mijenjanju uzroka i posljedice u suprotnom smjeru. Ako uzrok raste, posljedica se smanjuje. S padanjem uzroka, posljedica raste. Veza koja povezuje uzrok i posljedicu se zove povratna petlja [22].

Petlja može biti pozitivna i negativna. Pozitivna povratna petlja funkcionira po principu djelovanja elemenata u istom smjeru i rezultat je stalni rast ili pad vrijednosti elemenata. Negativna povratna petlja je petlja gdje elementi izazivaju promjenu smjera, pri čemu sustav ide prema ravnoteži [22].

Petlja će biti pozitivna, ako su unutar uzročno – posljedične veze pozitivne. Petlja je negativna ako je broj negativnih veza neparan, a ako je broj paran, petlja je pozitivna [22].

Na slici 26. prikazan je model dijagrama uzročnih petlji za šumu bagrema. Dijagram uzročnih petlji prikazuje uzročno – posljedičnu vezu kod šume bagrema. U ovom dijagramu je prikazana posljedica – *šuma bagrem*, a kao dvije uzročne veze – *sadnja* i *sječa*.



Slika 26. Dijagram uzročnih petlji - šuma bagrem (Izvor: Autor)

Sadnja se nalazi kod petlje koja je označena sa znakom B u kojoj je sredina petlje sa znakom „+“ i označava pozitivnu povratnu vezu jer što je veće sadnja to je veća šuma bagrema. Sječa se nalazi kod petlje sa znakom A i prikazuje negativnu vezu, jer što se više stabla posječe, šuma bagrema je manja.

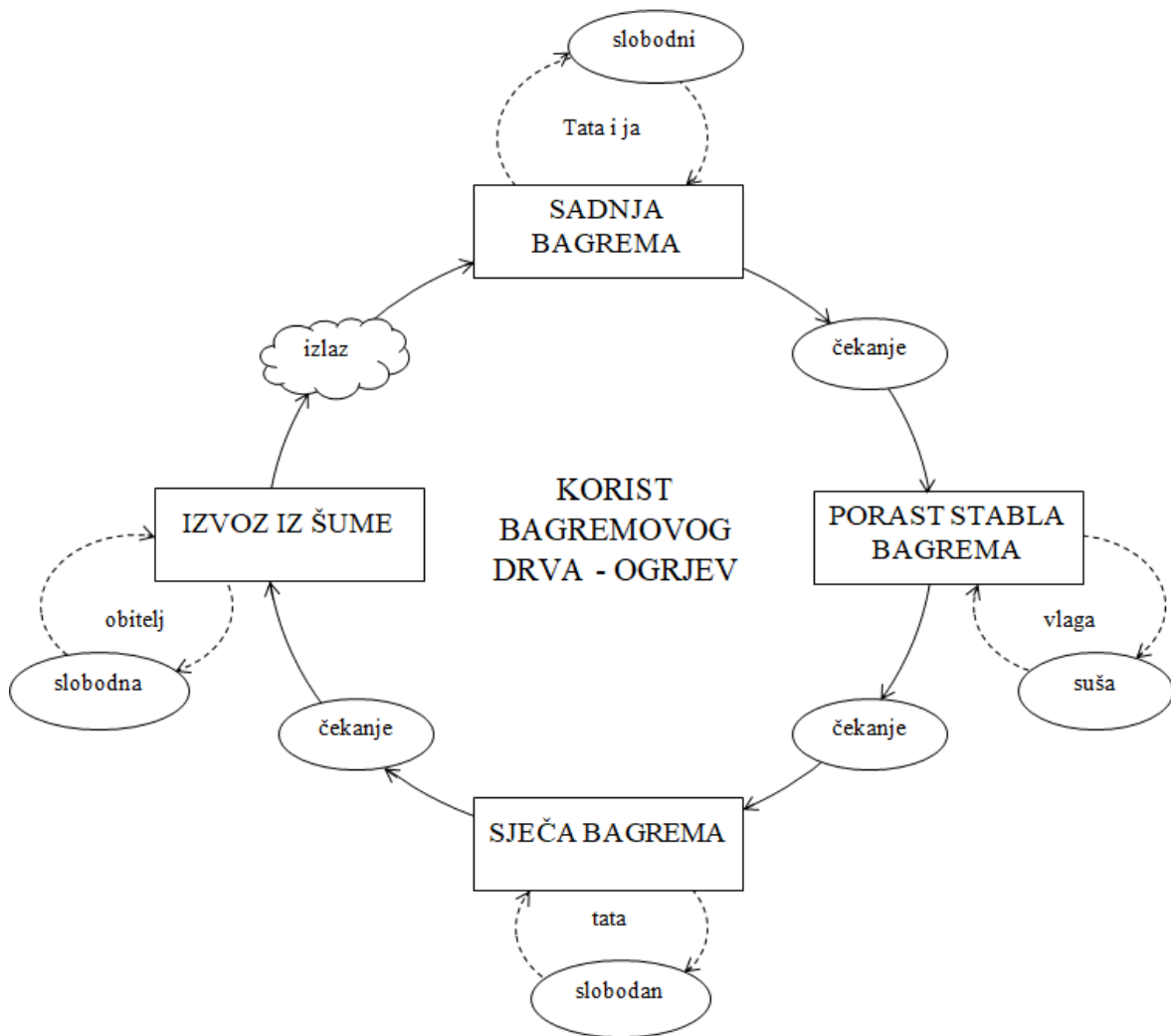
### 5.2.3. Dijagram ciklusa aktivnosti

Dijagram ciklusa aktivnosti je jedan od najvažnijih konceptualnih modela u diskretnoj simulaciji. Primjenjuje se za opis svih promjena stanja sustava kroz određeni vremenski period. Pri tome, modeli sadržavaju objekte s određenim svojstvima i sa svojim sudjelovanjem u nekim aktivnostima postaju uzročnici svake promjene stanja sustava. Entiteti ili resursi u ovom dijagramu mogu biti privremeni ili stalni i sadrže atribute. Stalni entiteti su oni entiteti koji se stalno nalaze u modelu za vrijeme trajanja simulacije diskretnih događaja. Privremeni entiteti su oni entiteti koji samo prolazi kroz sustav. Atributi entiteta služe za opis njihovih svojstava i entitet može sadržavati više atributa [22].

Dijagram ciklusa aktivnosti je prikladan za prikaz cilja za vrijeme aktivnosti resursa i entiteta. Služi za prikaz životnog ciklusa nekog entiteta u sustavu. Sastoji se od opisa aktivnog i pasivnog stanja resursa i entiteta. Aktivno stanje se nalazi u obliku pravokutnika, a pasivno u kružnom obliku. Za povezivanje aktivnosti se koristi luk. Ciklus mora biti zatvoren, a aktivnost se koristi za prikaz interakcije kod entiteta i resursa [19].

U dijagramu ciklusa aktivnosti (Slika 27.) je opisana korist od stabla bagrema, a to je korištenje bagrema kao drva za ogrjev. Potrebno je posaditi bagrem, te se čeka nekoliko godina da mladice bagrema porastu. Na rast bagrema utječe količina vlage, a u nedostatku vlage dolazi do suše. Nakon čekanja nekoliko godina, posađeni bagrem je spreman za sječu

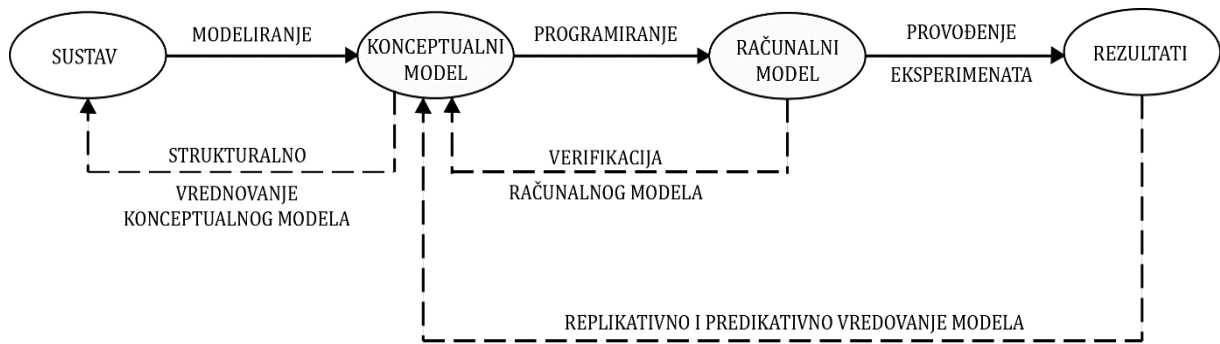
koju obavlja tata ako je slobodan. Nakon toga posječe stablo bagrem se izvozi iz šume u spremište gdje se spremaju komadi bagrema i koristit će se kao drvo za ogrjev.



Slika 27. Dijagram ciklusa aktivnosti - korist od bagremovog drva (Izvor: Autor)

### 5.3. Razvoj računalnog modela

Računalni modeli služe za prikaz konceptualnih modela u obliku računalnih programa (slika 28.). Modeli su sredstvo za analizu rada modela u različitim uvjetima. Pomažu u razumijevanju modeliranih sustava i u predviđanju njegovog ponašanja u različitim uvjetima [23].



Slika 28. Prikaz odnosa sustava, konceptualnog modela i računalnog modela [19]

Odabrani model mora prikazati analizirani sustav, tako da se eksperimenti provedeni modelom mogu zamijeniti eksperimentiranje sa samim sustavom. Radi zadobivanja povjerenja u sam sustav modeliranja bitno je slijediti ova dva koraka [19]:

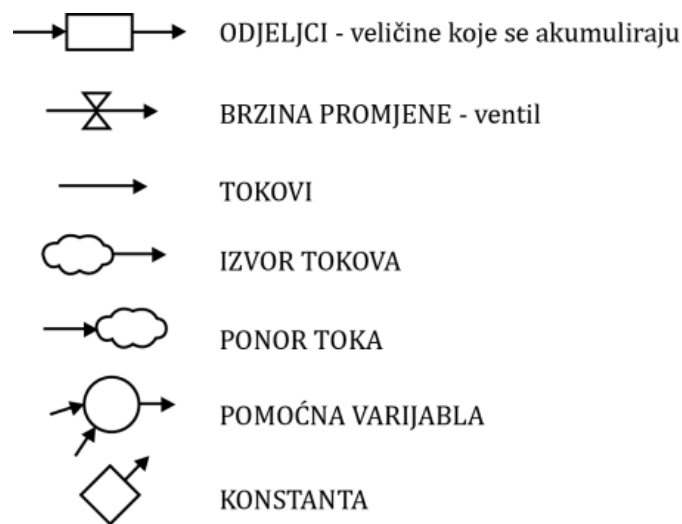
- vrednovanje konceptualnog modela gdje se ispituje slaganje kako će se ponašati konceptualni model i realan sustav.
- verifikacija računalnog modela gdje se vrši ispitivanje slaganja kako će se ponašati računalni model i konceptualni model.

Vrednovanje se odnosi na stupanj zadovoljavanja, a ne na određivanje da li zadovoljava ili ne zadovoljava model. Ispitivanja opisa modela stvarnog sustava se radi i to s usporedbom stvarnih vrijednosti prilikom izlaska iz sustava s vrijednostima na izlasku iz modela. To se radi za nezavisnu, prijelaznu i zavisnu varijablu. Veći dio testova traži normalnu odnosno Gaussovu raspodjelu rezultata [19].

U stvarnosti, raspodjela često nije Gaussova. Na primjer, u slučaju kada je mala vjerojatnost pojavljivanja nekog događaja ( $P < 0,10$ ), ta je razdioba Poissonova. Također to vrijedi za donju i gornju granicu čije su vrijednosti nedopuštene. Metode koje koriste mjerljive podatke su parametrijske metode i distribuiraju se normalno. Kod metode gdje nije

važno da li je populacija normalno distribuirana se naziva neparametrijska metoda (drugi naziv je statistika koja je slobodna od distribucije ili razdiobe) [19].

Proces razvoja računalnih modela se bazira na izradi konceptualnog modela dijagrama toka. Dijagram toka je model koji omogućuje opširniji prikaz veze između razine, brzine i kašnjenja. Tako da se u modelima sustavne dinamike svi entiteti i događaji agregiraju u odjeljke (*eng. levels*) i služi za opis varijabla stanja u sustavu. Ovdje su odjeljci povezani tokovima (*eng. flows*). Akumulacija materijala se odvija u odjeljcima, a tokovi materijala i informacija se odvija između odjeljaka koji su određeni brzinom prijelaza. Na brzinu prijelaza utječu pomoćne varijable. Za prikaz dijagrama se koriste simboli na slici 29. [19].



Slika 29. Simboli u dijagramu toka [19]

Za prikaz odjeljaka u kojem dolazi do akumulacije materijala se koriste pravokutnici. Za propuštanje manje ili više materijala u jedinici vremena se koristi simbol ventil za tokove materijala. Krug služi za prikaz pomoćnih varijabli. Konstante su poseban tip pomoćnih varijabli, a simbol oblak je za izvor i ponor toka [18]. Model dinamike rada sustava šume monokulture prikazan je u nastavku.

Šume monokulture sastavljene su od jedne vrste drveća u određenom staništu gdje su posađene i nisu autohtone za to stanište, te su zbog toga osjetljive i ekološki manje stabilne u ekosustavu. Za modeliranje ekoloških modela je važna dinamika pojedine populacije [24].

Različita područja šume su u različitim fazama sukcesije dominantnih vrsta. Na području gdje je došlo do poremećaja su prisutne vrste koje brzo rastu i napreduju u uvjetima dobre svjetlosti. Ali, takve vrste stvara sjenu i okoliš za razvoj druge vrste koje preuzima vlast u šumi [24].

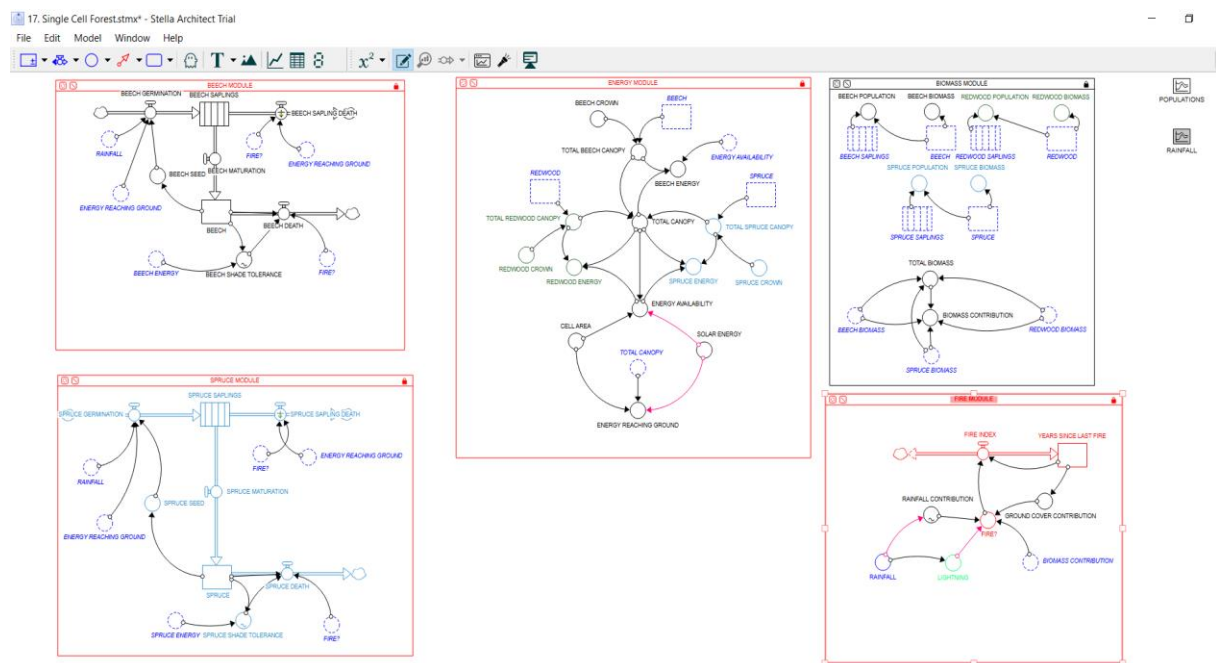
Šumska područja u različitim fazama sukcesije se naziva zakrpa. Skup zakrpa čini krajolik. S vremenom se može promijeniti raspodjela stanovništva, ali raspodjela populacije za krajolik je konstantna. Navedeno zapažanje postavlja nekoliko pitanja, a to je koji čimbenik utječe na veličinu i volumen zakrpa i kako se mijenja sastav vrsta unutar zakrpa [24].

Odgovori na navedena pitanja mogu pomoći u istraživanju poremećaja u šumskom sustavu. Čimbenici koji mogu utjecati na veličinu i trajnost zakrpa je teško modelirati [24].

Za modeliranje je bitno odrediti i definirati jediničnu stanicu. Jedinična stanica se definira kao maksimalna površina šume gdje jedno stablo može ravnomjerno rasporediti svoje sjeme u okolno područje. Zakrpa sadrži jednu stanicu [24].

Za modeliranje je, također bitno, utvrditi nekoliko čimbenika poput rasta i populacija stabla, tolerancija na sjenu, vrijeme sazrijevanja, proizvodnja i stopa širenja sjemena i vjerojatnost klijanja sjemena. Na vjerojatnost klijanja sjemena utječe količina kiše i sunčeve svjetlosti. Tolerancija sjene i vjerojatnost klijanja ovisi o količini energije koje drveće prima. Također ovisi i o veličini drveća i koliko vrsta je prisutno u šumi [24].

Model je napravljen u aplikaciji Stella Architect i izgleda kao što je prikazano na slici 30. U nastavku će biti objašnjeni i prikazani podmodeli sustava.



Slika 30. Računalni model (Izvor: Autor)

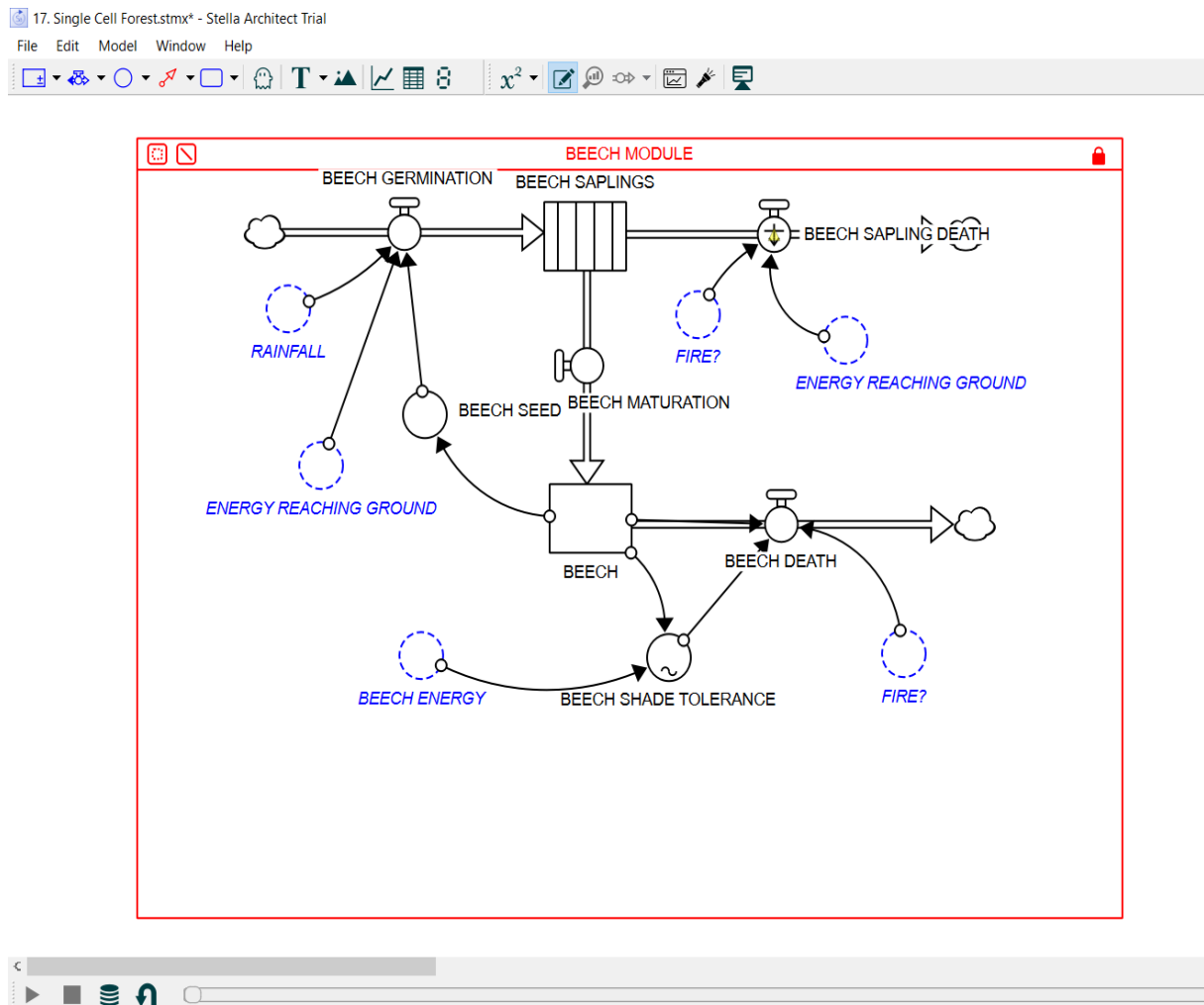


### 5.3.1. Model rasta stabla

Vjerojatnost klijanja sjemena je osnovni postotak broja sjemenki i modificiran je količinom kiše i primljene sunčeve svjetlosti na godinu. Za jedno stablo osnovni broj sjemenki koji će proklijati iznosi 0,004% od ukupnog broja sjemenki. Broj se povećava za 0,0009% za vrijeme kišne godine ( $\text{RAINFALL} \geq 100$ ).

Ako je godina sušna, broj sjemenki se povećava samo za 0,0003% ( $\text{RAINFALL} \leq 40$ ). Ako je stablo i sjeme na izravnoj sunčevoj svjetlosti ( $\text{ENERGY REACHING GROUND} \geq 900$ ) broj sjemenki koja će proklijati se povećava za 0,0006%. Ako sjeme nije na izravnoj sunčevoj svjetlosti ( $\text{ENERGY REACHING GROUND} \leq 50\ 000$ ) broj sjemenki koji će proklijati se povećava samo za 0,00003% [24].

Podmodel, tj. model rasta stabla prikazan je na slici 31.

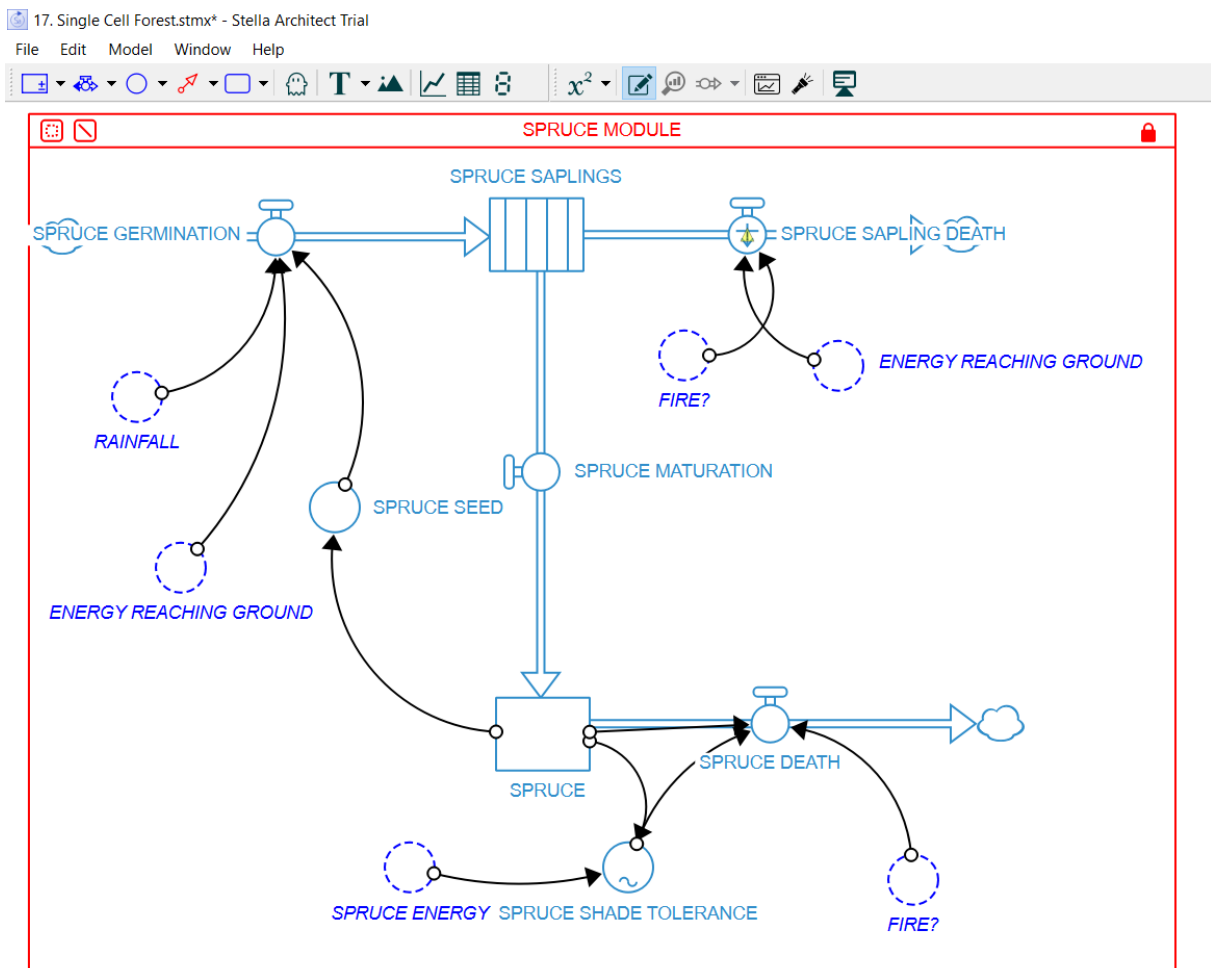


Slika 31. Model rasta stabla bukve (Izvor: Autor)

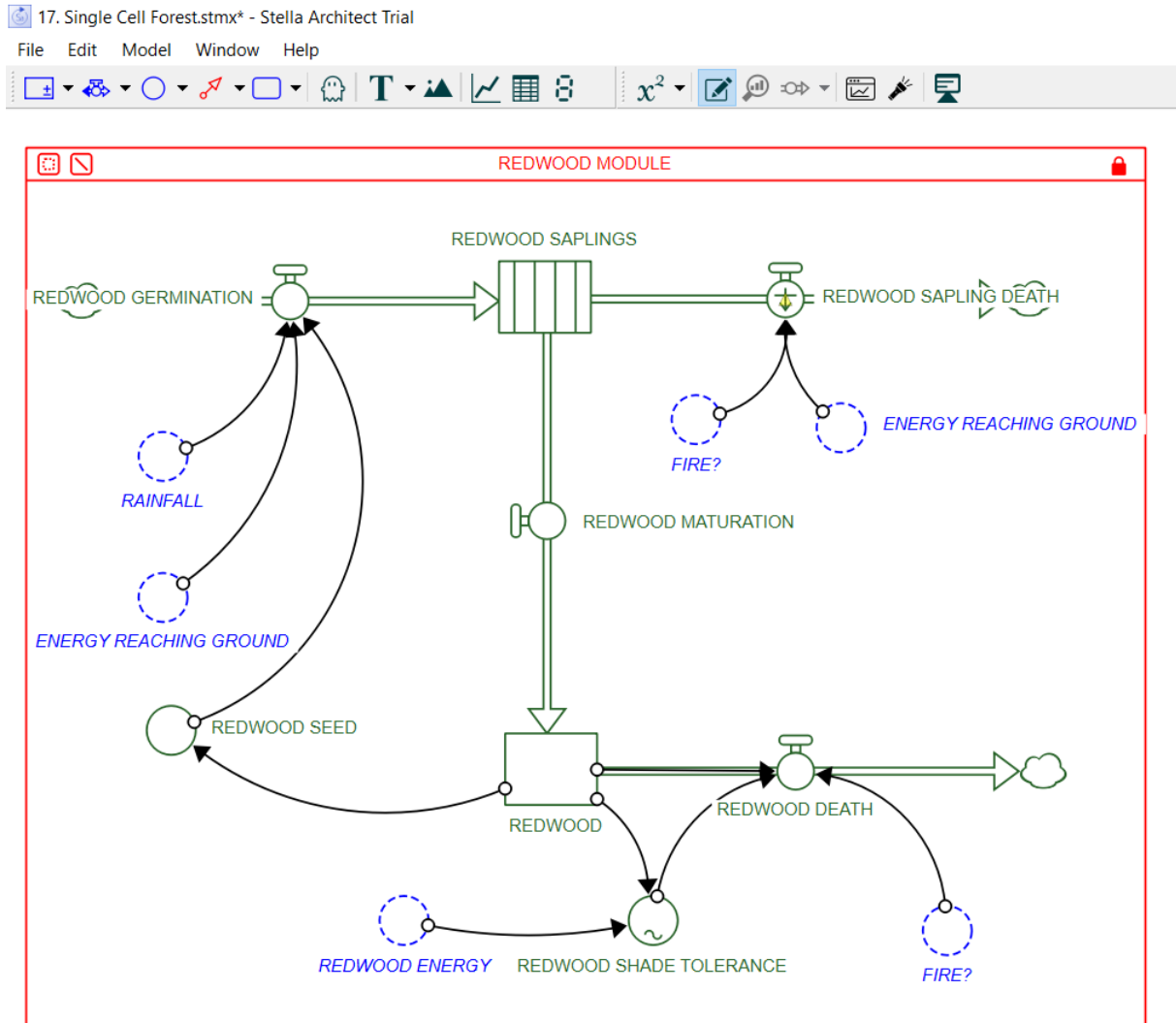
Stablo je u modelu podijeljeno na dvije starosne skupine, zrelo stablo bukve (BEECH) i mladice stabla bukve (BEECH SEMPLINGS). U mladice stabla spadaju stabla stara 0 do 10 godina. Skupina mladice stabla nije tradicionalni „spremnik“ (RESEVOIR), nego su transporteri (CONVEYOR). Transporter djeluje kao transportna traka, na način da prvi entiteti koji uđu se kreću unutar transportera i zadržava se na njemu određeno tranzitno vrijeme. U ovom slučaju tranzitno vrijeme je 10 godina i podrazumijeva da se mladice stabla premještaju iz jednog transportera u sljedeći dok ne napuste transporter nakon desete godine.

Drugi odljev s transportne trake mladice bukve se koristi za određivanje propuštanja iz transportne trake, a to su mladice stabla koje „umiru“ zbog prirodne stope smrtnosti ili zbog povišene stope u kojem su premalo ili previše primali sunčevu energiju koja dolazi do tla [24].

Osim stabla bukve u obzir u ukupnom modelu moraju se i uzeti „zakrpe“ stabla smreke (SPRUCE MODULE) (Slika 32.) i stabla sekvoje (REDWOOD MODULE) (Slika 33).



Slika 32. Model smreke (Izvor: Autor)

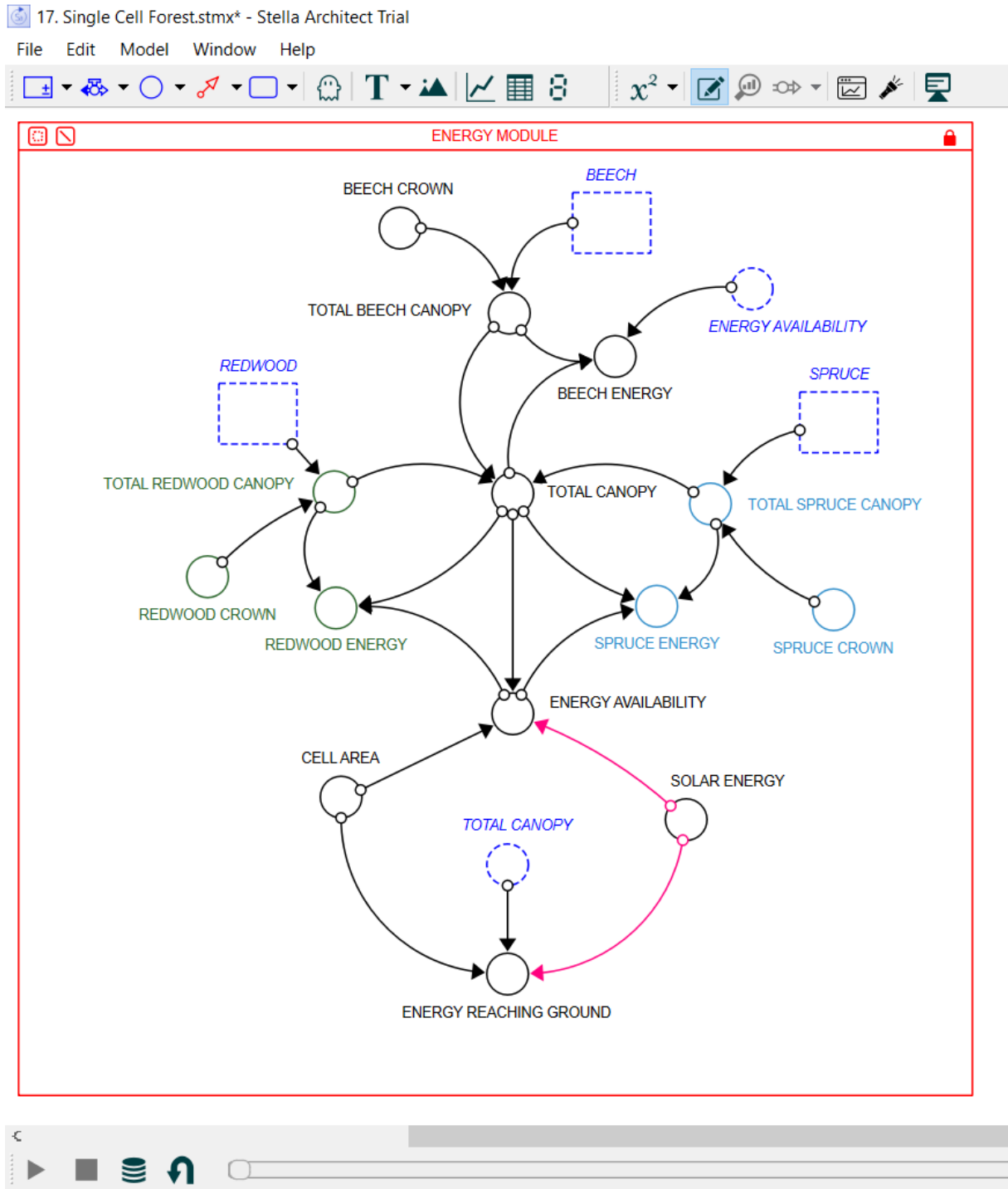


Slika 33. Model sekvoje (Izvor: Autor)

### 5.3.2. Model tolerancije sjene i raspoloživost energije

U modelu tolerancije sjene i vjerojatnost klijanja sjemena ovisi o količini energije koje stablo prima, a veličina i vrsta stabla utječe na količinu energije. Tok sunčeve energije je postavljen na 1,000,000 jedinica. Veličina stabla u ovom modelu je definirana kao 2 (jedinica površine). Pri tome u jednoj ćeliji može biti 50 stabala. Ako broj stabla bude veći od 50, tada se oni natječu za sunčevu energiju i količina energije se smanjuje po jednom stablu. S povećanjem stabala od predviđenog broja smanjuje se količina sunčeve svjetlosti koji dolazi do tla. Sve to znači da sjeme i mladice će imati manje energije na raspolaganju i neće biti optimalnih uvjeta za dobro klijanje ili brzog rasta [24].

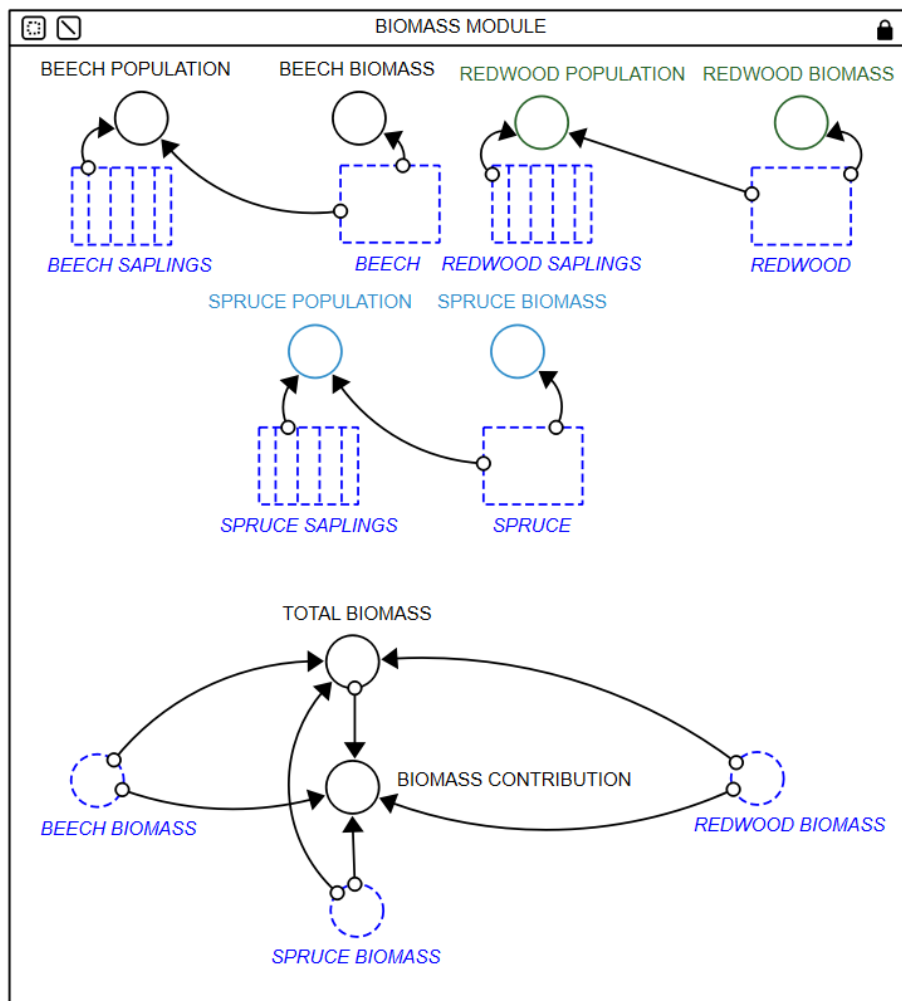
Model raspoloživosti energije prikazan je na slici 34.



Slika 34. Model raspoloživosti energije (Izvor: Autor)

Biomasa drveća odražava utjecaj biomase na pojavu šumskih požara. Jedinice u modelima su proizvoljne i bitan je relativni red veličine [24].

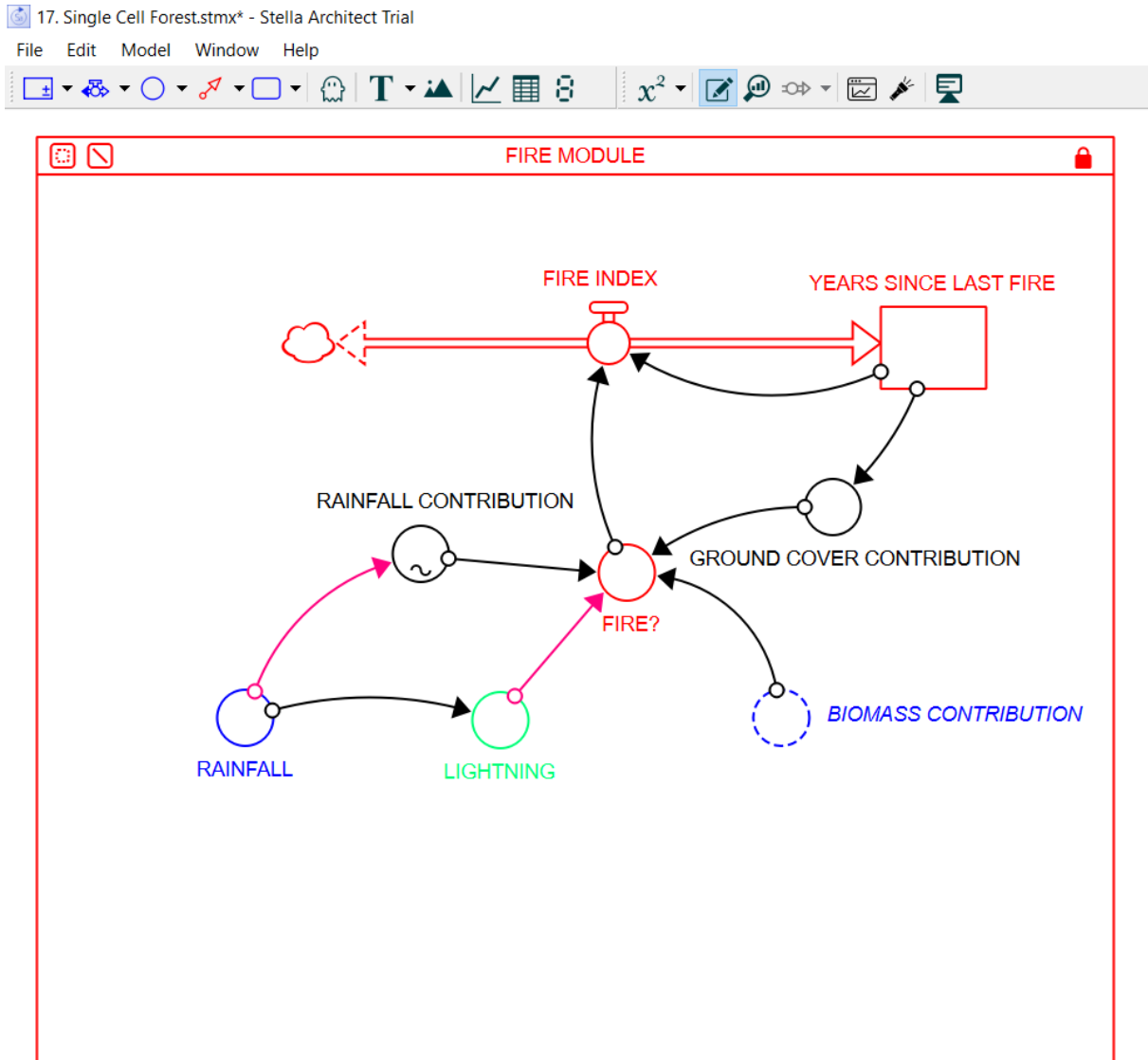
Model doprinosa biomase prikazan je na slici 35.



Slika 35. Model doprinosa biomase (Izvor: Autor)

### 5.3.3. Model vjerojatnosti pojave šumskog požara

Kako bi se istražila dinamika šumskog ekosustava, uvodi se vjerojatnost pojave šumskih požara (Slika 36.). Najčešći uzrok požara osim ljudske intervencije je udar groma. Učestalost udara groma ovisi o količini padalina na godinu. Ako su kiše redovite i obilne, tada se povećava vjerojatnost oluja i udara groma. Udar groma može izazvati požar u šumi, a to ovisi o nekoliko čimbenika. To su količina padalina u godini i za vrijeme vlažne godine je rjeđi udar groma nego za vrijeme sušne godine. Na učestalost požara utječe broj godina od posljednjeg požara. Ako je prošlo puno vremena od posljednjeg požara i ako u šumi ima suhih ostataka biomase mogu lako izazvati vatru [24].



Slika 36. Model požara (Izvor: Autor)

Ovaj model se može koristiti za istraživanje utjecaja šumskih požara na populaciju stabla. Nakon šumskih požara, niti jedna vrsta stabla ne postaje dominantna u šumi [24].

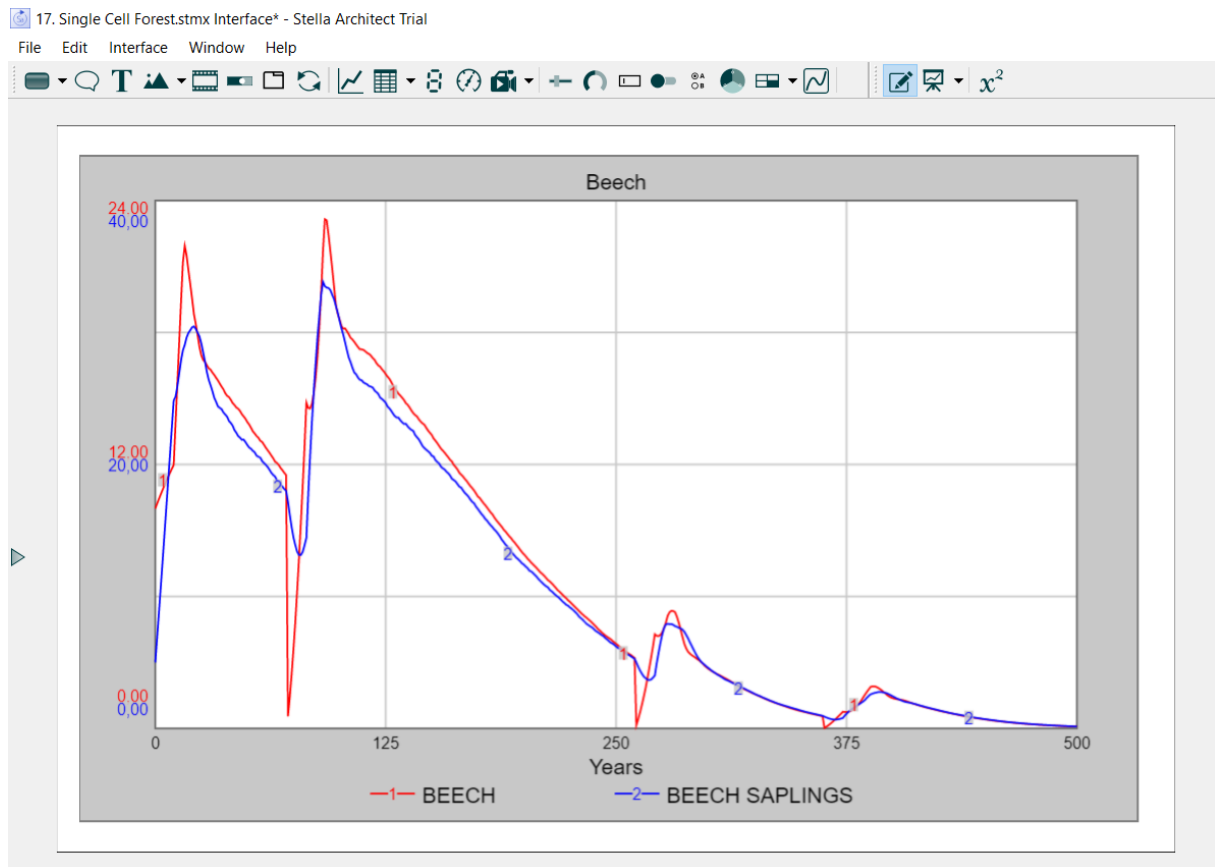
Za detaljniji prikaz ponašanja sustava u vremenu, a koja je grafički prikazana u obliku dijagrama toka se koristi sustav diferencijalnih jednačbi. Riječ je o jednačbama konačnih razlika čije su promjene varijabli male u malim intervalima vremena  $\Delta t$ , odnosno  $dt$ . Riječ je o oznakama za beskonačnu malu vremensku promjenu i koristi se u diferencijalnim jednačbama. Odabire se vremenski korak  $dt$  i to proizvoljno, s obzirom da bude manji kako bi te promjene u intervalima bile male. Simulacija se vrši i ubrajanjem tih malih promjena u malim vremenskim intervalima. Iz vrijednosti varijabli u vremenu  $t$  mogu se izračunati promjene u malom vremenskim intervalu  $dt$  gdje se njihovim pribrajanjem odnosno

oduzimanjem može izračunati vrijednost varijabli stanja sustava u vremenu  $t+dt$ . Prema tome je simulacija metoda numeričke integracije [19].

Sustav diferencijalnih jednažbi koji služi za opis beskonačnih malih promjena sustava u vremenu zamijenjen je drugim sustavom i to sustavom diferencijskih jednažbi (sustavom jednažbi konačnih razlika u konačnim i malim vremenskim intervalima). Tako se omogućuje izračun svih tih promjena računalom u nizu ali malenih vremenskih pomaka od početne do konačne vrijednosti [19].

## 6. Rezultati rada

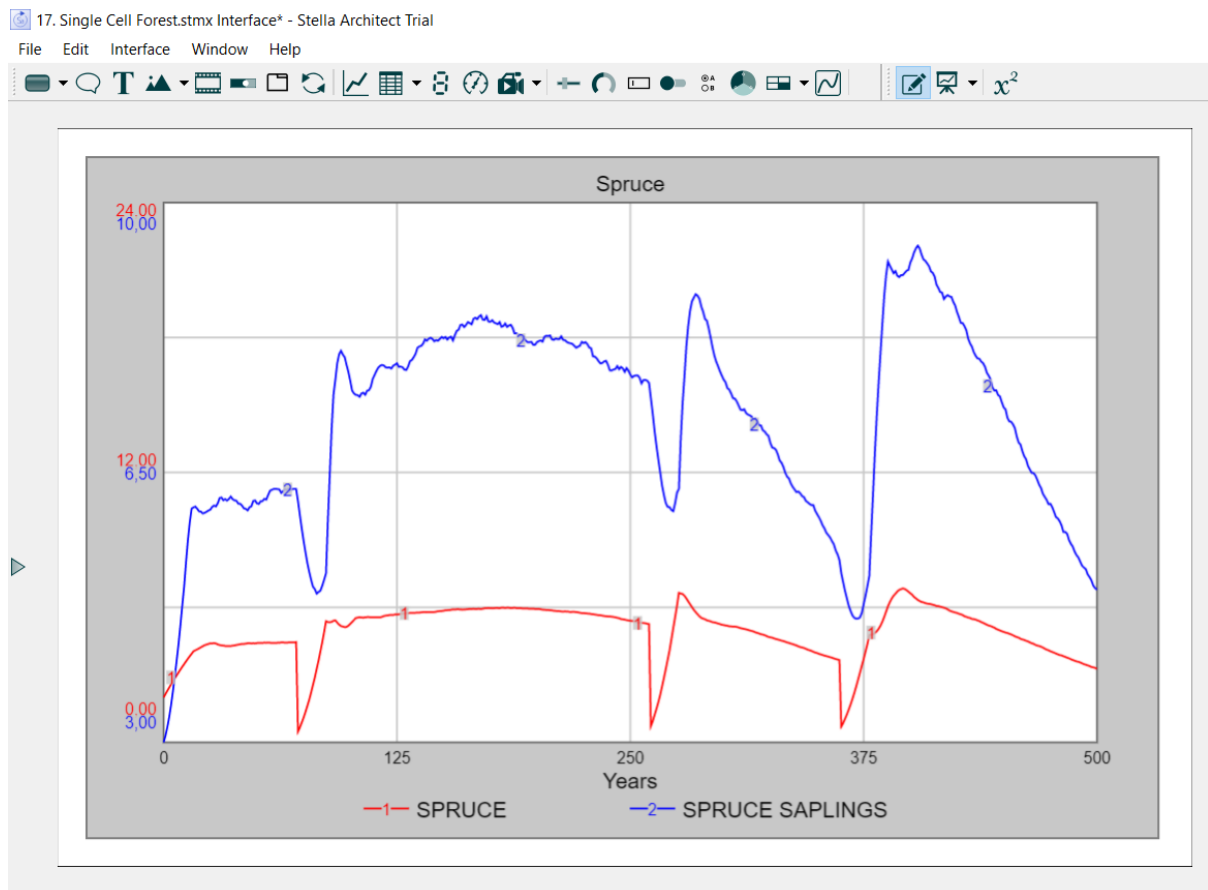
Rezultati dobiveni računalni modelom prikazani su na slikama 37. – 43.



Slika 37. Rezultat modela razvoja bukve (Izvor: Autor)

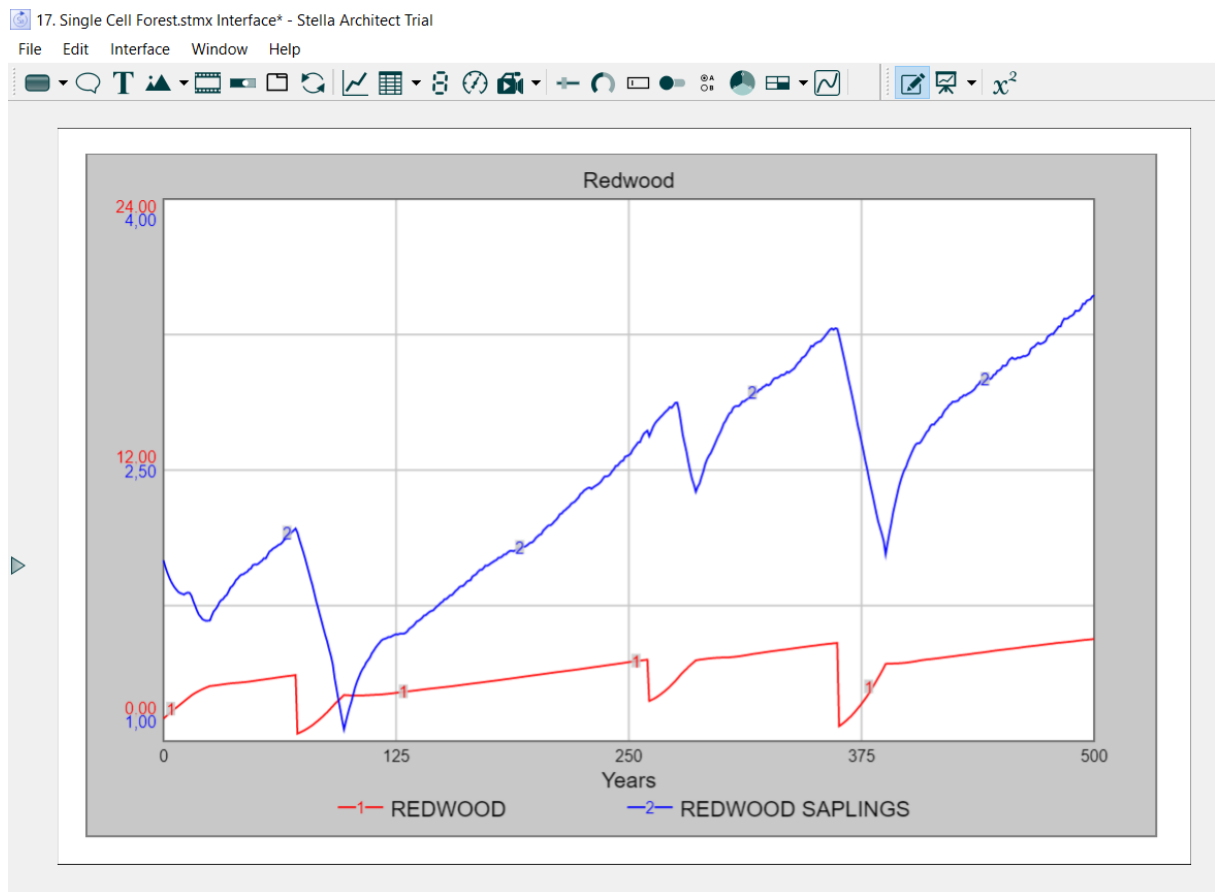
Slika 37. prikazuje graf u kojem su rezultati modela razvoja zrele bukve i mladice bukve kroz 500 godina. Zrela bukva ima dva vrhunca u svom razvoju. Prvi vrhunac je oko dvadesete godine starosti, drugi vrhunac je oko devedesete godine razvoja, a između ta dva vrhunca razvoja je strmi pad razvoja. Poslije devedesete godine slijedi lagani pad razvoja zrele bukve. Situacija je slična i kod mladica bukve.





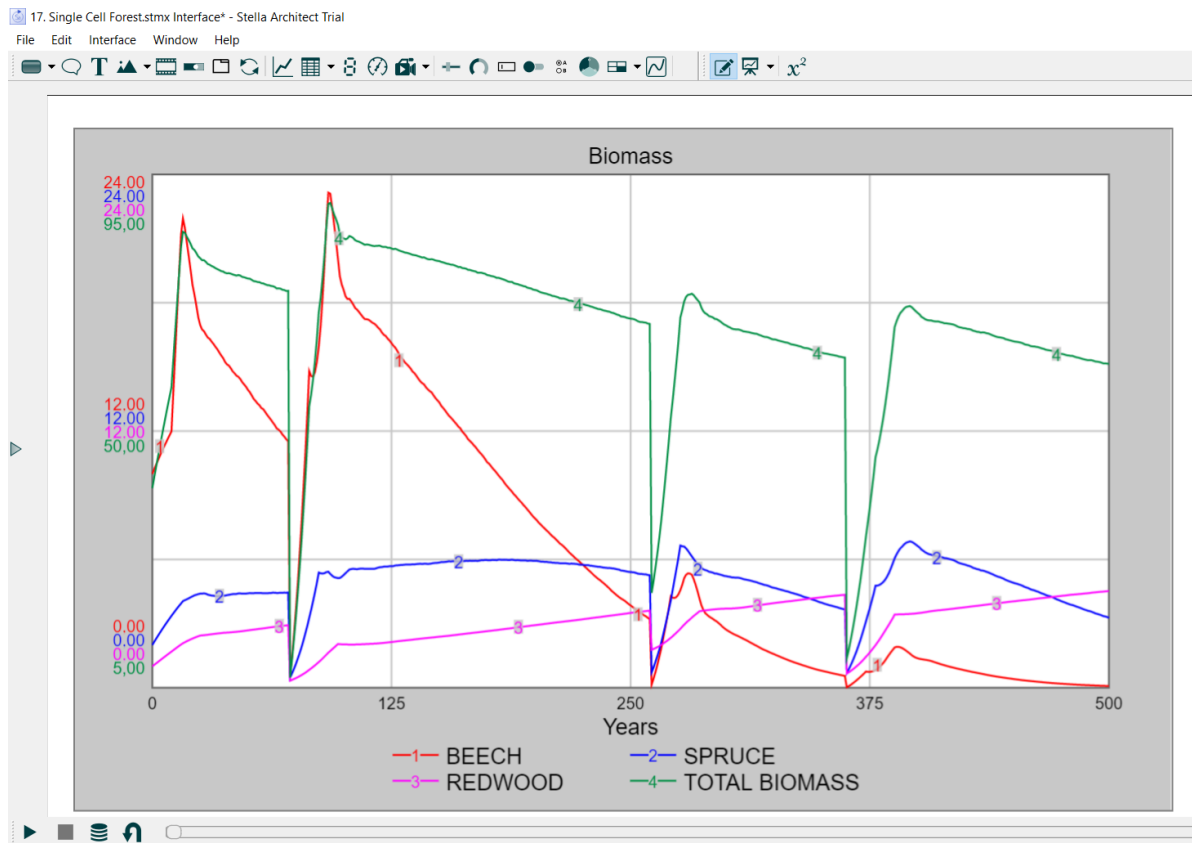
**Slika 38.** Rezultat modela razvoja smreke (Izvor: Autor)

Slika 38. prikazuje graf razvoja modela smreke u razdoblju od 500 godina. Primijećen je veći razvoj mladica smreke od zrele smreke. Graf prikazuje jednolični razvoj zrele smreke sa tri lagana pada u razvoju. Vidimo da je razvoj mladica smreke veći od razvoja zrele smreke, i ima tri veća pada u razvoju.



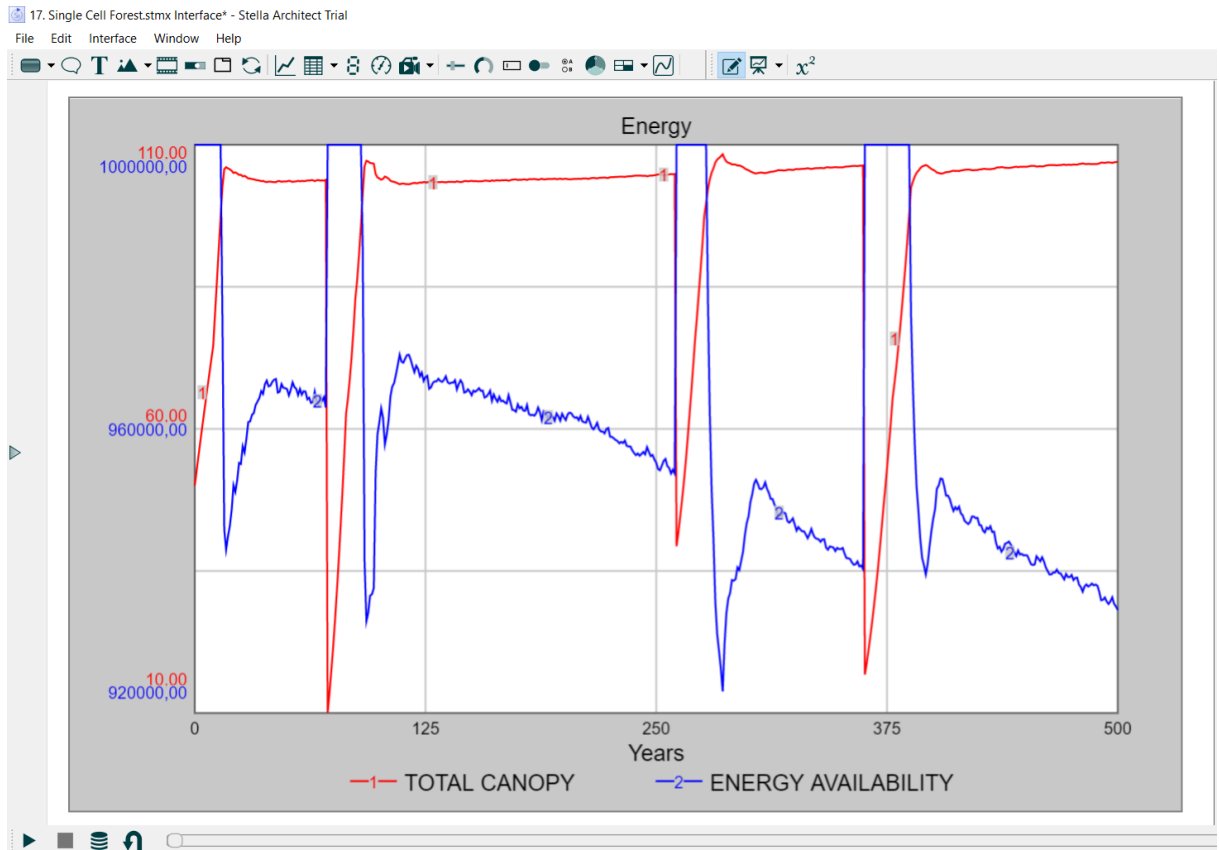
**Slika 39.** Rezultat modela razvoja sekvoje (Izvor: Autor)

Slika 39. prikazuje razvoj zrele sekvoje i mladice sekvoje tijekom 500 godina. Mladica sekvoje je dominantna u prvih 100 godina razvoja, nakon toga slijedi strmi pad, a nakon toga slijedi postepeni rast s dva blaga pada. Zrela sekvoja ima jednoličan razvoj s tri blaga pada.



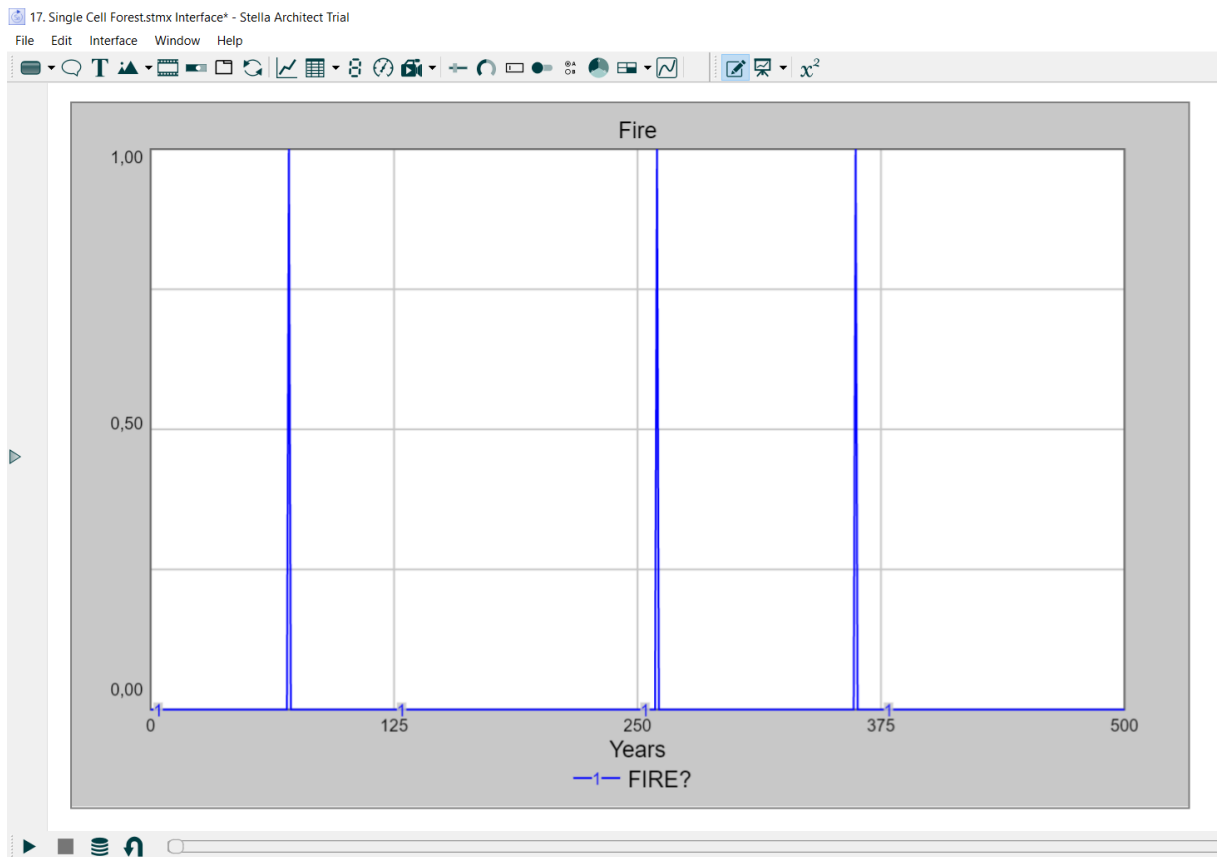
Slika 40. Rezultat modela biomase (Izvor: Autor)

Slika 40. prikazuje rezultate količine biomase drveća bukve, smreke i sekvoje, te ukupnu biomasu. Bukva ima od samog početka najveću količinu biomase, sa dva vrhunca do 125. godine, a onda slijedi lagani pad količine biomase. Količina biomase smreke je jednolična, sa tri lagana pada, i ona ima manju količinu biomase od bukve. Najmanju količinu biomase ima sekvoja, njezina je količina jednolična kroz godine sa tri pada kroz razdoblje od 500 godina. Ukupna biomasa ima nagli uspon na početku razdoblja, a tijekom 500 godina ima ti nagla pada i rasta. Ukupna biomasa je količinski najveća što su stabla starija.



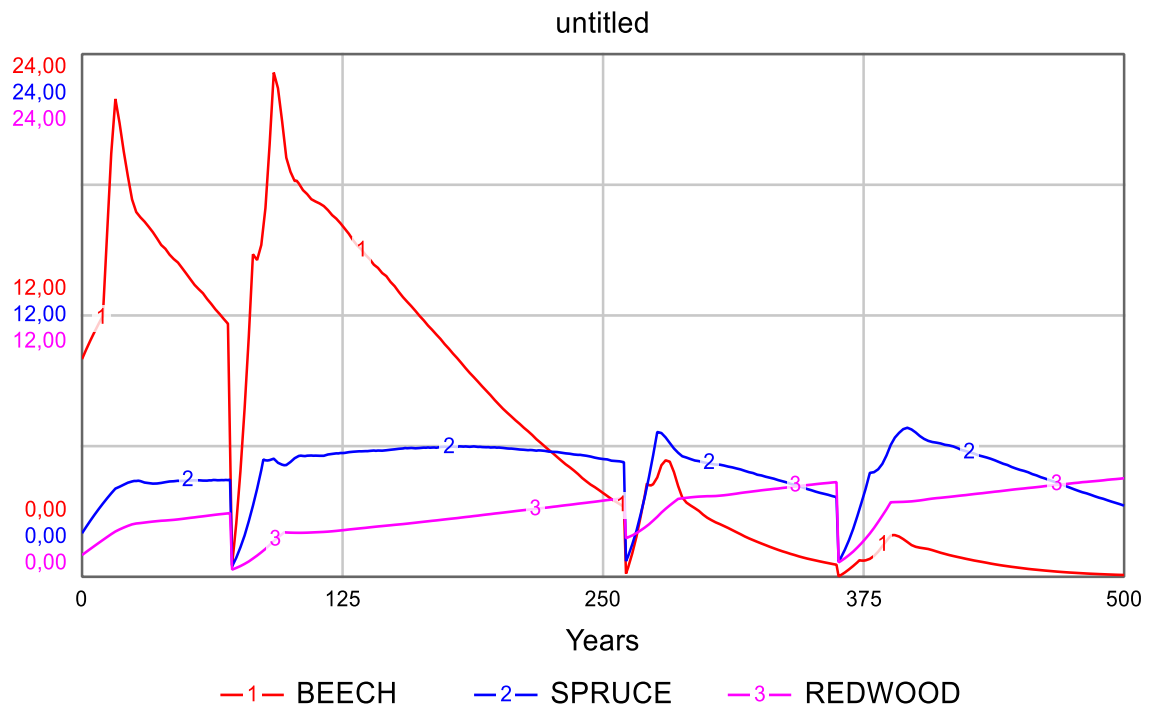
Slika 41. Rezultat modela raspoloživosti energije (Izvor: Autor)

Slika 41. Prikazuje odnos raspoloživosti energije i ukupne sjene stabala. Na početku razdoblja je najveća količina raspoložive energije jer je sjena stabala mala. Kako raste drveće, sjena postaje veća, a pada količina raspoložive energije koja je potrebna mladim biljkama za razvoj. Izmjena pada raspoložive energije i rasta sjene stabala je ujednačena tijekom 500 godina.



**Slika 42.** Rezultat modela pojavnosti požara (Izvor: Autor)

Slika 42. prikazuje pojavu požara u razdoblju 500 godina (tri puta).



**Slika 43.** Rezultat modela razvoj bukve, smreke i sekvoje (Izvor: Autor)

Usporedba razvoja bukve, smreke i sekvoje kroz 500 godina. Rezultat je prikazan na slici 43. Bukva ima nagli rast u prvih 20 godina, zatim slijedi nagli pad razvoja, pa opet nagli rast, te zatim lagani pad do kraja prikazanog razdoblja. Smreka ima mali i jednolični rast, sa tri manja pada tijekom 500 godina. Sekvoja ima najmanji rast, ali kontinuirani rast sa tri mala pada tijekom 500 godina.

## 7. Zaključak

*„Povjetarac je dirigent, drveće glazbenici, lišće instrumenti“*

Nathaniel LeTonnerre

Svijet ne shvaća ozbiljno učinak klimatskih promjena na okoliš, čak su emisije štetnih plinova porasle. Ako ništa ne poduzmemo, postoji mogućnost da izgubimo borbu protiv klimatskih promjena. Promjenom životnih navika nećemo smanjiti svoj životni standard, a život će biti kvalitetniji. Svijet je veoma rastrošan, a pogotovo se to odnosi na razvijenije zemlje. Budućnost svih je u opasnosti i ne smijemo čekati s aktivnostima dok ne bude prekasno. Vlada veliko zanimanje za buduće tehnologije koje mogu ukloniti CO<sub>2</sub> iz atmosfere. Treba reći da ih već imamo, a to su stabla. Ako velike predjele svijeta pošumimo i vratimo divljini, možemo pohraniti velike količine ugljika iz atmosfere. Bit će i drugih tehnologija koje mogu biti uspješne, ali još nisu razvijene i preskupe su kao što je tehnologija izravnog prikupljanja ugljikovog dioksida iz zraka (provodi se na Islandu).

Šuma je važan dio života čovjeka i ima velik utjecaj na okoliš. Možemo reći da je drvo živo biće koje diše i osjeća i zbog toga moramo biti oprezniji prema šumi. Složenost i povezanosti prirode najbolje pokazuje šuma, ali mi dalje uništavamo i ne vodimo računa o nastaloj šteti. Uništavanjem šume doprinosimo pogoršanju stanja Zemlje, dakle sve je manje kvalitetnog kisika za disanje, a sve je više ugljikovog dioksida u okolišu. Trebamo voditi zaštitu i sadnju šume prema načelima održivog razvoja i tako ćemo doprinijeti zaštiti okoliša od klimatskih promjena. Važno je educirati ljude o važnosti šume za okoliš, da se ne sječe i spaljuje u tolikoj mjeri. Ljudi mogu doprinijeti u zaštiti klimatskih promjena sadnjom nekoliko stabala. Svatko može sudjelovati u zaštiti Zemlje od klimatskih promjena i u tome je ljepota šume, jer svatko može posaditi stablo za spas klime.

U zadnjih nekoliko desetljeća je trend prekomjerne sječe i smanjenje šumske površine. Šuma je jedan od najvažnijih aspekata u zaštiti klime jer sudjeluje u održavanju ravnoteže u atmosferi. Za rast svoje vegetacije uzima ugljikov dioksid, a kao produkt nastaje kisik koji odlazi u atmosferu. Zbog veće količine CO<sub>2</sub> u atmosferi očekuje se povećanje temperature za oko 2 – 4° C u sljedećih 50 i 100 godina. Pri tome će razine oceana porasti, povećat će se broj poplava, pogoršati će se vremenski uvjeti i nastat će pustinje. Nekontrolirana sječa doprinosi eroziji tla i bržem otjecanju padalina. Dolazi do narušavanja estetskog izgleda i

povećanja broja požara. Nestanak šuma nepovoljno utječe na mnogobrojna staništa biljaka i životinja i moguće je povećanje nastanka otpada.

Ljudi sudjeluju u sječi šuma unazad 10 000 godina da bi dobili materijal za ogrjev, gradnju i napravili prostor za poljoprivredu. Zbog toga je svake godine sve manje šuma. Da se to spriječi, vrši se pošumljavanje. Pošumljavanje je jedna od mjera u ublažavanju klimatskih promjena. Akcija ublažavanja klimatskih promjena zahtijeva održivo gospodarenje šumama i smanjenje sječe šuma.

Šume imaju veliku ulogu u ekosustavu planeta Zemlje. Sudjeluju u opskrbi hrane, pročišćavanju vode, djeluje kao spremnik ugljikovog dioksida, pomažu u očuvanju i zaštiti biološke raznolikosti. Zato je bitno smanjiti krčenje šuma (primjer Amazonija) i degradaciju šuma. Da bi se to spriječilo, prvi korak je podizanje svijesti građana. Oni mogu sudjelovati u sadnji šuma. Održivo gospodarenje šumama podrazumijeva upravljanje šumama da sada i u budućnosti ispunjava ekološku i zaštitnu ulogu bez posljedica za sljedeću generaciju. Pojam održivog razvoja potječe od šumarstva, jedno od glavnih načela glasi: „Smije se posjeći onoliko stabala koliko je mladica zasađeno“.

Pošumljavanje je mjera za smanjenje štetnih učinaka stakleničkog efekta na Zemlji. Idealni su iz razloga što su jeftini i učinkoviti u odnosu na postojeću tehnologiju ublažavanja klimatskih promjena. Na žalost, sječa šume se nastavlja i nema naznaka da će se smanjiti. Ljudi bi trebali učiti na pogreškama prethodne generacije i starijih naroda. Mezopotamija i Rimsko Carstvo su propali iz razloga što su uništavali svoje šume za zadovoljenje tadašnjih potreba bez obzira na buduću generaciju. Dakle, čovjek je odgovoran za klimatske promjene i današnji cilj svijeta je ublažiti klimatske promjene. S tom je svrhom prihvaćen velik broj sporazuma i današnje poslovanje velikih proizvođača mora biti ekološki održiv.

Koncept održivog gospodarenja šumama je odgovoran za regulaciju šumske politike u cijelom svijetu i primjenjuje se u javnim i privatnim šumama. Prije 250 godina donesena je zakonska odredba koja je imala veliki pozitivan utjecaj na šume Republike Hrvatske. Zakonska odredba kazuje da se smije sjeći onoliko stabala koliko je bio njegov godišnji prirast. Zahvaljujući zakonskoj odredbi i načelu potrajnosti šume u Hrvatskoj su zdrave, vitalne i njihova količina se održava ili povećava. Šume RH su među najbogatijima u Europi. Kako bi se ljudi podsjetili na važnost šume, 21. ožujak se obilježava kao Svjetski dan šuma.

Drveće na Zemlji upija ugljikov dioksid, a proizvodi kisik koji je važan za disanje svih živih bića. Postoji više vrsta uloga stabla, a neka od njih je zaštita okoliša od zagađenja zraka,



erozije tla i poplave. Šuma je uz vodu odgovorna za proizvodnju kisika. Bez stabla, Zemljina atmosfera bi bila otrovna i uvjeti za normalan život ne bi postojali. Drveće asimilira ugljikov dioksid preko svojih listova i kao produkt oslobađa kisik.

Kako bismo smanjili učinak klimatskih promjena bitno je očuvati šume i to tako da izbjegnemo degradaciju šume i povećamo šumsku površinu i kvalitetu drvenih proizvoda. Šuma djeluje kao filter vode za piće, hladi zrak, upija prašinu i vodu. Učinak šume na okoliš je nezamjenjiv i nemoguće je zamisliti život čovjeka bez šume. Drveće asimilira velike količine ugljikovog dioksida iz atmosfere, štite od štetnih UV zračenja, pročišćuje vodu i velik broj ljudi izravno živi od šume.

Postoji više funkcija šuma, neke od njih su hidrološke, protuimisijske, rekreacijske, turističke i zdravstvene. Svaka od njih ima utjecaj na okoliš i ljude. Najveći kopneni spremnik ugljika je šuma i igra veliku ulogu u kruženju ugljika. Uklanja ugljikov dioksid u procesu fotosinteze i to asimilacijom nekoliko milijuna tona ugljikovog dioksida iz atmosfere. Ponor ugljika je proces u kojem se prilikom sagorijevanja drva ugljikov dioksid vraća u atmosferu i vraćeni CO<sub>2</sub> se računa kao emisija stakleničkih plinova, a jedan dio je trajno ugrađen u pohraništa. Održivim gospodarenjem šumama se omogućuje ponor ugljika i emisija uklonjenog ugljika je veća od emisije u atmosferi.

Sječom šuma se doprinosi nestanku velikog broja biljnih i životinjskih vrsta. Osim sječe, šuma se uništava radi stvaranja poljoprivrednog tla, izgradnje naselja i infrastrukture. Aktivnosti poput gradnje kuće, iz industrije i prometa se doprinosi povećanju uskladištenog ugljika u atmosferu. Uništavanje šume ne doprinosi stvaranju samo ugljikovog dioksida, već i drugih stakleničkih plinova poput metana, dušikovog oksida, dušične kiseline, metil klorida i ugljikovog monoksida. Metan i aktivni plinovi su odgovorni za proizvodnju ozona čime se stvara hidroksilni radikal koji je odgovoran za životni vijek atmosferskog plina.

Svaka osoba može sudjelovati u spašavanju okoliša i ublažavanju klimatskih promjena i to promjenom svojih životnih navika. Mogu posaditi jedno stablo ili sudjelovati u kampanji Billion Tree. Cilj kampanje je posaditi više od 3 milijuna stabla. Ako osoba nije u mogućnosti posaditi stablo, svoj doprinos u zaštiti okoliša može postići instalacijom aplikacije Plant – for – the – planet. Aplikacija omogućuje ljudima da uz nekoliko koraka sudjeluje u sadnji drveća.

Cilj rada je prikazati rezultate sadnje 250 mladica bagrema na privatnoj parceli. Za pošumljivanje je korišten bagrem i kupljeno je 250 mladica iz Mađarske. Bagrem je odabran iz razloga što je jednostavan, nije zahtjevan i brzo raste. Bitno je prije sadnje razmisliti o

lokaciji, izboru vrste i načina pošumljavanja, vremenskim uvjetima tokom sadnje i svojstvima terena. 250 mladica bagrema je posađen na 0,3 hektara i sadnja je trajala nekoliko dana. Uvjeti tokom sadnje su bili dobri i vrijeme je bilo idealno bez vjetra i previsokih temperatura. Područje sadnje je bogato vodom zbog blizine potoka Gliboki. Područje nije ograđeno i teren je čist i pruža neometan prilaz životinjama.

Prije sadnje je potrebno sjeći trula i nekvalitetna drva kako bi se napravilo mjesta za mladice bagrema. Za održivu sječju je potrebno nabaviti elaborat gospodarenja i predati zahtjev za doznaku stabala. Doznaka je potrebna za obnovu šumu. Nakon toga se radi sadnja i njega mladica bagrema. Sadnja je obavljena u proljeću i iskopana je rupa duboka pola metra za sadnju mladica bagrema. Između sadnica bagrema je razmak od 1,5 metra i svaka je označena s bijelom vrpcom kako bi se pratilo stanje mladice. Bijela vrpca se uklanja nakon nekoliko godina kada mladice porastu. Sadnja se radila s predviđanjem da sve posađene mladice neće uspjeti. Mladice koje se nisu razvile su bile oštećene. Za oštećenje mladica su odgovorni biotički i abiotički čimbenici. Biotički uzročnici oštećenja mladica bagrema su srne i biljke poput bršljana. Abiotički uzročnici oštećenja mladica su vjetar i nedostatak vlage zbog čega su se mladice slomile i osušile. Pošumljivanje je bilo uspješno u 70% slučajeva i planira se novo pošumljivanje na drugoj lokaciji s drugim vrstama drveća. U budućnosti se očekuje daljnji napredak i razvoj mladica bagrema u lijepu i gustu šumu koja će doprinositi smanjenju učinaka klimatskih promjena na okoliš.

U eksperimentalnom dijelu rada su definirani i opisani konceptualni modeli šume bagrema. Odabrana su tri modela, a to su uzrok – posljedica, dijagram uzročnih petlji i dijagram ciklusa aktivnosti.

Model uzrok - posljedica opisuje posljedicu rasta i razvoja bagrema, a sastoji se od četiri uzroka. Uzorci su ljudski faktor, klimatski uvjeti, prisutnost životinja i uvjeti šume. Uzorci se sastoje od nekoliko poduzoraka koji opširnije opisuju učinak uzroka na posljedicu.

Drugi model je dijagram uzročnih petlji i ima veliku primjenu u akademskim radovima i prikazuje povratnu informaciju koji su odgovorni za problem. Dijagram se sastoji od povratne petlje koje mogu biti pozitivne i negativne. Dijagram prikazuje uzročno – posljedičnu vezu kod šume bagrema. Dvije uzročne veze su sadnja i sječa.

Treći model prikazuje dijagram ciklusa aktivnosti i opisuje korist od stabla bagrema. Bagrem se koristi kao drvo za ogrjev. Ciklus je zatvoren i prikazuje životni ciklus drva bagrema za ogrjev. Idealan je za prikaz aktivnosti resursa i entiteta.

Za modeliranje ekoloških modela je važno odrediti dinamiku pojedine populacije. Važan element modeliranja je određivanje i definicija jedinične stanice. To je maksimalna površina šume gdje jedno stablo može rasporediti svoje sjeme na okolna područja. Svaka zakrpa sadrži samo jednu jediničnu stanicu. Prije početka modeliranja mora se utvrditi nekoliko elemenata, a to su rast i populacija drveća, otpor i tolerancija na sjenu, vrijeme rasta i razvoja, proizvodnja i stopa širenja sjemena i vjerojatnost klijanja sjemena. Vrijeme sazrijevanja se definira kao konstanta za svako stablo. Tolerancija sjene je karakterističan za svaku vrstu stabla. Na vjerojatnost klijanja sjemena i stope smrtnosti najviše utječe količina sunčeve svjetlosti koju stablo primi.

Pogrešno je današnje čovjekovo razmišljanje da se okoliš i priroda mora prilagoditi njegovom načinu života, a zapravo bi trebalo biti obratno. Svi mi se moramo prilagoditi okolišu i poštovati njegova pravila. Tradicija je da se na Dan planeta Zemlje posadi jedno drvo.

Mi ne možemo preživjeti bez prirode i planeta, a priroda i planet mogu bez nas!

## 8. Literatura

- [1] Delić, A. i Vijtiuk, N. (2004) *Prirodoslovlje*. Zagreb: Školska knjiga.
- [2] Udovičić, B. (2009) *Čovjek i okoliš*. Zagreb: Kigen.
- [3] Butorac, M. (2016) *Šume i šumarski sektor u svijetu klimatskih promjena*. Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet. Dostupno na: <https://repositorij.sumfak.unizg.hr/islandora/object/sumfak%3A598/datastream/PDF/view> (04.03.2021.)
- [4] Svjetski dan šuma (2019) Dostupno na: <https://www.hrsume.hr/index.php/hr/75-news/latest-news/977-svjetski-dan-suma-4> (08.03.2021.)
- [5] Babić, K. i Park Božanske Energije (2011) *Drvo života: Spasimo šume, vodu i kisik*. Zagreb: Park Božanske Energije.
- [6] Hrvatske šume (2019) *Godišnje izvješće 2019*. Zagreb: Hrvatske šume. Dostupno na: [https://www.hrsume.hr/images/stories/godisnja-poslovna-izvjesca/godisnje\\_izvjesce\\_za\\_2019.pdf](https://www.hrsume.hr/images/stories/godisnja-poslovna-izvjesca/godisnje_izvjesce_za_2019.pdf) (02.03.2021.)
- [7] Tikvić, I. (2015) *Značaj naknade za općekorisne funkcija u hrvatskom šumarstvu*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet. Dostupno na: <https://www.sumari.hr/250/mat/7-Tikvic.pdf> (08.03.2021.)
- [8] Boltz, F., Bruner, A., Gascon, C. i Mittermeier, R.S. (2011) Chapter 4: Forest Conservation. U: Mittermeier, C.G. (ur.), *A Climate For Life: Meeting The Global Challenge*. London: Cemex, str. 121. – 153.
- [9] Anić I., Matić S. (2016) Šume: Šume i šumarstvo Republike Hrvatske. U: Neidhart, V. (ur.) *Hrvatska prirodna bogatstva*. Zagreb: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, str. 167 – 174.
- [10] Zakon o šumama NN 68/2018, 115/18, 98/19, 32/20, 145/20 (2018) Dostupno na [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018\\_07\\_68\\_1392.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_07_68_1392.html) (01.03.2021.)
- [11] Dan planeta Zemlje (2016) Dostupno na: <https://www.hrsume.hr/index.php/hr/75-news/latest-news/674-dan-planeta-zemlje-2> (04.03.2021.)
- [12] Delpero, C. (2020) *Fanny – Pomme Langue: Ciljevi bioraznolikosti neostvarivi bez podrške privatnih šumovlasnika*. Zagreb: Hrvatski savez udruga privatnih šumovlasnika.

Dostupno na: <https://www.hsups.hr/fanny-pomme-langue-ciljevi-bioraznolikosti-neostvarivi-bez-podrske-privatnih-sumovlasnika/> (06.03.2021.)

[13] Felber, S. i Ekovjesnik (2019) *Sadnja drveća nikad nije bila jednostavnija!* Zagreb: Ekovjesnik. Dostupno na: <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/2192/sadnja-drveca-nikada-nije-bila-jednostavnija> (14.03.2021.)

[14] Bagrem. Dostupno na: <https://www.medonosnobilje.com/bagrem> (04.03.2021.)

[15] Bagrem. Dostupno na: <https://www.vrtlarica.com/sadnja-uzgoj-bagrema/> (31.03.2020.)

[16] Pierce, S. Je li sramežljivost kruna stvarna – fenomen stabla koja se ne dodiruju. The magazine. Dostupno na: <https://hr.nowinthegarden.com/3474-is-crown-shyness-real--the-phenomenon-of-trees-that-d.html> (06.04.2021.)

[17] Antolović G. (2016). *Alati za konceptualno modeliranje podataka* (Završni rad). Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Fakultet ekonomije i turizma „Dr. Mijo Mirković“, Pula. Dostupno na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/unipu%3A580/datastream/PDF/view> (13.01.2020.)

[18] Ferenčak N. (2017). *Izrada konceptualnih modela sustava za pročišćavanje vode* (Završni rad). Sveučilište Sjever, Odjel za Graditeljstvo, Varaždin. Dostupno na: [file:///C:/Users/Korisnik/Desktop/Diplomski%20rad/ferencak\\_nikolina\\_unin\\_2017\\_zavrs\\_struc.pdf](file:///C:/Users/Korisnik/Desktop/Diplomski%20rad/ferencak_nikolina_unin_2017_zavrs_struc.pdf) (13.01.2020.)

[19] Gotal Dmitrović L., Dušak V., Milković M. (2017) *Modeliranje informacijskih sustava za zaštitu površinskih voda*. Varaždin: Sveučilište Sjever.

[20] Čelar D., Valečić V., Željezić D., Kondić Ž. (2014) Alati za poboljšavanje kvalitete. *Technical journal*. 8, 3 str. 258-268. Dostupno na: [file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/tj\\_8\\_2014\\_3\\_258\\_268.pdf](file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/tj_8_2014_3_258_268.pdf) (13.01.2021.)

[21] Jerbić, L. (2019) *Dijagrami uzročnih petlji*. Završni rad. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Odjel za informatiku. <https://core.ac.uk/download/pdf/232988119.pdf> (09.03.2021.)

[22] Božikov, J. (2007) *Modeliranje i simulacija*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Medicinska Naklada. Dostupno na: [https://bib.irb.hr/datoteka/347082.modeliranje\\_i\\_simulacija\\_-\\_v2a2.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/347082.modeliranje_i_simulacija_-_v2a2.pdf) (09.03.2021.)

[23] Čerić, V. (1993) *Simulacijsko modeliranje*. Zagreb: Školska knjiga.

[24] Hannon, B. i Ruth, M. (2001) *Dynamic Modeling*. New York: Springer. Dostupno na:  
<file:///C:/Users/Korisnik/Desktop/Dynamic%20modeling%201%20dio.pdf> (07.04.2021.)

## Popis slika

<b>Slika 1.</b> Sličnost goda drveta s otiskom prsta čovjeka .....	5
<b>Slika 2.</b> Uloga stabla u smanjenju učinaka klimatskih promjena .....	7
<b>Slika 3.</b> Uloga šume kao ponor ugljika .....	7
<b>Slika 4.</b> Koncentracija ugljikovog dioksida danas i u budućnosti .....	9
<b>Slika 5.</b> Posljedica deforestacije šume u okolišu .....	10
<b>Slika 6.</b> Uništena tropska šuma u Brazilu .....	10
<b>Slika 7.</b> Zasadi jedno stablo za Dan planeta .....	16
<b>Slika 8.</b> Aplikacija Plant - for - the – planet .....	17
<b>Slika 9.</b> Odraslo stablo bagrema fotografiran u ožujku 2021. godine .....	20
<b>Slika 10.</b> Fenomen razgranate krošnje .....	20
<b>Slika 11.</b> Satelitska snimka lokacije sadnje bagrema .....	21
<b>Slika 12.</b> Staza koja vodi do šume bagrema .....	22
<b>Slika 13.</b> Otvorenost područja šume .....	22
<b>Slika 14.</b> Potok Gliboki .....	22
<b>Slika 15.</b> Doznačeno stablo za rušenje radi promicanja održivog razvoja .....	23
<b>Slika 16.</b> Posječena bijela topola pokraj tri stabla bagrema radi održivog razvoja .....	25
<b>Slika 17.</b> Mlada šuma bagrema s desne strane staze 2020. godine .....	26
<b>Slika 18.</b> Mlado, pojedinačno stablo bagrema 2020. godine s desne strane staze .....	26
<b>Slika 19.</b> Mlado, pojedinačno stablo bagrema 2020. godine s lijeve strane staze .....	26
<b>Slika 20.</b> Mlada šuma bagrema s lijeve strane staze 2020. godine .....	26
<b>Slika 21.</b> Oštećenje bagrema poslije dolaska srna .....	27
<b>Slika 22.</b> Slomljena mladica, vjerojatni uzrok je vjetar .....	27
<b>Slika 23.</b> Bršljan na stablu .....	27
<b>Slika 24.</b> Petogodišnja šuma bagrema .....	28
<b>Slika 25.</b> Uzrok - posljedica dijagram rasta i razvoja bagrema .....	31
<b>Slika 26.</b> Dijagram uzročnih petlji - šuma bagrem .....	33
<b>Slika 27.</b> Dijagram ciklusa aktivnosti - korist od bagremovog drva .....	34
<b>Slika 28.</b> Prikaz odnosa sustava, konceptualnog modela i računalnog modela .....	35
<b>Slika 29.</b> Simboli u dijagramu toka .....	36
<b>Slika 30.</b> Računalni model .....	37
<b>Slika 31.</b> Model rasta stabla bukve .....	38
<b>Slika 32.</b> Model smreke .....	39

<b>Slika 33.</b> Model sekvoje.....	40
<b>Slika 34.</b> Model raspoloživosti energije .....	41
<b>Slika 35.</b> Model doprinosa biomase.....	42
<b>Slika 36.</b> Model požara .....	43
<b>Slika 37.</b> Rezultat modela razvoja bukve.....	45
<b>Slika 38.</b> Rezultat modela razvoja smreke .....	46
<b>Slika 39.</b> Rezultat modela razvoja sekvoje .....	47
<b>Slika 40.</b> Rezultat modela biomase.....	48
<b>Slika 41.</b> Rezultat modela raspoloživosti energije .....	49
<b>Slika 42.</b> Rezultat modela pojavnosti požara.....	50
<b>Slika 43.</b> Rezultat modela razvoj bukve, smreke i sekvoje.....	51





IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim privajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Mateja Ammon (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Razvoj modela sume bagrema (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Mateja Ammon  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Mateja Ammon (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Razvoj modela sume bagrema (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Mateja Ammon  
(vlastoručni potpis)