

# Utjecaj snijega na poljoprivredne kulture

---

Som, Karolina

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:417808>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-26**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Karolina Som

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

## **Utjecaj snijega na poljoprivredne kulture**

Završni rad

Osijek, 2022.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Karolina Som

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Utjecaj snijega na poljoprivredne kulture**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. Prof. dr. sc. Bojan Stipešević, mentor
2. Izv. prof. dr. sc. Bojana Brozović, član
3. Izv. prof. dr. sc. Ranko Gantner, član

Osijek, 2022.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

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

Završni rad

Karolina Som

### Utjecaj snijega na poljoprivredne kulture

**Sažetak:** U radu se govori o snijegu i njegovom utjecaju na poljoprivredne kulture. Snijeg je oborina koja nastaje prilikom niskih temperatura. Vodena para u oblacima smrzava se u sitne kristaliće leda koji se vežu u snježne pahuljice. Nepovoljne prilike nastaju zbog velike visine snijega, dugotrajnog padanja snijega te snijega velike težine, dok je snijeg u isto vrijeme pozitivna pojava kao toplinski izolator ozimih usjeva. Uslijed globalnog zatopljenja, na prostorima Republike Hrvatske snijeg se pojavljuje kasnije, kopni ranije, a izraženije su olujne epizode s vrlo nepovoljnim posljedicama kako za poljoprivredu, tako i za druge aktivnosti.

Ključne riječi: snijeg, prostorni raspored, pojavnost snijega, globalno zatopljenje

20 stranica, 4 tablica, 17 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

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

BSc Thesis

Karolina Som

### Impact of snow at agricultural crops

**Summary:** This paper discusses snow and its impact on agricultural crops. Snow is precipitation that occurs at low temperatures. Water vapor in the clouds freezes into tiny ice crystals that bind into snowflakes. Adverse conditions occur due to high snowfall, long-term snowfall and heavy snow, while snow is at the same time a positive phenomenon as a thermal insulator of winter crops. Due to global warming, in the territory of the Republic of Croatia snow appears later, melt earlier, and storm episodes are more pronounced with very unfavorable consequences for agriculture and other activities.

Key words: snow, spatial distribution, snow occurrence, global warming

20 pages, 4 table, 3 graphs, 3 figures, 21 references

BSc Thesis is archived in Lybrary of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

## Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD .....  | 1  |
| 2. SNIJEG.....   | 2  |
| 2.1. Definicije i karakteristike snijega .....             | 2  |
| 2.2. Nepovoljni utjecaji snijega .....                     | 6  |
| 3. SNIJEG I NJEGOV UTJECAJ NA POLJOPRIVREDNE KULTURE ..... | 9  |
| 3.1. Klima i temperatura .....                             | 9  |
| 3.2. Vlažnost tla i voda u tlu .....                       | 10 |
| 3.3. Poljoprivredne kulture .....                          | 14 |
| 3.4. Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivredu .....    | 16 |
| 4. ZAKLJUČAK .....   | 20 |
| 5. LITERATURA.....   | 21 |

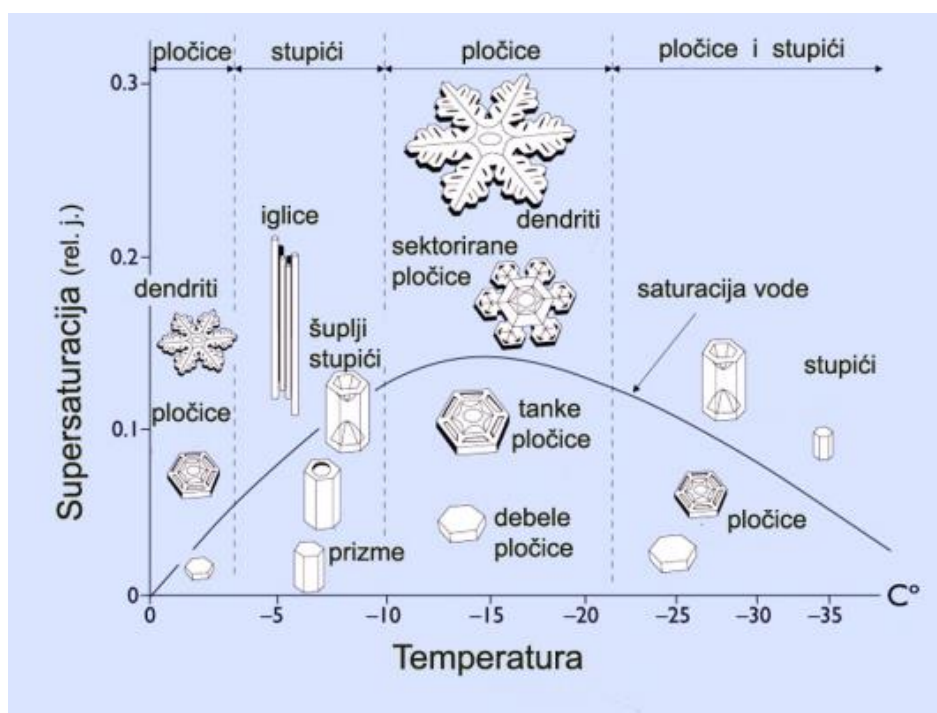
## 1. UVOD

Malo je zapisa o snijegu iz daleke prošlosti jer su se velike civilizacije razvijale tamo gdje snijega nije bilo ili ga je bilo vrlo malo. Što se tiče vrsta snijega, postoje sljedeći: prašinski, pršić, mokri, zrnati, korasti, omekšani, stari i novi, a postoje i razne snježne tvorevine poput strehe, mraza,inja, snježnih valova, rupa u snijegu. Jedna od najvećih opasnosti jest lavina, koju čini snijeg koji se kreće niz padinu, uz uvjet da padina ima dovoljno velik nagib kako bi se lavina pokrenula. Pojavnost snijega u ovisnosti je o godišnjem dobu, klimi i temperaturi, pa je stoga podložan utjecaju klimatskih promjena, ali još uvijek ima utjecaja na poljoprivredu kroz svoja termoizolacijska svojstva, te doprinosi vlažnosti tla i općenito količini vode u poljoprivrednom prostoru. Biljke se mogu prilagoditi niskim temperaturama, no mogu stradati ukoliko duže budu pod ledenom korom zbog gušenja i nedostatka hraniva.

## 2. SNIJEG

### 2.1. Definicije i karakteristike snijega

Snijeg je oborina koja nastaje pri niskim temperaturama. Vodena para u oblacima izravno se smrzava u sitne ledene kristaliće, koji se onda vežu u snježne pahuljice. Tijekom padanja iz oblaka prema tlu, kristalići se međusobno sudaraju, razbijaju, spajaju, djelomično tope ili spajaju s kišnim kapima, a to sve utječe na konačan oblik snježne pahuljice. Najčešće pada na temperaturi zraka oko 0 °C jer topliji zrak može sadržavati više vlage, no istraživanja su pokazala da nikada nije prehladno za padanje snijega; može sniježiti i na iznimno niskim temperaturama zraka ukoliko postoji vlaga i dizanje ili hlađenje zraka (CZ, 2021.).



Slika 1. Morfološki diagram snježnih pahuljica (Izvor: Vučić, 2008.)

Snijeg koji se zadržava na granama, u narodu se naziva kitina, dok snijeg koji pada u velikim krpama i sve zamete naziva se plaštaš ili lopatar, a sitni snijeg koji škripi pod nogama naziva se i sušac. Međutim, potrebno je razlikovati snijeg koji bešumno lepršajući pada prema tlu te onaj koji je nataložen na tlu. Već su stari Grci znali tu razliku i snijeg koji pada iz oblaka nazivali niphos, a sloj snijega na zemlji shion, no u hrvatskom jeziku ta razlika ne postoji.

Zapisa iz daleke prošlosti o snijegu, točnije o snježnim kristalima vrlo je malo, dok je razlog tomu to što su skoro sve velike civilizacije nastale i razvijale se na područjima gdje nije bilo snijega ili je snijeg bio izuzetno rijetka pojava. Meteorolozi snijeg ubrajaju u hidrometeore, a u skupinu snježnih tvorevina uz snijeg spadaju još solika te zrnat snijeg. Ponekad snijeg pada pomiješan s kišom i takva oborina naziva se susnježica (DHMZ, 2021.).

Što se tiče vrsta snijega, navode se sljedeći:

- prašnasti ili prašnasti- nastaje kod niskih temperatura te je opasan jer omogućava stvaranje prašnastih lavina
  - pršić- nastaje kod temperature svega nekoliko stupnjeva ispod nule
  - mokri snijeg- temp oko 0 °C, težak je te stvara poteškoće pri hodanju
  - zrnati snijeg
  - korasti snijeg- ovisno o debljini i čvrstoći, kora može poduprijeti težinu čovjeka ili kroz nju propadamo pa je kretanje otežano
  - omekšani i odležani- danju se na površini omekša, a noću se smrzne, prikladniji za hodanje
  - stari snijeg- tvrdi snijeg koji je ležao najmanje godinu dana, a nije se još preradio u ledenjački led
  - novi snijeg- tek pao pa nije pretrpio značajnije promjene
- (SPVZ, 2021.).

Nadalje, postoje i snježne tvorevine:

- strehe- masa sabijenog snijega koja se na grebenima oblikuje pod utjecajem vjetra na strani koja je u zavjetrini, može biti nestabilna te je teško vidljiva sa strane privjetrine
- inje- naslaga ledenih kristala na drveću, stijeni te drugim objektima izloženih vjetru
- mraz- naknadni snijeg može prekriti mraz pa može nastati trajno nestabilan tanki sloj unutar snježnog pokrivača
- snježni valovi (eng. sastrugi)- snježna se površina mijenja i nastaju oštre, nepravilne linije te utori koji podsjećaju na valove
- rupe u snijegu (eng. suncups)- mogu biti vrlo duboke, do 1 metar i više



- nives penitents- nastaju na većim nadmorskim visinama u obliku tankih i usko razmaknutih lopatica čvrstog snijega ili leda, a mogu biti visoke kao osoba (SPVZ, 2021.).

Svjež netaknut snijeg sadrži veliki postotak zraka koji je zarobljen između ledenih kristalića. Prijenos topline gotovo je onemogućen budući da se taj zrak ne može micati. Snježni pokrivač može se zamisliti kao prozor s jako mnogo stakala; između svakog stakla zrak stoji i ukoliko je s jedne strane prozora jako hladno, ta hladnoća neće prodrijeti na drugu stranu prozora. Svježe napadali snijeg sadrži i do 95 % zarobljenog zraka. Kao posljedica uzastopnog topljenja i smrzavanja, stvaraju se sige. Zbog nedostatka sunca, na sjevernoj je strani krova otapanje slabije ili ga uopće nema, dok će se na južnoj strani krova zbog topline sunčeve svjetlosti danju otapati, a noću smrznuti te tako stvoriti sige. Ukoliko se taj proces ponavlja više puta, sige mogu narasti i po nekoliko metara (CZ, 2021.).

Na visini od oko 3000 m, kada je temperatura zraka između 5 i 10 °C ispod nule, u oblacima nastaje snijeg koji počinje padati, dok tijekom padanja prolazi kroz toplu zonu na visini između 800 i 2000 m, gdje se pahuljice snijega otapaju i padaju kao kiša. Prolazeći kroz zonu hladnog zraka ispod 800 m visine, one se više nikada ne mogu vratiti u pahuljice snijega, već padaju i dalje kao kiša koja se na tlu prilikom dodira s hladnim predmetima odmah ledi. To je prema meteorološkom obrazloženju tzv. prehladna kiša, jer je temperatura kapi ispod 0 °C (može biti i ispod -40), no ledi se čim dotakne tlo (Uvodnik, 2014.).



Slika 2. Omekšani i odležani snijeg (Izvor: klima.hr/agro/agro\_zanimljivosti3.html)

Snijeg je egzogeni faktor koji ima veliki utjecaj na toplinsko stanje tla, jer je on zbog svoje bijele boje, odnosno kristalaste strukture odličan reflektor pa odražava znatan dio sunčeva

zračenja koje dolazi do njega. Mala provodljivost topline snježnih kristala i poroznost snijega, točnije velika količina zraka, koji je sam po sebi odličan izolator, sadržanog između snježnih kristala, snježnom pokrovu daju odlična izolatorska svojstva. Zato on sprječava odvođenje topline iz tla u hladniju atmosferu, odnosno smanjuje na minimum noćno izgaravanje. Kao dobar izolator, snijeg utječe i na dubinu smrzavanja tla; tlo pokriveno snijegom zamrznut će se do znatno manje dubine nego gola, nepokrivena tla. Temperature tla ispod snježnog pokrivača stalnije su i jednoličnije nego bez njega (Šegota, 1956.).



Slika 3. Snježni valovi (Izvor: [www.spvz.hr/visokogorsko-planinarenje/snijeg-led-i-ledenjaci/](http://www.spvz.hr/visokogorsko-planinarenje/snijeg-led-i-ledenjaci/))

Snijeg ima izrazito nepredvidiv, promjenjiv te specifičan karakter, što se razlikuje ovisno o klimatskim uvjetima pojedinih geografskih regija. Ovisno o geografskim područjima, snijeg se zadržava kraće ili dulje vrijeme, a ponegdje gotovo trajno. Pri tome su glavne veličine gustoća i visina snježnog pokrivača. Postoje velike razlike između „vlažnog“ i „suhog“ snijega te snijega koji se kraće ili dulje zadržava na tlu. Snijeg je uobičajena pojava u većem dijelu Hrvatske iako ima dosta nizinskih panonskih predjela gdje ponekad tijekom cijele zime može izostati. Tamo gdje su zimske padaline redovite, njegov udio u ukupnoj količini padalina kreće se između 5 – 20 %. Kao i kod količine padalina, tako se i u broju padalinskih dana (dana s padalina) očituje utjecaj blizine mora, reljefa te stupanj kontinentalnosti, a veliko značenje ima i srednje trajanje snježnog pokrivača na tlu te je ono u većoj mjeri određeno rasporedom temperatura zraka nego trajanjem padanja snijega. Snježni pokrivač

najkraće se zadržava u primorju (ukoliko snijeg tamo uopće padne), najčešće samo dan-dva, u Zagori najviše do deset dana. U najvećem dijelu panonskog područja snježni pokrivač zadržava se na tlu između 10 - 40 dana (Kuhta, 2012.).

## **2.2. Nepovoljni utjecaji snijega**

Opasne snježne prilike uključuju velike visine snijega, dugotrajno padanje snijega, snijeg velike težine. Zanimljivo je da u područjima gdje snijeg rijetko pada, čak i male visine snijega mogu izazvati negativne posljedice za ljude te odvijanje normalnog života, što otežava procjenu kritične visine ili opterećenja snijegom. Jedna od najvećih opasnosti jest lavina, koju čini snijeg koji se kreće niz padinu (klizi), pod uvjetom da je njezin nagib dovoljno velik da se lavina pokrene. Najviše se lavina pojavljuje ukoliko je kut nagiba padine između 30 i 45 °, no pod pravim uvjetima, lavine se mogu pojaviti na bilo kojem nagibu. Često izazivaju velike štete te gubitak ljudskih života. Najčešći su razlozi nastanka lavine nagib i orijentacija padine, vremenske prilike, stanje snježnog pokrivača, temperatura zraka, smjer vjetera i novi snijeg koji napada za vrijeme oluje, a važni su još i teren i vrsta vegetacije. Lavine se često pojavljuju u vododerinama i strminama, a guste šume mogu stabilizirati snježni pokrov te tako smanjiti mogućnost njihova nastanka. Nadalje, poledica može nastati i neposredno nakon dodira nepothlađenih kapljica rosulje ili kiše s površinama čija je temperatura znatno ispod 0 °C. Poledica može nastati na tlu, no i na predmetima na visini, primjerice drveću, biljkama, stupovima, građevinama i vodovima električne mreže. Poledice na tlu mogu se procijeniti iz istovremene pojave oborine i temperature zraka pri tlu gdje je manje od 0 °C ili je 0 °C. Temperatura zraka na tlu, na 5 cm visine mjeri se na malom broju postaja, no utvrđeno je da temperatura zraka na dva metra visine manje od 3 °C ili jednako 3 °C (standardno mjerenje) i pojava oborine stvara uvjete koji su povoljni za nastanak poledice na tlu (CZ, 2020.)

Snijeg u mnogim europskim područjima jedno je od važnijih djelovanja na konstrukciju, a to djelovanje ima izrazito nepredvidiv, promjenjiv i specifičan karakter, što se jako razlikuje ovisno o klimatskim uvjetima pojedinih geografskih regija, a ovisno o visinskim i geografskim područjima, snijeg se zadržava kraće ili dulje vrijeme te ponegdje gotovo trajno. Dosadašnje norme propisivale su opterećenje snijegom koje se nije temeljilo na klimatskim karakteristikama Hrvatske, već je uglavnom bilo preuzeto iz norma srednjoeuropskih zemalja (Njemačka). Te vrijednosti mogu se bitno razlikovati od onih koje se pojavljuju u Hrvatskoj, tako da su se dobivale vrlo neujednačene sigurnosti. Konstrukcije

su bile ili nesigurne ili čak neekonomične. Nepouzdanu određivanje opterećenja snijegom izrazito je utjecalo na lagane konstrukcije kod kojih je njihova težina relativno mala u odnosu prema opterećenju snijegom. Za vrijeme pojave velikih snježnih oborina 1990., u jednoj su se francuskoj regiji srušili mnogi krovovi. U 85 % slučajeva radilo se o čeličnim konstrukcijama, dok su u 15 % slučajeva u pitanju bile drvene konstrukcije. Analize provedene u Njemačkoj i Francuskoj dale su sljedeće podatke o uzrocima rušenja krovova od opterećenja snijegom:

- razina sigurnosti laganih konstrukcija smanjena je u odnosu na one teže
- loš projekt (odnosi se naročito na dimenzioniranje tlačnih elementa)
- slaba kvaliteta izvedenih radova
- neprimjereno proračunsko opterećenje zbog zanemarivanja lokalnog gomilanja
- zanemarivanje pojave kiše nakon padanja snijega te nisu uzete u obzir pojave iznimno velikog snijega
- loše održavanje konstrukcija (Zaninović i sur., 2001.).

Kod analize snježnog pokrivača, treba uzeti u obzir duljinu trajanja snježnog pokrivača, pogotovo pokrivenost tla snijegom u neprekinutom trajanju i njegovu debljinu (visinu snijega). Snijeg jest vrlo dobar toplinski izolator jer štiti ozimine od vrlo niskih temperatura, no ako traje suviše dugo, bez prekida, može izazvati jaču pojavu bolesti (*Fusarium nivale*) ili ugušenje usjeva od iscrpljenosti. Obično se obuhvaćaju podatci o broju dana sa snijegom na tlu, broj dana s padanjem snijega, duljina trajanja neprekinutog snježnog pokrivača, prvi i posljednji datum sa snijegom. Primjer je vidljiv u tablici 1.

Debljina snijega na tlu određuje se jednom dnevno, a iskazuje se u centimetrima. Posebno se mjeri visina ukupnog snijega, posebno visina novog snijega koji je pao u posljednja 24 sata. Na odabranim mjestima uzimaju se uzorci snijega pa se određuje njegova gustoća i sadržaj vode. Sloj svježeg snijega ima malu gustoću i malo vode, a jednaka debljina starog, zgnječnog snijega ima veliku gustoću te sadrži puno vode.

Mjerenja su pokazala kako je gustoća starog, djelomično zaleđenog snijega i po 20 puta veća od gustoće tek palog snijega (Penzar i Penzar, 1989.). U tablici 2 prikazana je ovisnost temperature tla o debljini snijega na tlu te temperaturi zraka.

Tablica 1. Srednji broj dana sa snijegom na tlu i broj dana s padanjem snijega za Osijek (Šikić 1962: 1901 – 1955)

| Mjeseci              | I    | II   | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | x    |
|----------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| Tlo pokriveno dana   | 12.7 | 10.1 | 2.9 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 6.4 | 33.3 |
| Padanje snijega dana | 7.6  | 6.1  | 3.8 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0 | 0.1 | 2.1 | 5.6 | 26.4 |

Tablica 2. Ovisnost temperature tla u dubini 3 cm o debljini snijega na tlu i temperaturi zraka (Lozić 2011: 19)

| Debljina snijega/ cm                        | 10  | 20  | 30 | 40 | 50 |
|---|-----|-----|----|----|----|
| Temperatura tla/ °C (uz temp. zraka -10 °C) | -7  | -5  | -4 | -3 | -2 |
| Temperatura tla/ °C (uz temp. zraka -20 °C) | -12 | -10 | -8 | -7 | -6 |

### **3. SNIJEG I NJEGOV UTJECAJ NA POLJOPRIVREDNE KULTURE**

#### **3.1. Klima i temperatura**

Klima predstavlja prosječne vremenske prilike koje su izražene pomoću srednjaka, ekstrema i varijabilnosti klimatskih veličina u dužem, najčešće 30-godišnjem razdoblju. Dok je vrijeme promjenjivo, klima je nepromjenjiva karakteristika neke geografske regije. Prema navedenom, definicija klimatskih promjena podrazumijeva statistički značajne promjene srednjeg stanja ili varijabilnosti klimatskih veličina koje traju desetljećima, ali i duže. Klimatski uvjeti uvelike djeluju na životnu okolinu ljudi te njihove društvene, gospodarske i turističke aktivnosti. Nadalje, klimatski model definira se kao simulacija klime prikazom komponenata klimatskog sustava (hidrosfera, atmosfera, kriosfera, tlo i biosfera) te njihovih međudjelovanja. Kod simulacija buduće klime klimatskim modelima, potrebno je razlikovati prognozu od projekcije jer ona određuje prikaz rezultata klimatskih modela. Klimatski modeli razvili su se na temelju vremenskih prognostičkih modela, no s obzirom na veliki broj izračuna koji su uključeni, klimatski modeli prikazuju odgovor klimatskog sustava na zadano vanjsko djelovanje u dužem razdoblju, a modeli prognoze vremena predviđaju vrijeme za nekoliko dana unaprijed. Godišnje prosječne temperature u Europi rastu brže od svjetskog prosjeka te se rast najviše osjeti zimi na sjeveru kontinenta i ljeti na Mediteranu. Količina godišnjih oborina raste u skoro cijeloj sjevernoj Europi i opada na većem dijelu Mediterana. Prema rezultatima združenog globalnog klimatskog modela za područje Europe sredinom 21. stoljeća, očekuje se porast prizemne temperature zraka u usporedbi s temperaturom 20. stoljeća. U zimskom razdoblju predviđeno zatopljenje bit će najveće u sjeveroistočnoj Europi (više od 3 °C), dok će ljeti najveći porast prizemne temperature zraka zabilježiti južna Europa, gdje na Pirenejskom poluotoku temperature mogu biti više i za 4 °C (Mamić, 2016.).

Izraz „globalno zatopljenje“ ili „globalno zahlađenje“ često se upotrebljava kao sinonim za klimatske promjene, što je netočno, no može se objasniti zašto dolazi do takve pogreške. Porast srednje temperature zraka najizričitiji je i ključan pokazatelj vidljive globalne promjene. Globalno zatopljenje statistički je značajan porast u globalnoj temperaturi zraka koja je uzrokovana prirodnim i ljudskim utjecajima tijekom nekoliko desetljeća ili tijekom dužeg razdoblja. Taj fenomen posljedica je efekta staklenika i trebao bi se promatrati na globalnoj razini, a ne u kontekstu lokalnih i/ili sezonskih odstupanja u meteorološkim podacima. Istraživanja u poljoprivredi pokazala su da će porast temperature koji je povezan

s klimatskim promjenama biti štetan u proizvodnji raznih grupa usjeva i stoke. U mjestima na svijetu gdje su moguće nestašice vode i toplinski udari, ili čak i kombinacija oboje, usjevi žitarica osjetljivi su čak i na vrlo male promjene u temperaturi. Svi usjevi bit će pogođeni temperaturnim promjenama, promjenama u količini padalina te u porastu atmosferske koncentracije ugljikovog dioksida. Na primjer, kod riže se očekuje povećani urod upravo zbog koncentracije CO<sub>2</sub> koja je veća nego dosadašnjih godina (oko 380 ppm), no procjenjuje se da će isti taj urod biti smanjen ukoliko temperatura poraste za 3 ili 4 °C. No, te projekcije temelje se na konstantnoj razini padalina te jednolikoj dostupnosti vode tijekom sezone, koja u najvećem dijelu utječe na promjene u količini uroda. Iako utjecaj CO<sub>2</sub> može pokazati povoljni utjecaj na rast biljke u eksperimentima, teoretski očekivani rezultati vjerojatno će precijeniti stvarni učinak CO<sub>2</sub> zbog kompliciranih čimbenika koji se pojavljuju u stvarnim uvjetima kao što su nametnici, korovi, nedostatak i nadmetanje biljaka za potrebnim životnim elementima te ekstremne pojave. Prema nekim znanstvenicima te interakcije nisu dobro shvaćene u velikim razmjerima niti su dobro implementirane u vodećim modelima (Veseli, 2020.).

### **3.2. Vlažnost tla i voda u tlu**

Na vlažnost tla bitno utječe reljef terena. Za vrijeme kiše i otapanja snijega voda se ne zadržava na uzdignutim i nagnutim dijelovima terena, već se slijeva na niža mjesta. Tako oborine, zajedno s izvorskom vodom, stvaraju površinske vodotoke, potoke i potočiće, koji prolaze kroz točila, klance, vododerine i korita. Na udubljenim dijelovima reljefa gdje nema otjecanja, nastaju privremena jezera, blata i močvare zbog zadržavanja vode. Povišeni dijelovi valovitog i gorovitog područja izloženiji su suncu i vjetru od kotlina i uvala pa se zato tlo na povišenim mjestima brže suši, dok na udubljenjima ostaje vlažno i mokro. Sve to utječe na poljoprivredne kulture i prirodno raslinstvo. U kišnim uvjetima, za vegetaciju su povoljniji ocjediti dijelovi reljefa, a u sušnim prilikama oni niži, bogatiji vodom. Ukoliko se negdje voda predugo zadrži, tlo se pojačanim kemijskim procesima previše osiromaši te postaje neprikladno za poljoprivrednu obradu; obrasta travnatom vegetacijom u kojoj sve više prevladava močvarno bilje pa sjenokoše daju sve lošiju krmu. Apsolutna vlažnost, tlak pare te omjer miješanja veći su tamo gdje se zadržava voda (ribnjaci, jezera, močvare, potoci, rijeke), gdje je tlo više mokro i obraslije raslinjem (kotline, udubljenja na terenu, podnožja obronaka, rubovi vodotoka). Osim količine oborina, važno je poznavati i broj dana s oborinom, a to su oni dani kad je padala kiša, snijeg, rosulja ili neka druga vrsta oborine u

izmjerljivoj količini, što znači u količini od barem 0,1 mm. Intenzitet oborine jest omjer između količine oborine u milimetrima te njezina trajanja u minutama, a takvi podatci mogu se dobiti samo na stanicama gdje postoje ombrografi. Razlikuju se dva tipa ombrografa; pluviograf i nifograf. Prvi radi na principu plivača, drugi na principu vage. Kad pada kiša, razina vode u posudi pluviografa raste te se s njom diže i plivač povezan s pisačem instrumenta. Ukoliko je kiša jača, pisač ucrtava strmiju krivulju. U nikografu, posuda u koju pada oborina leži na jednom kraku vage, a spuštanje toga kraka prenosi se na pisač (Penzar i Penzar, 1989.).

Sveukupne pojave premještanja vode u tlu, promjena zaliha vode po dubini profila te razmjena vode između tla i drugih prirodnih tijela naziva se vodni režim tla, a prema Rodeu, razlikuje se pet tipova vodnog režima:

1. uravnoteženi tip vodnog režima tla- oborine su podjednake isparavanju ( $O=E$ ) i to vrijedi za semiaridna klimatska područja
2. procjedni tip vodnog režima- količine oborina veće su od isparavanja ( $O>E$ ), a prevladavaju silazni tokovi i eluvijacija, karakteristično za semihumidnu i humidnu klimu
3. procjedni tip s pojavom nepropusnog horizonta ili sloja do 80 cm dubine- navedeni uvjeti mogu se pojaviti u semihumidnoj i humidnoj klimi te uzrokuju stagnaciju vode unutar profila
4. procjedni tip s podzemnom vodom- podzemna voda na takvoj je dubini da do nje dopire cijedna voda
5. eksudativni tip- isparavanje je veće od količine oborina ( $E>O$ ), a karakterističan je za aridne klimatske prilike (Geršić, 2019.).

Za reguliranje vodnog režima tla (odvodnjom ili navodnjavanjem) potrebno je poznavati režim vlažnosti tla, koji predstavlja periodične promjene vlažnosti tla po dubini profila, a to je samo jedan od elemenata vodnog režima tla. Tijekom istraživanja režima vlažnosti tla, treba poznavati hidropedološke ili vodne konstante koje se definiraju kao ravnotežna stanja između privlačne sile čestica tla i vode. U vodne konstante ubrajaju se: lentokapilarna točka, higroskopna voda, poljski ili retencijski kapacitet tla za vodu, točka venuća i maksimalni kapacitet tla za vodu. Vrijednost vodnih konstanti ovisi o vrsti tla, točnije, o njegovim fizikalnim značajkama poput strukture, teksture, poroziteta i zbijenosti te o kemijskim značajkama, posebice o količini organske tvari. Maksimalni higroskopicitet (HY) jest maksimalna količina vlage koju može apsorbirati zrakосуho tlo. Kod maksimalnog higroskopiciteta, sila držanja vlage odgovara tlaku od 3 MPa ili 30 bara ( $pF=4,5$ ). Nadalje,



točka venuća ( $T_v$ ) jest ravnotežno stanje držanja vode između sila čestica tla te usisne sile korijena biljke. Sila držanja vode kod točke venuća odgovara tlaku od 1,5 MPa, odnosno 15 bara ( $p_F=4,2$ ), a to je jednako usisnoj sili korijenja biljke. Kod uzgoja biljaka, vlažnost tla mora se održavati u stanju da se količina vlage nikada ne spusti na vrijednost točke venuća, jer i kraće trajanje takvog stanja vlage može izazvati negativne posljedice kod biljaka. Točka venuća zapravo je donja granica pristupačne ili fiziološki aktivne vode u tlu, odnosno donja granica teže pristupačne vode biljkama, dok je voda ispod točke venuća nepokretna te nepristupačna biljkama (Geršić, 2019.).

Metoda gravimetrije najpouzdanija je metoda određivanja sadržaja vode u tlu koja se koristi kao osnova za baždarenje uređaja kojima se određuje vlažnost tla, sadržaj vode u tlu, vodni potencijal, itd. Metoda se sastoji u uzimanju uzoraka tla u narušenom ili nenarušenom stanju, nakon čega se uzorci važu na preciznoj vagi i zatim stavljaju u sušionik na 105 °C. Zatim se osušeni uzorci tla ponovno važu na preciznoj vagi pa se nakon toga računaju vodne konstante. Teško je utvrditi stvaran sadržaj vode u tlu zbog njezinog stalnog gibanja u tlu te promjenjivosti sadržaja na određenim mjestima. Za tu svrhu koriste se razni instrumenti i uređaji koji se razlikuju po svojim prednostima i nedostacima, no najvažnije svojstvo jest jednostavnost i učinkovitost mjerenja. Za vrlo precizna mjerenja potrebna su opsežnija istraživanja te sofisticirani mjerni uređaji kojima je obično cijena jako visoka. Voda u tlu smještena je u porama tla koje čine šupljine, a nalaze se između čestica tla te strukturnih agregata. Za praktične svrhe, pore tla dijele se na manje ili mikropore (kapilarne pore), u kojima se zadržava voda i krupnije su ili makropore (nekapilarne pore), u kojima se nalazi zrak, dok voda u njima može biti samo kraće vrijeme. Sa stajališta poljoprivredne proizvodnje, važan je sadržaj ukupnih pora, no i odnos među njima. Najpovoljniji je odnos šest kapilarnih i nekapilarnih pora; 3:2 do 1:1. Sve pore u nekom tlu čine ukupnu poroznost tla koja se izražava u postocima. U obradivim tlima, ukupna poroznost kreće se između 50 % - 65 % te se mijenja ovisno o tipu tla i njegovom mehaničkom sadržaju (Huđek, 2014.).

Oborinske vode u obliku kiše, snijega, rose i leda ( tuča) koje dopijevaju na tlo, prirodno su čiste, ali zbog vrlo malog sadržaja otopljenih tvari, nemaju okus. Voda na svom putu od oblaka do tla ima učinak čistača atmosfere te vrlo često apsorbira čestice plinova, prašine, mikroorganizme i druge tvari na koje naiđe, i tako ih, čisteći atmosferu, odnosi sa sobom prema tlu. Tako nastala kišnica, koja sadrži i apsorbirane tvari iz atmosfere (  $CO_2$ ,  $SO_2$ , pelud, prašinu, itd.), od kojih na njezine značajke posebice utječe ugljikov dioksid, katkad postaje kiselina s pH vrijednošću 4 - 5 i može štetno djelovati na živi svijet u okolišu poznat

kao učinak kiselih kiša. Agresivnost djelovanja kišnice otapa i korodira metalne dijelove na vodoopskrbnim objektima te cjevovodima. Takav utjecaj kišnica povećava koncentraciju olova u vodi za piće pa se danas takvi cjevovodi ne ugrađuju u vodoopskrbni objekt ili cisterne gdje je povećana kiselost vode. Budući da nema otopljenih mineralnih tvari, oborinska voda ubraja se u meku vodu. Iznimka su vode u blizini mora gdje vjetar može nanijeti nekoliko mg/L klorida od morskih kapljica. Tako onečišćujuće tvari iz oborinskih voda mogu biti i izdvojene tijekom prolaska vode kroz tlo, no u navedenom slučaju, tlo ima sposobnost pročištača ili filtara za oborinsku vodu, čime štiti pitku podzemnu vodu od onečišćenja. O značaju tla kao pročištača oborinskih voda govori i činjenica kako velik dio stanovnika Europe koristi podzemne vode za piće, pa je od velike važnosti da voda koja se nakuplja u podzemlju bude dobre kvalitete te da ne sadrži štetne tvari koje ispiranjem atmosfere padalinama mogu dospjeti u podzemnu vodu. Isto tako, treba spomenuti nepovoljna svojstva kišnice kao što su okus i temperatura vode koja je promjenjiva ovisno o temperaturi okoliša (Damijanjević, 2019.).

Nadalje, oborinske otpadne vode nastale su od oborina koje se više ili manje onečišćuju u doticaju s nižim slojevima atmosfere, poljoprivrednim površinama, površinama tla u naseljima, krovovima i slično. Vode koje su nastale kao posljedica otjecanja oborina preko površina koje su za svoje različite potrebe izgradili ili koriste ljudi, prema stupnju zagađenosti mogu se podijeliti na tri osnovne vrste:

- krovne oborinske vode koje su relativno čiste, a onečišćenje tih voda izravno ovisi o stupnju aerozagađenosti na konkretnoj mikrolokaciji, a te navedene otpadne vode ujedno su i najčišće oborinske otpadne vode
- oborinske otpadne vode koje su se prikupile s parkinga, prometnica te ostalih cestovnih površina najčešće onečišćene uljima, mastima i ostalim ugljikovodicima i krutim tvarima te su one srednje zagađene oborinske otpadne vode
- oborinske otpadne vode prikupljene s uređenih platoa u industriji i obrtima na kojima se odvija dio ili neka od faza proizvodnje, internog prometa te skladištenja sirovina i poluproizvoda, kao i oborinske vode prikupljene s površina na kojima se odvija manipulacija opasnim materijama- te otpadne vode mogu se okarakterizirati i kao tehnološke oborinske otpadne vode te spadaju u visoko onečišćene oborinske otpadne vode (Damijanjević, 2019.).

Oborinske otpadne vode smatraju se uvjetno čistim vodama, jer one na svom putu ispiru atmosferu i otapaju ili prema površini zemlje prenose sve sastojke koji se na određenom

području ispuštaju u atmosferu ili čak pod utjecajem vjetrova dolaze iz drugih, znatno udaljenijih krajeva. Neki od primjera oborinskih otpadnih voda jesu kisele kiše koje ugrožavaju šume i građevine te crvene ili žute kiše koje nastaju kao posljedica ispiranja pustinjske prašine koja dopire iz Afrike. Skupini oborinskih otpadnih voda pripadaju i vode koje nastaju topljenjem snijega. Kod naglih zatopljenja, pojavljuju se onečišćeni dotoci koji nakon završnog topljenja snijega dopijevaju u kanalizaciju (Damijanjević, 2019.).

### 3.3. Poljoprivredne kulture

Arheološki nalazi dokazuju da se poljoprivredna naselja u vremenskom slijedu, s početkom oko 8500. prije Krista, iz doline Jordana pomiču prema Anatoliji i Grčkoj, a oko 6000. prije Krista javljaju se u Panonskoj nizini pa se iz Panonije, sjeverno od Alpa, premještaju prema Atlantskoj obali gdje se pojavljuju oko 4900. prije Krista i prema području južne Poljske te sjeverne Ukrajine. U Skandinaviji se poljoprivredna naselja javljaju tek oko 3900. te pomicanjem poljoprivrednih naselja i poljoprivredne proizvodnje prenose se izvorne domesticirane pšenice *emmer* (*Triticum dicoccum*), koja je domesticirana u dolini Jordana te *einkorn* (*Triticum monococcum*), koja je domesticirana u Anatoliji i ovca, isto domesticirana u Palestini. Nalazi domesticiranoga *emmera*, *einkorna* te domesticirane ovce pokazuju da se početak poljoprivredne proizvodnje dogodio u Palestini i Anatoliji, pa se ona s toga područja postupno širila na zapad, jer navedenih divljih pšenica i divlje ovce, koje bi se mogle domesticirati, nije bilo u Europi. Suvremenim molekularnogenetskim metodama analiza utvrđeno je kako je *emmer* i *einkorn* domesticiran samo jednom na navedenim područja. Analizirajući moguću brojnost predpoljoprivrednoga stanovništva te porast stanovništva koji je omogućila proizvodnja hrane, neki autori zaključili su da se pomicanje poljoprivrede iz njezina izvorišta u jugozapadnoj Aziji, na Panoniju, Balkan i cijelu Europu odvijalo seljenjem. Najnoviji rezultati istraživanja pokazali su da u suvremenom genskom poolu Europljana, Neandertalac sudjeluje s 0 %, predglacijalno stanovništvo s 10 %, a postglacijalno doseljeno stanovništvo čak s 90 %. Iako genetske analize još uvijek ne daju potpuno jasne odgovore o vremenu postglacijalnoga doseljavanja, sve najnovije analize te brojne rasprave ukazuju na to da je najveći dio, ako ne i cjelokupno, doseljenje postglacijalnoga stanovništva bilo na valu širenja poljoprivrede (Jurić i sur., 2001.).

U svijetu postoje stalne i rastuće potrebe za povećanjem poljoprivredne proizvodnje čiji bi proizvodi trebali prehraniti svjetsku populaciju. S obzirom na to da su prirodni resursi ograničeni, jedna je od mogućnosti povećanje prinosa usjeva na postojećim poljoprivrednim

površinama. Praktična je mjera i očuvanje usjeva od štetnih organizama (ŠO) uporabom sredstava za zaštitu bilja (SZB). Današnja poljoprivredna proizvodnja uglavnom se oslanja na primjenu kemijskih pripravaka iako se u svijetu pod pritiskom javnosti sve više pažnje posvećuje raznim oblicima održive poljoprivredne proizvodnje, što više ima emotivnu nego zdravstvenu osnovu. FAO iznosi brojne negativne posljedice „zelene revolucije“, a neke su od njih: salinizacija tla, degradacija tla, prekomjerno trošenje pitke vode za navodnjavanje usjeva, porast broja rezistentnih štetnih organizama na pesticide, smanjenje bioraznolikosti, uništavanje šuma, štete od erozije, emisija stakleničkih plinova, kontaminacija voda nitratima. Nadalje, FAO uvodi i novu paradigmu poljoprivrede pod nazivom *Save and Grow* koja podrazumijeva istodobno čuvanje ljudskog zdravlja, bioraznolikosti i okoliša, no i povećanje proizvodnje hrane za rastuću populaciju. „Zelena revolucija“ sedamdesetih godina prošlog stoljeća dovela je do ekološki neprihvatljivih posljedica, kao što su izvor vode, onečišćenje hrane, nezadovoljstvo potrošača, pa se smanjuje ukupna potrošnja sredstava za zaštitu bilja na globalnoj razini, oslanjajući se pritom na regulatornu legislativu na razini Europske unije koja je povezana s navedenim područjem, no i zbog kritičnog javnog mišljenja. Uz ekološko osvještavanje ljudi, vjerojatno je jedan od razloga laganih promjena tehnologije uzgoja poljoprivrednih kultura i pojava otpora štetnih organizama na dosad primjenjivane kemijske pripravke. Usprkos velikim prednostima primjene sredstava za zaštitu bilja u poljoprivrednoj proizvodnji, postoji i potreba razvoja novih tehnologija koje bi djelomično mogle zamijeniti uporabu kemijskih pripravaka te smanjiti njihov negativan učinak za okoliš. U današnjoj eri ekologije, sve veću ulogu imaju biopesticidi, iskorištavanje prirodne otpornosti biljaka na štetne organizme te genetički inženjering (Gotlin Čuljak i sur., 2019.).

Biološki minimum temperature jest najniža srednja dnevna temperatura zraka pri kojoj biljka ulazi u neku razvojnu fazu, a određuje se za pojedinu razvojnu fazu određene biljke. Optimalni temperaturni uvjeti za životne procese te razvoj pojedinih organa jesu promjenjivi i ovise o više čimbenika; vrsti biljke, razvojnom stupnju i sl. Primjerice, kod jagode, boja, količina šećera te aroma ovise o temperaturi neposredno prije zriobe. Aroma je najbolja kada plodovi dozrijevaju pri temperaturi od oko 15 °C. Pri višoj temperaturi, plodovi su crveni i slatki, no nemaju pravi miris. Raniji su plodovi ukusniji od kasnijih jer je početkom berbe hladnije; jagode s viših predjela ukusnije su nego one s nizinskih predjela (Lozić, 2011.).

Tablica 3. Biološki minimumi temperature za dvije razvojne faze odabranih poljoprivrednih kultura (Lozić, 2011.).

| Poljoprivredna kultura | Nicanje i oblikovanje vegetativnih organa/ °C | Oblikovanje plodonosnih organa/ °C |
|------------------------|---|------------------------------------|
| pšenica                | 4 do 5  | 10 do 12                           |
| raž                    | 4 do 5  | 10 do 12                           |
| ječam                  | 4 do 5  | 10 do 12                           |
| zob                    | 4 do 5  | 10 do 12                           |
| kukuruz                | 10 do 13                                      | 12 do 15                           |
| grah                   | 12 do 13                                      | 15 do 18                           |
| suncokret              | 7 do 8  | 12 do 15                           |
| soja                   | 10 do 11                                      | 15 do 18                           |
| pamuk                  | 14 do 55                                      | 15 do 20                           |
| riža                   | 14 do 55                                      | 18 do 20                           |

### 3.4. Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivredu

Utjecaji klimatskih promjena na poljoprivredu okarakterizirani su raznim oblicima nesigurnosti. Prvo, postoje razne nesigurnosti kada je riječ o veličini i stopi samih klimatskih promjena. Drugo, postoji nesigurnost kada se govori o biološkom odgovoru kod poljoprivrednih outputa, na primjer u slučaju sa CO<sub>2</sub> fertilizacijom. Treće, postoje nesigurnosti u načinu kako društvo reagira ili ima li uopće kapaciteta reagirati na projicirane i očekivane udare. Neki vidovi istraživanja klimatskih promjena ograničeni su fundamentalnim i nesvodljivim nesigurnostima, a neke od tih nesigurnosti mogu se izmjeriti, dok se većina ne može, iz čega proizlazi određena razina nesvodljivog neznanja u našim shvaćanjima budućih klimatskih nesigurnosti (Veseli, 2020.).

Poljoprivreda je veliki izvor emisije stakleničkih plinova u svijetu te prema podacima iz 2005., u poljoprivredi je emisija CO<sub>2</sub> iznosila između 5,1 do 6,1 Gt, a to predstavlja 10 – 12 % ukupne antropogene svjetske emisije stakleničkih plinova iako neki znanstvenici tvrde kako bi ta brojka mogla iznositi 18 – 31 %. Metan, koji većinom nastaje zbog enterične

fermentacije, kultivacija riže i gnojenje pridonose 3,3 Gt CO<sub>2</sub> po godini. Dušikov(I) oksid, koji je rezultat raznih postupaka obrade zemlje, doprinosi 2,8 Gt CO<sub>2</sub> po godini. Iako se na godišnjoj razini otpusti značajna količina CO<sub>2</sub> iz poljoprivrednih tala u atmosferu, porast u toj vrsti emisije vrlo je balansirana s oko 0,04 Gt CO<sub>2</sub> godišnje te su u tu brojku uključene i emisije od proizvodnje struje i uporaba goriva u kućanstvima/zgradama i u transportnom sektoru. U poljoprivredi postoji jako puno mjera i načina za ublažavanje klimatskih promjena koje se mogu kategorizirati kao smanjenje emisija fosilnih goriva uporabom alternativnih energetskih izvora, smanjenje emisija povećanjem učinkovitosti na farmama koje uključuje genetička poboljšanja te poboljšanje smanjenja atmosferskog CO<sub>2</sub> uz pomoć sekvenciranja u tla te vegetaciju. No, većina načina smanjenja učinka donosi dodatni trošak poljoprivrednicima zbog čega postavljaju pitanja poput „koje mjere mogu provesti na svojem gospodarstvu, kada, gdje i po kojoj cijeni i koji će to učinak imati na emisije?“. Da bi se donijeli odgovori na ta pitanja, potrebno je shvatiti relativnost troška između mjera smanjenja učinka te cijene po toni CO<sub>2</sub> emisije. Iz toga se može dobiti krivulja koja pokazuje da te mjere postaju skuplje kako bi se postigao cilj zbog većeg truda i napora te smanjenje prihoda. Kao posljedica toga, isplativost ublažavanja klimatskih promjena vrlo će vjerojatno biti manja od njezinog tehničkog potencijala, u smislu da je apsolutna veličina emisija iz određenog izvora manje važna nego cijena smanjenja te veličine (Veseli, 2020.).

Sposobnost biljaka da se prilagode niskim i negativnim temperaturama određena je nasljednom osnovom vrste ili sorte, no može ovisiti i o puno drugih čimbenika; vrijeme i rok sjetve, vrijeme koje je prethodilo niskim temperaturama. Kod biljaka koje su neotporne na niske temperature, izostaje kontrolirano prilagođavanje izmjenjenim uvjetima okoline. Proces fotosinteze, sinteze saharoze te ostali procesi slabe, ali se intenziviraju oksidativni procesi i mijenja se viskoznost te koloidno-kemijska svojstva protoplazme. Zbog svih tih pojava događa se uvenuće ili smrt biljaka. Za određenu biljnu vrstu niska temperatura jest ona na kojoj su metaboličke funkcije i njezin razvoj usporeni. Prvi simptom oštećenja biljaka na niskim temperaturama simptom je venjenja kao rezultat narušenog vodnog režima biljke, kada su anabolički procesi usporeni, dok su pojačane biološke oksidacije. Prilikom brzog i naglog snižavanja temperature, dolazi do oblikovanja leda unutar stanica, nepovratnog narušavanja strukture citoplazme, a na kraju i do uginuća biljke. Primjerice, tijekom prezimljavanja ozimih strnih žitarica oštećenja i stradanje ne moraju biti uzrokovani izravnim djelovanjem niskih temperatura. Biljke mogu stradavati ukoliko duže budu pod ledenom korom zbog gušenja te nedostatka hraniva, jer se tada sve rezerve ugljikohidrata

biljke troše na disanje, a prilagodbe na niske temperature u fazi mirovanja i u vegetaciji nisu iste. U mirovanju, kao što je slučaj s ozimom pšenicom, biljka se kaljenjem štiti od stresa (Kolarić, 2016.).

Toplinski stres kod biljaka utječe na rast, metabolizam te produktivnost. Kod ekstremno visokih temperatura, dolazi do denaturacije ili inaktivacije biljnih enzima koji su važni za preživljavanje, a tako se usporava razvoj biljke. Visoke temperature uzrokuju temperaturni šok kod biljaka koji se očituje u promjenama propusnosti stanične membrane te stvaranju proteina toplinskog šoka. Visoke temperature mogu utjecati na klijanje tako što će smanjiti postotak klijanja, zaustaviti klijanje ili će smanjiti vitalnost klijanaca. Na ekstremno visokim temperaturama iznad 45 °C klijanje pšenice i drugih strnih žitarica zaustavljeno je te je ustanovljeno propadanje staničnog tkiva. Isto tako, toplinski stres smanjuje i količinu fotosintetskih pigmenata u biljci. Promjene do + 2 °C u prosječnoj okolišnoj temperaturi ne utječu na fotosintezu, no izrazito visoke temperature usporavaju je. Visoke temperature negativno utječu na stvaranje saharoze i škroba zbog smanjene aktivnosti enzima. Porastom određene vrijednosti temperature povećava se i brzina respiracije, što znači da biljka na višim temperaturama troši više energije nego što proizvodi i zato se neće brzo razvijati. Reproductivni organi biljke najosjetljiviji su na temperaturni šok, koji u vrijeme cvatnje uzrokuje naglo odbacivanje cvjetova. Jare i ozime kulture nemaju iste zahtjeve za temperaturom tijekom cvatnje; jara pšenica ne podnosi nisku temperaturu u razdoblju cvatnje, dok je za cvatnju šećerne repe i ozime pšenice poželjna niska temperatura. Ukoliko se tijekom razvoja zrna temperature povećaju za 1 - 2 °C od optimalne temperature, kod žitarica se uveliko skraćuje razdoblje nalijevanja zrna, što poslije daje rezultat smanjenja prinosa. Temperaturni šok nepovoljno djeluje i na procese mejoze na ženskim i muškim spolnim organima, slabi klijanje peluda i uzrokuje anomalije na tučku i prašnicima (Kolarić, 2016.).

Životna aktivnost biljke i biokemijske reakcije ovise o aktivnosti stanica; aktivnost stanica ovisi o temperaturi, o temperaturi ovise procesi važni za život biljke, kao što su apsorpcija vode i mineralnih soli preko korijenja, cirkulacija sokova u nadzemnom dijelu biljke, upijanje CO<sub>2</sub>. Ako temperatura prijeđe donju ili gornju kritičnu vrijednost, događaju se ireverzibilne promjene u stanicama; moguće je uvenuće cijele biljke jer temperatura nije jednaka u svim stanicama biljke, što ovisi o temperaturi sredine koja okružuje određeni dio biljke, o emisiji zračenja te apsorpciji, potrošnji ili oslobađanju latentne topline na dijelu biljke, itd. Ukoliko u zraku postoji veća količina vlage, nema vjetra ili je on slab, tada se

dogđa i slabija transpiracija; odstupanje temperature najizloženijeg dijela lista od temperature okolnog zraka obično nije veće od nekoliko °C. Kod sjemena i mlade biljke s kratkim korijenjem, važna je temperatura površinskog sloja tla, a vremenski razmak od sjetve do nicanja mijenja se ovisno o temperaturi tla. Za odrasle biljke u vegetacijskom razdoblju važnija je temperatura zraka od temperature tla (pri temperaturi > 540 °C većina biljaka ugiba). Postoji četiri temperaturna praga važna za život biljaka:

1. apsolutni minimum preživljavanja- najniža temperatura pri kojoj biljka može podnijeti hladnoću
2. vegetacijska nulta točka- kad stanice postanu aktivne i počinje rast biljke; dok se temperatura nalazi ispod nulte točke, biljka živi, no miruju njezini vegetativni organi
3. najpovoljnija temperatura (optimum)
4. apsolutni maksimum preživljavanja- stanice i tkivo suše se, događa se uvenuće biljke; neke biljke prisilno zriju ako temperatura u određeno doba godine prijeđe određeni prag, što ovisi o vrsti biljke, a to je naročito štetna pojava za žitarice (Lozić, 2011.).

Tablica 4. Razdoblje od sjetve do nicanja pšenice i kukuruza pri različitim površinskim temperaturama tla (Lozić, 2011.)

| Kultura | Temperatura površine tla/<br>°C | Vrijeme od sjetve do<br>nicanja/dani |
|---------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Pšenica | 18 - 20                         | 6                                    |
|         | 10 - 12                         | 14                                   |
|         | 5 - 7                           | 22                                   |
| Kukuruz | 18 - 20                         | 7                                    |
|         | 20 - 12                         | 30                                   |



## 4. ZAKLJUČAK

Snijeg, oborina koja nastaje pri niskim temperaturama, uvelike može utjecati na poljoprivredne kulture. Danas se događa rast količine oborina, između ostalog i snijega, u sjevernoj Europi, kao i rast godišnjih prosječnih temperatura u Europi. Globalno zatopljenje ili globalno zahlađenje posljedica je efekta staklenika, a tim temperaturnim promjenama bit će pogođeni svi usjevi. Poljoprivreda je veliki izvor emisije stakleničkih plinova u svijetu. Zato se radi na upotrebi alternativnih energetske izvora, smanjenju emisije povećanjem učinkovitosti na farmama, a to se želi postići genetičkim poboljšanjima, smanjenjem atmosferskog CO<sub>2</sub> uz pomoć sekvestracije u tlu. Biljke mogu preživjeti i na niskim i na visokim temperaturama, no postoji četiri temperaturna praga koja su važna za život biljke: apsolutni minimum preživljavanja, vegetacijska nulta točka, najpovoljnija temperatura (optimum) i apsolutni maksimum preživljavanja. Nadalje, tijekom kiše i otapanja snijega, voda se slijeva na niža mjesta te se stvaraju površinski vodotoci, potoci i potočići, dok na udubljenim mjestima reljefa nastaju privremena jezera, blata i močvare zbog vode nastale topljenjem snijega.

## 5. LITERATURA

1. CZ (2020.): *Snijeg i led*. Civilna zaštita Republike Hrvatske, Hrvatska platforma za smanjenje rizika od katastrofa. [https://civilnazastita.gov.hr/UserDocsImages/CIVILNA\\_ZASTITA/PDF\\_ZA\\_WEB/Snijeg%20i%20led\\_bro%C5%A1ura%20A5%20-%20web.pdf](https://civilnazastita.gov.hr/UserDocsImages/CIVILNA_ZASTITA/PDF_ZA_WEB/Snijeg%20i%20led_bro%C5%A1ura%20A5%20-%20web.pdf), pristupljeno 28. lipnja 2021.
2. SPVZ (2021.): *Snijeg, led i ledenjaci*. <https://www.spvz.hr/visokogorsko-planinarenje/snijeg-led-i-ledenjaci/>, pristupljeno 28. travnja 2021.
3. DHMZ (2021.): Zanimljivosti. Državni hidrometeorološki zavod RH: [http://klima.hr/agro/agro\\_zanimljivosti3.html](http://klima.hr/agro/agro_zanimljivosti3.html), pristupljeno 28. lipnja 2021.
4. Damijanjević, D. (2019.): *Otpadne vode i utjecaj na čovjeka i okoliš*. Završni rad. Stručni studij sigurnosti i zaštite. Veleučilište u Karlovcu. Karlovac.
5. Geršić, I. (2019.): *Režim vlažnosti oraničnog sloja tla u uzgoju soje na pokušalištu Maksimir u 2018. godini*. Diplomski rad. Agronomski fakultet. Sveučilište u Zagrebu. Zagreb.
6. Gotlin Čuljak, T., Uglješić, I., Rozman, V., Juran, I., Bažok, R., Ivić, D., Barić, K. (2019.): *Što poljoprivredni proizvođači znaju o problemu rezistentnosti?* Glasilo biljne zaštite, 19/4. 452 – 458.
7. Huđek, J. (2014.): *Mjerenje sadržaja vode u tlu TDR uređajem u navodnjavanju*. Završni rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku. Osijek.
8. Jurić, I., Bogunović, M., Đikić, M., Balen, J. (2001.): *Značajke poljoprivredne proizvodnje u naseljima starčevačke kulture na prostoru između Vinkovaca i Slavenskog Broda u Hrvatskoj*. Društvena istraživanja. 10.6./56. 1131 – 1158.
9. Kolarić, D. (2016.): *Utjecaj nepovoljnih vremenskih prilika na prinos poljoprivrednih kultura*. Završni rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku. Osijek.
10. Kuhta, N. (2012.): *Stroj za čišćenje snijega i leda*. Diplomski rad. Fakultet strojarstva i brodogradnje. Sveučilište u Zagrebu. Zagreb.
11. Lozić, S. (2011.): *Odabrana poglavlja iz klimatologije. Utjecaj atmosfere na biljni i životinjski svijet*. Odjel za geografiju. Sveučilište u Zadru. Zadar.

12. Mamić, T. (2016.): *Ekonomске posljedice klimatskih promjena na turizam s osvrtom na RH*. Završni rad. Ekonomski fakultet Split. Sveučilište u Splitu. Split.
13. Penzar, I., Penzar, B. (1989.): *Agroklimatologija*. II. izdanje. Školska knjiga. Zagreb.
14. Šegota, T. (1956.): *Zaštitno djelovanje snijega od utjecaja hladnih zračnih masa početkom 1956. godine*. Hrvatski geografski glasnik. 18/1. 57 – 69.
15. Uvodnik, (2014.): *Ledena kiša u Gorskom kotaru*. Šumarski list. 138/1 – 2. 5 – 5
16. Veseli, D. (2020.): *Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivrednu proizvodnju*. Završni rad. Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku. Osijek.
17. Vučić, Z. (2008): *Fizika snježnih kristala*. Zbornik radova 24. ljetne škole mladih fizičara, Mali Lošinj, 22-28. lipanj 2008. / Androić, Darko - Zagreb : Hrvatsko fizikalno društvo, 2008, 58-89.
18. Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Androić, B., Džeba, I., Dujmović. D. (2001.): *Određivanje karakterističnog opterećenja snijegom*. Građevinar. 53/6. 363 – 378.