

UNIVERZITET UNION – „NIKOLA TESLA“ BEOGRAD

FAKULTET ZA EKOLOGIJU I ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE

mr JELENA S. MARKOVIĆ

**ISTRAŽIVANJA PARAMETARA ŽIVOTNE SREDINE I
ANALIZA UTICAJA NA KVALITET PRINOSA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

BEOGRAD, 2016

UNIVERZITET UNION – „NIKOLA TESLA“ BEOGRAD

FAKULTET ZA EKOLOGIJU I ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE

**ISTRAŽIVANJA PARAMETARA ŽIVOTNE SREDINE I
ANALIZA UTICAJA NA KVALITET PRINOSA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor
prof. dr Svetlana Stevović

Kandidat
mr Jelena Marković

BEOGRAD, 2016

MENTOR

1. **Prof. dr Svetlana Stevović**, Univerzitet Union Nikola Tesla, Fakultet za ekologiju i zaštitu životne sredine, Beograd
-

ČLANOVI KOMISIJE

2. **Prof. dr Svetlana Polavder**, Univerzitet Union Nikola Tesla, Fakultet za ekologiju i zaštitu životne sredine, Beograd
-

3. **Prof. dr Marina, Ilić**, Univerzitet Union Nikola Tesla, Fakultet za ekologiju i zaštitu životne sredine, Beograd
-

4. **Dr Dragana Todorović**, viši naučni saradnik, Instituta za nuklearne nauke "VINČA", Laboratorija za Zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine
-

5. **Prof. dr Dubravka Mijuca**, Univerzitet Union Nikola Tesla, Fakultet za ekologiju i zaštitu životne sredine, Beograd
-

Datum odbrane

U životu čovek stalno treba da gleda napred, da ide stazama uspeha, da se bori za svoja prava.

Upravo me ovo inspiriše da na život gledam tim očima, da radim, da idem stalno korak napred, da se borim i da uspem u onome što želim, a želim uspeh, moć, napredak i bolju budućnost.

Na svom putu uspeha, slave i moći, do ostvarenja svojih ciljeva veliku podršku pružila mi je porodica, jer su uvek bili uz mene i učinili me takvom kakva sada jesam. Neizmerno i duboko im se zahvaljujem.

Hvala mom suprugu Goranu na ljubavi, podršci i razumevanju i deci Vukašinu i Petri, koji su moja inspiracija, snaga i najveći podstrek.

Isto tako ne manju zahvalnost dugujem svojoj profesorki, mentoru, dr SVETLANI STEVOVIĆ, koja mi je dala puno korisnih saveta, pravih smernica, dala snagu, volju i vetar u leđa da završim, dođem i uspem u ovome što sam započela, a sada konačno i ostvarila. PUNO HVALA profesorki dr SVETLANI STEVOVIĆ!

Zahvalnost na podršci dugujem i svojoj školi u kojoj radim, Visoka škola primenjenih strukovnih studija u Vranju, posebno direktorki dr Svetlani Trajković, rukovodstvu Poljoprivredno savetodavno stručne službe u Vranju, Institutu Vinča, Laboratoriji za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine a posebno članu komisije dr Draganí Todorović i Zavodu za javno zdravlje u Vranju.

ISTRAŽIVANJA PARAMETARA ŽIVOTNE SREDINE I ANALIZA UTICAJA NA KVALITET PRINOSA

REZIME

U ovom referatu prikazan je uticaj parametara životne sredine na količinu i kvalitet prinosa. Parametri životne sredine pokazali su da su jako bitni i da imaju važnu ulogu ukoliko se želi postići dobar prinos nekog poljoprivrednog proizvoda. Zbog umereno kontinentalne klime koja dominira u Južnom delu Srbije, konkretno u Pčinjskom regionu klimatski faktori, odnosno parametri životne sredine pogoduju razvoju poljoprivrede. Kvalitet zemljišta je ispitivan u odnosu na delovanje parametara životne sredine. Rezultati ispitivanja fizičko-hemijskih karakteristika zemljišta, azota, fosfora, kalijuma, pH i humusa pokazali su zadovoljavajući kvalitet, tako da je zemljište u pčinjskom regionu pogodno za razvoj poljoprivrede. Humus u ispitivanom zemljištu bio je od 3-3,5, dok je pH oko 7. Neki uzorci zemljišta imali su veći procenat K i P. Zemljište koje je ispitivano je tipa gajnjača. Shodno tome da su se fizičko-hemijski parametri zemljišta pokazali zadovoljavajućim, kvalitet zemljišta nisu mogle da naruše ni poplave. Zemljište i nakon poplava pokazalo je slične vrednosti parametara kvaliteta, kao i pre poplava. Sa ispitivanih uzoraka zemljišta ispitivani su i uzorci biljnih kultura: žitarica (pšenica, kukuruz i ječam), voća (jabuka, višnja), povrća (krompir). U ovim uzorcima ispitivano je prisustvo i količina radionuklida i to ^{40}K , ^{232}Th , ^{236}Ra , ^{238}U , ^{235}U i ^{137}Cs . Radioaktivnost je ispitivana i u uzorcima zemljišta. Ispitivani su i suvi prinosi, kojima je određivan sadržaj vlage nakon delovanja nekih parametara životne sredine. Suvi prinosi nisu pokazali velike promena, pod dejstvom nekih parametara životne sredine, po pitanju sadržaja vlage i boje. U uzorcima zemljišta pored fizičko-hemijskih parametara kvaliteta i radioaktivnosti ispitivano je i prisustvo POPs jedinjenja, jer su se lokacije sa kojih su uzorci uzimani nalazile pored autoputa A-75 koji je u periodu istraživanja bio u izgradnji.

Metode korišćene za ispitivanje uzoraka zemljišta, žitarica, voća i povrća su fizičko-hemijske, hromatografske i statističke, korišćene su i metode za ispitivanje radioaktivnosti. Fizičko – hemijskim metodama ispitivani su parametri kvaliteta zemljišta i prinosa, u Poljoprivrednom zavodu u Vranju. Hromatografskim metodama ispitivana su POPs jedinjenja u Zavodu za javno zdravlje (ekološka laboratorija). Analize ispitivanja radioaktivnosti rađene su u Institutu za nuklearne nauke “Vinča” u Laboratoriji za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine.

Ključne reči: parametri životne sredine, zemljište, biljne kulture, metode, radioaktivnost

NAUČNA OBLAST: Prirodno-matematičko polje

UŽA NAUČNA OBLAST: Ekologija i zaštita životne sredine

THE RESEARCH OF ENVIRONMENTAL PARAMETERS AND ANALYSIS OF THE IMPACT ON THE QUALITY OF YIELD

ABSTRACT

In this paper it is shown the influence of environmental parameters on the amount and quality of yields. The parameters of the environment have shown that they are very important, and have an important role if it is desired to achieve a high yield of agricultural products. Due to the moderate continental climate, which dominates in the southern part of Serbia, particularly in the region of Pčinja, the climatic factors, that is to say, environmental parameters are suitable for the development of agriculture. Soil quality is examined in relation to the operation of environmental parameters. The results of testing physical and chemical characteristics nitrogen, phosphorus, potassium, pH and humus are good, of the soil showed that the soil in the region of Pčinja is of a good quality and suitable for the agricultural development. Humus in the tested soil ranged from 3-3.5, and a pH was about 7. Some soil samples had a higher percentage of K and P. The land that is investigated is cambisol. According to the fact that physical and chemical parameters of the land showed satisfactory results, floods could not undermine the soil quality. The land showed similar values of quality parameters after floods, as before them. From the soil samples that were studied the samples of crops were examined too: cereals (wheat, maize and barley), fruit (apple, cherry), vegetables (potatoes). The presence and amount of radionuclides (^{40}K , ^{232}Th , ^{236}Ra , ^{238}U , ^{235}U and ^{137}Cs) was investigated in these samples. Radioactivity was also monitored in soil samples. This fact is shown by the results of cereals, vegetables and fruits. Dry yields were evaluated too, to which is determined the amount of the moisture after the influence of some environmental parameters. Dry yields showed no major changes in terms of moisture and color, under the influence of some environmental parameters. Beside the physico-chemical parameters of quality and radioactivity, it has also been investigated the presence of POPs compounds in the soil samples, because the location from which the samples were taken is near the highway A-75, which was under the construction in the period of the investigation.

The methods used for testing soil samples, cereals, fruits and vegetables are physical-chemical, chromatographic and statistical. The methods for testing the radioactivity were also used. The parameters of the soil quality and yield were tested with physical-chemical methods at the Agricultural Institute in Vranje. POPs compounds were investigated with chromatographic methods in the Department of Public Health (ecological laboratory). Analyses of the radioactivity examinations were done in the Institute of Nuclear Sciences "Vinca" Radiation and Environmental Protection Department.

Keywords: parameters of the environment, land, plant crops, methods, radioactivity

SCIENTIFIC FIELDS: natural-mathematical field

SPECIAL TOPICS: Ecology and Environmental Protection

KLJUČNE INFORMACIJE

Redni broj (RB):
Identifikacioni broj (IB):
Tip dokumenta (TD):
Tip zapisa (TZ):
Vrsta rada (VR):
Ime i prezime autora (AU):
Mentor (MN):
Naslov rada (NR):

Jezik publikacije (JP):
Jezik izvoda (JI):
Uže geografsko područje (UGP):
Godina (GO):
Izdavač (IZ):
Mesto i adresa (MA):
Fizički opis rada (FO):

Naučna oblast (NO):
Naučna disciplina (ND):
Ključne reči (KR):

Datum prihvatanja teme od strane NN veća:
Datum odbrane:

Monografska dokumentacija
Tekstualni štampani materijal
Doktorska disertacija
mr Jelena Marković
prof. dr Svetlana Stevović
Istraživanja parametara životne sredine i
analiza uticaja na kvalitet prinosa
Srpski
srpski/engleski
Pčinjski region Grad Vranje
2016
autorski repient
Vranjska banja, Vranje
44 tabele, 23 grafikona, 27 slika,
188 strana, VIII poglavlja, 80 referenci
prirodno-matematičko polje
ekologija i zaštita životne sredine
parametri životne sredine, zemljište,
biljne kulture, metode, radioaktivnost

SADRŽAJ

UVOD	1
I ŽIVOTNA SREDINA	6
1. PARAMETRI ŽIVOTNE SREDINE	8
1.1. VAZDUH	8
1.1.1. Vetar	9
1.1.1.1. Uticaj vetra na biljke	10
1.1.1.2. Zaštita od štetnog uticaja vetra	11
1.1.2. Svetlost	11
1.1.2.1. Delovanje svetlosti na biljke	13
1.1.2.2. Faktori koji utiču na svetlosne uslove na staništu	18
1.1.2.3. Svetlost i stres u biljkama	23
1.2. TEMPERATURA	24
1.2.1. Zahtevi biljaka za temperaturom	25
1.2.1.1. Toplota kao ekološki i proizvodni činitelj	27
1.2.1.2. Uticaj temperature na rast i razviće biljaka	30
1.2.1.3. Mogućnost modifikovanja temperaturnog režima	36
1.2.1.4. Stres u biljkama usled ekstremnih temperatura	38
1.3. VODA	39
1.3.1. Karakteristika vode	40
1.3.2. Uticaj vlažnosti vazduha na biljke	41
1.3.3. Padavine	42
II CILJ RADA	47
III MATERIJALI	48
3. MATERIJALI KORIŠĆENI ZA ISPITIVANJE	48
3.1. ZEMLJIŠTE	48
3.1.1. Osobine zemljišta	52
3.1.1.1. Fizičke osobine	52
3.1.1.2. Hemijske osobine	55
3.1.1.3. Biološke osobine	58
3.1.2. Plodnost zemljišta	59

3.2. PŠENICA	70
3.2.1. Tehnologija (agrotehnika) pšenice	72
3.2.2. Hemijski sastav zrna pšenice	74
3.2.3. Upotrebna vrednost pšenice.....	75
3.3. KUKURUZ.....	75
3.3.1. Upotrebna vrednost kukuruza.....	80
3.4. JEČAM	80
3.4.1. Upotrebna vrednost ječma	81
3.5. VIŠNJA	88
3.5.1. Hemijski sastav višnje	89
3.5.2. Upotrebna vrednost.....	90
3.6. JABUKA	91
3.7. PAPRIKA	92
3.8. KROMPIR	94

IV METODE

4.1. FIZIČKO HEMIJSKE METODE	96
4.1.1. Potenciometrijska metoda određivanja pH zemljišta.....	96
4.1.2. Kotcmanova metoda određivanja humusa.....	98
4.1.3. Određivanje lakopristupačnog fosfora i kalijuma u zemljištu Al-metodom	98
4.1.4. Kolorimetrijske metode	99
4.1.4.1. Princip kolorimetrijskog određivanja fosfora.....	99
4.1.5. Kjeldalova metoda određivanja azota.....	101
4.1.6. Određivanje mineralnih sastojaka metodom žarenja.....	102
4.1.7. Termogravimetrijske metode određivanja vlage u suvom prinosu	103
4.1.8. Metode rehidracije	104
4.2. METODE ZA ISPITIVANJE RADIOAKTIVNOSTI.....	105
4.2.1. Spektrometrija gama emitera.....	105
4.2.1.1. Interakcija zračenja sa materijom.....	106
4.2.1.2. Određivanje karakteristike detektora jonizujućeg zračenja.....	108
4.2.2. Određivanje transfer faktora.....	112
4.3. METODE ODREĐIVANJA POPs JEDINJENJA	113
4.3.1. Gasna hromatografija – Masena spektrometrija (GC - MC)	113
4.4. METODE STATISTIČKIH ANALIZA.....	114

4.4.1 Linearni koeficijent korelacije.....	114
V UZORKOVANJE	116
5.1. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA.....	118
VI REZULTATA I DISKUSIJA	123
6.1. ODREĐIVANJE FIZIČKO HEMIJSKIH PARAMETARA ZEMLJIŠTA	123
6.2. UTICAJ ŠTETNIH GASOVA NA KVALITET ZEMLJIŠTA	129
6.2.1. POPs jedinjenja.....	129
6.2.2. PAH jedinjenja.....	130
6.3. UTICAJ POPLAVA NA KVALITET ZEMLJIŠTA	133
6.4. ODREĐIVANJE MINERALNIH MATERIJA U ZEMLJIŠTU	138
6.5. ISPITIVANJE RADIOAKTIVNOSTI.....	140
6.5.1. Ispitivanje radioaktivnosti u zemljište.....	140
6.5.1.1. Analiza vrednosti specifične aktivnosti radionuklida po lokacijama	143
6.5.1.2. Korelacioni odnos između aktivnosti radionuklida i parametara kvaliteta zemljišta.....	145
6.5.2. Radioaktivnost biljnih kultura	161
6.5.2.1. Određivanje transfer faktora.....	163
6.5.3. Radioaktivnost u uzorcima drvenstih biljaka	165
6.6. ODREĐIVANJE REHIDRATACIJE U SUVOM PRINOSU	169
VII MOGUĆA UNAPREĐENJA	175
VIII ZAKLJUČAK	176
LITERATURA	181

OZNAKE

S – količina humusa u zemljištu

a – koeficijent razgradnje biljnih ostataka

x – koeficijent razgradnje humusa

A – dovoz biljne supstance

ρ – gustina

φ – nasipna masa

A – ml utrošenog 0,1n rastvora KMnO_4 na oksidaciju ugljenika u ispitivanom uzorku

0,514 – koeficijent koji označava da svaki ml 0,1n KMnO_4 , oksidiše 0,514mg C u CO_2

1,72 – koeficijent za prevođenje mg C u humus

C – uzeta proba zemlje izražena u mg

100 – broj za izračunavanje rezultata u procentima.

m – masa datog uzorka (kg)

m_0 – masa uzorka i suda za spaljivanje, u g;

m_1 – masa suda za spaljivanje, u g;

m_2 – masa suda za spaljivanje i pepela, u g.

M_{PSII} – masa porcelanske posude i uzorka nakon drugog žarenja (g)

M_p – masa prazne porcelanske posude (g)

m_{Rp} – masa rehidrisanog proizvoda, (kg),

m_{sp} – masa sušenog proizvoda, (kg)

t – vreme sakupljanja impulsa, odnosno vreme merenja (s)

P_γ – verovatnoća prelaza u %

A – aktivnost referentnog radioaktivnog materijala na dan merenja (B_q)

N – korigovan broj (oduzet broj impulsa koji odgovara fonu impulsa ispod određenog fotopika AREA

t – vreme sakupljanja impulsa, merenja (s)

P_γ – verovatnoća prelaza (%)

E_f – efikasnost detektora na datoj energiji i za datu geometriju merenja (%)

V – zapremina datog uzorka

A_i – aktivnost radionuklida koja je određena na osnovu jedne gama energije

σ_i – neodređenost te aktivnosti

LLD – minimalan broj impulsa iznad fona za koji sa određenom verovatnoćom (greška prve i druge vrste je 5%, odnosno $\alpha = \beta = 5\%$) potiču od uzorka

C_{Ra} – koncentracija ^{226}Ra u zemljištu

C_{Th} – koncentracija ^{232}Th u zemljištu

C_K – koncentracija ^{40}K u zemljištu

A_b ...koncentracija aktivnosti radionuklida u biljci [Bq/kg, suve materije]

A_z ... koncentracija aktivnosti radionuklida u zemljištu [Bq/kg,]
 x_i, y_i - elementi odgovarajućih skupova nezavisno promenljivih,
 n - broj elementa skupa.

UVOD

Sve što nas okružuje, prostor u kome živimo, priroda koja nam pruža mogućnost da uživamo u njoj, da ubiramo njene plodove, predstavlja životnu sredinu u kojoj žive na milione različitih organizama, biljke, životinje i čovek. Da bi živa bića mogla da žive moraju da imaju kvalitetno zemljište, čist vazduh, čistu i zdravu vodu, zdravu hranu. Sve je ovo moguće ukoliko su parametri životne sredine dobro i pravilno raspoređeni. Parametri životne sredine su od velikog značaja za očuvanje prirode, održivi razvoj kao i opstanak sveta. Istraživanjem parametara životne sredine, dolazi se do novih saznanja, napretka, produženja i očuvanja biljnih vrsta, kao i mogućnost upravljanja novijim tehnologijama. Počev od zemljišta, preko vazduha i vode, svetlosti, povećane ili smanjene vlažnosti, najbolje se može dokazati i videti njihov uticaj na kvalitet prinosa koji zavisi od svih tih parametara.

Zemljište je površinski rastresiti sloj Zemljine kore koji nastaje kao proizvod geološke podloge i učešće klimatskih faktora (naročito temperature, vode, vazdušnih pokreta i zemljine teže) i živih bića (naročito su značajni biljni organizmi kao i mikroorganizmi). Zemljište je sastavni deo ekosistema i smešteno je između Zemljine površine i stena. Podeljeno je na horizontalne slojeve i razlikuje se po svojim hemijskim, fizičkim i biološkim karakteristikama. Kvalitetno zemljište ima oko 50% čvrstih materija i to 45% mineralnih i 5% organskih materija, a po 25% sadrži vodu i vazduh (Altieri, et al. 1995). Od samog sastava zemljišta zavisi kako će se biljka razvijati, kakve će građe biti i kakve će su njene karakteristike (Stevović, 2010), (Stevović et al., 2009). U zavisnosti od količine prisutnih hemijskih elemenata N (azota), P (fosfora), K (kalijuma), od humusa i pH vrednosti zavisi kvalitet zemljišta. Kvalitet zemljišta odražava se na njegovu plodnost, a samim tim i na prinos biljaka koje rastu na jednom zemljištu, (Stevović i Calic-Dragosavac, 2010), (Stevović et al., 2013). Ako je zemljište bogato azotom, onda će biljka imati normalno cvetanje, bolje formiranje plodova i smanjeno žutilo lišća (Altieri, et al., 1995). Kako bi se proces izgradnje nukleinskih kiselina, nukleoproteina i fitina obavljao na pravi način, zemljište je potrebno da bude bogato fosforom. Međutim zemljišta su uglavnom siromašna fosforom pa se naknadno vrši đubrenje fosforom đubrivima (Altieri, et al., 1995). Da bi biljke bile otpornije na bolesti i stres (koji može biti izazvan visokim ili niskim temperaturama), potrebno je da zemljište bude bogato kalijumom. Kalijum je neophodan za rast i deobu ćelija kod biljaka (Stevović et al., 2010). Nedostatak kalijuma u zemljištu uzrokuje poremećaj u vodnom bilansu, sušenje vrhova ili kovrdžanje listova i truljenje korena. Sukcesivne promene, kao što su nedostaci hranljivih materija, u zemljištu

stvaraju probleme (Špulerova, 2008). Poznavanje plodnosti i održavanje kvaliteta zemljišta, odnosno održavanje visokog stepena plodnosti zemljišta je najvažniji zadatak nauke o zemljištu. Plodnost zemljišta, kao njegovo najvažnije svojstvo nije moguće apsolutno na duže odrediti, već se mora permanentno procenjivati na osnovu manje ili više promenljivih pokazatelja plodnosti, a određivanje doza i vrste đubriva, vremena i načina primene mora se temeljiti na naučno-stručnim saznanjima o raspoloživosti i odnosima hraniva u zemljištu, fiziološkim potrebama biljaka kao i agroekološkim uslovima. Kad se govori o osobinama zemljišta kao činiocu njegove plodnosti, treba istaći da zemljište visoke plodnosti mora imati povoljne, fizičke, hemijske, biološke osobine, vodno-vazdušni i toplotni režim.

Zemljište treba da ima povoljan režim biljnih hraniva, što znači da tokom čitavog vegetacionog perioda biljkama treba da bude na raspolaganju dovoljno hraniva u pristupačnim oblicima. Tokom čitavog vegetacionog perioda zemljište treba da sadrži dovoljno vlage dostupne biljkama. Bez povoljnog režima vlaženja zemljišta nezamisliv je povoljan režim mobilizacije biljnih hraniva i obezbeđenja potreba biljaka u vodi. Zemljište treba da sadrži dovoljno O₂ (povoljan vazdušni režim), neophodnog za disanje korena biljaka i za druge oksidacione procese, od kojih zavisi mobilizacija biljnih hraniva i prevođenje u forme dostupne biljkama. Takođe, u zemljištu treba da budu povoljni i toplotni uslovi (povoljan temperaturni režim), za razvoj biljaka i mikrobiološku aktivnost u procesu mobilizacije biljnih hraniva. (Bogdanović et al., 2014).

Ispitivanja zemljišta su iz godine u godinu sve učestalija i intenzivnija. Razlog tome je promena klimatskih faktora, zagađenje životne sredine, učestalije poplave, erozija. Ljudi iz predostrožnosti sve češće donose zemljište na ispitivanje kako bi bili sigurni da li je to zemljište pogodno za gajanje kulture koju oni žele. U ovom disertaciji vršeno je ispitivanje određenih parametara kvaliteta zemljišta na kojima su kasnije sađene voćarske kulture, žitarice i povrće. Takođe je napravljena jedna paralela u ispitivanju kvaliteta zemljišta nakon privremenih poplava, koje su se desile baš u periodu kada su voćarske kulture, kao i žitarice bile u fazi razvoja. Iskorišćavanjem odgovarajućih parametara kvaliteta došlo se do zaključka kakvog kvaliteta mora da bude zemljište na koje će se saditi odgovarajuće kulture.

U disertaciji je bilo reči i o prisustvu jedinjenja POPs u zemljištu, koja su se nalazila na lokacijama koje su se nalazile u blizini autoputa E-75, koji je za vreme istraživanja bio u izgradnji. U zemljištu se od POPs jedinjenja, pod dejstvom velikog % izduvnih gasova, nalaze PAH jedinjenja, koja su relativno slabo rastvorna u vodi, ali se lako rastvaraju u nepolarnim rastvaračima i lipidima. PAH – ovi u čvrstom agregatnom stanju su bele, žute,

bledo zelene boji a neki od njih su i bezbojni. PAH- ovi imaju karakteristične. Jako su opasni ako se nađu u telu čoveka jer izazivaju veoma teške bolesti smrtonosne po čoveka.

Pored fizičkih parametara promene kvaliteta zemljišta (određivanje K, P, N, humusa i pH), određivani su i radionuklidi u zemljištu i to ^{226}Th , ^{40}K , ^{238}U , ^{235}U i ^{137}Cs , odnosno ispitivana je radioaktivnost. Razvoj nauke i tehnologije omogućio je ispitivanje brojnih radioaktivnih izotopa, kako u zemljištu tako i ostalim biljnim kulturama. Kroz istorijski razvoj poljoprivrednih predela količina U, Th i Ra izotopa u zemljištu proučavala se putem odnosa aktivnosti između radionuklida koji pripadaju istoj seriji (Vera Tomé, 2002). Prirodna radioaktivnost potiče kako od članova radioaktivnih nizova čiji su rodonačelnici ^{232}Th , ^{238}U i ^{235}U , tako i od ^{40}K . Pored prirodnih, pod uticajem razvoja tehnologije (ili ljudskim delovanjem), u životnu sredinu su dospeli i neki veštački radionuklidi. Jedan od njih je i ^{137}Cs ($T_{1/2}=30\text{y}$), do čije su pojave u prirodi, u najvećoj meri, dovele nuklearne probe 60-ih god. i akcident u Černobilju 1986.god.(Vukašinić et al., 2013).

Zemljište je kompleksan materijal koji se sastoji od mineralne (neorganske) kao i organske komponente koja nastajeraspadom biljnog materijala. Zemljište predstavlja jednu kompaktnu celinu, koje biljkama daje potrebne mikro i makro elemente za obavljanje svojih funkcija tokom faze razvoja. Žitarice poput pšenice, kukuruza i ječma predstavljaju najveći deo svakodnevne ishrane čoveka. Deo radionuklida žitarice apsorbuju iz zemljišta, tako da je neophodno poznavati vrednost transfer faktora koji omogućava ispitivanja u lancu zemljište – biljka – životinja – čovek – radijacioni rizik (Solecki, Chibowski 2002). Transfer faktor (TF) se koristi kao parametar za modele transfera životne sredine koji su korisni u predviđanju specifične aktivnosti radionuklida u poljoprivredne kulture (Schimmack et al., 2003).

Transfer faktor je određen s ciljem da pokaže kakav je transfer pojedinih radionuklida između biljke i zemljišta, tj. da pokaže koliko biljke upijaju kroz koren, stablo, list i plod količinu radioaktivnih radionuklida ^{226}Th , ^{40}K , ^{238}U , ^{235}U , koji se nalaze u zemljištu. Ovi parametri su ispitivani u Institutu za nuklearne nauke "Vinča" u Laboratoriji za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine. Transport radionuklida iz zemljišta u biljku, kroz protok mase i difuziju, nastupa simultano blizu korena. Proces difuzije u zemljištu je striktno ograničen odsustvom koherentnih podataka koji sadrže koeficijente difuzije u odnosu na izoterme apsorpcije. Glavni faktori koji određuju varijabilnosti TF su tip radionuklida, vrsta biljke, tip zemljišta (njegove karakteristike) i stabilna koncentracija elementa (Vandenhove et al., 2008). Vrednosti transfer faktora zavise od biljnih sorti i vremenskih uslova (Abu-Khadra et al., 2008). Rezultati istraživanja transfer faktora treba

da pokažu, odnosno daju osnovu za teorijska objašnjenja različitog usvajanja elemenata koji ne učestvuju u fiziološkim i biohemijskim procesima u biljci (Bikit et al., 1995). Transportni procesi u sistemu zemljište – biljke za grupu radionuklida ^{226}Ra , ^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U i ^{137}Cs su nedovoljno poznata u Pčinjskom regionu.

Istraživanje o ulozi difuzije na površini zemljišta prema difuziji kroz fazu rastvaranja intenzivira se sistemima modela i sistemima koji bliže simuliraju sisteme zemljište-biljka. U radioekološkim studijama lanci ishrane se koriste za procenu ingestione doze koju čovek dobija od radionuklida u okolini. Svi modeli koriste transfer faktore kao kvantitativnu meru prelaska radionuklida iz jedne karike lanca u drugu.

Istraživanja koja omogućavaju upoznavanje i kvantifikaciju transporta prirodnih radionuklida iz zemljišta u biljke od značaja su kako za procenu radijacionog rizika, tako i za normiranje MDK 3 vrednosti ovih polutanata u (poljoprivrednom) zemljištu; za procenu bilansa pri đubrenju zemljišta mineralnim đubrivima; za formiranje preventivnih mera za akcidentalne situacije kao i za eventualnu dekontaminaciju zemljišta uzgajanjem određenih biljaka. Rezultati ovakvih istraživanja mogu da daju i osnovu za teorijska objašnjenja različitog usvajanja elemenata koji ne učestvuju u fiziološkim i biohemijskim procesima u biljci. U ovu grupu spadaju i teški prirodni radionuklidi ^{226}Ra , ^{236}U i ^{232}Th u čljoj toksikologiji se prepliću *radijaciona tokstičnost* što komplikuje i pojačava negativne efekte na ljudsko zdravlje.

Ispitivanje radioaktivnosti zemljišta u nepoljoprivrednom zemljištu (livade u ovom slučaju) ima višestruke koristi jer može da ukaže na površinsku kontaminaciju radionuklidima usled depozicije iz vazduha ili vodenih ekosistema, zato što se zemljište ne meša i sastav tog tipa zemljišta ne narušava čovek. Praćenjem redistribucije radionuklida u ovakvom zemljištu moguće je proceniti eroziju tla što je od velike važnosti za dugogodišnje upravljanje zemljištem.

Rezultati dobijeni u ovoj disertaciji su rezultati preliminarnih merenja različitih uzoraka koji do sada nisu mereni niti istraživani.

Analiziran je osušeni prinos, (konkretno suva višnja) koji ne sme da se slepljuje stiskanjem u ruci, niti da se iz njega izdvaja sok. Osušeni plodovi podvrgnuti su procesu rehidracije. Suvi prinos dobijen je sa ispitivanog zemljišta. Pokazano je kako se suvi prinos ponaša pod dejstvom različitih parametara životne sredine, da li dolazi do promena

ili ne dolazi, konkretno kako temperatura utiče na promenu sadržaja vlage u njemu i kako pod dejstvom svetlosti suvi prinos gubi ili ne gubi boju. Na količinu i kvalitet sušenog proizvoda jako bitno utiče i sam kvalitet zemljišta sa koga su uzimani uzorci različitih prinosa i proizvoda. Kod suvih plodova određivan je sadržaj promene vlage, kako se menja i koliko se izgubi vlage kod suvog prinosa nakon izvesnog vremena pod dejstvom promene temperature sredine.

I ŽIVOTNA SREDINA

Životna sredina predstavlja sve ono što nas okružuje, odnosno sve ono sa čime je direktno ili indirektno povezana čovekova životna i proizvodna aktivnost. Ona je specifični resurs za nastanak, razvoj i opstanak ljudskog života, a njeno zagađivanje predstavlja nužnost i problem koji zahteva temeljan istraživački pristup i rešenje. Predstavlja skup prirodnih i stvorenih vrednosti čiji kompleksni međusobni odnosi čine prostor i uslove za život; to su svi uslovi, okolnosti i uticaji koji okružuju i utiču na razvoj jednog organizma ili grupe organizama. Uticaji dolaze kako od žive tako i od nežive prirode. Životnu sredinu čini svet prirode (biljke, životinje, zemljište, vazduh i voda), koji je postojao milijrdama godina pre čoveka, i svet objekata, predmeta i institucija koje je čovek sam izgradio koristeći tehniku, tehnologiju i nauku da bi stvorio okruženje koje odgovara njegovim potrebama.

Zagađivanje ne vrši samo čovek zadovoljavajući svoje potrebe, već i ostala živa bića, a takođe i sama priroda (vulkanske erupcije, zemljotresi). Ovo zagađivanje, iako prisutno od samog postanka života, tek poslednjih decenija je shvaćeno kao ozbiljan problem koji ugrožava razvoj i sam opstanak čoveka. Davno su prošla vremena kada su se ekologijom, ili bolje reći problemima životne sredine, bavili samo naučnici i o posledicama ljudskih aktivnosti po životnu sredinu raspravljali na naučnim skupovima.

Svaki stanovnik planete zemlje danas je izložen negativnim uticajima životne sredine. Posledice preživljavamo svakodnevno, kroz vazduh koji udišemo, vodu i hranu koje unosimo u svoj organizam, kroz zagađenja i zračenja kojima smo izloženi. Posledice ekoloških problema manifestuju se kroz sve manju količinu prirodnih resursa, izumiranje biljnih i životinjskih vrsta, i poremećaje u globalnom ekosistemu i biohemijskom procesu. Stanovništvo planete zemlje je u stalnom porastu, što znači da je pitanje obezbeđenja hrane, posebno zdrave hrane sve istaknutije. U porastu su urbanizacija i ekonomski razvoj.

Izgradnja i proširivanje gradova zauzima sve više prostora, a da bi se zadovoljile rastuće potrebe za proizvodnjom i potrošnjom, iskorišćavaju se sve veće količine prirodnih resursa. Prirodni resursi, koji se najčešće koriste za ljudske aktivnosti, potrošivi su. U prošlosti, smatralo se, da se nikada neće potrošiti globalni resursi koji predstavljaju izvor energije, kao što su voda, zemljište, rude, nafta, prirodni gas, minerali i sl. Danas, imajući u vidu privredni razvoj, došlo se do saznanja da su globalne rezerve ovih resursa na izmaku i samim tim se čovečanstvo našlo na velikoj prekretnici. Ovakvim postupcima ne misli se za

budućnost, kao i opstanak čovečanstva, treba se usmeriti ka održivom razvoju životne sredine (Sobczyk, 2014).

Kroz razvoj urbanizacije, čovek menja prirodno okruženje i to često tako što narušava prirodnu životnu sredinu. Izgradnjom termoelektrana, hidrocentrala i akumulacija, sečom šuma, pošumljavanjem, eksploatacijom mineralnih sirovina, stvaranjem deponija, emisijom gasova, nuklearnim probama i dr. čovek utiče na promenu čitavih područja. Kao rezultat čovekovih aktivnosti dolazi do promena ili narušavanja ekosistema i klimatskih promena na lokalnom i globalnom nivou. Životna sredina se može posmatrati kao petokomponentni sistem koji čine: atmosfera, hidrosfera, litosfera, zemljište, organizmi.

Za svaki pojedinačan organizam okolina, životna sredina je i neživa priroda, određena uslovima (temperatura, vlažnost, pH zemljišta) i raspoloživim resursima (energija, voda, mineralni elementi), kao i živa priroda, koju čine druga živa bića sa kojima je u neposrednom ili posrednom kontaktu. U životnoj sredini biljni i životinjski organizmi nalaze sve ono što im je neophodno za odvijanje normalnog života, metaboličkih procesa, razvoj, razmnožavanje i opstanak. Ona nije uvek i na svakom mestu darežljiva prema živim bićima, pa su ona često, primorana da za svoj opstanak vode vrlo tešku borbu. Posebno su surovi uslovi u arktičkim (niska temperatura, visoka vlažnost, stalno zamrznuta podloga) ili pustinjskim (visoka temperatura, ekstremna suša, nerazvijeno zemljište) predelima i drugim negostoljubivim sredinama, gde se resursi nalaze u minimumu i onemogućavaju normalan život organizma. Životna sredina se odlikuje velikom varijabilnošću i heterogenošću u vremenu i prostoru, što je rezultat delovanja stalno promenljivog kompleksa ekoloških uslova. Na pojedine organizme, na određenom mestu, skup ekoloških uslova deluje različito, čak drugačije na svakom stupnju njihovog razvoja.

Problemi u zaštiti životne sredine se često javljaju usled neodgovarajućeg korišćenja hemijskih sredstava u poljoprivrednoj proizvodnji, koje se nestručno koriste od strane poljoprivrednika i time veće količine zagađujućih materija dospevaju u tlo i površinske i podzemne vode. Stanovništvo bi trebalo više da se uključi u rešavanju problema vezanih za očuvanje životne sredine; trebalo bi da se edukuje i da ne utiče na globalne promene koje se danas sve češće dešavaju u atmosferi, a što se lože odražava na uslove života živih bića (Barankova et al., 2011).

Životna sredina se može štititi na razne načine, različitim aktivnostima kao što su sakupljanje smeća, reciklaža, održavanje raznih naučnih skupova, obrazovanje itd. U ovom disertaciji analizirani su parametri životne sredine, koji utiču na kvalitet zemljišta, kvalitet dobijenog prinosa u suvom stanju u procesu obezbeđenja zdravih poljoprivrednih i voćarskih proizvoda u skladu sa Ustavom Republike Srbije i međunarodnim konvencijama.

1. PARAMETRI ŽIVOTNE SREDINE

1.1. VAZDUH

Vazduh kao parametar životne sredine, na biljke deluje svojim sastavom i kretanjem. Neophodan je za opstanak živog sveta na Zemlji. Predstavlja izvor života za životnu sredinu za biljke, kao i izvor kiseonika za druge kopnene organizme. Po sastavu vazduh je mešavina različitih gasova prilično ujednačenog sastava. Apsolutno suv vazduh sadrži 78,08vol.% azota, 20,95vol.% kiseonika, 0,93vol.% argona i oko 0,03vol.% ugljen-dioksida. Sem ovih gasova vazduh sadrži i vodonik, plemenite gasove (neon, ksenon, radon, kripton, helijum), ozon, metan, amonijak, sumpor-dioksid, hlor, fluor. Vazduh sadrži i određenu količinu vodene pare.

Azot, kao sastavni deo vazduha, neophodan je element svih belančevina i jedan je od neophodnih makroelemenata u ishrani biljaka. Elementarni azot biljke iskorišćavaju posle njegove transformacije u nitratni i amonijačni oblik. Transformacija azota odvija se pri električnim pražnjenjima, vezivanjem atmosferskog azota od strane mikroorganizama i uproizvodnji azotnih đubriva. Azotna đubriva su veoma bitna jer se bez njih ne može zamisliti biljna proizvodnja.

Kiseonik, kao sastavni deo vazduha, neophodan je biljkama za odvijanje procesa disanja, bitan je za odvijanje oksidacionih procesa u zemljištu, kao i za aktivnost aerobnih mikroorganizama. Sadržaj kiseonika je postojan u prizemnim slojevima atmosfere tako da ga za potrebe biljke uvek ima. Nadzemni delovi biljke nikad ne pate od nedostatka kiseonika, što se ne može reći za zemljište. U zemljištu, može doći do nedostatka kiseonika i nagomilavanja ugljen-dioksida kao posledica poplava, zbijanja zemljišta, visokog snežnog pokrivača, gustog biljnog sklopa. U tom slučaju vrši se aeracija zemljišta, koja se bolje i potpunije obavlja na rastresitom, obrađenom zemljištu bez biljnog pokrivača.

Ugljen-dioksid, kao sastavni deo vazduha, neophodan je biljkama u procesu fotosinteze. Količina ugljen-dioksida se stalno obnavlja, on se neprestano stvara disanjem živih organizama, sagorevanjem, radom vulkana i dr. Međutim, sagorevanjem ogromnih količina fosilnih goriva, kao što su nafta i ugalj, koncentracija ugljen-dioksida u atmosferi se postepeno povećava, a to može izazvati nepredvidive promene klime na Zemlji, kao što su efekat „staklene bašte“. Sagorevanjem uglja, nafte i drugih gasova u atmosferu godišnje dospe oko 25 milijardi tona ugljen-dioksida, zbog čega se u poslednje vreme njegova

koncentracija u atmosferi godišnje povećala za oko 6%. Koncentracija ugljen-dioksida u vazduhu se stalno menja i pri tome pokazuje određenu periodičnost. Ovo je povezano sa fotosintezom biljaka. Preko dana, kad se proces fotosinteze intenzivno odvija, koncentracija ugljen-dioksida opada, dok se u toku noći kada nema fotosinteze, koncentracija ugljen-dioksida povećava. Iz tog razloga u letnjim mesecima, za vreme intenzivne potrošnje od strane biljaka, njegov sadržaj opada u odnosu na zimski period.

Kolebanje koncentracije ugljen-dioksida u vazduhu znatno utiče na intenzitet fotosinteze. Utvrđeno je da intenzitet fotosinteze raste sa povećanjem koncentracije ugljen-dioksida u atmosferi do određene granice. Ovakva činjenica našla je praktičnu primenu pri gajenju biljaka u zatvorenom prostoru (staklare, plastenici, tople leje). Ova mera u povrtarskoj proizvodnji se dosta primenjuje i naziva se đubrenje ugljen-dioksidom. Povećanjem sadržaja ugljen-dioksida dobijaju se veći prinosi boljeg kvaliteta.

Koncentracija ugljen-dioksida iznad koje se produkcija organskih materija više ne povećava naziva se *saturaciona ili zasićujuća koncentracija* i ona je veća od prirodne koncentracije ugljen-dioksida u atmosferi. Do saturacije fotosinteze dolazi pri koncentraciji ugljen-dioksida od 0,18-0,35vol.%. Dalje povećanje koncentracije ugljen-dioksida ne utiče na produkciju organske materije, već deluje toksično.

1.1.1. Vetar

Horizontalna kretanja vazduha nazivaju se vetrovi. Vetar nastaje zbog razlike barometarskog pritiska. Vazduh stalno struji i kreće se od mesta većeg ka mestu manjeg pritiska. Uticaj vetra na razne članove agrobiocenoze je različit i zavisi od: vremena kada se javlja, jačine, pravca duvanja, njegove zagrejanosti i vlažnosti. Vetrovi mogu da budu: snažni i jaki, blagi, topli i suvi, vlažni i hladni. Vetrovi se mogu klasifikovati u:

- stalne i
- periodične.

Stalni vetrovi su: pasati i antipasati, zapadni vetrovi, polarni ili istočni vetrovi. Ovi vetrovi su uslovljeni globalnim rasporedom zona visokog i niskog vazdušnog prostora, između većih i manjih geografskih širina, kopna i mora. Pasati polaze iz suptropskih oblasti, koje se odlikuju visokim vazdušnim pritiskom, prema oblasti tišina u pojasu niskog vazdušnog pritiska oko ekvatora. Na mestu gde se susreću, u blizini ekvatora, dolazi do ulaznih struja toplog vazduha, koji se podiže na gore i sa većih visina kreće nadole prema suptropskim širinama. Ovi visinski vetrovi koji imaju suprotan pravac od pasata zovu se

antipasati. Stalni vetrovi su i polarni vetrovi koji neprekidno duvaju iz oblasti visokog vazdušnog pritiska oko polova ka oblastima sa niskim pritiskom u subpolarnim oblastima.

Periodični vetrovi duvaju u određenim oblastima u određeno doba godine, kada dolazi do promene vazdušnog pritiska. Takvi vetrovi su **monsuni** koji zimi duvaju sa kopna na more i zbog toga su suvi, a leti menjaju smer i duvaju sa mora na kopno, donoseći ogromne količine padavina. Lokalni vetrovi su tipični za uža geografska područja u kojima se javljaju redovno sa određenom učestalošću i dužinom trajanja. Na pojavu lokalnih vetrova utiču elementi reljefa, usamljene planine, planinski venci, rečne doline i razučena obala mora. Ovi vetrovi dobili su imena shodno mestu gde duvaju. Takvi vetrovi su košava, (duva u Podunavlju, pretežno zimski vetar, duva nekoliko dana do nekoliko nedelja). Vardarac je suv i hladan zimski vetar, kreće se dolinom Vardara prema Egejskom moru, bura je snažan, suv i hladan vetar koji duva sa Dinarskih planina prema Jadranskom moru, donoseći vedro vreme, dok se na istom području javlja jugo koji duva sa mora na kopno donoseći kišu. U tropskom pojasu povremeno se javljaju vetrovi ogromne snage sa vrtložnim kretanjem vazduha sa brzinom i do 250 km na sat to su tajfuni, uragani, cikloni, tornado. Ovi vetrovi prouzrokuju ogromne štete.

1.1.1.1. Uticaj vetra na biljke

Vetar može da ima veoma značajan uticaj na agroekosistem. Ovaj uticaj je rezultat sposobnosti vetra da: vrši neposredan fizički pritisak na telo biljke, prenosi čestice, kao što su soli, polen, semena, meša okolnu atmosferu i dr. Brzina vetra, odnosno njegova jačina meri se u m/sek. ili km/sat. Blagi vetar, povetarac do 5 m/sek. je koristan jer prenosi polen i time omogućava oplodnju, odnosno oprašivanje biljaka (Oljača, 2008). Umereno kretanje vazdušne mase omogućava aeraciju zemljišta, ujednačavanje vazdušne vlage kao i brže prosušivanje mokre zemlje, što je posebno važno u proleće zbog obavljanja poljskih radova i brži razvoj useva. Vetar smanjuje pojavu kasnoprolećnih i ranojesenih mrazeva. Suv, topao vetar ubrzava sazrevanje useva i brže sušenje letine.

Vetrovi koji duvaju jačinom od 5 m/sek smatraju se štetnim za poljoprivredu. Vetrovi takve jačine mehanički oštećuju biljke, kidaju listove, cvetove, plodove, lome grane i stabla, uzrokuju poleganje (najčešće žita, koja su opterećena masom zrna ili ploda), čupaju biljke iz korena, ometaju oprašivanje, a oni najači vetrovi kao što su tajfuni, tornada su katastrofalni kako za biljke tako i domaće životinje i čoveka.

Snažni vetrovi su uzročnici eolske erozije – deflacije. Ovo je pojava kada vetar odnosi najsitnije i najvrednije čestice gline i humusa i time osiromašuje zemljište. Deflaciji

su naročito izložena peskovita zemljišta, jer vetar odnosi površinski sloj s jednog mesta i gomila ga na drugom mestu zatrpavajući useve. Jaki i snažni vetrovi odnose i sneg sa useva i time doprinose širenju patogenih mikroorganizama, štetočina i semena korova na velikim razdaljinama. Za razliku od njih topli i suvi vetrovi su veoma štetni tokom vegetacije, jer jako isušuju zemljište, pojačavaju transpiraciju, dovode do prisilnog sazrevanja useva.

Vlažni vetrovi su nosioci padavina, produžuju vegetaciju, otežavaju žetvu, berbu. Hladni vetrovi usporavaju vegetaciju. U zimskom periodu ovi vetrovi su suvi i mogu izazvati izmrzavanje ozimih useva tzv. golomrazica. Hladni vetrovi su štetni i u proleće kad voćke cvetaju, a biljni organi su mladi i sočni. Zbog stalnog uticaja jakih vetrova, biljke visokih planina ili pustinja su često niskog rasta. Nizak rast je rezultat stalnog isušujućeg efekta.

1.1.1.2. Zaštita od štetnog uticaja vetra

Najefikasniji način odbrane od jakih i snažnih vetrova je podizanje poljozaštitnih šumskih pojaseva, (vetrozaštitnih pojaseva), koji smanjuju udarnu snagu vetra, sprečavaju eolsku eroziju, zadržavaju sneg, povećavaju relativnu vlažnost vazduha u branjenom prostoru. Najznačajnija mera zaštite od erozije jeste da zemljište bude što više pokriveno vegetacijom, gajenjem višegodišnjih trava, drveća. Vegetacijski pokrivač štiti zemljište od erozije, tako što nadzemna biomasa smanjuje udare vetra, a korenov sistem zadržava zemljišne čestice.

1.1.2. Svetlost

Sunčeva svetlost, je jedini nezamenljivi izvor energije u procesu fotosinteze, kao i izvor toplotne energije koja je neophodna za odvijanje svih životnih procesa biljaka. Svetlost koja dospeva od Sunca je osnovni izvor energije za sve ekosisteme. Ona se apsorbira u organizmima biljaka i kroz proces fotosinteze, ta energija se skladišti u hemijskim vezama organskih materija.

Svetlost, bez obzira da li je poreklom od Sunca ili nekog veštačkog izvora (npr. Ksenonskog fito lampe u staklenicima), deluje na biljke svojim intenzitetom i spektralnim sastavom, tj, rasponom talasnih dužina. Sastoji se od energetskih čestica koje je Ajnštajn nazvao fotoni, koji se kreću u obliku talasa različite talasne dužine, zavisno od energije koju sadrže. Fotoni s većom energijom imaju manju talasnu dužinu i obrnuto. Delovanje pojedinih delova spektra na biljke pa i druge organizme je različito. Za fotosintezu u biljkama, kao jedinstveni biohemijski proces akumulacije svetlosne energije, delotvoran je

raspon 400-700 nm, što znači da fotoni koji imaju nižu ili višu frekvenciju (veće ili manje talasne dužine), ne mogu biti iskorišćeni u fotosintezi.

Svetlost, sa fiziološkog stanovišta, utiče na porast i razviće biljaka, a kao toplota predstavlja primarni faktor spoljne sredine. Sa ekološkog stanovišta, svetlost utiče na rasprostiranje biljaka na Zemlji kako u horizontalnom tako i u vertikalnom smeru. Kao ekološki faktor svetlost deluje na biljke: kvalitetom (sastavom), intenzitetom (jačinom) i trajanjem dnevnog osvetljenja (dužina dana).

Sunčeva svetlost utiče i na klimu na Zemlji, tako što se svetlost transformiše u toplotu, koja utiče na formiranje padavina, vetrove i druge klimatske parametre. Stvarna količina energije koja dođe do konkretnog mesta na Zemlji, bitno varira i zavisi od mnogih faktora geografske širine, nadmorske visine kao i drugih oblika reljefa, oblačnosti i tipa vegetacije. Svetlosni zraci, prolazeći kroz atmosferu Zemlje, delom se odbijaju od gasove i čestice, drugi deo se apsorbuje, dok treći deo dospe do površini Zemlje. Apsorbovana energija se kasnije vraća kao dugotalasno zračenje u obliku toplote. Na toj činjenici se zasniva i efekat staklene bašte, koji čine gasovi, koje čovek emituje u atmosferu, sagorevajući fosilna goriva.

Svi zraci koji dopru do površine Zemlje imaju značaj za sve žive organizme. Tokom evolucije organizmi su razvili adaptacije i način života na različite svetlosne uslove. Te adaptacije variraju od onih koje omogućavaju aktivno korišćenje raspoložive energije do izbegavanja izlaganja Sunčevom zračenju.

Fotosinteza je fiziološki proces kojim se u fotoautotrofnim organizmima (najznačajnije su više biljke) svetlosna energija usvojena fotoreceptorskim biljnim pigmentima pretvara nizom biohemijskih reakcija u energetske bogate molekule organskih jedinjenja. Pri tome se za sintezu jednostavnih ugljenih hidrata (Oljača, 2008) (monosaharidi s 3, 4, 5, 6, 7 ugljenikovih atoma) koriste ugljenik i kiseonik iz CO₂ te vodonik iz vode. Svetlost se usvaja u tzv. svetloj fazi fotosinteze, koja se sastoji od fotofizičkih i fotohemijskih reakcija. Za fotosintetske reakcije od značaja su talasne dužine plave i crvene svetlosti.

Fotofizičke reakcije (primarni procesi fotosinteze) obuhvataju apsorpciju svetlosne energije, ekscitaciju i deekscitaciju hlorofila kao najvažnijeg od fotosintetičkih pigmenata, koji su svojim proteinskim nosačima vezani u tilakoidnim membranama u hloroplastu.

Fotosintetska efikasnost može se definisati kao odnos između akumulirane i apsorbovane energije a *produktivnost fotosinteze* kao količina stvorene organske materije po jedinici lisne površine u određenom vremenu, koja zavisi od delotvornosti sistema "source" - "sink" (listovi u odnosu na cvet, seme, plod, stabljiku, koren). Intenzitet asimilacije i translokacija asimilata s mesta njihove proizvodnje (source, izvor asimilata) na mesto potrošnje (sink, uvirište asimilata) regulisani su povratnom inhibicijom. Da bi se održao maksimalan intenzitet fotosinteze, kapacitet sink-a mora biti sposoban za korišćenje stvorenih asimilata.

1.1.2.1. Delovanje svetlosti na biljke

Svetlost deluje na biljke na tri načina:

- Kvalitetom;
- Jačinom i
- Dužinom trajanja osvetljenja.

Kvalitet svetlosti predstavlja njenu talasnu dužinu, a ona određuje boju svetlosti, ako je ona monohromatska ili belu svetlost, ako je prisutan ceo spektar vidljivog dela elektromagnetnog zračenja Sunca.

Svetlost može na biljke da utiče:

- direktno i
- difuziono.

Najveći deo *direktne* svetlosti na površini Zemlje pripada vidljivom delu spektra, koje biljke u najvećoj meri apsorbuju. Različitim delovima ovog spektra odgovara uvek različita boja svetlosti, odnosno boja svetlosti zavisi od talasne dužine. Sunčevu svetlost čine zraci različite talasne dužine. Zbog postojanja ozonskog sloja u gornjim delovima atmosfere, na površini zemlje dopiru samo ultravioletni zraci duži od 280 nm. Spektralni sastav svetlosti menja se u prirodi, u vremenu i prostoru u zavisnosti od ugla pod kojim sunčevi zraci padaju na zemljinu površinu. U vremenskom pogledu razlikuju se dnevna i godišnja promena kvaliteta svetlosti. U prostoru kvalitet svetlosti se menja u horizontalnom i vertikalnom pravcu. Na ekvatoru zbog većeg ugla pod kojim sunčevi zraci padaju, veći je udeo plavoljubičastih zraka, dok se prema polovima povećava udeo crvenoooranž zraka. Iz istih razloga (zbog promene položaja Sunca nad horizontom), u podne i leti svetlost sadrži više ljubičaste i plave zrake, a pre i posle podne kao i zimi povećava se udeo crvenoooranž zraka. Iz ovoga proizilazi da su biljke u toku dana i godine osvetljene svetlšću različitog spektra, koji daje ljubičastu, plavu, zelenu, žutu, narandžastu i crvenu svetlost.

Direktna svetlost skraćuje vegetaciju, povoljno deluje na obrazovanje generativnih organa kod biljke (cvetova, ploda i semena), povećava sadržaj skroba, šećera, belančevina, ali i sadržaj grubih drvenastih teže svarljivih delova biljnih organa.

Difuzna (rasuta, odbijena) svetlost, koja se sreće u senci, je energetska slabija i više promenljiva od direktne svetlosti. Senka koju pravi vegetacija je drugačijeg svetlosnog sastava od difuzne. Kako biljke uglavnom apsorbiraju crvene i plave zrake, ispod krošnji drveća ili u senci useva dominiraju zeleni i infracrveni zraci. Ovi zraci nisu od koristi biljkama u donjim spratovima pa je sastav svetlosti u tim staništima limitirajući faktor za rast mnogih biljaka. Odnos direktnog i difuzionog zračenja se menja u zavisnosti od geomorfoloških i klimatskih karakteristika pojedinih područja na Zemlji, kako u dužim tako i u kraćim vremenskim razmacima.

Značaj difuzne svetlosti ogleda se u sledećem:

- difuzna svetlost produžuje trajanje dana do izlaska Sunca za vreme svitanja i posle zalaska Sunca za vreme sutona
- za vreme oblačnih dana difuzna svetlost zamenjuje direktnu sunčanu svetlost, na taj način se kod biljaka fotosinteza odvija i u oblačnim danima sa smanjenim intenzitetom
- difuzna svetlost je slabijeg intenziteta, ali ima povoljniji sastav od direktne svetlosti

Nedostatak svetlosti, kao i difuzna svetlost, podstiče porast vegetativnih delova biljke, podstiče obrazovanje nežnijih organa, dovodi do izduživanja ćelija. Kao posledica nedostatka svetlosti kod strnih žita stabljika se izdužuje, što može dovesti do poleganja useva. U takvim uslovima biljke su više podležne napadima bolesti i štetočina. Pri nedostatku svetlosti u biljkama se smanjuje sadržaj ulja, šećera i belančevina.

U proizvodnji biljke se često namerno zasenjuju radi dobijanja kvalitetnijih proizvoda. To se postiže gušćom setvom, npr. kod ječma, konoplja i dr. U gušćoj setvi biljke nemaju dovoljno Sunčeve svetlosti, pa se više koriste difuzionom svetlošću, jer je tada stabljika nežnija, svarljivija, a kod konoplja vlakno je tanje i finije.

Pod **jačinom svetlosti** podrazumeva se ukupna energija fotosintetski aktivne radijacije koja dospe do površine lista. Na veoma visokom nivou svetlosne energije fotosintetički pigmenti biljke bivaju zasićeni, što znači da sa daljim povećanjem jačine svetlosti ne dolazi do povećanja intenziteta fotosinteze. Ovaj nivo svetlosne energije se zove tačka zasićenja. Preterana količina svetlosti, odnosno povećana jačina svetlosti, može dovesti do degradacije hlorofila ili čak do oštećenja tkiva lista kod biljke. Sa druge strane

nizak nivo svetlosti dovodi biljku do *kompensacione tačke za svetlost*. To je ona jačina svetlosti na kojoj je količina organske materije proizvedena u fotosintezi identična količini materije koja se potroši u procesu disanja. Kada je jačina svetlosti ispod nivoa kompensacione tačke, energetski bilans biljke je negativan i ona propada. Rast i razviće biljke se obavlja samo ako je količina svetlosti daleko iznad kompensacione tačke.

Jačina, odnosno intenzitet svetlosti, menja se u vremenu i prostoru. U prostoru intenzitet svetlosti se menja u horizontalnom i vertikalnom pravcu. Raspored svetlosti u horizontalnom pravcu utiče na uspevanje pojedinih biljnih vrsta, isto tako na prinos i na kvalitet proizvoda. U blizini polova uzgajaju se biljke koje se zadovoljavaju manjim količinama svetlosti, dok na ekvatoru rastu biljke koje zahtevaju veću količinu svetlosti. U vertikalnom pravcu na raspored intenziteta svetlosti deluje atmosfera, koja apsorbuje dobar deo Sunčeve svetlosti. Tako u visokim predelima intenzitet svetlosti je veći nego u nizijama.

U vremenskom pogledu intenzitet sunčeve svetlosti se stalno menja, kako tokom dana tako i tokom godine. Tokom dana maksimalna jačina (intenzitet) svetlosti je u podne, a minimalna noću. Tokom godine, na severnoj hemisferi svetlosni maksimum je 22. juna, a minimum je 22. decembra. Ova periodičnost intenziteta svetlosti uslovljava kako dnevni tako i godišnji ritam biljaka.

Biljke reaguju na svetlosne uslove okoline prilagođavajući tome svoj rast i razvoj, a prema zahtevu za svetlom dele se na:

- heliofite (ne podnose zasenjivanje odn. nizak intenzitet svetla)
- krioite (prilagođene manjem intenzitetu svetla).

Fotoperiodizam je reakcija biljke na dužinu osvetljavanja i odnosi se na trajanje svetla i tame unutar 24 sata. Biljke reaguju i na veštačku svetlost, zavisno od njenog kvaliteta. Fotoperiodska indukcija omogućava cvetanje biljaka u uslovima nepovoljne dužine dana ako su prethodno izložene minimumu fotoperiodski aktivnih ciklusa (odgovarajuća dužina svetlosti i tame unutar 24 sata). Minimumi se razlikuju za pojedine vrste. Svetli deo fotoperiodnog ciklusa (fotofilna faza) deli se na osnovni (nastupa odmah posle perioda tame) i dopunski (produženi deo koji čini dugi dan). U osnovnom delu sprovodi se nespecifična fotosinteza.

Dužina trajanja osvetljenja fotosintetskih organa biljke u toku dana je veoma važna za efikasnost fotosinteze i za dugoročni rast i razviće. Izloženost biljke veoma jakom osvetljenju u kraćem periodu je podnošljivo, dok u dužem vremenskom periodu to može

biti štetno i veoma opasno. Kratkotrajna izloženost jakom intenzitetu, tj. osvetljenju, može omogućiti biljci da stvori veću količinu asimilata koji će joj omogućiti da preživi duži period sa jakim osvetljenjem, odnosno sa jačinom svetlosti nižom od kompenzacione tačke. Ukupan broj sati dnevnog osvetljenja je veoma važan aspekt delovanja dužine osvetljenja na biljke.

Na variranja u osvetljavanju biljaka u toku dana utiče temperatura i dužina dana (trajanje dnevnog osvetljenja). Temperatura tokom dana, od jutra do mraka, raste i time povećava intenzitet osvetljavanja, odnosno jačinu svetlosti. U nedostatku vode, u periodima suše, temperaturni uticaj može da se pojačava.

Dužina dana kao vegetacioni činilac ima poseban značaj za biljnu proizvodnju, jer istovremeno utiče na rast i razviće, tj. na dužinu pojedinih razvojnih faza, a time na ukupnu dužinu vegetacije. Na osnovu reakcije biljaka na dužinu dana, sve kulturne vrste mogu se podeliti u tri grupe:

- biljke dugog;
- kratkog dana;
- neutralne biljke

Biljke dugog dana su one vrste, kojima je za stvaranje generativnih organa potreban dug dan, u trajanju od preko 12-14 časova, duži od tzv. „kritične dužine“ dana. Produženje dnevnog osvetljenja preko „kritične dužine“ dana ubrzava razviće i dovodi do bržeg cvetanja i plodonošenja. Biljkama dužeg dana, za razliku od biljaka kratkog dana, nije potrebno smanjivanje svetlih i tamnih perioda. One rastu i razvijaju se u uslovima permanentnog osvetljenja i u takvim uslovima dolazi do najvećeg ubrzanja razvića. Od kulturnih biljaka u biljke dugog dana spadaju: pšenica, ovas, ječam, raž, većina trava, šećerna repa, uljana repica, lan, crvena detelina, bob, grašak, luk, spanać, salata, mak... Ove biljke vode poreklo od umerenog pojasa.

Kod biljaka dugog dana pri ranoj setvi u proleće, relativno kratak dan pospešuje vegetativni rast. Specifične fotosintetske reakcije se odvijaju u dopunskom delu svetle faze ciklusa, a u mraku preovlađuju enzimatske hidrolize. Biljke kratkog dana (npr. *Dahlia*, cveta u kasno leto ili ranu jesen) specifične fotoperiodne reakcije sprovode u tami, a prekidanje tame makar i kratkotrajnom svetlosti prolongira cvetanje. Svetlost ne mora neposredno uticati na tačke rasta biljke već listovi moraju biti izloženi određenom svetlosnom režimu (dovoljan je i jedan list) da bi biljke mogle da cvetaju. Kritična dužina dana je za kratkodnevne biljke najduži dan, a za dugodnevne biljke najkraći dan pri kojem

cvetaju. Kad je nepovoljna dužina dana biljke reaguju produživanjem ili skraćanjem vegetacije.

Rastuća dužina dana kasnije deluje povoljno na diferenciranje reproduktivnih organa. Iz tog razloga može se reći da dužina dana utiče, odnosno preduslov je za vegetativni rast, što je pretpostavka visokih prinosa. Kod kasne setve ovih vrsta u proleće, biljka pod uticajem dužih dana veoma brzo prelazi u generativnu fazu, ne uspeva da formira potrebnu vegetativnu masu, kao ni broj generativnih organa i tako ne može da da ni veliki prinos.

Svetlosni nadražaj primaju fotoreceptori u biljci od kojih su fitohromi najznačajniji. *Fitohrom* je fotomorfogenetski faktor viših biljaka čiji aktivni oblik utiče na odvijanje i intenzitet mnogih fizioloških procesa u biljci. Učestvuje u prepoznavanju svetlosti uopšte, spektralnog sastava, nivoa zračenja, pravca iz kojeg dolazi svetlo i trajanja osvetljenja. Ima ključnu ulogu tokom celog života biljke, od klijanja semena, kroz ceo period vegetativnog rasta do kontrole cvetanja. Fitohromi se nalaze u svim organima biljke uključujući i koren, ali ih najviše ima u meristemskim tkivima.

Biljke kratkog dana su one vrste, kojima je za stvaranje generativnih organa potreban kratak dan, u trajanju manjem od 12-14 časova, kraći čak i od „kritične dužine“ dana. Skraćivanje dnevnog osvetljenja ispod „kritične dužine“ dana ubrzava razviće, skraćuje vremenski period do cvetanja, a time i dužinu vegetacije biljke. Biljkama kratkog dana je potrebno smenjivanje tamnih i svetlih perioda. Čak i kratkotrajno osvetljenje za vreme tamnog perioda ima efekat dugog dana, tj. zadržava biljku u vegetativnoj fazi razvoja.

Kod biljaka kratkog dana ranija setva u proleće, dok je dan još kraći nije moguća, zbog njihovih zahteva prema višim temperaturama; tako da setva i nicanje mogu da uslede tek onda kad se dan poveća (kad dan postane dug). Posledica toga je usporen prelazak u generativnu fazu, cvetanje i formiranje reproduktivnih organa kasno u leto, a sazrevanje u jesen. U tom slučaju prvi jesenji mrazovi predstavljaju opasnost za normalno sazrevanje zrna. Kod nekih vrsta, najčešće biljaka kratkog dana, moguće je utvrditi optimalni fotoperiod koji dovodi do najbržeg razvića. Međutim ova dužina dana nije istovremeno i optimalna za formiranje organske materije i prinosa. U tim uslovima biljka veoma brzo prelazi u generativnu fazu razvoja, formira manju vegetativnu masu, manji broj listova, pa u uslovima skraćene vegetacije ne može da formira ni visok biološki ni visok poljoprivredni prinos kao ni kvalitet (Oljača, 2008).

Za period cvetanja merodavna je dužina tamnog perioda, zato bi bilo pravilnije govoriti o biljkama duge noći umesto o biljkama kratkog dana. Analogno tome biljke dugog dana bilo bi pravilnije zvati biljkama kratke noći. Biljke kratkog dana su poreklom iz južnijih krajeva, u ovu grupu biljaka spadaju: kukuruz, proso, soja, pamuk, pirinač, konoplja, kafa, ananas, paprika, hrizantema, krompir.

Neutralne biljke cvetaju i donose plod nezavisno od dužine dana, odnosno ne pokazuju nikakvu reakciju na dužinu dana. U ovu grupu biljaka spadaju: suncokret, neke vrste duvana, grahorica, malina, paradajz, krastavac, pasulj.

Postoje i takve vrste biljaka koje po tačno određenom redosledu zahtevaju oba fotoperioda. Tako je moguće govoriti o biljkama koje da bi cvetale zahtevaju prvo uticaj dugog, a zatim kratkog dana. Nasuprot ovakvim biljkama druge biljke cvetaju tek onda kada su prvo bile izložene dejstvu kratkog, a zatim dejstvu dugog dana, tzv. biljke kratkog-dugog dana. Shodno tome može se reći da bi biljke mogle da se razvijaju i cvetaju moraju da budu izložene nekim najmanjim brojem induktivnih ciklusa, ali ne i previsokim intenzitetom svetlosti kao što je potrebno pri procesu fotosinteze. Pod induktivnim ciklusom podrazumeva se jedno smenjivanje svetlosti i tame u toku jednog dana. Broj induktivnih ciklusa je različit kod različitih vrsta biljaka. Kod nekih biljaka dovoljan je jedan induktivni ciklus, dok je kod drugih potrebno nekoliko njih, retko koja vrsta traži više od 20 induktivnih ciklusa za prelazak iz vegetativne u generativnu fazu razvoja.

1.1.2.2. Faktori koji utiču na svetlosne uslove na staništu

Kvalitet i kvantitet svetlosti koju biljka apsorbuje na specifičnoj lokaciji, kao i dužina i jačina trajanja osvetljenja, zavisi od mnogih faktora koji uključuju: godišnje doba, geografsku širinu, nadmorsku visinu, kvalitet vazduha i strukturu biljnog pokrivača.

Godišnje doba – Mnoge biljke su adaptirane na sezonski raspored (smenu godišnjih doba) svetlosti, one se pripremaju za predstojeću zimu i sledeće proleće, kako bi iskoristile povoljne uslove za rast i razviće. Sezonski raspored mnogih aktivnosti u poljoprivredi (setva i orezivanje) podudaraju se sa specifičnim dobom godine.

Geografska širina – Što je neko stanište bliže bilo kom polu, veće je sezonsko variranje dnevnog osvetljenja. Iznad polarnog kruga smenjuju se 24-časovno trajanje dana tokom leta sa 24-časovnim trajanjem noći tokom zime. Blizu ekvatora postoji smena dana i noći, koji traju po 12 časova. Ti uslovi omogućavaju visoku neto produkciju biljnog pokrivača tokom cele godine. Poljoprivredna proizvodnja u tim regionima se odlikuje

stalnom sezonom setve i sadnje, kao i mogućnošću gajenja više vrsta useva u isto vreme i dobijanju više žetvi godišnje.

Nadmorska visina – Kako nadmorska visina raste, tako raste i intenzitet svetlosti zbog tanje atmosfere, koja apsorbuje i odbija svetlost. Biljke koje rastu na većim nadmorskim visinama se suočavaju sa opasnošću od degradacije hlorofila, zbog intenzivne svetlosti. Zbog toga su mnoge visokoplaninske biljke razvile adaptacije kojima se štite od preteranog zračenja, u obliku jakih boja koje odbijaju svetlost, sitnih i krupnih dlačica ili ljuspica na listovima.

Topografija – Oblik terena i nagib mogu značajno da odrede intenzitet i količinu osvetljenja. Strme padine koje su okrenute ka polovima su izložene značajno manjoj direktnoj insolaciji od drugih strana istog uzvišenja. U agroekosistemima i male topografske varijacije mogu da uzrokuju fine razlike u mikroklimi, koje otežavaju razvoj useva, naročito u početnim fazama razvića.

Kvalitet vazduha – Od kvaliteta vazduha zavisi količina i jačina svetlosnih zraka koji padaju na biljke. Mnoge štetne čestice (smog, prašina i druge zagađujuće materije), imaju veliki uticaj na odbijanje svetlosnih zraka. One značajno utiču na fotosintetsku aktivnost ili smanjuju količinu svetlosne energije koja dopire do površine lista, ili prekrivajući lisnu površinu ne dozvoljava prodiranje svetlosti kroz kutikulu biljke. Ovaj problem izraženiji je u urbanim ili industrijskim oblastima, mada ne zaostaju poljoprivredne parcele u kojima se redovno spaljuju žetveni ostaci ili se zemljište nepravilno obrađuje.

Struktura biljnog pokrivača – U zavisnosti od strukture i gustine biljnog pokrivača, listovi će se manje ili više prekrivati, čineći strukturu vegetacije gušćom i smanjujući kvalitet i kvantitet svetlosti koja dođe do površine zemljišta. U isto vreme neki svetlosni zraci mogu prodreti između listova ili kroz prostor koji napravi vetar, pokrećući nadzemne delove biljaka, koje se nazivaju svetlosnim prodorima i svetlosnim pegama.

Relativna stopa transmisije svetlosti biljnog pokrivača je prosečna količina svetlosti koja prolazi kroz vegetaciju i izražava se u procentima od ukupne svetlosti, koja dospe na gornju površinu biljnog pokrivača ili na površinu zemljišta bez vegetacije. Ona zavisi od gustine vegetacije i položaja listova različitih biljnih vrsta koje čine dati biljni pokrivač. Ta vrednost može biti veoma mala, svega 2% kod nekih vrsta šuma do 19% kod suncokreta.

Najveći deo sunčeve svetlosti biljke apsorbuju preko lisne površine i drugih zelenih organa koji sadrže hlorofil. Zato od veličine lisne površine zavisi količina apsorbovane svetlosti. Za određivanje lisne površine i njene aktivnosti tj. za određivanje potencijalne apsorpcije svetlosti specifične vegetacije koristi se *indeks lisne površine (LAI)*. On se određuje deljenjem ukupne lisne površine svih biljaka koje se nalaze na određenoj površini, sa tom površinom. Indeks lisne površine je neimenovan broj. Važan parametar za određivanje ovog broja (parametra), je broj slojeva i visina svakog sloja biljaka u datoj vegetaciji.

Od ukupne količine Sunčevog zračenja (100%) koja dospe na gornju površinu biljnog pokrivača, jedan deo se odbija (R), ostali deo se postepeno smanjuje u zavisnosti od gustine i rasporeda biljnog pokrivača (Stevanović, Janković 2001). Veličina lisne površine zavisi od biljne vrste, sorte, kao i od spoljnih vegetacionih činilaca i od primenjenih agrotehničkih mera (u prvom redu od sadržaja pristupačne vode u zemljištu i od mineralne ishrane i to prvenstveno azota koji obezbeđuje biljkama vodu, vreme setve, gustinu, sklop i rezidbu). Zavisi i od ekoloških činilaca i to od obezbeđenosti biljkama vodom, mineralnim materijama, kao i od intenziteta svetlosti. Indeks lisne površine kod pojedinih biljaka kreće se u veoma širokim granicama od 3 do 10. Rane sorte i hibridi imaju manji indeks lisne površine od kasnih.

Dinamika stvaranja lisne površine je različita za pojedine vrste i sorte, međutim zajedničko je to da se u početku vegetacije lisna površina sporo uvećava, zatim dolazi period intenzivnog povećanja lisne površine, što se poklapa sa periodima intenzivnog rasta biljaka; ubrzo posle toga lisna površina dostiže svoj maksimum, da bi se kasnije smanjila zbog sušenja donjih listova. Tako u toku vegetacije dinamika stvaranja lisne površine ima oblik latiničnog slova.

Trajanje lisne površine je uslovljeno naslednom osnovom biljaka, koja određuje dužinu vegetacije, a time i dužinu života listova. Kod kasnih sorti i hibrida listovi ostaju duže u aktivnom stanju, otuda je njihov genetski potencijal za rodost veći u poređenju sa ranijim genotipovima. Trajanje života lisne površine zavisi od obezbeđenosti biljaka vodom, mineralnim materijama i zdravstvenog stanja listova.

Dužina trajanja životne aktivnosti pojedinih listova kod biljaka, je različita, što utiče na dužinu trajanja transporta asimilata iz listova do mesta njihovog nakupljanja. Za vreme translokacije asimilata jedan deo organske materije se potroši u procesu disanja. Gubici organske materije u procesu disanja se povećavaju sa temperaturom i dužinom puta.

Poželjno je da transportni put između listova i mesta za odlaganje asimilata bude kraći, jer na taj način se smanjuju gubici u organskoj materiji.

Svetlost se pod uticajem biljnog prekrivača menja, kako kvantitativno tako i kvalitativno. Svetlost senke sadrži veoma mali procenat crvene i plave svetlosti i uglavnom preovladavaju zeleni i infracrveni zraci. Ovakav sastav svetlosti zastupljen je u tipovima vegetacije koju čine širokolisne biljke (hrast, bukva, leska), dok je kod četinarskih biljaka veća zastupljenost plavih i crvenih zraka, zbog oblika lista (iglice). Ovakav oblik lista više odbija svetlost, nego što je absorbuje i transmituje. Svetlost utiče i na mnoge druge procese, koji se u biljci kontinuirano odvijaju tokom razvića: klijanje, rast, cvetanje, pokreti biljaka.

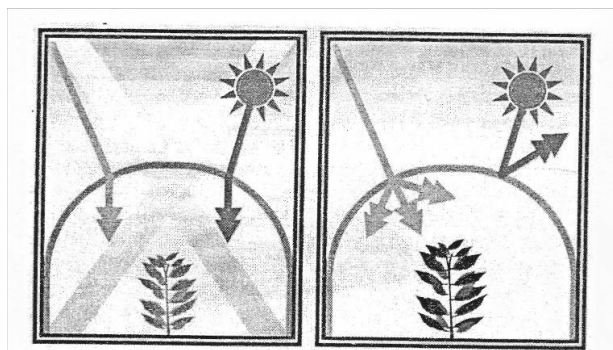
Za klijanje semena nekih vrsta biljaka potrebna je svetlost, odnosno bez svetlosti biljke ne bi mogle da prokljaju. Nekim korovskim biljkama je potrebno čak i kratkotrajno izlaganje svetlosti, dok nekim drugim potrebn je duži vremenski period sa svetlošću kako bi počelo klijanje. Nasuprot tome semena nekih vrsta biljaka neće klijeti ako su izložena svetlosti. Svetlost tada inhibira (ometa) klijanje. Kada seme proklja, novonastala biljka počinje da raste i razvija se. U svim fazama razvića, svetlost, odnosno dužina trajanja osvetljenja će kontrolisati nicanje biljke. Uspešno nicanje biljke zavisi od jačine svetlosti, što je jačina svetlosti izraženija, tj. što je osvetljenje veće i nicanje će biti brže, jer svetlost zagreva zemlju. Kada je biljka okružena drugim biljkama, počinje takmičenje za svetlost i ona je tad limitirajući faktor rasta i razvića. Kompeticija za svetlost je naročito intenzivna u zajednicama, koje se sastoje samo od jedne vrste useva koje imaju slične zahteve. Rast listova i stabla može biti obustavljen ako se biljka nađe u uslovima potpune zasene od strane susednih biljaka. Ako neki delovi biljke nadrastu konkurentske jedinice i dođu do pune svetlosti, onda taj deo biljke može da nadoknadi manjak svetlosti kojom su izloženi donji delovi biljke. Mnoge biljke imaju anatomske različite listove u zavisnosti od toga u kakvim se uslovima nalaze. Na istoj biljci se mogu naći listovi sunca i listovi senke. Listovi senke su tanji, imaju veću površinu, imaju tanku kutikulu, sunderasti parenhim, manje stoma od listova sunca, slabije izraženo mehaničko i sprovodno tkivo. Nasuprot tome listovi sunca su sa zadebljalom kutikulom ili dlakavim omotačem, voštanom prevlakom i brojnim stomama. Imaju veoma diferencirana tkiva lisnog mezofila na izraženo palisadno tkivo, koje može biti višeslojno.

Svetlost može da indukuje sintezu hlorofila i antocijana, koji stimulišu rast pojedinih delova biljke, kao što su lisne ili cvetne drške i tako uzrokuje kretanje tih organa ka ili od Sunca. Na taj način biljke zauzimaju položaj u prostoru u kojem će najefikasnije koristiti svetlost. Ove promene usmerenog rastevanja uslovljenog pravcem i intenzitetom svetlosti nazivaju se fototropne ili heliotropne reakcije. Fototropni pokreti omogućavaju

prostornu adaptaciju biljaka, a nastaju onda, kada svetlost dugo traje. Suncokret je upravo primer ove reakcije. On je dobio ime po karakterističnoj orijentaciji cvasti prema jutarnjem suncu. On je tipični primer biljke sunca, koja snažno reaguje na neravnomerno osvetljenje, usmeravajući rast ka izvoru osvetljenja. Kod vrsta prilagođenih na uslove senke, javlja se pojava lisnog mozaika, koja se sastoji u tome da se listovi raspoređuju u jednoj ravni, kako jedan drugom ne bi smetali.

U jednom ekosistemu svetlost može da bude u oblasti kada nije limitirajući faktor i oblasti kada je svetlost ograničavajući faktor. Oblasti gde svetlost nije limitirajući faktor su uglavnom sušne i tople. U takvim uslovima sistem gajenja biljaka je takav da omogući najbolju dostupnost vodi a ne svetlosti (Marković, 2014). Listovi biljaka su postavljeni vertikalno kako bi izbegli direktne sunčeve zrake, imaju manju sposobnost fotosinteze, ali imaju veću količinu crvenih pigmenata kako bi se odbijala višak crvene svetlosti, koja se apsorbuje u fotosintezi.

Svetlost je limitirajući faktor u vlažnijim oblastima. Vegetacija u vlažnijim oblastima je sastavljena iz više spratova ili nivoa. U ovim oblastima svetlost je pravilno raspoređena tako da sve biljke imaju dovoljno svetlosti za svoj rast i razviće, (slika 1). Svetlosni uslovi u staklenicima i plastenicima mogu da budu limitirajući faktori za izbor vrsta koje će se gajiti. Treba voditi računa o orijentaciji i mestu postavljanja objekata u zavisnosti od položaja Sunca. Treba pravilno izvršiti i izbor pokrovnih materijala, koji treba da ima što bolju fotoselektivnost. Pokrovne folije (najlon), treba da propuštaju najmanje 80% talasa vidljivog dela spektra, 20% ultraljubičastog dela spektra i najviše 10% infracrvenih zraka. Transparentnost folije je veoma važan faktor za porast i razviće gajenih biljaka. Svetlosni uslovi u zaštićenom prostoru se mogu poboljšati i pravilnim rasporedom biljaka, kako bi najefikasnije iskoristile svetlosne uslove. Negativan uticaj nedostatka svetlosti može biti ublažen uvođenjem dodatnog osvetljenja pomoću natrijumovih i fluorescentnih lampi.



Slika 1. Prelamanje direktne sunčeve svetlosti kod difuznih slojeva (Oljača, 2008)

1.1.2.3. Svetlost i stres u biljkama

Intenzitet svetlosti koji prelazi granice optimuma za pojedinu biljnu vrstu može delovati inhibitorno na rast i razvoj biljaka. Inhibicija se uglavnom odnosi na odvijanje procesa fotosinteze ali i drugih fizioloških funkcija kao što je sinteza proteina i replikacija DNK u deobi ćelija u tkivu koje raste. Stres u biljkama uzrokovan pojačanom svetlošću, svetlom, kao i stres usled nepovoljnih uslova sredine je nastanak slobodnih radikala, tj. molekula s nesparenim elektronom koji specifično reaguju sa organskim molekulima u ćeliji, narušavajući njihovu strukturu. Kod biljaka koje ne tolerišu visok intenzitet svetla dolazi do tzv. fotoinhibicije u hloroplastu, gde kiseonik nastao kao sporedni produkt fotosinteze može izazvati fotooksidaciju hlorofila, ukoliko nije vezan karotenoidima. Oksidacijski stres u takvim uslovima dodatno se stimuliše ako su i drugi spoljni činioci izvan optimuma (previsoke ili preniske temperature, nedostatak vode, anoksija, toksično delovanje polutanata).

Smanjenje insolacije biljaka u zaštićenim prostorima moguće je postići zasjenjivanjem, putem premazivanja plastične folije plastenika ili stakla na staklenicama rastvorom kreča. Pored smanjenja intenziteta svetla, time se postiže i niža temperatura vazduha u plasteniku odnosno stakleniku. Osim intenzitetom, svetlost može izazvati funkcionalna oštećenja i svojim sastavom, pri čemu talasne dužine ultraljubičastog dela spektra svojim visokim sadržajem energije mogu izazvati strukturne promene značajne u procesima replikacije i transkripcije DNK sinteze proteina.

Nedovoljan intenzitet svetla takođe izaziva određeni stres zbog nedovoljne sinteze organske materije za rast biljaka, što može imati veliki značaj u biljnoj proizvodnji za postizanje željenog prinosa. Regulacija svetlosnog režima, u smislu pravca setve ili sadnje u pravcu sever-jug, prekrivanje tla između redova u voćnjacima reflektujućom folijom ili dopunska rasveta u zaštićenim prostorima u cvetnim i povrtnim zasadima, značajno povećava apsorpciju svetla i produktivnost biljaka.

Postoje značajne morfološke i fiziološke razlike između listova trajno izloženih svetlu i zasjenjenih listova. U uslovima zasjenjivanja, dolazi do fototropizma tj. indukovano pokreta pri rastu biljke prema izvoru svetlosti, pri čemu se deo asimilata troši na rast i izduživanje. Takve biljke mogu imati slabije razvijena potporna tkiva (sklerenhim). Posebnu osetljivost na poremećaje svetlosnog režima pokazuju presadnice, koje zbog uzgoja pri nižem intenzitetu svetlosti u klijališta doživljavaju stres nakon presađivanja.

Svojevrсна degradacija okoline usled neprirodnog fotoperioda naglašava se u poslednje vreme u urbanim sredinama i zatvorenim prostorima sa veštačkom rasvetom, gde biljke gotovo da nemaju potreban dnevni raspored svetla i tame. Usled toga može doći do poremećaja njihovog rasta i razvoja i vidljivih promena koje je teško obrazložiti.

1.2. TEMPERATURA

Temperatura na površini Zemlje varira u zavisnosti od mnogo faktora: od mesta do mesta, noću i danju, leti i zimi. Ali uvek postoji određena ravnoteža koja se zasniva na odnosu dobijene energije od Sunca i izgubljene hlađenjem i izračivanjem. Različita mesta na Zemlji odlikuju se specifičnim temperaturnim uslovima. Velike razlike u pogledu rasporeda temperature na Zemljinoj površini uočavaju se idući od polova ka ekvatoru. Oko polova je najhladnije, dok je na ekvatoru najtoplije. Shodno tome promene temperature su pravilno raspoređene u odnosu na geografsku širinu i nadmorsku visinu (u vertikalnom pravcu). Jasno zoniranje temperature duž geografske širine i nadmorske visine, uslovljava postojanje različitih klimatskih oblasti na Zemlji. Prema tome temperatura ima jednu od najznačajnijih uloga u rasprostranjenju biljaka i biljnih zajednica.

Na variranje temperature utiču:

- sezonske promene i
- reljef.

Sezonske promene temperature na površini Zemlje su rezultat promene položaja Zemlje u odnosu na Sunce. Ove promene uslovljavaju dužinu dana. Što je dan duži, to je veća i količina Sunčeve svetlosti a veće je i zagrevanje.

Reljef je takođe bitan faktor kad je u pitanju promena temperature. Temperatura opada sa porastom nadmorske visine. Ekspozicija terena je takođe važan faktor koji utiče na temperaturni režim staništa, npr. nagibi koji su okrenuti Suncu (južne strane planina na severnoj hemisferi) brže i više se zagrevaju od severnih, naročito u toku zime. Ta činjenica se mora uzeti u obzir kada se planira gajenje biljaka, bilo da su to ratarske, voćarske biljke ili vinova loza. U dolinama, koje su okružene planinskim vrhovima, vlada poseban tip klime. Na većim nadmorskim visinama noću vazduh se brže hladi i budući da je hladan vazduh teži, spušta se preko padina planina u kotlinu na čijem se dnu zadržava. Tako se stvara temperaturna inverzija, kad je na manjim nadmorskim visinama hladnije nego na većim.

Posebno je opasna pojava mraza za osetljive kulture na ovakvim mestima. Zbog toga je preporučljivo da se osetljive sorte voća, vinove loz, sade na padinama sa nešto većom nadmorskom visinom, nego u dolinama.

1.2.1. Zahtevi biljaka za temperaturom

Rasprostranjenost biljnih vrsta na Zemlji uslovljena je otpornošću i zahtevima prema temperaturi stvorenim tokom filogeneze, pa se sve biljke dele na:

- termofilne (pogoduju im više temperature);
- mezofilne i
- psihofilne (niža temperatura).

Različite biljne vrste, ali i različiti organi iste biljke pa čak i tkiva, imaju specifične zahteve prema temperaturi, a ti zahtevi se menjaju s obzirom na period rasta i razvoja. Intenzitet rasta različit je u pojedinim temperaturnim intervalima. Tkivo biljaka koje intenzivno raste uglavnom ne podnosi temperature iznad 45°C, dok suvo seme može podneti i do 120°C, a zrnca polena do 70°C. Biljne vrste koje su tokom evolucije razvile tzv. CAM (Crassulacean acid metabolism) tip fotosinteze, poput rodova *Opuntia* i *Sempervivum*, prilagođene su uslovima visoke temperature i nedostatka vode pa podnose i do 65°C. Tipične biljke umerenog klimata hlade se transpiracijskom strujom a temperatura lista u toku sunčanog letnjeg dana i pri nedostatku vode može im biti od 4 do 5°C veća od temperature vazduha.

U pojasu umerene klime na Zemlji postoje izrazite sezonske razlike u temperaturi vazduha i tla, ali i intenzitetu svetlosti, dužini dana a često i količini i rasporedu padavina. Pravilna izmena godišnjih doba ima značajan efekat na životni ciklus biljaka. U umerenom klimatu sniženje temperature i smanjen intenzitet svetlosti dovode do mirovanja biljaka koje smanjuju aktivnost pojedinih organa, koji prolaze fazu starenja i odumiru (opadanje lišća kod listopadnih višegodišnjih biljaka). Mirovanje je privremeni prestanak rasta uslovljen promenama metabolizma i stanja protoplazme što dovodi do smanjenja intenziteta fizioloških procesa do dopustivog minimuma, a nastupa usled agroekoloških uslova nepovoljnih za rast biljnih organa ili cele biljke (letnji sušni periodi ili visoke temperature). U toj fazi dolazi ipak do određenih kvalitativnih promena koje određuju budući rast i razvoj biljke. Visoka ili niska temperatura mogu oštetiti tvrdo seme čime se prekida mirovanje semena i omogućava klijanje. Zbog toga na površinama koje su bile zahvaćene požarom često dolazi do promene u uobičajenom sastavu vegetacije, jer visoka temperatura tla u vreme požara prekida mirovanje semena nekih biljnih vrsta u tlu.

Biljke se prilagođavaju shodno mestu staništa, različitim temperaturnim uslovima. Temperaturni uslovi mogu biti optimalni tokom većeg dela vegetacionog perioda, ali iznenadna pojava niskih temperatura može značajno da utiče na cvetanje i zametanje plodova i semena. Primena agrotehničkih mera se takođe prilagođava lokalnim temperaturnim uslovima, uzimajući u obzir varijacije temperatura tokom dana i noći, sezonsku promenljivost, mikroklimu kao i posebne zahteve useva za određenim temperaturama.

Periodični temperaturni ekstremi su faktori koji dovode do eliminacije vrsta koje nisu prilagođene na lokalne uslove. Poznavanjem tih uslova lako se mogu odabrati vrste useva koje se najbolje mogu prilagoditi takvim temperaturnim ekstremima. Na razvoj useva mogu uticati visoke i niske temperature. Uticaj visokih temperatura na gajene biljke može biti rezultat složenih interakcija između gubitka vode evaporacijom, promena u unutrašnjem vodnom statusu i promenama drugih fizioloških procesa. Stres izazvan visokim temperaturama dovodi do smanjenja metaboličkih aktivnosti. Visoke temperature povećavaju intenzitet disanja, zaustavljajući proces rasta i na kraju mogu dovesti do propadanja biljnih tkiva. Biljke poreklom iz hladnih i umerenih krajeva su manje tolerantne na temperaturni stres od biljaka tropskih područja.

Kada temperature padnu ispod minimalnih za rast i razviće neke vrste, biljka pada u latentno stanje i sve njene funkcije se usporavaju ili se potpuno obustavljaju. Može se desiti da neka tkiva biljke potpuno izimru. Smrt usled niskih temperatura (pojava mraza), nastaje kada dođe do pada proteina. U tom slučaju izdvaja se voda iz protoplazme i ona se zamrzava u intercelularima, a formiraju se kristali leda i u samoj protoplazmi. Otpornost na ekstremno niske temperature zavisi od stepena i trajanja niskih temperatura, koliko brzo je došlo do snižavanja temperature i kompleksa spoljašnjih faktora, koji su delovali pre pojave mraza. Postoje i biljke koje su prilagođene uslovima niskih temperatura. Te biljke imaju specifične strukturne adaptacije, kao što su voštana prevlaka ili dlačice na listovima, one omogućavaju listovima da izdrže mraz bez izmrzavanja unutrašnjeg tkiva lista. Mnoge biljke su prilagođene na hladnoću na taj način što izbegavaju ekstremno hladne periode u toku godine. Višegodišnje listopadne drvenaste biljke odbacuju listove u toku zime. Lukovičaste biljke se povlače u lukovice dublje u zemljište tokom zime, a nadzemni deo biljke izumire, dok jednogodišnje biljke prezimljavaju u obliku semena, koje je otporno na delovanje niskih temperatura.

Ozime njivske kulture podnose niske temperature zahvaljujući procesu kaljenja. Kaljenje predstavlja postepeno privikavanje i pripremanje biljaka na niske temperature. Proces kaljenja se odvija u dve faze. Prva faza je u jesen kada su temperature iznad nule i

fotosinteza je intenzivna. Fotosintezom se nagomilavaju šećeri, antocijani, masti i so, koji se malo troše zbog slabijeg intenziteta disanja i njegovim nagomilavanjem smanjuje se mogućnost stvaranja leda u intercelularima. Na taj način se povećava i osmotski pritisak ćelijskog soka, pa se zbog toga ne gubi voda i ćelije se ne isušuju. Druga faza se odvija na temperaturama ispod nule (od -1 do -2°C), kada dolazi do dodatnog izdvajanja viška vode iz ćelija, čime se postiže još veća koncentracija ćelijskog soka i bolja zaštita. Otpornost se povećava od jeseni prema zimi i najveća je u januaru. Za biljke mogu biti štetna nagla zahlađenja u jesen, kada još nije završen proces kaljenja. Niske temperature mogu dovesti i do sušenja biljaka, pogotovo prolećni mrazovi mogu naneti ogromne štete biljkama.

Nekim jednogodišnjim, dvogodišnjim i višegodišnjim zeljastim i drvenastim biljkama potreban je hladni period sa niskim temperaturama, da bi došlo do cvetanja. Ove biljke neće cvetati, ako nedeljama ne budu izložene niskim temperaturama, kao i ako je period niskih temperatura veoma kratak ili ako se javi u pogrešno vreme ili ako se prekida periodima toplog vremena, ostaće u vegetativnom stanju više godina. One moraju proći taj period, kao i period dugog dana, kako bi dobile stimulans za stvaranje cveta i ploda. Sticanje sposobnosti i povećanje mogućnosti za cvetanje delovanjem niskih temperatura naziva se vernalizacija. Značajne razlike između dnevnih i noćnih temperaturama su potrebne većini biljaka koje rastu na otvorenom polju u umerenim krajevima.

1.2.1.1. Toplota kao ekološki i proizvodni činilac

Toplota predstavlja značajan klimatski činilac u biljnoj proizvodnji i ima svoj fiziološki i ekološki značaj.

Fiziološki značaj toplote sastoji se u tome što ona omogućava odvijanje brojnih životnih pojava biljaka, koje se manifestuju samo pri određenim toplotnim uslovima: klijanje, nicanje, fotosinteza, disanje, transpiracija, usvajanje i transport vode i hrane. Toplota, pored toga što deluje na porast, na stvaranje organske materije, istovremeno utiče i na razviće biljke, na brže ili sporije prelaženje pojedinih faza razvoja.

Ekološki značaj toplote je u tome što ona uslovljava geografski raspored flore na Zemljinoj kugli. Toplotna energija potiče od Sunca, a do površine zemlje dopire putem sunčevih zraka. Slično kao i kod svetlosti, tako se i toplota raspoređuje u vremenu i prostoru. U prostoru se toplota raspoređuje u horizontalnom i vertikalnom pravcu. U horizontalnom pravcu termičke karakteristike se menjaju od ekvatora ka polovima, a u vertikalnom pravcu termičke karakteristike se menjaju sa povećanjem nadmorske visine.

Raspored toplote u vremenu je posledica različitog položaja Sunca prema Zemlji koji se stalno menja i dovodi do pravilne periodičnosti temperature u toku dana i godine. Dnevne temperature su najviše između 13 i 15 sati, a najniže su pred zoru. (Oljača, 2008). Periodičnost kolebanja dnevnih i noćnih temperatura je od posebnog značaja za porast i razviće biljaka (značajna je modifikacija rasta i razvića biljaka). Visoke temperature (dnevne), praćene sušom, izazivaju isušivanje polena, pojačavaju transpiraciju i dovode do prisilnog sazrevanja useva. Visoke temperature koje su pak praćene povećanom vlažnošću vazduha, pogoduju širenju gljivičnih oboljenja. Godišnja kolebanja temperature u umerenom pojasu, dovode do smenjivanja godišnjih doba. Svako godišnje doba ima svoj specifičan značaj u biljnoj proizvodnji.

Zima – određuje dužinu vegetacione sezone. Duga zima kao i njena surovost smanjuje broj gajenih biljaka. Zima prekida životni ciklus biljaka, a kod višegodišnjih vrsta dovodi do pojave zimskog sna. Za ozime useve temperaturne karakteristike u toku zime su presudne zbog prezimljavanja useva, ali nagle promene temperature kao i smenjivanje toplih i hladnih dana tokom zime mogu biti nepovoljni. Zimski sneg ima zaštitno dejstvo, jer štiti biljke od naglih kolebanja temperature, posebno onih ispod 0°C, koje u obliku golomrazica mogu da nanesu veliku štetu ozimim usevima. Međutim, visok i dugotrajan snežni pokrivač smanjuje otpornost useva prema mrazu, jer sprečava proces fotosinteze, pa usled toga biljke troše rezervne ugljene hidrate, koji se u odsustvu svetlosti ne obnavljaju. Tako iznurene i izgladnele biljke postaju neotporne na mraz, pa lako stradaju od prolećnih mrazeva. Snežni pokrivač je značajan izvor vlage, zato što prilikom postepenog topljenja snega nastala voda se potpuno upija u zemlju. Izvor vlage u zemlji je upravo ta voda koja se dobija topljenjem snega. Kulturne biljke bolje izdržavaju i podnose niske temperature, nego nagle promene temperature tokom zime.

Proleće – Temperaturni uslovi početkom proleća su veoma važni jer od njih zavise setve pojedinih useva. Posebno su značajni temperaturni ekscesi, kao i pojave poslednjih mrazeva koji ograničavaju trajanje vegetacionog perioda. Mrazeve, u proleće, mogu da izdrže ozime i jare strnine, a od okopavina najizdržljivija je šećerna repa, dok soja, pasulj, bob, kukuruz, duvan, paprika, paradajz, vinova loza i voćke su osetljive na pojavu prolećnih mrazeva.

Leto – Previsoke letnje temperature mogu štetno delovati na kulturne biljke. One pojačavaju transpiraciju, dovode do prinudnog sazrevanja i odrvenjavanja ploda, pa time smanjuju prinos i pogoršavaju kvalitet proizvoda. Međutim i pored toga, letnje temperature su pogodne za rast i razviće mnogih kulturnih biljaka.

Jesen – Jesenje temperature, koje nisu ni previsoke, ni preniske, pogodne su za sazrevanje i ubiranje poznih useva (kukuruz, suncokret, soja, šećena repa, vinova loza i povrće). Tokom jeseni se mogu pojaviti i prvi mrazevi, koji označavaju kraj vegetacionog perioda.

Vidi se da u svakom godišnjem dobu ritmičko smenjivanje dnevnih temperatura na odgovarajući način se odražava na rast i razvoj kulturnog bilja kao i na prinos. Visoke dnevne temperature udružene sa sušom mogu dovesti do zastoja, porasta i nasilnog sazrevanja useva, a udružene sa vlagom visoke temperature, pogoduju razvoju biljnih bolesti i korova. Niske dnevne temperature usporavaju rast i razvoj, produžavaju pojedine faze razvoja, a time produžavaju i vegetaciju, a u najgorem slučaju mogu da oštete useve. Svaka biljka počinje svoj vegetacioni period na određenoj temperaturi vazduha. Ta najniža temperatura vazduha na kojoj neka biljka počinje svoj životni tok naziva se *biološki minimum*. Niže temperature od biološkog minimuma izazivaju zastoj u rastu i razviću biljaka, ali ne dovode do uginuća biljaka. Sve srednje dnevne temperature koje su ravne ili više od biološkog minimuma nazivaju se aktivnim temperaturama za tu biljku. Efektivne temperature predstavljaju razliku između aktivne temperature i biološkog minimuma.

Temperatura indirektno utiče na produkciju suve materije uticajem na fiziološke procese, preko zavisnosti kinetike enzimskih reakcija o temperaturi i pokretljivosti vode i rastvorenih materija kroz biljku. Kardinalne temperaturne tačke variraju tokom rasta i razvoja, ali i tokom jednog dana jer smena optimalno visokih dnevnih temperatura i optimalno niskih noćnih temperatura (nizak intenzitet disanja) bitno utiču na morfogenezu zbog optimalnog odnosa produkcije i potrošnje organske materije (na 25°C disanje je dvostruko intenzivnije u odnosu na 15°C). Osim toga, nagla smena visokih i niskih temperatura deluje stimulacijski na protoplazmu, što se čita u stimulaciji rasta i razvoja (termoperiodizam).

Uticaj temperature na fotosintezu zavisi od biljne vrste i uslova gajenja. Zahtevi za toplotom vrlo su različiti i smatra se da je optimalna temperatura za fotosintezu 20 - 30°C. Kod mezofita, biljaka umerenog klimata, fotosinteza može početi i pri 0°C, dok neke zimzelene biljke podnose i vrlo niske temperature, a zelene bakterije vrućih izvora vrše fotosintezu i na 80°C. Stoga, razlike između biljaka u intenzitetu rasta pri ekstremnim temperaturama često zavise od njihove sposobnosti da vrše fotosintezu na tim temperaturama. Izvan granica temperaturnog optimuma, intenzitet enzimskih reakcija naročito u sklopu tamne faze fotosinteze je ograničen temperaturom. Pri visokim temperaturama oksigenacijska funkcija enzima *Rubisco* prelazi nad karboksilacijskom funkcijom, što kod C3 tipa fotosinteze proporcionalno povećava intenzitet fotorespiracije.

Kod C4 tipa fotosinteze postoji metaboličko prilagođavanje u smislu lokalnog povećanja koncentracije CO₂ pa ne dolazi do fotorespiracije na višim temperaturama okoline. Mnoge sutropske biljke slabo uspeavaju ili dolazi do oštećenja tkiva već pri temperaturi od 10 - 20°C. To se naziva oštećenje usled niske temperature, koje se razlikuje od oštećenja smrzanjem. Jednim delom je vezano za funkcionisanje fotosintetskog aparata, naročito poremećaje u transportu elektrona u svetloj fazi fotosinteze a pored toga podrazumeva smanjenje fluidnosti ćelijskih membrana i inaktivaciju enzima osetljivih na niske temperature. U tilakoidnim membranama hloroplasta, hlorofil nastavlja apsorpciju svetlosti ali se elektroni ne mogu preneti do odgovarajućih primaoca. Usled toga dolazi do fotoinhibicije i oksidišućeg stresa (nastanak slobodnih radikala kiseonika) koji može prouzrokovati izbleđivanje hlorofila fotooksidacijom, kao i oštećenje strukture proteina i nukleinskih kiselina. Ispod 0°C životna aktivnost biljaka je neznatna, a potpuno prestaje tek kod temperature od -10°C, dok kretanje vode kroz biljku prestaje na temperaturi od -7 do -8°C.

Tabela 1. Intenzitet disanja plodova različitih biljnih vrsta nakon berbe (Oljača, 2008)

Intenzitet disanja plodova nakon berbe	Biljna vrsta
Vrlo nizak	Suvi i orašasti plodovi
Nizak	Jabuka, grožđe, luk, krompir
Umeren	Kajsija, kupus, mrkva, smokve, salata, nektarine, breskva, kruška, paprika, šljiva
Visok	Artičoka, kelj papučar, rezano cveće, mladi luk, mahune
Vrlo visok	Brokuli, gljive, grašak, kukuruz šećerac

Temperatura ima vrlo značajan uticaj na brzinu i intenzitet disanja i pre i nakon berbe (tabela 1). Stimulativno delovanje temperature ogleda se u povećanju brzine enzimatskih reakcija, do granice od 45-55°C nakon koje dolazi do denaturacije proteinskih komponenti enzima. Početak klijanja i intenzitet odvijanja enzimatskih procesa koji se odvijaju u semenu koje klija su pod značajnim uticajem temperature. U proseku za celu vegetaciju, kardinalne tačke temperature za pojedine biljne vrste su veoma različite, pa je uslovno rečeno, minimalna temperatura kod mezofita od 0-10°C, optimalna 15-25°C, a maksimalna 35-45°C.

Temperatura okoline značajan je pokazatelj trajnosti biljnih delova i posle berbe, naročito cveta i ploda. Pri višim temperaturama ubrzani su procesi starenja (senescencije) pri čemu dolazi do nepoželjnih promena hemijskog sastava, što utiče na tržišnu i/ili nutritivnu vrednost. Za čuvanje biljnih proizvoda do trenutka potrošnje, izuzetno je važna

temperatura skladištenja. Kod rezanog cveća npr., temperatura vazduha ima direktan uticaj na trajnost cveta u vazi, pri čemu postoje značajne razlike između genotipova koje ukazuju na genetsku uslovljenost ovog svojstva. Trajnost cveta u vazi će biti duža ako je u pitanju tolerantniji genotip, pravilna berba cveta (bez ulaska vazduha u elemente ksilema) i primenjena sredstva koja inhibiraju razvoj patogena na rezanom delu cveta.

1.2.1.2. Uticaj temperature na rast i razviće biljaka

U biljnoj proizvodnji su najznačajnije temperature u prizemnim slojevima atmosfere od 3 do 5 m. Pri normalnom atmosferskom pritisku najvažniji fiziološki procesi se odvijaju između 0-45°C. Temperatura prizemnih slojeva atmosfere deluje na rast i na razviće biljaka, međutim, pri razmatranju tog uticaja potrebno je razlikovati indirektni ili posredni i direktni ili neposredni uticaj temperature.

Indirektni ili posredni temperaturni nadražaj biljke primaju u početnim fazama razvoja, u tzv. juvenilnoj fazi, a to induktivno dejstvo se ispoljava u kasnijim fazama razvoja u vidu bržeg ili sporijeg prelaženja iz vegetativne u generativnu fazu, u skraćivanju vegetacije. Reakcija biljaka na temperaturu u početnoj fazi razvoja poznata je kao vernalizacija – jarovizacija. Jarovizacija se odvija u jesenje-zimskom periodu, u juvenilnoj fazi, a delimično i u fazi klijanja, a pri tome potreba biljaka za niskim temperaturama zadovoljava se ne samo izlaganjem vegetacione kupe niskim temperaturama već i listova ili drugih delova biljaka. Trajanje perioda jarovizacije zavisi od vrste i sorte biljke. Kod ozimih žita jarovizacija može da traje i do 70 dana, a kod nekih sorti crnog luka i do 120 dana. Kod fakultativnih i jarih vrsta jarovizacija traje i znatno kraće, najčešće 10 do 20 dana.

Između potrebe biljaka za jarovizacijom i otpornosti prema niskim temperaturama ne postoji genetski uslovljena zavisnost, npr. neke sorte ozime pšenice traže dug period jarovizacije, ali su slabo otporne prema niskim temperaturama i obrnuto. Potrebu za niskim temperaturama za formiranje generativnih organa pored ozimih useva imaju i sve dvogodišnje i neke višegodišnje kulturne biljke. Isto tako i neke jare vrste reaguju na delovanje niskih temperatura, najčešće sa manjim ili većim ubrzanjem razvića. Tu spadaju jara strna žita, paprika, paradajz, kupusnjače. Neke pak ozime vrste mogu da cvetaju i bez jarovizacije, ali cvetaju sa velikim zakašnjenjem i nepotpuno. Neke dvogodišnje biljke (crni luk, repe, kupusi), bez delovanja niskih temperatura ostaju u vegetativnoj fazi razvoja.

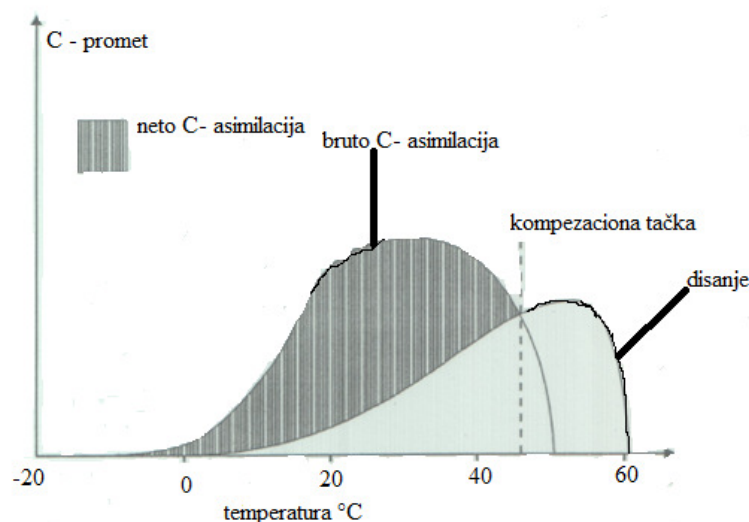
Delovanje niskih temperatura nije kontinuirano, već se njihov efekat kumulira. Ako se u početku jarovizacije niske temperature smanjuju sa visokim od 20 do 40°C proces

može da se vrati, tj. da se efekat niskih temperatura poništi ili da se ublaži. Ako je delovanje niskih temperatura trajalo duže, odnosno ako je proces vernalizacije već odmakao, tada je sve teže poništiti dejstvo niskih temperatura. Po završetku procesa jarovizacije najbolje je biljke 4-5 dana izložiti nižim ili umerenim temperaturama do 20°C i odgovarajućoj dužini dana, tako da dejarovizacija posle toga nije moguća ni u uslovima visoke temperature. Efekat jarovizacije u kasnijem procesu razvića zavisi od dužine dana. Većina biljaka koje zahtevaju delovanje niskih temperatura su biljke dugog dana. Posredan uticaj jarovizacije na formiranje prinosa ispoljava se pomeranjem pojedinih faza razvoja biljaka u različite temperaturne uslove. Kod kraće jarovizacije biljke zaostaju u razvoju i značajno se produžava vegetativna faza, dok se faza formiranja ploda pomera u vremenski period sa povećanim temperaturama.

Direktan uticaj temperature ispoljava se neposredno, kako na razviće tako i na stvaranje organske materije, odnosno utiče na metaboličke procese koji regulišu rast i razviće kod biljaka. U ovom slučaju temperatura deluje na dva načina, s jedne strane pospešuje brzinu rasta i diferenciranja, a s druge strane ubrzanjem razvića, skraćuje dužinu pojedinih faza, a time i vegetacioni period. Rast i razviće biljaka se odvija nezavisno, zato je potrebno da se procesi razvića označavaju kao kvalitativne, a procesi rasta kao kvantitativne promene.

Pored induktivnog dejstva na razviće, temperatura deluje i neposredno. Sa stanovišta formiranja prinosa treba razlikovati ubrzanje i usporavanje razvića. Vremensko trajanje razvojnih faza i trajanje faze u danima je od odlučujućeg značaja za prinos. Funkcionalna zavisnost između rastućih temperatura i dužine faze u danima nije linearna već ima oblik krivulje. To znači da delovanje povećanih temperatura postepeno prestaje i po postizanju najkraćeg trajanja faze, tako da dalje povećanje temperature ostaje bez ikakvog efekta na useve. Sa stanovišta formiranja prinosa najbrže razviće se ne poklapa sa optimumom. Zato je ispravnije govoriti o harmoničnom optimumu, pri kojem je razviće usklađeno sa rastom, što obezbeđuje najveću produkciju organske materije. Egzaktno utvrđivanje uticaja temperature na razviće najbolje je odrediti u klimakomorama, gde se ovi faktori (temperatura, dužina dana), mogu kontrolisati i utvrditi. U poljskim uslovima, kako bi se dobili zadovoljavajući rezultati potrebna su višegodišnja istraživanja, a to su najčešće ogledi sa rokovima setve uz variranje dužine dana. Uticaj temperature u početnim fazama razvoja u značajnoj meri može da se izmeni u zavisnosti od prisutnosti ostalih klimatskih faktora.

Uticaj temperature na fotosintezu i na produkciju organske materije teče po krivulji optimuma. Pri tome potrebno je razlikovati bruto i neto asimilaciju, (slika 2).



Slika 2. Krivulja bruto asimilacije, disanja i neto asimilacije sa povećanjem temperature (Larcher, 1973)

Bruto asimilacija je ukupna stvorena organska materija u procesu fotosinteze i može da se utvrdi za jedan list, jednu biljku ili za jedan usev. Bruto asimilacija se ne može direktno utvrditi, pa se zadovoljava utvrđivanjem tzv. aparentne asimilacije. Aparentnom asimilacijom se utvrđuje samo ona organska materija koja ostaje posle disanja, što u suštini predstavlja neto asimilaciju (Larcher, 1973). Primenom markiranog ugljenika moguće je utvrditi ukupnu količinu organske materije koja se stvara u procesu fotosinteze i troši se istovremeno u procesu disanja.

Neto asimilacija, kao što se vidi sa grafikona, je rezultanta krive bruto asimilacije i krive disanja. Sa porastom temperature neto asimilacija, novostvorena organska materija raste do optimuma, koji je specifičan i karakterističan za različite vrste biljaka, a zatim u oblasti viših temperatura, zbog pojačanog procesa disanja opada. Sa porastom temperature, kriva asimilacije raste sporije od procesa fotosinteze i samo u oblasti viših temperatura počinje naglo da raste. Maksimalni intenzitet disanja postiže se kod znatno većih temperatura (Larcher, 1973).

Između maksimuma bruto asimilacije i procesa disanja postoji kompenzaciona tačka. Ona se stvara pri ravnoteži između stvorene i utrošene organske materije. Neto asimilacija kod kompenzacione tačke jednaka je nuli. Prekoračenjem kompenzacione tačke bilans stvaranja organske materije je negativan i uskoro dolazi do potpunog prestanka života aktivnosti biljaka. (Larcher, 1973).

Za stvaranje organske materije kod biljaka, pored kompenzacione tačke, značajne su i noćne temperature, dužina noći, kada biljka samo troši, a ne stvara organsku materiju. Utvrđeno je da se visoka temperatura u toku noći, usled intenzivnog disanja, nepovoljno odražava na produktivnost biljaka. Optimalna temperatura za produkciju organske materije menja se i u pojedinim fazama razvoja biljke. Kod biljaka umerenog pojasa u početku vegetacije optimum se po pravilu nalazi u oblasti nižih temperatura.

Produkcija organske materije biljaka ne zavisi samo od intenziteta asimilacije, već i od translokacije asimilata iz lista u organe za odlaganje asimilata. Povećane temperature usporavaju premeštanje asimilata, a time usporavaju i porast biljke. Za vreme transporta asimilata jedan deo se u zavisnosti od temperature troši za disanje. Gubici disanjem rastu sa povećanjem temperature i dužinom transportnog puta. Što je transportni put kraći to je bolji efekat.

Za bliže ocenjivanje zahteva biljaka prema temperaturi sa stanovišta rasta i razvoja, služe kardinalne temperaturne tačke. Kardinalne tačke su različite kod pojedinih vrsta, a menjaju se i tokom vegetacije. Život biljaka je moguć u određenim temperaturnim granicama, između minimuma i maksimuma. Ispod temperaturnog minimuma i preko temperaturnog maksimuma prestaju fiziološki procesi biljaka, dok se pri optimalnoj temperaturi odvijaju najpovoljnije. Optimalna temperatura, kod kulturnih biljaka je najčešće bliža temperaturi maksimuma. Specifičan zahtev biljaka za temperaturom je osobina koju su vrste stekle u toku filogeneze (Mišić, 1964). Tokom procesa evolucije biljke su se prilagodile određenim temperaturama. S obzirom na to da su kulturne biljke poreklom iz različitih klimatskih oblasti, imaju i različite zahteve prema temperaturi (tabela 2).

Tabela 2. Kardinalne temperature kod nekih kulturnih biljaka u °C (Oljača, 2008)

Biljna vrsta	Minimalna	Optimalna	Maksimalna
Ovas, raž	0-5	25-30	30-37
Kukuruz	8-10	32-35	40-45
Suncokret	5-10	31-37	37-44
Lan	0-5	25-31	31-35
Konoplja	0-5	32-37	40-45
Grašak	1-5	18-20	31-38
Detelina	1-5	31-37	37-40
Duvan	13-15	28-30	31-35
Bundeva	10-15	32-37	40-45
Krastavac	12-18	31-37	40-45

Značajno je istaći da su temperaturne vrednosti kardinalnih tačaka različite po vrstama, ali i u pojedinim fazama razvoja (tabela 3).

Tabela 3. Kardinalne temperature u pojedinim fazama razvoja biljke u °C Oljača, 2008)

Faza razvića	Biološki minimum	Dovoljne temperature	Optimalne temperature
Klijanje	6-7	12-14	20-22
Setva, nicanje	8-10	15-18	20-22
Formiranje reproduktivnih organa	16-17	18-19	21-23
Cvetanje	17-18	19-20	22-25
Formiranje zrna	13-14	18-19	21-23
Zrenje	8-9	14-16	19-20

Pojedini organi biljke takođe imaju različite vrednosti temperature u fazi klijanja. Utvrđeno je da korenov sistem biljaka ima niži temperaturni optimum od nazemnih delova. Niže temperature zemljišta su nepovoljne za aktivnost korena i za rast podzemnih organa, npr. kod krompira utiču na pogoršanje žetvenog indeksa, što smanjuje poljoprivredni prinos. Od posebnog značaja su temperaturne kardinalne tačke u fazi klijanja (tabela 4).

Tabela 4. Kardinalne temperature u fazi klijanja kod nekih kulturnih biljaka u °C (Ilić, 2014)

Biljna vrsta	Minimalna	Optimalna	Maksimalna
Pšenica	3-4	25	30-32
Raž	1-2	25	30
Ječam	3-4	20	28-30
Ovas	4-5	25	30
Kukuruz	8-10	32-35	40-44
Pirinač	10-12	30-37	40-42
Soja	8	25-30	35-40
Grašak	1-2	30	35
Bob	3-4	25	30
Sočivo	4-5	30	36
Pasulj	10	32	37
Crvena detelina	1	30	37
Uljana repica	3-5	20-30	37-44
Krastavac	16-19	31-37	44-50

U biljnoj proizvodnji minimalne temperature za klijanje određuju vreme setve pojedinih useva u proleće. Najranije se mogu sejati biljke koje klijavu pri nižoj temperaturi, a najkasnije biljke, koje klijavu na višoj temperaturi. Na osnovu minimalne temperature za klijanje, kulturne biljke se dele u tri grupe:

- između 0-5°C klijavu: pšenica, ječam, ovas, raž, trave, konoplje, šećerna repa, uljana repica, grahorica, bob, lucerka
- između 8-10°C klijavu: kukuruz, sirak, soja, pasulj, mrkva, luk
- između 10-20°C klijavu: duvan, bostan, krastavac, tikva, paprika

1.2.1.3. Mogućnost modifikovanja temperaturnog režima

Kako su klimatski uslovi prirodna pojava, na njih se ne može mnogo uticati. Međutim, nagle promene u klimi dovode do raznih poremećaja kod boljaka, tj. kod živog sveta na zemlji, naročito ako su u pitanju promene temperature, koje su u poslednje vreme sve aktuelne. Temperatura zemljišta je veoma važan faktor koji utiče na mnoge procese: klijanje i nicanje, rast i razviće korenovog sistema i njegove najvažnije funkcije, usvajanje vode. Pod određenim uslovima klimatski uslovi koji vladaju u vazduhu i zemljištu mogu biti različiti, što predstavlja problem za funkcionisanje biljke, npr. topao vetar i visoke temperature vazduha, kad je zemljište još uvek hladno u proleće, mogu da izazovu naglo sušenje biljke, zbog toga što koren nije u stanju da apsorbuje vodu iz hladnog ili zamrznutog zemljišta.

Adekvatnom primenom različitih mera moguće je uticati na mikroklimu i modifikovati je u skladu sa potrebama biljaka koje gajimo. Mada mikroklima obuhvata mnoge faktore, ove adaptacije se najčešće primenjuju na regulaciju temperaturnog režima, npr. uslovi temperature vazduha i zemljišta se mogu bitno razlikovati u zavisnosti od vrste useva, njihove gustine i pokrovnosti. Neki od načina modifikovanja temperaturnog režima u agroekosistemu kako bi se dobili što bolji rezultati po pitanju proizvodnje biljaka su: zasenjivanje, malčiranje, pravljenje staklenika i plastenika, primena raznih metoda zaštite od mrazeva.

Zasenjivanje – se može vršiti na nekoliko načina: sadenjem visokog drveća, prekrivanjem redova biljaka različitim materijalima. Drveće i druge visoke i razgranate biljke stvaraju zasenu i mogu značajno modifikovati temperaturne uslove u poljoprivredno-šumarskim ekosistemima. Time se postiže kompleksnost agroekosistema i povećava njegova multifunkcionalnost. Uloga drveća u jednom ekosistemu je višestruka: obezbeđuje hranu za ljude, životinje, može poslužiti kao građevinski materijal ili kao gorivo, štiti od vetra i erozije, čuva plodnost zemljišta. U poljoprivredno-šumske agroekosisteme spadaju:

agrosilvikultura, gde se drveće kombinuje sa ratarskim usevima; silvopastoralni sistem, gde se drveće kombinuje sa stočarskom proizvodnjom; agrosilvopastoralni sistem, farmer koristi složeni kompleks drveća, ratarskih useva i životinje. Svi ovi sistemi su dobar primer za korišćenje prednosti diverziteta i sukcesivnog razvoja za proizvodnju hrane i drugih proizvoda. Formiranje zasene prekrivanjem redova biljaka različitim materijalima (mrežama za zasenu, plastičnim folijama, agro-tekstilom i drugim providnim materijalima) je uobičajna mera, naročito u hortikulturi. Ovakav metod se najčešće i najviše primenjuje kod zaštite osetljivih useva od visokih temperatura. U gajenju ranog povrća i jagodičastog voća, koriste se plastični tuneli, koji imaju osobinu da upijaju Sunčeve zrake i na taj način omogućavaju brže zagrevanje zemljišta u toku dana i sporije izračivanje i hlađenje u toku noći. Kasnije kada otopli, te se folije sklanjaju i usevi nesmetano rastu na otvorenom polju.

Malčiranje – (prekrivanje zemljišta), vrši se prvenstveno da bi se povećala temperatura zemljišta, a može poslužiti i za suzbijanje korova, čuvanje vlage zemljišta, povećavaju sadržaj organske materije u zemljištu. Malčiranje se vrši različitim materijalima koji mogu da budu veštački i prirodni. Koliki će efekat malča biti na temperaturu zemljišta zavisi od debljine folije, boje i teksture. Danas se sve češće koriste plastične folije, koje se pod uticajem svetlosti razgrađuju i ne predstavljaju problem za životnu sredinu. Takođe se za malčiranje koriste razni organski materijali kao što su: slama, seno, lišće, piljevina, kompost, (tabela 5). Slama i slični rastresiti materijali su veoma pogodni jer služe kao izolator od visokih temperatura, štite zemljište od erozije i stvaranje pokorice.

Tabela 5. Uticaj organskog malča (seno) na temperaturu zemljišta u usevu krompira (Janković, 1990)

Dubina	Bez malča		Malčirano	
	Srednja t(°C)	Max t(°C)	Srednja t(°C)	Max t(°C)
2,5	26,1	32,1	21,8	25,0
5,0	25,7	31,1	21,2	24,2
7,5	23,7	27,5	21,0	23,5
10,0	23,1	27,3	20,8	23,4
20,0	21,3	23,8	20,5	21,7

Iz tabele 5 se vidi da rastresiti materijal (u ovom slučaju slama) ima veliki efekat na smanjenje temperature zemljišta, naročito u površinskim slojevima gde je maksimalna temperatura manja za čitavih 7°C.

Staklenici i platenici – U staklenicima i platenicima je najlakše kontrolisati uslove temperature. Biljke sa manjim potrebama za toplotom mogu da uspevaju u svim tipovima

zaštićenog prostora, dok toploljubive biljke zahtevaju gajenje u objektima sa dopunskim zagrevanjem. Temperatura u proizvodnom prostoru biljke određuje intenzitet porasta, kvalitet plodova i vreme ubiranja. Zaštićeni prostor se najčešće koristi da zadrži deo akumulirane toplote koja je došla prirodnim putem od Sunca. Staklo ili plastika imaju takva svojstva da zadržavaju dugotrasnu radijaciju i da ne dozvoljavaju izračivanje u spoljašnju sredinu. Listovi biljaka imaju zelenu boju i veći nivo izračivanja toplote u večernjim satima. Plastične folije sadrže silikate, koji se dodaju u jedan od slojeva polietilenskih folija kako bi se postigao sličan efekat kao kod staklenih pokrivki. Staklenici i platenici, tokom hladnog perioda se dodatno zagrevaju toplom vodom, a tokom perioda kada su visoke temperature koriste se ventilacije i razna hlađenja. Navodnjavanjem se povećava temperatura prizemnog sloja vazduha, zato što isparavanje vode prenosi toplotnu energiju sa zemljišta na vodenu paru, koja okružuje gajene biljke. Povećana koncentracija vodene pare deluje zaštitno na biljke, tako što aerosolne čestice omogućavaju kondenzaciju, a zamrzavanje vode je egzotermni proces i oslobođena toplota štiti biljna tkiva do temperature vazduha od -6°C .

1.2.1.4. Stres u biljkama usled ekstremnih temperatura

Toplotni stres kod biljaka je u uskoj vezi sa problemom nedostatka vode pa su simptomi često identični a mehanizmi prilagođavanja u anatomskom i fiziološkom smislu slični. Anatomski prilagođavanja biljke na toplotni stres temelje se na smanjenju insolacije listova (reflektujuće materije u sastavu kutikule, formiranje dlačica, uvijanje listova, promena položaja površine lista prema uglu upada sunčevih zraka) i poboljšanju usvajanja vode (dublji razvoj korena). Na ćelijskom nivou, visoka temperatura povećava fluidnost ćelijskih membrana što remeti njihove fiziološke funkcije. Kod aklimatiziranih biljaka poput oleandera (*Nerium oleander*), povećan je stepen zasićenosti masnih kiselina u membranskim lipidima, što smanjuje fluidnost membrana, a integralni proteini su čvršće vezani uz lipide. U uslovima toplotnog stresa inicira se sinteza zaštitnih materija u ćelijama, poput proteina toplotnog šoka (HSP - heat stress proteins). Takođe je uočena akumulacija osmoprotektanata poput prolina u biljkama koje su pokazale tolerantnost na visoku temperaturu, ali je još nedovoljno poznato da li se radi samo o očuvanju hidratacije protoplazme ili te materije imaju i neke druge zaštitne funkcije, kao što je neutralizacija slobodnih radikala. U osnovi otpornosti biljaka na visoke temperature je i sposobnost vezivanja amonijaka oslobođenog dezaminacijom oštećenih proteina, tako da ne dođe do njegovog nakupljanja i toksičnog delovanja. Amonijak se veže na organske kiseline pri čemu nastaju aminokiseline, naročito alanin (tzv. učinak alanina) i amidi. Morfološki, visoka temperatura je povezana s pucanjem plodova paradajza, ožegotine na plodovima paradajza i paprike, pojavom BER-a (*Blossom-end-rot*) kod paradajza, paprike i lubenica,

cepanjem lukovica kod luka, kržljivosti glavica brokolija, šupljim stabljikama karfiola i dr. Previsoka temperatura i dugi dan iniciraju prelaz u generativnu fazu kod salate i spanaća, što smanjuje njihovu tržišnu vrednost. Manji sadržaj šećera u plodu pod uticajem visoke temperature javlja se kod graška, jagode i lubenica, usled povećanog disanja tokom toplih noći ili zbog skraćenog perioda nalivanja ploda. (Oljača, 2008).

Otpornost biljaka prema niskim temperaturama zavisi i od njihove životne aktivnosti, odnosno faze razvoja, a najveća je u fazi mirovanja biljaka. Štetnost niske temperature zavisi od dužine trajanja i genotipa. Kod neotpornih vrsta aktiviraju se procesi oksidacije, hidrolize, nakupljaju organske kiseline, aminokiseline i amidi, kao i štetne materije. Otporne biljke ekonomičnije troše energiju, imaju veću sintezu ATP-a, sporiju hidrolizu proteina i veći sadržaj šećera. Neotpornost na niske temperature obuhvata negativan uticaj temperatura ispod nule, ali i pozitivnih niskih temperatura. Otpornost prema temperaturama ispod 0°C podrazumeva stvaranje leda u intercelularima a ne u unutrašnjosti ćelije, očuvanje integriteta i funkcije biomembrana. Mehanizam delovanja zaštitnih materija poput šećera se sastoji u povećanju udela vezane vode i direktnom specifičnom delovanju na osetljive membrane. Uloga ksantofilnog ciklusa u zaštiti fotosintetskog aparata biljaka od stresa na ekstremnim temperaturama i sinteza izoprena, dodatna je sposobnost otpornih biljaka.

1.3. VODA

Voda je jedan od najznačajnijih ekoloških faktora kako za biljke tako i za životinje, ima ogroman značaj kako u fiziološkom tako i u ekološkom pogledu. Fiziološki značaj vode ogleda se u tome što je prisustvo vode preduslov za odvijanje osnovnih životnih procesa u biljnom organizmu. Nijedan životni proces u ćeliji nije moguć bez vode. Voda je bitna pri klijanju semena, pri hidrataciji protoplazme, za transport mineralnih materija i asimilativa, u procesu fotosinteze, neophodna je za rast, održavanje čvrstoće i oblika biljke, služi kao sredstvo za hlađenje biljke, pokazatelj kvaliteta i drugih životnih procesa. Voda dobro apsorbuje i toplotu, zbog čega se smatra najznačajnijim stabilizatorom klimatskih prilika na Zemlji. Što se tiče ekološkog pogleda voda utiče na rasprostranjenost biljaka na Zemljinoj kugli. Raspored vode na Zemlji je jako neravnomeran i stoga postoje oblasti sa malo padavina (sušne) i oblasti sa izraženim padavinama (vlažne, humidne oblasti). Voda je najnestabilniji ekološki faktor u odnosu na druge ekološke faktore.

1.3.1. Karakteristika vode

Voda je jedinjenje male molekulske mase, zbog čega bi trebalo da je na sobnoj temperaturi u gasovitom, a ne u tečnom stanju, Tečno stanje vode je rezultat neobičnog ponašanja njenih molekula. Oni se odlikuju polarnošću, odnosno imaju dipolni karakter. To je tečnost bez boje, ukusa i mirisa. Providna je, a to znači da propušta vidljivu svetlost do znatne dubine, čime omogućava biljkama da vrše proces fotosinteze. U prirodi nalazi u tri agregatna stanja: čvrsto, tečno i gasovito stanje. U vazduhu se nalazi u obliku vodene pare (oblaka i magle). Tečna voda stvara ukupni vodeni omotač planete. Obuhvata vodene mase okeana, mora, reka, jezera, kao i vodu na ili u zemljištu i litosferi, koja može biti u tečnom stanju. Voda može biti u čvrstom stanju kao sneg i led na kopnenim ili vodenim površinama. Voda se odlikuje velikim temperaturnim rasponom između tačke mržnjenja (0°C) i visoke tačke ključanja (100°C). Na niskim temperaturama tečna voda se smrzava, odnosno prelazi u led, obrazujući sređenu i stabilnu trodimenzionalnu strukturu male gustine, a velike zapremine. Zbog toga led kao specifično lakši od vode, pliva po njoj, zadržavajući se na površini, štiteći vodu od potpunog zamrzavanja. Ova pojava omogućava opstanak svih vodenih organizama tokom hladnog perioda godine. Maksimalna gustina vode je na 4°C i ona je od fundamentalnog značaja za živi svet u vodenim ekosistemima.

Osnovne fizičko-hemijske karakteristike molekula vode određuju i njen kohezioni karakter, od kojeg zavisi protok vode naviše, kroz sudove biljke, zatim njenu sposobnost adhezije za zidove ksilemskih elemenata, što zajedno sa visokim površinskim naponom dovodi do pojave kapilarnosti. Voda se kreće kapilarnim silama kroz biljna tkiva između celuloznih mikrofibrila ćelijskih zidova, kao i između čestica zemljišta, odakle se biljke snabevaju vodom. Voda se odlikuje i niskim viskozitetom. Kako se molekuli vode mešaju sa drugim tečnostima i prolaze kroz polupropustljive membrane omogućavaju odvijanje procesa difuzije odnosno osmoze.

Sve aktuelniji fenomen globalnog zagrevanja i promena klime dovodi u prvi plan problem dovoljne količine raspoložive vode, kako u visoko razvijenim zemljama s intenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom tako i u područjima s nedovoljnom proizvodnjom hrane u kojima je biljna proizvodnja na niskoj grani agrotehnike i često je ugrožena pojavom suše. S druge strane, klimatski poremećaji tipa El Niño sve češće izazivaju sušu ili preobilne padavine i poplave, koje ugrožavaju poljoprivrednu proizvodnju izazivanjem anoksije (nedostatka kiseonika u zemlji) i erozije tla. Takođe, problem kontaminacije prirodnih vodotokova hemikalijama nije značajan samo zbog resursa pitke vode nego i zbog mogućnosti navodnjavanja useva. Stoga su svi naponi kojima se može

poboljšati gospodarenje prirodnim zalihama vode, u smislu očuvanja količine i kvaliteta vode, poželjni i korisni s agroekološkog stanovišta.

Značaj i nezamenjivost vode u produktivnosti biljaka temelji se na različitim funkcijama vode u metabolizmu biljaka. Poznavanje tih funkcija i celokupnog vodnog režima biljaka presudno je za održivu biljnu proizvodnju i primenu agrotehničkih mera kojima se može poboljšati gospodarenje vodom. Voda stalno kruži u prirodi. Kruženje vode je najobimniji biohemijski ciklus na Zemlji.

Padavine su deo hidrološkog ciklusa, globalnog kretanja vode od površine Zemlje ka atmosferi i nazad na Zemlju. Srž kružnog kretanja vode čine dva osnovna fizička procesa evaporacija i kondenzacija. Evaporacija započinje na Zemljinoj površini, kada voda isparava sa zemljišta, vodenih i ostalih površina. Isparavanje vode sa površine biljaka naziva se transpiracija. Kada je apsolutna količina vodene pare u atmosferi dovoljna da dostigne 100% relativne vlažnosti, počinje proces kondenzacije. Male kapi vodene pare formiraju agregate i stvaraju se oblaci. Padavine počinju kada vodene kapi u oblaku postaju isuviše teške. Ovo se obično dešava kada se vlažnost vazduha povećava i počinje da se hladi iz nekog razloga. Najčešće se vazduh hladi pod uticajem vetrova koji podižu vazdušne mase na veće nadmorske visine iznad planina ili se kao tople struje penju na veću visinu, gde se onda hlade. Kada se vazduh ohladi, menja se njegova sposobnost da zadrži vodenu paru, a male kapi vode se sve više povećavaju i onda počinje kiša. Ovaj proces hlađenja i kondenzacije zove se adiabatsko hlađenje.

Za procenu stepena vlažnosti vazduha koriste se: maksimalna vlažnost, apsolutna vlažnost, relativna vlažnost i deficit vlažnosti.

1.3.2. Uticaj vlažnosti vazduha na biljke

Iako se zna da biljke najveći deo potrebne vode uzimaju iz zemljišta preko korenovog sistema, vlažnost vazduha je od velikog značaja za biljke i to ne kao direktan izvor vode, već kao faktor koji utiče na intenzitet transpiracije, na oplodnju, na pojavu bolesti.

Sadržaj vodene pare u prizemnim slojevima atmosfere utiče na intenzitet transpiracije, a time i na produktivnost fotosinteze. Opadanje vlažnosti vazduha dovodi do intenzivnije transpiracije, do veće potrošnje vode preko lista. Za pojačanu transpiraciju potrebno je više energije i u tim uslovima veći deo sunčeve energije biljka troši za transpiraciju. Ako ovo stanje potraje duže pojačana transpiracija dovodi do opadanja

intenziteta fotosinteze. U tim uslovima biljka veoma neracionalno troši sunčevu energiju i pati od posledice vazdušne suše. Do ove pojave najčešće i najviše dolazi u letnjim mesecima, kada su visoke temperature vazduha, kad duvaju suvi i topli vetrovi i kad je relativna vlažnost vazduha niska. Niska relativna vlažnost vazduha povećava evaporaciju, transpiraciju i prouzrokuje venjenje biljke, npr. Ako ti uslovi nastupe u fazi formiranja i nalivanja zrna, zrno ostaje šturo, smežurano, a prinos se smanjuje. Niska relativna vlažnost vazduha praćena je visokom temperaturom vazduha i nedostatkom vode u zemljištu.

Vlažnost vazduha je kod mnogih biljaka značajna za vreme cvetanja i oplodnje. Kod samooplodnih i kod stranooplodnih biljaka suv vazduh dovodi do sušenja polena i do slabe oplodnje cveta, a samim tim i do slabog razvića ploda. Ukoliko je relativna vlažnost niža od 60% povećava se mortalitet polena. Kako niska tako i previsoka vlažnost vazduha nije dobra. Visoka vlažnost utiče na pojavu bolesti (razvoj nekih gljivičnih oboljenja) i štetočina. Na vlažnost vazduha u prizemnim slojevima značajno utiče pojava rose u jutarnjim časovima. Iako je to mala količina vode, rosa ima osvežavajuće dejstvo na biljke, naročito leti u sušnim periodima, jer se isparavanjem vode povećava vlažnost vazduha u biljnom sklopu, što smanjuje intenzitet transpiracije.

1.3.3. Padavine

Primarni prirodni dotok vode u agroekosistem se odvija putem padavina, najčešće u obliku kiša ili snega. Padavine su deo hidrološkog ciklusa i veoma su varijabilne, promenljive. Mase vlažnog vazduha se konstantno kreću atmosferom. Kiša i drugi oblici padavina se formiraju na lokalnom nivou na različite načine, zavisno od geografske širine, godišnjeg doba, temperature, topografije. Padavine se mogu klasifikovati u tri tipa i to u zavisnosti od mehanizma njihovog nastanka.

- Konvektivne;
- Orografske;
- Ciklonske

Konvektivne padavine se dobijaju kada Zemljina površina primi visok nivo Saunčeve radijacije, tada se vazduh naglo zagreva i brzo se penje na veće visine. Tamo se naglo hladi, nastaje kondenzacija vlage u vazduhu. Primer za ovakav tip padavina su letnji pljuskovi praćeni olujnim vetrom. U mnogim regionima sveta opstanak agroekosistema zavisi upravo od ovog tipa padavina.

Orografske padavine se dešavaju kada se vlažne vazdušne mase susretnu sa planinskim masivima, koji utiču na njihovo podizanje na veće visine, gde takođe dolazi do

kondenzacije i hlađenja. Zato su visoki planinski lanci mesta sa većom količinom padavina od nizijskih na istim geografskim širinama. Orografske padavine su najčešće u obliku snega, na većim nadmorskim visinama. Ovakve padavine najčešće služe kao rezerva slatke vode za snadbevanje predela u podnožju planina, bilo za vodosnadbevanje ili za poljoprivredu.

Ciklonske padavine nastaju u oblastima niske vazdušne mase, koje se formiraju iznad okeana. Topao vazduh visoke vlažnosti formira oblast niskog vazdušnog pritiska. Kako se te mase penju na veće visine i na taj način hlade, formiraju padavine iznad okeana. Dodatne vazdušne struje koje postoje iznad okeana i koje se stalno šire počinju da rotiraju u obrnutom smeru od kretanja kazaljke na satu oko oblasti niskog pritiska i ceo sistem počinje da se kreće. Ove rotirajuće vazdušne struje formiraju ciklone, koji nose velike količine padavina praćene veoma jakim vetrovima, ponekad i katastrofalnih razmera.

Svaki region na zemlji ima specifične karakteristike padavina: ukupnu količinu padavina za prosečnu godinu, raspored padavina, intenzitet i trajanje padavina. Učestalost i predvidljivost u pojavi padavina su važne osobine, koje određuju pogodnost nekog regiona za poljoprivrednu proizvodnju. Ukupna godišnja suma padavine je dobar pokazatelj vlažnosti klime nekog područja. Sa ekološke tačke gledišta, veoma je važno kolika je varijabilnost ovog parametra iz godine u godinu. Ekstremne godine bilo sušne ili vlažne mogu biti podjednako pogubne za produkciju agroekosistema.

Veoma je važno kako su padavine raspoređene tokom godine i da li postoji neka ekstremna pojava vezana za vlažnost, kao što su sušni ili vrlo vlažni periodi. Raspored padavina u prostoru je uslovljen geografskim i orografskim položajem nekog mesta. Raspored padavina u vremenu je raspoređen tako da se može posmatrati za različiti vremenski period. Posmatrajući tako razlikuju se:

- godišnja količina padavina;
- količina padavina u vegetacionom periodu;
- količina padavina po godišnjim dobima;
- količina padavina po mesecima;
- količina padavina po dekadama;
- količina padavina po pentadama;
- količina padavina po danima.

Godišnja količina padavina predstavlja količinu padavina koje padnu u toku jedne kalendarske godine na jedno određeno mesto. Količina padavina u vegetacionom periodu predstavlja onu količinu padavina koja padne u periodu od 1. aprila do 1. oktobra, tj. padne

u toku šest meseci za vreme aktivne vegetacije biljaka. Uspeh biljne proizvodnje u velikoj meri zavisi upravo od ove količine padavina, a još više zavisi od kolebanja i rasporeda padavina u vegetacionom periodu. Pored značaja količine padavina u vegetacionom periodu, za uspeh biljne proizvodnje značajne su i padavine u jesenje-zimskom periodu. Ove padavine kvase dublje slojeve zemljišta i služe kao rezerva vode, koju biljka može da koristi u toku vegetacionog perioda. Ovo se posebno odnosi na teška zemljišta sa dubokim humusom, dok plitka i peskovita zemljišta imaju slabu moć držanja vode i akumuliraju znatno manje količine padavina. Količine padavina po godišnjim dobima i mesecima su važne s obzirom na potrebe pojedinih kulturnih biljaka koje se uzgajaju u pojedinim periodima, kao i na primenu pojedinih agrotehničkih mera tokom vegetacije. Za strna žita kod nas su odlučujuće padavine u periodu od 1. aprila do 1. juna, a za okopavne biljke odlučujući period je od 1. jula do 1. septembra. Količina padavina po dekadama, pentadama i po danima pokazuje ravnomernost padavina i njihovo trajanje.

Intenzitet i trajanje su značajni pokazatelj, ali ne oslikavaju u potpunosti ekološki značaj padavina. Značajno je koliki je intenzitet padavina i u kom vremenskom periodu, npr. 20 mm padavina u vremenu kraćem od jednog sata nema isti ekološki značaj i uticaj kao ista ta količina padavina izmerena u toku 24 sata. To znači da padavine koje padnu količinski mnogo u kratkom vremenskom periodu nanese veću štetu biljkama i usevima, od iste te količine koja se ravnomerno rasporedi. Sa stanovišta biljne proizvodnje, najpovoljnije je kada su padavine ravnomerno raspoređene. Od značaja su padavine veće od 5ml/m^2 , jer ova količina padavina (misli se na kišu), donosi osveženje, utiče na smanjenje transpiracije, ali i na rast biljaka. Raspoloživost padavina je bitan pokazatelj za rast biljaka jer od raspoložive količine padavina zavisi kvalitet, prinos i količina useva.

Padavine se javljaju u različitim oblicima. Za biljnu proizvodnju najveći značaj imaju: kiša, sneg, grad, magla, slana i inje.

Kiša – Za biljnu proizvodnju od velikog značaja je da se zna intenzitet kiše, tj. količina padavine u jedinici vremena. Pri velikom intenzitetu kiše, kao što su pljuskovi, provala oblaka, zemljište ne može da upije svu količinu vode, pa višak vode na površini zemljišta na nagibima izaziva eroziju. Poniranje vode u zemljištu zavisi od intenziteta kiše, npr. pri približno istoj vlažnosti zemljišta i pri jednakoj količini kiše, kada ona pada u vidu pljuskova (za pola sata), zemljište upije samo 35% vlage, a ako kiša pada slabijeg intenziteta (tiha kiša), recimo 6 sati, zemljište upije čak 93% vode. Poniranje vode u zemljištu osim intenziteta kiše, zavisi i od vlažnosti zemljišta. Voda koja potiče od kiše, se kod biljaka najčešće zadržava na lišću i drugim organima biljke, tako da često i ne stigne da dođe do zemlje. Biljke sa većom lisnom površinom i nadzemnom masom zadržavaju više

vode. Voda koju biljke zadržavaju na ovaj način, najčešće im služi kao osveženje za vreme suše.

Jake kiše, kiše sa velikim intenzitetom padanja, štetno deluju na biljke, a izazivaju i eroziju zemljišta. Erozija je veća na obrađenom zemljištu i kod širokorednih useva. Kod ovakvih kiša (pljuskova), veći deo vode se gubi oticanjem i isparavanjem, a samo manji deo ponire u zemljište. Prevelike količine kiša mogu izazvati prevlaživanje zemljišta, dovode do pojave vodoleža i onemogućavaju izvođenje poljoprivrednih radova. Dugotrajne kiše u letnjem periodu povećavaju vlažnost vazduha, a to pogoduje pojavi bolesti, štetočina i korova. Ako su kiše velikog intenziteta praćene i pojavom jakog vetra, onda to može izazvati mehaničko oštećenje biljaka, poleganje useva, lomljenje grana, osipanje zrna, obaranje biljaka. Za biljnu proizvodnju od najveće koristi su tihe kiše, manjeg intenziteta. Posle takvih kiša zemljište postaje pogodno za obrađivanje, setvu, sađenje, usevi intenzivno rastu i daju dobar prihod. Tihe kiše su naročito korisne za vreme suše, kada usevi trpe od nedostatka vode, jer ih one tada osvežavaju, povećavaju relativnu vlažnost vazduha i zemljišta, snižavaju temperaturu.

Sneg ima svoje korisno i štetno dejstvo na biljnu proizvodnju. Korisno dejstvo snega ogleda se u tome što on u zimskom periodu pokriva ozime useve i tako ih štiti od niskih temperatura. Topljenjem snega voda ponire u dublje slojeve zemljišta i tako se povećava predvegetacijska rezerva vode u zemljištu. Sneg oko voćaka i vinove loze u rano proleće usporava kretanje vegetacije, kad prerano nastupi toplo vreme. Pojava snega u ranu jesen i kasno proleće može naneti velike štete termofilnim biljkama, a posebno voćkama u fazi cvetanja. Mokar sneg izaziva mehanička oštećenja nežnijih delova biljaka. Dugo zadržavanje snega iscrpuje ozime useve, a u proleće odlaže početak poljskih radova i setvu jarih useva u optimalnim uslovima. Dugo ležanje snega pogoduje pojavi snežne plesni kod ozimih strnina. Ako se sneg danju topi, a noću smrzava na površini snega se stvara ledena kora ispod koje se nagomilava ugljen-dioksid, iscrpljuju se zalihe kiseonika i dolazi do oštećenja biljaka. Ledena kora se razbija prolaskom preko njive sa traktorom bez oruđa ili s oruđima ili posipanjem tamnih materijala (tamna mineralna đubriva), koja ubrzavaju njeno otapanje.

Grad je veoma štetan za biljnu proizvodnju jer se najčešće javlja u vegetacionom periodu kada su biljke razvijene. Grad nanosi veliku štetu, jer mehanički oštećuje biljke, uništava lisnu površinu, nežne grane, cvetove, plodove i koru, često ima katastrofalne posledice.

Rosa nastaje kondenzacijom vodene pare u površinskim slojevima atmosfere prilikom hlađenja vazduha. U sušnim periodima rosa osvežava biljke, povećava relativnu vlažnost, smanjuje temperaturu vazduha. Međutim, rosa ima i štetne posledice, ako je češće ima njena vlažnost pospešuje pojavu biljnih bolesti, to je u ređim slučajevima.

Magla se stvara u prizemnom sloju atmosfere kondenzacijom vodene pare. Češće se javlja u dolinama nego u kotlinama. U toku vegetacije za vreme suše je korisna jer smanjuje evapotranspiraciju. U zimskom periodu smanjuje opasnost od nastanka mraza.

Slana, inje nastaju smrzavanjem kondenzovane vode na površini zemljišta i biljaka. Na vertikalnim površinama i strminama okrenutim vetru slana se javlja u obliku inja. Slana i inje oštećuju termofilne biljke, pre njihovog kalenja u jesen, kao i u proleće posle toplih perioda kada biljke gube otpornost prema niskim temperaturama.

II CILJ RADA

Cilj istraživanja je da se analiziraju parametri životne sredine koji utiču na kvalitet i poboljšanje sastava zemljišta, kao i kako se sastav i karakteristike zemljišta, uključujući i radioaktivnost, odražavaju na kvalitet prinosa. Cilj je bio da se ispita količina radionuklida u zemljištu, u sedam vrsta žitarica, u dve vrste voća i povrća, u vodi i u uzorcima drvenastih biljaka. Korelaciona veza sa prinosom je istražena sve do završnog tehnološkog postupka, sušenog ploda sveže i smrznute višnje. Svi elementi su obrađeni najpre teoretski, a međusobna funkcionalna zavisnost je proverena na modelskom primeru na konkretnim oglednim parcelama u atarima sela u Pčinjskom regionu Grada Vranja. Istraživanje je teklo u sledećem pravcu i po fazama:

1. Karakteristike parametara životne sredine koji utiču na kvalitet zemljišta i prinosa
2. Određivanje parametara kvaliteta zemljišta (pH, sadržaj vlage, kalijum, azot, humus i fosfor)
3. Određivanje POPs jedinjenja u uzorcima zemljišta koja su se nalazila u blizini frekventnih saobraćajnica
4. Ispitivanje parametara kvaliteta zemljišta u korelaciji sa poplavama
5. Ispitivanje parametara kvaliteta suvog prinosa (sadržaj pepela, sadržaj vlage i rehidratacija)
6. Ispitivanje radioaktivnosti u uzorcima zemljište, žitarice, voće i povrće u Regionu Južne Srbije
7. Određivanje transfer faktora
8. Analiza mogućnosti unapređenja kvaliteta životne sredine i postupaka novim metodama u cilju poboljšanja i povećanja prinosa

III MATERIJALI

3. MATERIJALI KORIŠĆENI ZA ISPITIVANJE

Materijali koji su korišćeni u disertaciji za ispitivanje su:

- Zemljište;
- Sveži uzorci voća;
- Povrće;
- Žitarice;
- Voda;
- Suvi prinos.

3.1. ZEMLJIŠTE

Zemljište je složena, promenljiva i dinamična komponenta agroekosistema. Zemljište obuhvata materijal dobijen od stena, organskih i neorganskih materija dobijenih od živih organizama, kao i voda i vazduh, koji se nalaze između čestica zemljišta. Sa aspekta poljoprivrede „idealno“ zemljište treba da sadrži 45% minerala, 5% organske materije i 50% šupljina od koji polovina treba da bude ispunjena vazduhom a polovina vodom. Zemljište se formira pod uticajem bioloških procesa kombinovanih sa fizičkim (proces raspadanja) i hemijskim procesima u svakoj klimatskoj zoni. Formirano zemljište se stalno menja pod uticajem tih istih faktora koji su uticali na njegovo formiranje, ali i pod uticajem drugih kao što su elementi reljefa, klime i tipa vegetacionog pokrivača. Prirodni procesi formiranja zemljišta zahtevaju dug vremenski period. Procenjeno je da se godišnje formira svega 0,5t/ha zemljišta u oblastima gajenja pšenice i kukuruza. Nasuprot tome se izgubi 5-6t/ha zemljišta u procesima erozije pod istim tim uslovima.

Fizički procesi raspadanja – Sloj nekonsolidovanog materijala koji se nalazi između površinskog sloja zemljišta i matične stene je nazvan regolit. Osnovna komponenta regolita je njegov mineralni deo, koji se sastoji od čestica zemljišta, koje vode poreklo od matične stene ili mogu biti nataloženi iz površinskih delova zemljišta pomoću vode, vetra, gravitacije, leda. Raspadanje stena predstavlja izvor materijala od kojih će se formirati

zemljište. Kombinovane sile vode, temperature, vetra i gravitacije polako troše i erodiraju stene i minerale i glavni su uzrok njihovog raspadanja. Voda prodire u pukotine i šupljine u stenama i zajedno sa zagrevanjem i hlađenjem uzrokuje njihovo raspadanje. Ugljen-dioksid, koji se nalazi u vodi, formira ugljenu kiselinu, koja hemijskim putem utiče na razaranje naročito kalcijumovih ili magnezijumovih stena formirajući karbonate. Karbonati predstavljaju trošne stene, koje su podložne daljem raspadanju. Finije čestice se dalje mešaju sa većim komadima karbonatnih stena, koje se međusobnim trenjem dalje troše i razgrađuju i razlažu. Manje čestice stena mogu ostati na mestu nastanka ili mogu biti transportovane pod uticajem kretanja vetra, vode, gravitacije, glečera.

Zemljišta koja nastaju pod dejstvom ovih sila dele se u nekoliko grupa i to:

- koluvijum (nastala transportovanjem čestica uz pomoć gravitacije);
- aluvijum (nastala transportovanjem čestica uz pomoć vode);
- glacialna zemljišta (nastala transportovanjem čestica pomoću kretanja glečera);
- eolska zemljišta (nastala transportovanjem čestica pomoću vetra).

Hemijski procesi – Hemijsko razlaganje zemljišta, obuhvata prirodne hemijske procese, koji pomažu u razlaganju matičnih stena i minerala. Najvažnija su četiri hemijska procesa u nastanku i razvoju zemljišta to su: hidratacija, hidroliza, rastvaranje i oksidacija. *Hidratacija* predstavlja proces dodavanja vode u hemijsku strukturu minerala. *Hidroliza* se pojavljuje kada se različiti katjoni u originalnoj kristalnoj strukturi silikatnih minerala zamenjuju vodonikovim jonom, što može biti uzrok raspadanja tog minerala. Pored vode, kao razlog ubrzanog raspadanja stena može doći i usled oslobađanja organskih kiselina, koje su sporedni produkti metabolizma živih organizama, ili potiču iz razlaganja mrtve organske materije. *Rastvaranje* se pojavljuje samo ako je matična stena sastavljena od lako rastvorljivih soli u vodi (nitrati ili hloridi). Krečnjak je rastvorljiv u vodi koja u sebi sadrži ugljenu kiselinu. Ukoliko nema dovoljno kiseline, rastvaranje krečnjaka može da se završi formiranjem pećina, jama. *Oksidacija* predstavlja pretvaranje elemenata, kao što je gvožđe, iz izvorno redukovano u oksidovani oblik u prisustvu vode ili vazduha. (Marković et al., 2007).

Sekundarni mineral koji se dobija hemijskim procesom i to oslobađanjem minerala iz matičnog materijala je glina. Minerali gline su veoma sitne čestice zemljišta, koje utiču na dostupnost vode i hraniva biljkama, kao i na sve druge procese koji se dešavaju u zemljištu. Minerali gline, u zavisnosti od kombinacije klimatskih uslova i sastava matičnih stena, sastavljeni su od dve vrste minerala i to: silikatna glina (od aluminijum silikata u prisustvu ili odsustvu drugih minerala, kao što je gvožđe ili magnezijum) i hidroksidna glina. Glina koja se može naći u bilo kom tipu zemljišta predstavlja mešavinu ova dva

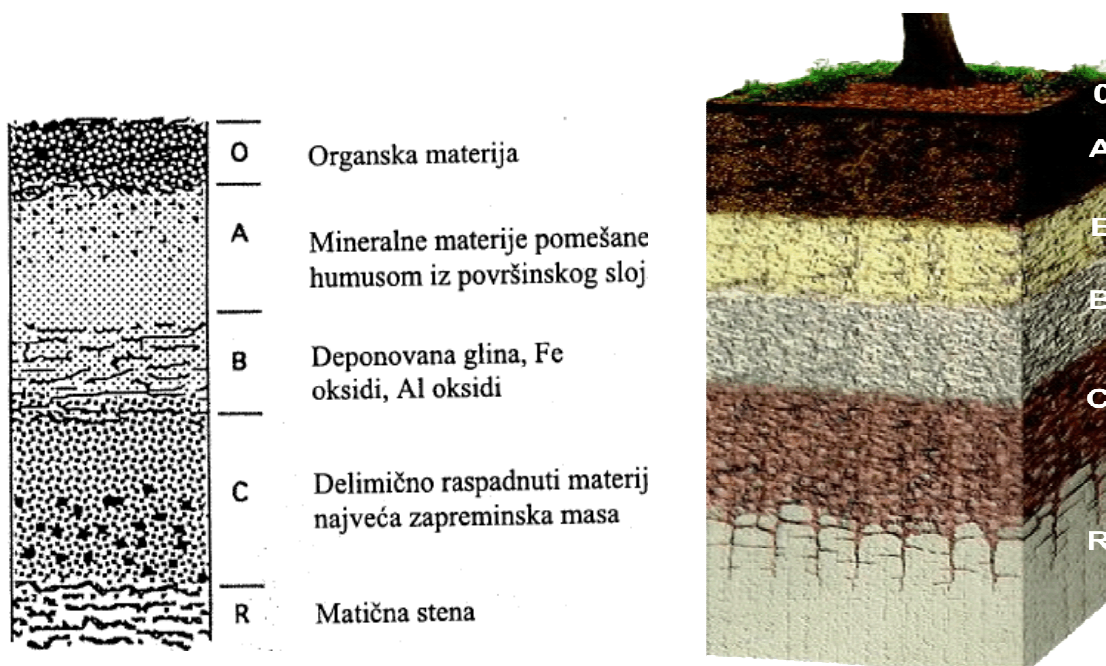
osnovna tipa gline, mada jedan ili nekoliko podtipova mogu biti dominantni. Kada dominira silikatni tip gline, onda zemljište ima veći proizvodni kapacitet, zato što silikati omogućavaju laku adsorpciju katjona. Ako dominiraju hidroksidne gline, adsorpcija katjona je mnogo manja, a to čini da je zemljište manje pogodno za poljoprivrednu proizvodnju. Organska materija, bilo da je poreklom od biljnih ostataka ili rada živih organizama zemljišta, ima važan uticaj na sve hemijske procese u zemljištu i ubrzava stvaranje plodnog zemljišta.

Biotički procesi – su procesi koji se odvijaju u zemljištu u korenovom sistemu. Zavisno od vrste i tipa zemljišta biljke se pre ili kasnije ukorenjuju u delimično raspadnuti i razloženi materijal. Rastom korena u dubinu, biljke usvajaju hraniva iz mineralnih materija, deponuju ih u tkivima i pretvaraju ih u organske materije. Dubok korenov sistem mehanički razara regolit, a izlučivanjem kiselina i drugih materija omogućeno je i hemijsko raspadanje matičnih materijala. Na kraju života biljke vraćaju organsku materiju u zemljište, čime se ono obogaćuje i stvara plodno zemljište. Ostaci uginulih biljaka služe kao izvor energije za mnoštvo živih organizama koji se nalaze u zemljištu (bakterije, gljive, kišne gliste), a takođe se i mnogi mikroorganizmi zemljišta (zglavkasti crvi, stonoge, mokrice, pregljevi) hrane ovim ostacima. Hraneći se ostacima biljaka mikroorganizmi delimično razlažu organsku materiju na čitav niz organskih jedinjenja (ugljene hidrate, lignin, masti, smole i proteine). Mineralizacijom ova kompleksna jedinjenja se dalje razlažu na prosta, kao što su ugljen-dioksid, voda, soli i minerali. Frakcija organske materije u zemljištu, koja predstavlja rezultat razlaganja pomoću živih organizama naziva se **humus**. On ima određeno trajanje u zemljištu, posle koga se razgrađuje. Novi humus stalno zamenjuje stari i tako se stalno održava određeni nivo humusa u zemljištu. Ta ravnoteža humusa je od velikog značaja za stvaranje i održavanje plodnosti zemljišta.

Uloga reljefa – Reljef utiče na proces stvaranja zemljišta posredno, modifikujući niz faktora koji utiču na taj proces. Od osobina reljefa zavisi velikim delom raspored toplote i vlage na Zemljinoj površini, svetlosni režim, karakter vazdušnih strujanja. Reljef utiče i na osnovne zakonitosti globalnog i lokalnog rasprostranjenja i formiranja različitih tipova zemljišta, koje je u većoj meri uslovljeno određenim tipovima makro, mezo i mikro reljefa. Mezo i mikro reljef utiču na osnovne klimatske komponente temperaturu i vlažnost. Na uzvišenijim delovima terena, temperatura je relativno viša, dok je vlažnost manja nego u susjednim depresijama koje su vlažnije i hladnije. Sve ove razlike utiču na karakteristike zemljišta. Veliki značaj za formiranje određenih osobina pedološke podloge imaju padine, pri čemu su važne njihova dužina, nagib, oblik njihove površine i ekspozicija. Stepennagnutosti važan je zato što u velikoj meri utiče na karakter i intenzitet erozije. Na ravnim površinama proces erozije je slabije izražen, pa je tu zemljište kompaktno i dobro

razvijeno. Na padinama sa većim nagibom, erozija je intenzivna tako da se površinski sloj zemljišta spira vodom. Na takvim područjima je zemljište slabije razvijeno, nije kompaktno, pa često na površinu izbija stenovita podloga.

Vremenom, lokalni fizički, hemijski i biološki procesi u regolitu dovode do formiranja i razvoja različitih slojeva zemljišta koji se nazivaju horizonti. Oni daju svakom zemljištu na njegovoj lokaciji specifičan zemljišni profil. Svaki horizont zemljišnog profila ima kombinaciju posebnih karakteristika. Zemljišni profil se sastoji od četiri glavna horizonta: organskog O horizonta i tri mineralna horizonta, (slika 3).



Slika 3. Izgled profila zemljišta (Oljača, 2008)

O horizont se nalazi na površini zemljišta, ispod njega je A horizont, gde se organske materije akumuliraju i gde struktura zemljišta može biti granularna, mrvičasta ili pločasta. Ispod A horizonta nalazi se B horizont u koji se ispiraju minerali iz A horizonta i tu se akumuliraju u obliku silikata, gline, gvožđa, aluminijuma ili humusa, a struktura može biti kockasta, prizmatična ili stubasta. Na kraju je C horizont, koji se sastoji od delimično razloženog osnovnog materijala matične stene ili od materijala koji je prenešen sa neke druge lokacije. Neke vrste materijala iz A i B horizonta se mogu naći i u C horizontu, kao što su karbonati kalcijuma, magnezijuma. Zavisno od dubine gornjih horizonata, javlja se i R horizont koji je u stvari matična stena.

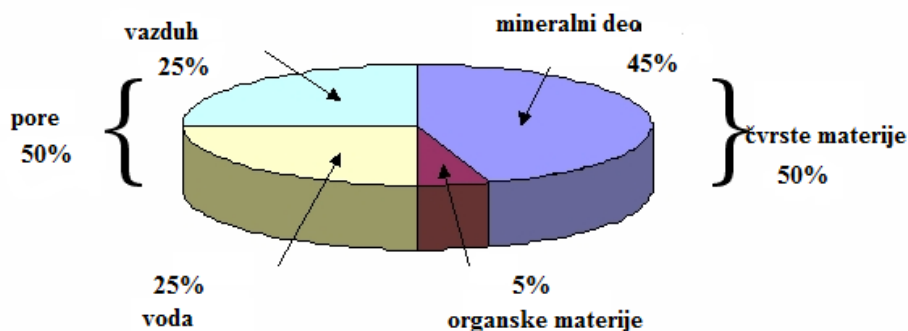
3.1.1. Osobine zemljišta

Zemljište, kao složen vegetacioni činilac, odlikuje se fizičkim, hemijskim i biološkim osobinama. Ove osobine su veoma različite u zavisnosti od tipa zemljišta. Svojim fizičkim i hemijskim osobinama zemljište je kompleks abiotičkih faktora, a njegovim biološkim osobinama zemljište se javlja kao kompleks biotičkih faktora, kojim deluje na biljke. Od fizičkih osobina zemljišta od posebnog ekološkog značaja su: mehanički sastav, struktura, boja, toplotni, vazdušni i vodni režim. Zemljište predstavlja veliku laboratoriju u kojoj se stalno odigravaju različiti hemijski procesi. Zavisno od toga kakav je tok ovih procesa u kojima se obrazuju mineralne materije dostupne biljkama, zemljište je boljeg ili lošijeg kvaliteta za gajenje useva. Od posledica hemijskih procesa u zemljištu za biljke je od posebnog značaja plodnost zemljišta (sadržaj organske materije-humusa), pH vrednost zemljišnog rastvora, salinitet i alkalinitet. Veliku ekološku vrednost i uticaj imaju biološke osobine.

3.1.1.1. Fizičke osobine

Mehanički sastav zemljišta je rezultat brojnih veoma različitih dejstava na matičnu stenu u toku obrazovanja zemljišta. Postoje različite klasifikacije mehaničkog sastava zemljišta. Klasifikacija se vrši na osnovu grupe čestica u granicama određenih dimenzija koje imaju osobine od kojih zavise fizičke, fizičko-hemijske i hemijske osobine zemljišta. Kvantitativni odnos pojedinih frakcija određuje sastav zemljišta. Osobine čestica mogu biti sledeće:

- Skelet zemljišta;
- Čestice krupnog peska (nemaju sposobnost držanja vode, imaju veliku propusnu moć, nemaju sposobnost vezivanja i nisu plastične);
- Sitni pesak (sadrži sitne pore, kretanje vode je vrlo brzo, nema sposobnost lepljenja, ne bubri i sipkav je u suvom stanju);
- Prah (ima dobar vodni kapacitet, slabija mu je propusnost od peska, slabo je plastičan, ne bubri ili veoma slabo bubri, karakteriše ga dobar kapilarni uspon, slabo se lepi, a u suvom stanju je vezan);
- Glina (ima sposobnost vezivanja velike količine vode, vrlo velike plastičnosti, ali je zato kretanje vode veoma sporo. U vlažnom stanju čestice su veoma lepljive, a u suvom zbijene i tvrde)



Slika 4. Mehanički sastav zemljišta u procentima

Mehanički sastav zemljišta, predstavlja produktivne sposobnosti zemljišta. Različiti stepen usitnjenosti zemljišta usporava ili ubrzava procese koji se odvijaju u zemljištu, uslovljava različiti vodni, vazdušni i toplotni kapacitet; takođe utiče i na sposobnost zemljišta da zadržava hraniva, (slika 4). Mehanički sastav zemljišta se različito odražava posmatrajući sa različite tačke gledišta. Poljoprivredna vrednost zemljišta raste od peska do ilovače, pa opada od ilovače do gline. Peskovita zemljišta su jako propusna za vodu i dobro su aerisana, ali su siromašna u hranljivim materijama. Jako glinovita zemljišta odlikuju se slabom propustljivošću za vodu, imaju malo vazduha i slabe su mikrobiološke aktivnosti i zadržavaju hraniva u adsorbovanom obliku. Sa agronomskog aspekta najpogodnija su ona zemljišta u kojima je odnos frakcija pesak-prah-glina i to 40%:40%:20%, a to je ilovača. Ovakva zemljišta povoljna su vodnim, vazdušnim i toplotnim režimom; dobro upijaju i sprovode vodu; dobro se obrađuju; imaju dobru biološku aktivnost i pružaju biljkama povoljne uslove za rast i razviće. Za biljnu proizvodnju nepovoljna su peskovita i glinovita zemljišta.

Mehanički sastav zemljišta je jedna od najvažnijih fizičkih osobina, jer utiče na mnogobrojne osobine zemljišta kao što su: kohezija, snaga držanja vode, adsorpcija, supstitucija. Što su čestice zemljišta sitnije u toj meri se povećava i specifična površina zemljišta. Osobine mineralnog dela zemljišta zavise od krupnoće čestica i hemijskog sastava minerala.

Od mehaničkog sastava zemljišta zavisi i njegova pogodnost za obdisertaciji i učestalost primene mineralnih đubriva. Glinovita zemljišta mogu ređe da se đubre većim količinama mineralnog đubriva, jer ima manju opasnost od ispiranja. Glinovita zemljišta, poznata još i kao glinuše, imaju veliku sposobnost držanja vode, mali kapacitet za vazduh, slabu dreniranost, sa stanovišta potrebe biljaka veoma nepovoljan vodno-vazdušni i toplotni režim, slabu biogenost. Zbog loše infiltracije, pri većim količinama padavina dolazi do prevlaživanja zemljišta, što zbog nedostatka kiseonika dovodi do oštećenje useva.

Suvišna voda otežava ili onemogućava obdisertaciji, setvu i druge agrotehničke radove. Kvašenjem glinuša dolazi do bubrenja, a sušenjem dolazi do kontrakcije zemljišta i do stvaranja pukotina. Ove promene mogu izazvati kidanje korena, posebno korenovih dlačica. Glinuše nisu pogodne za poljoprivrednu proizvodnju. Peskovita zemljišta se češće đubre ali sa manjom količinom đubriva. Peskovita zemljišta se lako obrađuju i imaju malu sposobnost zadržavanja vode. Gravitaciona voda lako i brzo prodire u dublje slojeve, pa zbog toga usevi za vreme suše često oskudevaju za vodom. Poniranjem vode u dublje slojeve ispiraju se značajne količine pristupačnih hraniva.

Najpovoljnija zemljišta za biljnu proizvodnju, na kojima se postiže visok i stabilan prinos jesu ilovače i gajnjače. Gajnjača. su dobro ocedna i topla zemljišta. Hemijska svojstva variraju u zavisnosti od intenziteta korišćenja, stepena erodiranosti, hemijskih svojstava matičnog supstrata, a i stepena razvoja. Sadržaj humusa kod gajnjača je u intervalu od 2 do 5%, neutralne su do slabo kisele hemijske reakcije, imaju visok kapacitet adsorpcije, a od jona dominira Ca i Mg. Gajnjače su smeđe, rumenkaste ili crvene boje u zavisnosti od primesa aluminijuma gvožđa i dr. Pogodne su za ratarstvo, gajenje vinove loze i pošumljavanje. Spadaju u tipska—razvijena zemljišta (Rodić, Pavlović, 1994). Imaju povoljan vodni, vazdušni, toplotni režim, dobru sorpcionu sposobnost i sposobnost regeneracije strukture i dobru biološku aktivnost. Imaju najpovoljnije fizičke, hemijske i biološke osobine.

Pod strukturom zemljišta podrazumeva se obrazovanje zemljišnih agregata procesom koagulacije. U procesu koagulacije osnovne mineralne materije zemljišta gube svoju individualnost i spajaju se u krupnije čestice, tzv. zemljišne agregate. Zemljišni agregati se obrazuju slepljivanjem mineralnih materija i organskih čestica, zahvaljujući cementirajućim svojstvima gline i organskih materija zemljišta stvorenih radom mikroorganizama. Formiranje zemljišnih agregata ima dve suštinske komponente: međusobno privlačenje zemljišta, što zavisi od teksture i slepljivanje tih čestica pomoću organske materije. Zemljišta dobijena ovakvim procesom se lako prepoznaju po tome što se grumen zemlje kada se stisne u šaku lako raspada na manje grudvice ili granule. Struktura zemljišta je jako važana i kao ekološki pokazatelj, zato što zemljište koje ima dobru strukturu nije podležno eroziji. Dobra struktura zemljišta doprinosi da se održi manja zapreminska masa zemljišta izražena kao masa po jedinici zapremine zemljišta. Zemljišta sa malom zapreminskom masom imaju veći procenat pora, aerisana su, bolje propuštaju vodu i imaju veći vodni kapacitet; lako se obrađuju i biljke se lakše kod njih ukorenjuju. Zemljišta loše strukture su zbijena, sa pokoricom, koja onemogućava nicanje biljaka i nesmetano prodiranje vode i vazduha.

Dobra struktura zemljišta se kviri stalnom i intenzivnom obradom teškim mašinama, naročito kada je zemljište suviše vlažno. Tada se na površini izbacaju velike grudve zemlje, koja kada se osuši, nije moguće obraditi. Pored upotrebe teške mehanizacije i nepravilne obrade, struktura dobrog zemljišta se kviri i gubitkom organskih materija zemljišta.

Boja zemljišta može da bude dobar početni pokazatelj u određivanju tipa zemljišta kao i njegovih osobina. Boja zemljišta može da bude različita (tamno braon, svetlo braon, crvena, žuta, siva). Tamno obojena zemljišta su indikator i pokazatelj visokog sadržaja organskih materija. Zemljišta koja imaju crvenu ili žutu boju imaju visok sadržaj oksida gvožđa u svom sastavu, aerisana su, sa dobrom drenažom, ali ovakva boja može voditi poreklo i od matičnih stena. Siva ili žućkasto-braon boja zemljišta može biti indikator loše drenaže, a stvara se kada je gvožđe redukovano u fero oblik, što je znak nedostatka kiseonika. U svetlim zemljištima ima dosta kvarca, karbonata ili gipsa. Boja zemljišta doprinosi boljem ili lošijem toplotnom režimu. Naime, tamna zemljišta se brzo zagrevaju pa biljke posađene na takvom zemljištu u letnjem periodu lako mogu doživeti temperaturni šok, iz tog razloga svetlija zemljišta su pogodnija za poljoprivrednu proizvodnju.

3.1.1.2. Hemijske osobine

Zemljište predstavlja jedan sistem u kome se neprekidno odvijaju hemijski procesi hidratacije, oksidacije i redukcije, adsorpcije. U zemljištu pod dejstvom ovih procesa, dolazi do razlaganja organske materije i do njene mineralizacije. Najvažnije hemijske osobine zemljišta su: kiselost zemljišta, salinitet i alkalinitet, adsorptivni kompleks i sadržaj mineralnih materija (azota, kalcijuma, magnezijuma, fosfora, kalijuma).

Kiselost zemljišta, odnosno njegova pH vrednost, jedna je od najbitnijih osobina zemljišta. pH vrednost zemljišta kreće se od 3 do 8 i zavisi od vrste gline, organskih supstanci, prisustva CO₂ iz vazduha, a najviše od dominantnih katjona u zemljištu (Marković et al., 2007). Od pH vrednosti zavisi intenzitet mikrobioloških procesa razlaganja organske materije i ishrana biljka. Pri povećanoj kiselosti slabe procesi azotifikacije i nitrifikacije. Kisela zemljišta su nepovoljna za gajenje biljaka. Od pH vrednosti zavisi i rastvorljivost, kao i pristupačnost hraniva. Najbolja pristupačnost glavnih hraniva je kada se pH vrednost kreće između 6 i 8. Sa povećanjem pH preko 8 smanjuje se pristupačnost fosfora, gvožđa, mangana, bora i cinka i pojavljuju se simptomi njihovog nedostatka. Na pH zemljišta od 8,5 kalcijum i magnezijum postaju nepristupačni pa ih tada zamenjuju kalijum i magnezijum, a oni se talože kao karbonati. Smanjenje pH vrednosti

može izazvati povećanje koncentracije aluminijuma i mangana do toksične vrednosti, što nije dobro.

Reakcija zemljišta se izražava pH-vrednošću kao negativni dekadni logaritam koncentracije H^+ jona.

$$pH = -\log [H^+] \quad (1)$$

Utvrđeno je da na porast pH i alkalnost zemljišta utiču katjoni Na^+ , K^+ , Ca^{2+} i Mg^{2+}

Salinitet predstavlja nakupljanje soli u zemljišnom profilu. Zemljišta koja imaju povećanu koncentraciju natrijumovih soli nazivaju se zaslanjena. Povećana koncentracija soli u zemljištu javlja se kao posledica raspadanja matičnih stena i u procesu navodnjavanja. Navodnjavanjem se zemljište zaslanjuje tako što voda za navodnjavanje može mobilisati soli iz dubljih horizonata ka površini pomoću kapilarnog kretanja. Mnoga mineralna đubriva, najčešće amonijum-nitrat, takođe može povećati salinitet zemljišta.

Alkalna zemljišta nastaju kada se natrijum kombinuje sa slabim anjonima HCO_3^- sa pH vrednošću preko 8,5. Zemljišta sa velikom koncentracijom neutralnih soli stvaraju osmotsku neravnotežu u zemljišnom rastvoru i voda postaje nedostupna biljkama. Iz tog razloga treba voditi računa, odnosno pažljivo koristiti vode za navodnjavanje.

Adsorptivni kompleks je skup čestica određenog prečnika, tj. skup svih čestica koloida (mineralnih, humusnih i organsko-mineralnih) koje imaju sposobnost privlačenja i zadržavanja jona suprotnog naelektrisanja. Najvažniji su sekundarni minerali gline, humusne materije i njihovi kompleksi. Adsorpcioni kapacitet predstavlja maksimalnu količinu jona koju zemljište može da adsorbuje. Tipovi zemljišta se upravo razlikuju po ovoj osobini, budući da adsorpcija nekog tipa zemljišta zavisi od mehaničkog i mineralnog sastava i sadržaja humusa. Humusne materije imaju veću moć adsorpcije od minerala gline, tako da humusna zemljišta imaju jaku adsorpcionu moć, što ih čini plodnim i pogodnim za poljoprivredu. Adsorpcioni kompleks obuhvata mehaničke, fizičke, fizičko-hemijske, hemijske i biološke sposobnosti zemljišta.

Mehanička adsorptivna sposobnost zemljišta predstavlja mehaničko zadržavanje dispergovanih koloidnih čestica prilikom njihove filtracije kroz slojeve zemljišta. Na ovaj način se zadržavaju krupnije čestice zemljišta i krupniji agregati zemljišnih koloida.

Fizička adsorptivna sposobnost zemljišta, predstavlja mogućnost vezivanja molekula različitih supstanci, pre svega vode i gasova, na osnovu energije površinskog napona na spoljašnoj površini zemljišnih koloida. Veličina energije površinskog napona zavisi od opšte površine tela. Pošto sa povećanjem površine raste i ukupna količina površinske energije to će u razvijenom zemljištu, gde je više koloidnih čestica, postojati i veći opšti površinski napon. Prilikom fizičke adsorpcije ne menja se ni sastav čvrste faze, niti kvalitativni sastav zemljišnog rastvora. (Oljača, 2008)

Fizičko-hemijska adsorptivna sposobnost zemljišnih koloida predstavlja mogućnost vezivanja jona iz rastvora za difuzni sloj koloidne micle, na osnovu elektrokinetičkog potencijala, što je fizički proces, da bi zatim stupili u hemijsku reakciju sa jonima zemljišnog adsorptivnog kompleksa. Kao rezultat ovih aktivnosti menja se hemijski sastav, kako zemljišnog rastvora, tako i zemljišnog adsorptivnog kompleksa. Fizičko-hemijska adsorptivna sposobnost je osnova razmene jona između zemljišta, mikroorganizama i biljaka. Difuzni sloj prima, koncentriše i čuva mineralne elemente u zemljištu i predstavlja rezervoar iz kojeg biljke, na osnovu osmotskog potencijala korena, mogu iz zemljišta uzeti one mineralne materije koje su im neophodne. Za ishranu biljaka najznačajniji je uticaj koncentracije katjona na njihovu adsorpciju. Adsorbovani katjoni u difuznom sloju oko koloidnih čestica zadržavaju se različitim silama. Joni bliži česticama drže se većom silom i obrnuto. Adsorpcija katjona je dosta labilna, tako da adsorbovani joni mogu da se zamenjuju sa katjonima iz zemljišnog rastvora. Zamena jedne vrste jona drugim naziva se supstitucija i vrši se u ekvivalentnim količinama.

Važan proces kretanja jona je i desorpcija. Desorpcija predstavlja vraćanje jona u zemljišni rastvor i odvija se isključivo u razblaženom zemljišnom rastvoru, u kojem je mala koncentracija istih jona, a to znači da koloidi gube određenu vrstu jona. Ovakva situacija nastaje u slučajevima kada voda u zemljištu protiče i ispira određene jone, pa njihova koncentracija u zemljištu opada. Vezivanjem katjona za adsorptivni kompleks sprečava se njihovo ispiranje a time i gubitak hraniva iz zemljišta. Aktivnu biljnu hranu najčešće predstavljaju katjoni amonijaka, kalijuma, kalcijuma, magnezijuma, gvožđa, bakra. Ovi katjoni poseduju sposobnost zamene, odlazeći u zemljišni rastvor, dok drugi dolaze na njihovo mesto u adsorptivnom kompleksu.

Hemijska adsorptivna sposobnost se odnosi na mogućnost da se adsorbuju jedinjenja i elementi koji su proizvodi hemijskih reakcija u zemljišnom rastvoru. Na taj način se stvaraju nerastvorljiva jedinjenja, koja se talože i ulaze u čvrstu fazu zemljišta. Tako nastaje kalcijum-karbonat, kao proizvod hemijske reakcije kalcijum-hlorida i natrijum-karbonata u zemljišnom rastvoru. Ovakva jedinjenja su zaštićena od daljeg

ispiranja, a mogu postati dostupna biljkama, jer se mogu rastvoriti pomoću kiselina koje luče korenovi.

Biološka adsorptivna sposobnost uslovljena je prisutnošću i aktivnošću živih organizama u zemljištu. Ovu vrstu adsorpcije obavljaju korenovi biljaka i mikroorganizmi, koji usvajaju i koncentrišu niz mineralnih elemenata u svoje ćelije i tkiva pa na taj način sprečavaju njihovo ispiranje iz zemljišta. Kasnije, nakon izumiranja organizama i mineralizacije njihovih delova, oslobađaju se i akumuliraju određeni elementi. Tokom biološke adsorpcije, rastvorljiva neorganska jedinjenja i mineralni elementi prelaze u nerastvorljive, organske supstance.

3.1.1.3. Biološke osobine

Biološke osobine zemljišta odnose se na žive organizme koji se nalaze u zemljištu. U formiranju i evoluciji zemljišta učestvuju mnogobrojni mikroorganizmi, kao i različiti biljni i životinjski organizmi. Svi oni učestvuju kroz biološke cikluse u kojima se neprekidno vrši transformacija neorganskih i organskih jedinjenja kroz procese mineralizacije, sinteze humusnih materijala, biološku adsorpciju i stvaranje zemljišnih agregata. Raznovrsne aktivnosti ovih organizama uslovljavaju plodnost zemljišta. Svi zemljišni organizmi se mogu podeliti prema njihovoj veličini na:

- makroorganizme i
- mikroorganizme.

Makroorganizmi podrazumevaju zemljišnu makrofloru i makrofaunu. Zemljišna makroflora obuhvata biljke, pre svega njihove podzemne delove (rizome, lukovice, krtole), dok zemljišnu makrofloru čine brojne makroskopski vidljive životinje, koje stalno ili povremeno naseljavaju zemljište. Raspadanjem ostataka izumrlih podzemnih delova biljaka, zemljištu se istovremeno vraćaju i organske supstance i mineralni elementi; otpadne supstance su hrana mikroorganizmima, a oslobođeni elementi postaju mineralna rezerva humusa. U procesima razlaganja organskih ostataka raznovrsnih organizama učestvuju različite grupe životinja, koje žive kako u samom zemljištu tako i na njegovoj površini, kao i one koje delimično ili privremeno, tokom svog životnog ciklusa borave u ili na zemljištu. Najznačajniji predstavnici životinja u zemljištu koji učestvuju u ovim procesima su: člankoviti crvi, stonoge, pauci, puževi, pregljevi, mokrice, insekti, glodari, gliste (kišna glista) i bubojedi. Svi živi organizmi koji učestvuju u procesima razgradnje, a čine biološke osobine zemljišta, prema veličini mogu se podeliti u četiri grupe: mikrofaunu, mezofaunu, makrofaunu i megafaunu. Mikroorganizmi u zemljištu čine različite grupe bakterija, algi, valjkasti crvi, praživotinje i ratatorije.

3.1.2. Plodnost zemljišta

Sve navedene osobine zemljišta (fizička, fizičko-hemijska, hemijska i biološka) utiču na plodnost zemljišta. Kako bi zemljište bilo što plodnije i davalo kvalitetnije i dobre prinose moraju se uzeti u obzir svi procesi koji se nalaze u okviru ovih osobina. Plodnost takođe predstavlja i sadržaj pristupačnih hraniva u zemljištu. Plodnost zemljišta treba da obezbedi biljci dovoljne količine vode, hraniva, kiseonika, toplote i potreban prostor neophodan za normalan rast i razvoj nadzemnih i podzemnih organa biljke. Za određivanje plodnosti zemljišta koriste se različiti pokazatelji potencijalni i efektivni, odnosno razlikuju se potencijalna i efektivna plodnost zemljišta.

Potencijalna plodnost zemljišta predstavlja ukupni potencijal svih svojstava, a karakteriše se ukupnom količinom biogenih elemenata, vode, vazduha, toplote i bilansom svih negativnih i pozitivnih osobina zemljišta. Zemljišta visoke potencijalne plodnosti, ne moraju istovremeno da imaju i visoku efektivnu plodnost. Ako se pojedina biljna hraniva nalaze u nepristupačnom obliku, ili je veći deo vode tako čvrsto vezan za čestice zemljišta da je biljka ne može usvojiti, tada biljka koristi samo mali deo potencijalne plodnosti, pa je efektivna plodnost zemljišta mala.

Efektivna ili aktuelna plodnost predstavlja deo potencijalne plodnosti i to u onom stepenu u kojem zemljište, u fiziološki aktivnom obliku, može da obezbedi biljku hranivom, vodom, vazduhom, toplotom i dr.

Na plodnost zemljišta osim mineralnih materija, utiče i sadržaj organskih materija. Organska materija sadrži sve biogene elemente, koji se prilikom mineralizacije oslobađaju i prelaze u anorganski oblik i kao takvi mogu ponovo poslužiti kao biljna hraniva. Organska materija zemljišta potiče od odumrlih biljnih i životinjskih ostataka, kao i njihovih produkata, koji nastaju sintezom. Presudnu ulogu u razgradnji organske materije, koja ostaje u zemljištu imaju mikroorganizmi. Razgradnja organske materije odvija se preko složenih međureakcija i raznih procesa. Kao rezultat tih složenih procesa, s jedne strane, dolazi do sinteze novih složenih visokomolekularnih organskih jedinjenja koloidne prirode, koju nazivamo humus. Humus u širem smislu predstavlja svu mrtvu organsku materiju zemljišta, a u užem smislu humusom se smatraju huminske materije nastale u procesima humifikacije, mikrobiološkom razgradnjom i sintezom novih kompleksnih organskih materija.

Pod humusom se može podrazumevati i neživa organska materija u antropogenom zemljištu i deli se na asimilativni i trajni humus. *Asimilativni humus* čine lakorastvorljivi

ugljeni hidrati, organske kiseline i belančevine. Asimilativni humus je izvor energije mikroorganizama koji učestvuju u mineralizaciji organske materije. *Trajni humus* je rezultat razgradnje i sinteze u procesu humifikacije, odnosno stvaranja pravog humusa. Trajni humus je stabilan, teško se razlaže, mineralizuje, a čine ga lignin, urinske kiseline, taninske materije, voskovi, masti i teško rastvorljivi proteini. Trajni humus je glavni izvor organski vezanog azota u zemljištu (Oljača, 2008).

Značaj humusa u zemljištu je veoma raznovrstan. On utiče na fizičke, hemijske i biološke osobine i time se povećava plodnost zemljišta. Humus ima značajnu ulogu pri stvaranju stabilne strukture, što se odražava na niz fizičkih osobina u prvom redu na vodni, vazdušni i toplotni režim zemljišta. Humus može da upije velike količine vode i time povećava snagu držanja vode, što je posebno značajno kod peskovitih zemljišta. Tamna boja humusa adsorbira sunčevu svetlost, što ubrzava zagrevanje zemljišta. Razgradnjom humusa u procesu mineralizacije oslobađaju se biljna hraniva i vezana energija, dok oslobođene biogene elemente biljke ponovo usvajaju preko korenovog sistema. Pojedine komponente humusa imaju i direktan uticaj na rast i razviće biljaka. Kod teških glinovitih zemljišta humus smanjuje specifični vučni otpor pri obradi i time olakšava obradu zemljišta.

Sadržaj i kvalitet humusa sastoji se od visokomolekularnih organskih jedinjenja koloidne prirode, koje se označavaju kao huminske materije (humusne materije). Humusne materije služe kao energetski izvor mikroorganizama zemljišta, tako humus pospešuje biološku aktivnost zemljišt. U zavisnosti od količine i sadržaja humusnih materija, kao i u zavisnosti od spoljnih uslova, vrsti i toplote, količini organske materije, od količine padavina, od sadržaja baza u zemljištu, reakcije i aktivnosti mikroorganizama, kod antropogenih zemljišta razlikuje se blagi i kiseli humus. Blagi humus se sastoji od dobro humificiranih humusnih materija, dobro izmešanih sa mineralnim delom i veći deo huminske kiseline je neutraliziran bazama u obliku humita. Kiseli humus nastaje u nepovoljnim uslovima pretežno u hladnoj i humidnoj klimi. Obiluje nezasićenim fulvo-kiselinama koje su jaki razarači, destruktori anorganskog dela zemljišta jer podstiču i omogućavaju ekstremno ispiranje zemljišta.

Prema sadržaju humusa, zemljište se deli na:

- jako siromašna humusom 1%;
- siromašna humusom 1-2%;
- umeren sadržaj humusa 2-4%,
- visok sadržaj humusa 4-8%;
- jako visok sadržaj humusa 8-15%;
- močvarno – barska zemljišta 15-30%;

➤ treset 30%.

Kvalitet humusa sem pojedinih frakcija i stepena zasićenosti humskih kiselina bazama određuje i odnos C:N. Uzima se da humus ima konstantnu količinu ugljenika (58%), ali utvrđeno je da sadržaj azota u humusu varira od 3-6%. Zbog toga C:N odnos koleba između 10-20. Povoljan sastav humusa u zemljištu je kada se C:N odnos približava prema 10. Smatra se da je idealni odnos C:N = 10, povoljnim 10-20:1, a nepovoljnim širi od 20:1.

Optimalni nivo humusa u zemljištu je ona količina koja obezbeđuje najpovoljnije uslove za rast i razvoj kulturnih biljaka. Optimalni nivo humusa u zemljištu zavisi od spoljnih činilaca, ali i od osobina zemljišta, a u prvom redu od teksture zemljišta. Tekstura zemljišta ima poseban uticaj na potrebu humusa zbog održavanja povoljnog vodnog i vazdušnog režima zemljišta. Za pravilno korišćenje nekog zemljišta bitno je poznavati optimalni nivo humusa. Ako zemljište sadrži više humusa od optimalnog, tada treba isključiti organsko đubrenje i gajenje useva koji obogaćuju zemljište u organskoj materiji, a obdisertaciji treba intenzivirati u cilju pospešivanja procesa mineralizacije. Ako pak zemljište ima niži nivo humusa od optimalnog, tada se moraju aktivirati one agrotehničke mere koje povećavaju sadržaj humusa u zemljištu, kao što su organsko đubrenje, gajenje lucerke i detelinsko – travnih smeša, smanjenje dubine i učestalosti obrade. Kada se postigne optimalni nivo humusa u zemljištu, njega treba određenim sistemom biljne proizvodnje održavati.

U teškom zemljištu humus deluje na razređivanje i tako povećava sadržaj vazduha, a u lakoj peskovitoj zemlji povećava snagu držanja vode. Sa povećanjem sadržaja humusa raste reticioni kapacitet zemljišta za vodu. Može se reći da ukoliko neko zemljište zbog nepovoljne teksture lošije reguliše vodno-vazdušni režim, utoliko mu treba više humusa i obrnuto.

Stanje humusa u zemljištu predstavlja se izrazom:

Sadržaj humusa = prvobitni sadržaj humusa + novostvoreni humus + razložen humus

Matematički to je zapisano formulom:

$$S = \frac{1-a}{x} - A \quad (2)$$

gde je:

S – količina humusa u zemljištu

a – koeficijent razgradnje biljnih ostataka

x – koeficijent razgradnje humusa

A – dovoz biljne supstance

Na osnovu ove formule (2) može se za svako stanište odrediti očekivani karakterističan sadržaj humusa u zemljištu. Stanje ovako dobijenog humusa u određenim okvirima može da se menja pod uticajem agrotehničkih mera, kao što su: organsko đubrenje, sistem obrade, plodored, navodnjavanje.

Đubrenje organskim i mineralnim đubrivima pozitivno utiče na sadržaj humusa. Organskim đubrenjem organska materija se direktno vraća u zemljište, a primenom mineralnih đubriva posredno se povećavaju nadzemne i korenove mase. Uticaj organskog đubrenja na bilans humusa u velikoj meri zavisi od ekoloških uslova staništa. Značajan uticaj na bilans humusa u zemljištu ima i *plodored*, a naročito udeo okopavina u setvenoj strukturi. Plodored vrši ubedljiv uticaj na sadržaj organske materije u zemljištu. Ako se u plodoredu gaje usevi koji ostavljaju malo biljnih ostataka, a zemljište se pri tome intenzivno obrađuje, čak i u toku vegetacije, kao kod okopavina, sadržaj humusa po pravilu značajno opada. Nasuprot tome, ako su u plodoredu zastupljeni višegodišnji usevi, kao što su lucerka, detelina, trave i slično, koje ostavljaju veliku količinu podzemne mase, a zemljište se za to vreme ne obrađuje, tada je nakupljanje humusa u zemljištu najizraženije.

Uspešnost gajenja kulturnih biljaka u velikoj meri zavisi od dubine humusno-akumulativnog horizonta. Za biljnu proizvodnju važna je efektivna dubina zemljišta. Efektivna ili fiziološki aktivna dubina zemljišta je onaj deo koji služi za ukorenjavanje i ishranu kulturnih biljaka, to je ustvari deo gde se nalazi korisna voda, pristupačna hraniva, kiseonik i korisni mikroorganizmi.

Po efektivnoj dubini zemljišta se dele u 5 grupa i to:

- vrlo plitka zemljišta 0-25 cm;
- plitka zemljišta do 50 cm;
- srednje duboka zemljišta do 90 cm;
- duboka zemljišta do 150 cm;
- vrlo duboka zemljišta preko 150 cm

Dublja zemljišta pružaju bolje uslove za razvoj korenovog sistema. Na zemljištima sa dubokim humusno-akumulativnim horizontom razlikuju se dva sloja zdravica (ili mrtvica), odnosno zdravica I i zdravica II. Zdravica I je aktivniji sloj profila, gde još ima korena, mikroorganizama. U tom sloju još postoje povoljni uslovi za aktivnost korena u pogledu vode, hraniva i vazduha. Zdravica II je donji deo zdravice. On se nalazi izvan fiziološko-aktivnog profila i najčešće ima nepovoljne fizičke, hemijske i biološke osobine.

Koren biljaka više ne dopire u taj sloj. Ispod zdravice nalazi se matični supstrat ili litosfera. Dublja obrada zemljišta, zbog povećanja sadržaja vazduha ubrzava proces mineralizacije organske materije u zemljištu i dovodi do smanjenja sadržaja humusa u zemljištu. Humus se u zemljištu obnavlja u zavisnosti od udela okopavina u plodoredu na različite načine (tabela 6).

Tabela 6. Načini obnavljanja humusa (Oljača, 2008)

Udeo okopavina u plodoredu u (%)	Gubitak i potreba u humusu (t/ha/god.)	Način obnavljanja humusa
Do 12	2,0	Lako se nadohnađuje stajnjakom i korenovim ostacima
Do 25	3,0	Moguće je nadohnaditi đubrenjem stajnjakom i gajenjem useva koji obogaćuju zemljište u humusu
Do 35	4,0	Još je moguće nadohnaditi jakim đubrenjem stajnjakom, gajenjem lucerke, crvene deteline, travnih smesa, međuseva
Do 45 i više	Preko 4,0	Teško je nadohnaditi i obilnim đubrenjem stajnjakom gajenjem krmnih leguminoza i međuseva. U vinogradarstvu i voćarstvu potrebno je zelenišno đubrenje, dodavanje komposta i drugih đubriva

Na sadržaj humusa u zemljištu utiče navodnjavanje i primena herbicida. Navodnjavanje ima negativan uticaj na sadržaj organske materije. Održavanje vlažnosti zemljišta na optimalnom nivou za biljke, istovremeno stvara povoljne uslove za aktivnost mikroorganizama, koji intenzivnije razgrađuju organsku materiju. Uticaj herbicida, odnosno njihova primena, smanjuje potrebu za obradom zemljišta radi uništavanja korova i tako se čuva humus. Godišnji nedostatak humusa ne može se nadohnaditi samo nadzemnim i podzemnim biljnim ostacima, već je potrebno dodavati i organska đubriva

Na plodnost zemljišta znatno utiče poroznost zemljišta kao i zapreminska masa. *Poroznost zemljišta* je veoma promenljiva vrednost i veoma značajno svojstvo zemljišta sa stanovišta njegove plodnosti. Utiče na vodni i vazdušni režim. Poroznost zemljišta čine sitne pore i šupljine različitog oblika i veličine koje su ispunjene vodom i vazduhom i na taj način omogućavaju rast korena biljaka. Na poroznost zemljišta utiču agrotehničke mere, kao i organsko đubrivo. Ukupna poroznost zavisi od teksture i od zbijenosti zemljišta. Kod iste teksture ukupna poroznost je utoliko veća ukoliko je zemljište rastresitije, tj. manje

zbijeno. Kako je poroznost promenljiva veličina, na nju najviše utiče primena agrotehničkih mera, koje direktno utiču na udeo pora u zemljištu.

Zapreminska masa zemljišta predstavlja masu 1 cm³ suvog zemljišta u prirodnom, neporemećenom stanju. Zapreminska masa služi za određivanje ukupne poroznosti, kapaciteta za vazduh, za obračun sadržaja vode u zemljištu, za ocenu zbijenosti zemljišta. Na osnovu veličine zapreminske mase ceni se zbijenost zemljišta. Veća vrednost zapreminske mase je znak da je zemljište više sabijeno i ima manju ukupnu poroznost. Zbijenost zemljišta s jedne strane zavisi od granulometrijskog sastava i zbijenosti čvrste faze, a s druge, od strukturnog stanja zemljišta. Zapreminska masa je najmanja posle obrade zemljišta, zatim usled sleganja i delovanja atmosfere postepeno se povećava dok se ne uspostavi stanje ravnoteže i zapreminska masa poprima vrednost koja je karakteristična za to zemljište. Biljne vrste imaju različite zahteve prema zapreminskoj masi. Biljke su osetljive na sabijanje zemljišta i reaguju slabijim rastom i smanjenjem prinosa. U zbijenom zemljištu dominiraju fine pore, aeracija je slaba, proceđivanje vode je slabije, pogoršava se vodno-vazdušni režim, pogoršava se usvajanje vode i mineralnih materija. Najčešće je slučaj da zapreminska masa, koja odgovara optimalnoj veličini ukupne poroznosti istovremeno predstavlja i optimalnu vrednost zapreminske mase.

Sem plodnosti treba razlikovati i pojam produktivnosti zemljišta. Produktivnost zemljišta je širi pojam, jer ona sem obezbeđenosti zemljišta hranivima, vodom i toplotom uključuje i ostale vegetacione činioce kao i ekonomske uslove proizvodnje. Svi ti činioci određuju koliki će biti stepen iskorišćavanja plodnosti zemljišta, odnosno pokazuju koliki će biti prinos. To znači da prinos ne zavisi jedino od plodnosti zemljišta i zbog toga ne može biti jedino merilo. Samo u slučaju kad su svi činioci konstantni, osim zemljišta, prinos je izraz plodnosti zemljišta. Kako bi se vršilo upoređivanje plodnost dva tipa zemljišta, mora biti ista i klima, ista vrsta i sorta biljke, isti sistem biljne proizvodnje. Zbog toga prinosi postignuti u raznim klimatskim uslovima, sa različitim vrstama kulturnih biljaka i sa različitim agrotehnikom, ne mogu biti merilo niti mogu služiti za upoređivanje plodnosti zemljišta. (Krnačova et al., 2013).

Cilj intenzivne biljne proizvodnje su visoki i stabilni prinosi. Zato čovek svoju delatnost usmerava tako da istovremeno utiče na poboljšanje svih faktora produktivnosti, koriguje i ublažava nepovoljne efekte klime, stvara nove genotipove, poboljšava način gajenja, održava ili popravljiva plodnost zemljišta. Zemljište koje je namenjeno za poljoprivrednu proizvodnju mora stalno da se održava kako bi se povećala njegova plodnost. Zemljište treba koristiti a ne iskorišćavati, to znači da korišćenjem zemljišta ne

sme opadati njegova plodnost, nego treba uvek težiti ka povećanju njegove plodnosti u cilju dobijanja što boljih i kvalitetnih prinosa.

Kako je zemljište veoma složena, kompaktna celina, zbog rada mnogih mikroorganizama u zemljištu se javlja nekoliko režima, kao posledica navodnjavanja, povećane količine kiseonika i prevelikih promena u temperaturi. Režimi koji se javljaju u zemljištu su:

- vodni (vodeni);
- vazdušni;
- toplotni.

Pod vodnim režimom zemljišta podrazumeva se njegova sposobnost da reguliše stanje vlažnosti u odnosu na potrebe i zahteve biljaka. Vodni režim biljaka je kompleksna pojava i obuhvata različite procese kao primanje vode od padavina, oticanje vode, infiltraciju, filtraciju, zadržavanje vode, pristupačnost vode, kretanje, isparavanje, kondenzacija vodene pare, priliv iz podzemne vode. Biljke se snabevaju vodom iz zemljišta koje se javlja kao posrednik između biljke i klime. Otuda je veoma važno da zemljište svoju posredničku ulogu izvršava što je moguće bolje i da obezbedi ravnomerno proticanje vode za potrebe biljaka. Potrebe biljaka za vodom u nekim fazama razvoja su jako velike i zato je bitno da se zna koliko zemljište sa agronomskog stanovišta može da obezbedi stalnost u snabdevanju vode biljaka. U zavisnosti od vrste zemljišta vodni režim je različit (tabela 7). Voda se vezuje za čestice zemljišta silama sorpcije. Voda se u zemljištu vezuje na različite načine pa tako postoji: hemijski vezana voda, fizički vezana voda, kapilarna i slobodna voda. Zemljište ima sposobnost da upija vodu, da propušta u dublje slojeve deo slobodne vode i da zadržava vodu različitih kategorija. Vlažnost zemljišta izražava se u vol.% i mas.%. Od vlažnosti, kao i od uticaja svih ostalih ekoloških parametara zemljišta zavisi količina prinosa (Boltižar, 2013).

U zemljištu, izuzev onih kod kojih je nivo podzemne vode visok, jedini izvor vode su prirodne padavine. Jedan deo padavina ponire u dublje slojeve, drugi se zadržava u zemljištu za duži vremenski period. Sa agronomskog stanovišta u zemljištu je najvažnija pristupačna voda, koju biljka može da usvaja. Pristupačna voda predstavlja razliku u sadržaju vode pri stanju vlažnosti poljskog vodnog kapaciteta i vlažnosti nepovratnog venjenja, pod nekim uslovima do maksimalnog higroskopiciteta. Uredno i ravnomerno snabdevanje biljaka vodom, kao i količina akumulirane vode u zemljištu zavisi od tipa zemljišta. Kod ilovača sadržaj pristupačne vode je najveći, dok je kod peskuša najmanji.

Zemljište sa sitnomrvičastom strukturom ima dovoljno kapilarnih pora i kod njih je sadržaj pristupačne vode visok. Na takvom zemljištu biljke duže odolevaju suši, sve dok ne iscrpe sve rezerve pristupačne vode.

Tabela 7. Vodni režim nekih tipova zemljišta (Oljača, 2008)

Tip zemljišta	PVK (poljski vodni kapacitet) (vol.%)	Nepristupačna voda (vol.%)	Pristupačna voda (vol.%)	Akumulirana voda u zemljištu dubine do 150cm
Peskuša	10	3	7	105
Peskovita ilovača	20	8	12	180
Laka ilovača	30	12	18	270
Ilovača	35	15	20	300
Ilovasta glina	40	22	18	270
Glinuša	45	30	15	225

Pod vazдушnim režimom zemljišta podrazumeva se njegova sposobnost da reguliše stanje gasovite faze u odnosu na potrebe i zahteve kulturnih biljaka, u kvalitetnom i kvantitativnom pogledu. Vazduh u zemljištu se nalazi u grubim porama adsorbovan za čestice zemljišta i rastvoren u vodi. Vazduh u porama je bogat kiseonikom, dok rastvoreni gasovi sadrže puno ugljen-dioksid, a to omogućava da se u zemljištu istovremeno odvijaju dva procesa aerobni i anaerobni. Sadržaj vazduha u zemljištu se neprekidno menja. Promenama su naročito podložni kiseonik i ugljen-dioksid. Kiseonik se troši u procesima disanja korena i aerobnih mikroorganizama, a ugljen-dioksid se stvara u procesima disanja i razlaganja organske materije.

Dugo se smatralo da biljka za asimilaciju pretežno koristi ugljen-dioksid, koji se oslobađa disanjem iz zemljišta. Novija istraživanja i noviji rezultati pokazali su da primenom usavršene merne tehnike samo mali procenat ugljen-dioksida se uzima iz zemljišta, a da je ostatak korišćen iz viših slojeva atmosfere. Posledica ovoga je ta da je sastav vazduha u zemljištu različit od sastava vazduha u atmosferi, pre svega zbog toga što je u zemljišnoj smesi gasova manja količina kiseonika, a veća količina ugljen-dioksida. Promene u sastavu vazduha u zemljištu, zavise od strukture i teksture zemljišta, zbog toga što vrsta, oblik i veličina zemljišnih čestica utiču na opšte uslove difuzije gasova kroz kanale i pore. U suvom vazduhu u zemljištu ima 79% azota, 20% kiseonika, 0,5-1% ugljen-dioksida, oko 0,9% argona, a ostalih gasova u sasvim malim količinama. U vlažnom zemljištu može da bude do 5% ugljen-dioksida, dok u močvarnim uslovima dolazi do izjednačavanja količine ugljen dioksida i kiseonika na oko 10%. Ukoliko količina ugljen-

dioksida prevaziđe količinu kiseonika u zemljištu, dolazi do toksičnih efekata na biljke i zemljišne organizme. Smatra se da veća koncentracija ugljen-dioksida preko 1% deluje nepovoljno na biljke. Sa povećanjem vlažnosti, opada ukupna količina vazduha i smanjuje se mogućnost obnavljanja kiseonika, a istovremeno se nagomilava azot, ugljen-dioksid, metan i sumpor-vodonik. Koncentracija ugljen-dioksida u zemljištu je veća od koncentracije koja bi bila povoljna za biljku, zbog toga je potrebno gasove iz zemljišta zameniti atmosferskim vazduhom. Taj proces izmene gasova naziva se **aeracija**. Aeracija je naročito intenzivna u oraničnom sloju, koji se nalazi pod dominantnim uticajem čoveka. Razmena gasova odvija se pod uticajem različitih faktora i to: difuzijom gasova, promenom temperature, promenom barometarskog pritiska, promenom vlažnosti zemljišta, kolebanjem nivoa podzemne vode, dejstvom vetra. U aerobnim uslovima u zemljištu preovlađuju oksidacioni procesi: organska materija se razlaže potpuno, soli amonijaka prelaze u nitrata i nitrite, sumporova jedinjenja u sulfata. Kod anaerobnih uslova karakteristični su procesi redukcije.

Zbog anaerobnih uslova u zemljištu, onemogućavaju se procesi oksidacije, a favorizuju se anaerobni, nastaje redukovana sredina u kojoj raste koncentracija mlečne i buterne kiseline, sulfida i toksičnih ferusa i mangano jona. Anaerobni uslovi se uspostavljaju na područjima gde se izlivaju reke, na zabarenim livadama oko jezera, na mestima gde se voda zadržava dugo posle topljenja snega ili na poplavljenim područjima. Nedostatak kiseonika je češći u glinovitim zemljištima (sastav gline je takav da sadrži sitne koloidne pore u kojima se voda duže zadržava) u odnosu na peskovita i šljunkovita zemljišta koja su dobro snabdevena kiseonikom i kada su zasićena vodom.

Vazdušni kapacitet, predstavlja deo ukupne poroznosti koji je ispunjen vazduhom pri stanju vlažnosti poljskog vodnog kapaciteta. Njegova vrednost zavisi od teksture zemljišta, tako je kod glinovitih zemljišta od 2-3 vol.%, dok se kod peskovitih zemljišta kreće oko 20 vol.%. Mali vazdušni kapacitet je znak da je sadržaj krupnih pora mali, da zemljište slabo upija i sprovodi vodu, pa je potrebna dublja obrada zemljišta u cilju poboljšanja aeracije. Korenasto-krtolaste vrste traže dobro aerisano zemljište, dok livadske trave uspevaju i na veoma slabo aeriranom zemljištu.

Toplotni režimom predstavlja sposobnost zemljišta da reguliše svoje toplotno stanje u odnosu na zahteve i potrebe biljaka. Najveći deo toplote zemljište prima od sunčevog zračenja. Toplotni režim se često zanemaruje u praksi, iako su toplotne osobine zemljišta od presudnog značaja za biljku i u velikoj meri utiče na prinos kulturnih biljaka. U proleće od zagrevanja zemljišta zavisi početak životnih funkcija biljaka, vreme setve pojedinih useva, klijanje, dužina perioda nicanja i početni rast useva. Toplotne osobine zemljišta

utiču i na rastvorljivost mineralnih materija, na njihovo usvajanje kao i usvajanje vode. Korenov sistem biljaka ima niže temperaturni optimum od nadzemnih delova i nepovoljno reaguje na veće kolebanje temperature. (Oljača, 2008).

Toplotni režim zemljišta, odnosno zagrevanje zemljišta zavisi od više faktora. *Prvu grupu faktora* čine faktori koji su nezavisni od zemljišta i to: sunčeva insolacija, ugao pod kojim padaju sunčevi zraci, nadmorska visina, ekspozicija, sastav vazduha, oblačnost. Oblačnost i zagađenost vazduha smanjuju zagrevanje zemljišta. *Drugu grupu faktora* čine oni koji su vezani za površinski sloj zemljišta; boja, poravnatost površine, obraslost zemljišta, količina humusa. Zemljišta tamnije boje se više zagrevaju, ali se i brže hlade, pa je kolebanje temperature kod njih veće. Tamna boja zemljišta dolazi od humusa. Humus ima slabu provodljivost za toplotu zbog velike poroznosti i sadržaja vazduha. Zemljišta koja su bogata humusom se više zagrevaju ali samo kada nisu jako vlažna. Neravna površina zemljišta se brže zagreva i toplija je od ravne u toku dana, a hladnija u toku noći. Dnevno kolebanje temperature je veće kod neravne površine. Zemljište koje je obraslo vegetacijom je hladnije u letnjem periodu, a toplije u zimskom. *Treću grupu faktora* čine same toplotne osobine zemljišta i to: specifična toplota i provodljivost pojedinih faza zemljišta za toplotu. Na specifičnu toplotu zemljišta najviše utiče sadržaj vode i humusa, to znači da ista količina energije zagreva čvrstu fazu pet puta brže nego tečnu fazu. Različite toplotne osobine zemljišta su posledice različitog granulometrijskog sastava i različitog odnosa čvrste, tečne i gasovite faze. Pojedine faze zemljišta poseduju različitu provodljivost toplote. Provodljivost čvrste faze zemljišta je 100 puta veća od tečne faze.

Zagrevanje zemljišta zavisi od granulometrijskog sastava i dinamičkih promena sadržaja vode i vazduha. Tako glinuše zbog većeg sadržaja vode imaju veću specifičnu toplotu i lošu provodljivost toplote. Ova zemljišta se brzo zagrevaju u površinskom sloju ali se i brzo hlade. Temperaturna kolebanja su veoma visoka pa to utiče nepovoljno na biljke, posebno je opasno u kasno proleće kada mrazevi mogu da oštete biljke. Najekstremniji toplotni režim poseduju suva i laka zemljišta. Njihova mala specifična toplota i veoma loša provodljivost toplote dovodi do ekstremnih temperaturnih kolebanja.

Sem prirodnih činilaca na temperaturni režim utiču i agrotehničke mere, koje mogu poboljšati ali i pogoršati zahteve biljaka, te mere su: obrada zemljišta, malčovanje, navodnjavanje, odvodnjavanje. Obrada zemljišta indirektno utiče na toplotni režim. Tokom obrade zemljišta menja se odnos tečne, čvrste i gasovite faze, time se smanjuje specifična toplota i provodljivost toplote, pa se zemljište brže zagreva. Razlike u toploti kod obrađenog i neobrađenog zemljišta variraju oko 5°C. Malčovanje direktno utiče na toplotni režim, tako što malč od slame snižava temperaturu zemljišta. Navodnjavanje smanjuje

temperaturu zemljišta za 2-3°C. Odvodnjavanjem se popravljiva vodni i vazdušni režim zemljišta. Veći sadržaj vazduha u zemljištu utiče na brže zagrevanje zemljišta u proleće, što omogućava raniju setvu čak i do 6 dana.

Zemljište je kompleksan materijal koji se sastoji od mineralne (neorganske) kao i organske komponente koja uglavnom nastaje raspadom biljnog materijala. Neorganska, ili mineralna komponenta zemljišta se sastoji od čestica nastalih erozivnim dejstvom raznih prirodnih faktora na stene. Kako stene koje ulaze u sastav zemljine kore poseduju određenu koncentraciju prirodnih radionuklida, za očekivati je da se oni mogu naći i u zemljištu nastalom raspadanjem stena (Forkapić et al., 2007). Najzastupljeniji elementi u zemljištu su fosfor, kalijum i azot .

U zemljištu se fosfor nalazi u organskim i mineralnim oblicima i njegova ukupna koncentracija se uglavnom kreće od 0,03 do 0,20%, odnosno 900 - 3000 kg/ha (Gračanin, 1954). Najveći deo fosfora se nalazi u teško rastvorljivim i za biljke nepristupačnim oblicima. Mineralizacijom organske materije u rastvor prelaze oksidovani oblici fosfora koji su više ili manje pristupačni biljkama. Neorganski fosfor se u zemljištu nalazi u obliku primarnih, sekundarnih i tercijarnih fosfata ortofosforne kiseline (H_3PO_4). Za razliku od NO_3^- , anjoni fosforne kiseline ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} i PO_4^{3-}) se u zemljišnom rastvoru nalaze u vrlo malim koncentracijama jer reaguju sa dvo- i trivalentnim katjonima (Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} ...) i sa njima grade nerastvorljive ili slabo rastvorljive soli. Najrastvorljiviji su primarni fosfati. Pristupačni fosfor za biljke se može nalaziti i u obliku adsorbovanih anjona na površinama amorfnih koloida, (bazoidi - seskvioksidi), na kristalnim jedinjenjima Al i Fe hidroksida i površinama minerala gline (Jakovljević, Pantović, 1991). Biljka fosfor najlakše usvaja u obliku $H_2PO_4^-$ i HPO_4^{2-} - anjona , a njihova pristupačnost zavisi od niza faktora, u prvom redu od pH vrednosti i koncentracije ostalih elemenata u zemljištu (Al, Fe, Mn, teških metala...). Koncentracija pristupačnih oblika fosfora u zemljištu izražava se u mg $P_2O_5/100$ g zemljišta.

Sadržaj ukupnog kalijuma u zemljištu varira u širokim granicama i obično iznosi od 1% do 3,5%. Lakopristupačni kalijum za biljke se nalazi u obliku K^+ katjona koji je adsorbovan na adsorptivnom kompleksu zemljišta ili se nalazi u zemljišnom rastvoru u obliku lakorastvorljivih soli. Troslojni glineni minerali (sa promjenljivim međuslojnim rastojanjem) imaju sposobnost fiksacije kalijumovog katjona, tako da on postaje teško izmjenljiv i za izvesno vreme nepristupačan za biljke. Koncentracija pristupačnog oblika kalijuma u zemljištu izražava se u mg $K_2O/100$ g zemljišta.

Ukupni azot u zemljištu čine organski i neorganski oblici azota. Organski oblici najčešće obuhvataju 90 - 98% azota koji se nalazi u sastavu organske materije (humus, polurazloženi biljni i životinjski ostaci, proteini, nukleinske kiseline...). Ovaj azot biljke ne mogu direktno koristiti u ishrani i za njih on ima važnost sa stanovišta rezerve hraniva. Međutim, novija istraživanja su pokazala da biljke preko korena mogu usvajati i neka prostija organska jedinjenja kao što su asparagin, urea itd, ali te količine nemaju neki važniji značaj u ukupnoj ishrani biljaka azotom. Procesima mineralizacije organske materije (pod određenim uslovima vlažnosti, temperature, mikrobiološke aktivnosti...) azot iz organskog oblika procesima amonifikacije i nitrifikacije prelazi u neorganske oblike, NH^{4+} (amonijum jon) i NO^{3-} (nitratni jon). Neorganski oblici azota u zemljištu, koje biljke direktno koriste u ishrani, zauzimaju najčešće od 2 do 10% ukupnog azota. Na osnovu sadržaja ukupnog azota u zemljištu ne može se pouzdano proceniti obezbeđenost zemljišta mineralnim oblicima ovog elementa. Međutim, u većini slučajeva je potvrđeno da zemljište sa većim sadržajem ukupnog azota ima i veći sadržaj mineralnih oblika azota u zavisnosti od ostalih činilaca (temperatura, vlaga, mikrobiološka aktivnost...). (Predić, 2011).

Osim prirodnih radionuklida ^{226}Ra , ^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U i ^{235}U u zemljištu, pod uticajem razvoja tehnologije (ili ljudskim delovanjem), u životnu sredinu su dospeli i neki veštački radionuklidi. Jedan od njih je i ^{137}Cs ($T_{1/2}=30\text{y}$), do čije su pojave u prirodi, u najvećoj meri, dovele nuklearne probe 60-ih god. i akcident u Černobilju 1986.god.(Vukašinić et al., 2013). Zbog dugog perioda poluraspada, ovaj izotop se još uvek može naći u uzorcima zemljišta. (Forkapić et al., 2007).

3.2. PŠENICA

Pšenica je najrasprostranjenija žitarica. Pripada rodu *Poa*, porodici *Poaceae* (*Gramineae*) – trave, podporodici *Poideae* – vlataste trave, rodu *Triticum*. Rod *Triticum* obuhvata veliki broj vrsta. Prema različitim klasifikacijama, različit je i broj vrsta. Za proizvodnju su od najvećeg značaja sledeće vrste pšenica:

- Obična (meka) pšenica (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*). To je najvažnija vrsta pšenice. Ima najviše sorti i najzastupljenija je u proizvodnji. Klas je rastresit i može biti sa ili bez osja. Stablo je celom dužinom šuplje i vrlo retko je samo vrh ispod klasa ispunjen parenhimom. Zrno je izduženo i na poprečnom preseku okruglo, a endosprem je brašnast. Postoje ozime, jare i fakultativne forme.
- Tvrda pšenica (*Triticum durum*) ima zbijen i osat klas. Vršni deo stabla je ispunjen sržju. Pleve su duge i potpuno prekrivaju pšenicu. Zrno je potpuno obavijeno

plevicama pa se zrno teže osipa i teže vrši. Brazdica na zrnu je uža i plića, a zrno je tvrdo i dugo. Na poprečnom preseku je staklave strukture zbog većeg sadržaja belančevina. Brašno ove pšenice, prvenstveno se koristi za spravljanje testenina.

U našoj zemlji se klasifikacija pšenice zasniva na udelu proteina u zrnu i sedimentacionoj vrednosti brašna. Na osnovu udela proteina i sedimentacione vrednosti, pšenica se svrstava u tri kvalitetne klase (tabela 8).

Tabela 8. Klasifikacija pšenice po kvalitetu zrna (Ilić, 2014)

Kvalitetna klasa	Sadržaj proteina (%)	Sedimentaciona vrednost
I	> 13,0	> 40
II	11,5 – 13,0	30 – 40
III	< 11,5	18 – 30

Na osnovu kvaliteta hleba, sve sorte pšenice se dele na:

- Osnovne sorte, (daju visok prinos zrna slabijeg kvaliteta pa imaju slabije izbrašnjavanje, mali prinos hleba koji ne zadovoljava, te one spadaju u III kvalitetnu klasu. Mešanjem sa sortama poboljšivačima, dobija se kvalitetan hleb);
- Kvalitetne hlebne sorte (daju zadovoljavajući prinos zrna, približno grupi osnovnih sorti, i zadovoljavajući kvalitet hleba bez mešanja sa poboljšivačima. Spadaju u II kvalitetnu klasu);
- Sorte poboljšivači imaju izuzetno visok kvalitet zrna, ali daju nešto manji prinos u odnosu na prve dve grupe. Od njih je hleb veoma kvalitetan, zbog čega služe kao poboljšivači osnovnih sorti. Ove sorte spadaju u I kvalitetnu klasu.

Prema vremenu setve sorte se dele na:

- ozime, seju se od 5. – 25. oktobra;
- jare, seju se rano u proleće, sredinom februara;
- fakultativne, seju se u jesen, a mogu i u proleće.

Ozime sorte su genetski komponovane tako da u početnim stadijumima organogenetskog razvoja mora da prođu kroz stadijum **jarovizacije** (izlaganje mlade biljke niskim temperaturama) kako bi došlo do diferencijacije kupe rasta. Ukoliko do ovoga ne dođe, rast i razvoj ozime pšenice bi se prekinuo u fazi bokorenja, tj. ne bi došlo do vlatanja, a time i klasanja i zametanja zrna. Ovo se lako može dokazati ako se ozima pšenica zaseje kasno u proleće, a tada su temperature vazduha iznad 0°C, pa nema jarovizacije, a samim tim i diferencijacije kupe rasta. (Ilić, 2014).

Jara pšenica ne mora da prođe kroz stadijum jarovizacije, te se seje u proleće. Pogodna je za planinske terene zbog kratke vegetacije (90 – 100 dana), ali i za ravničarske terene, ako iz bilo kog razloga izostane setva ozime pšenice na planiranim površinama.

Fakultativne sorte (najpoznatije su: leda, marta i nada) ne zavise od uticaja niskih temperatura pa se mogu sejati kako u jesen tako i u proleće, tj. mogu se gajiti kao ozime i kao jare sorte.

U poslednje vreme sve veći značaj pridaje se i podeli sorta prema dužini vegetacije, pri čemu su one podeljene na:

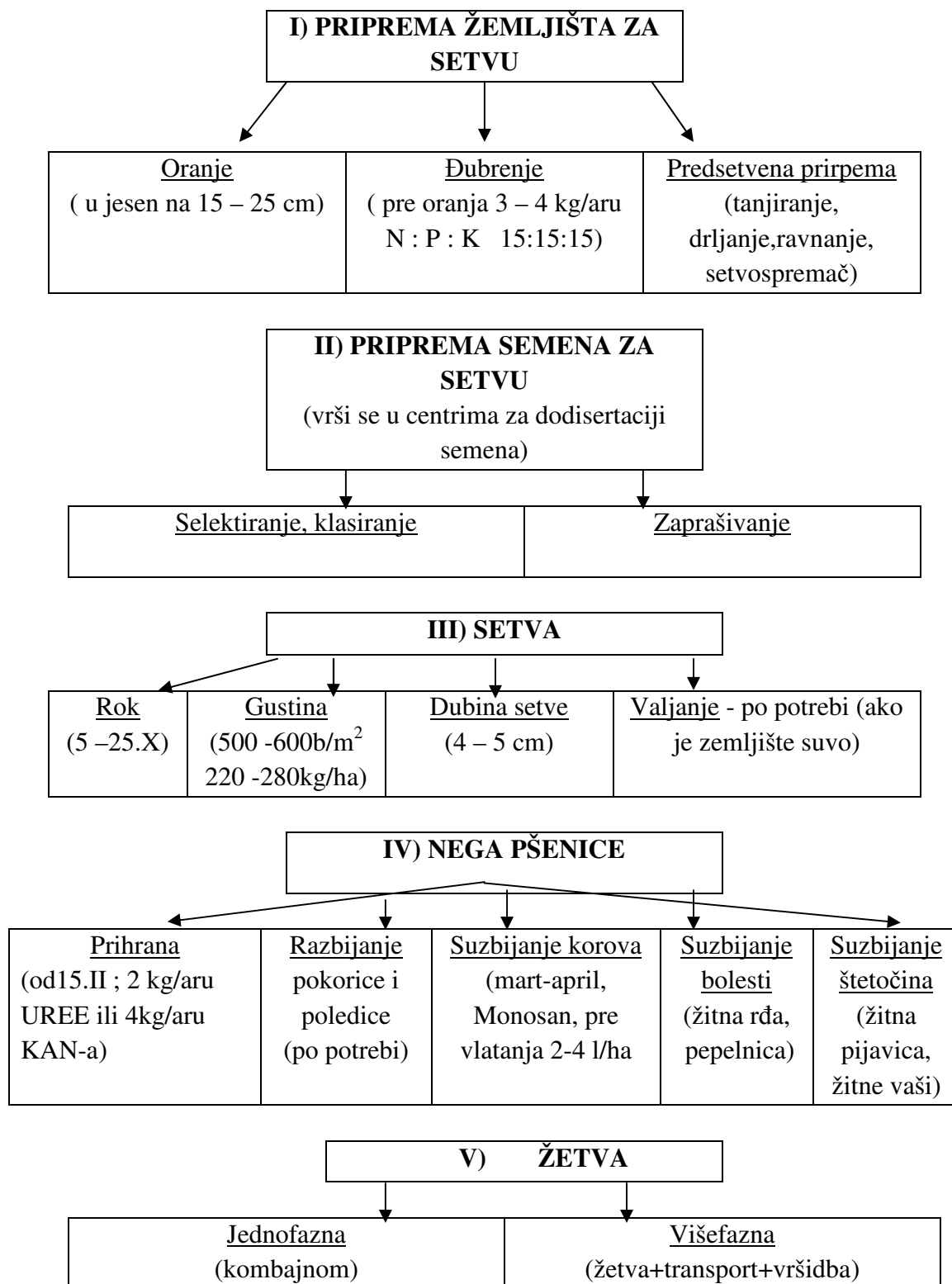
- Rane;
- Srednje rane;
- Srednje kasne;
- Kasne.

3.2.1. Tehnologija (agrotehnika) pšenice

Pod tehnologijom (agrotehnikom) proizvodnje pšenice podrazumeva se skup svih mera i radova od izbora sorte preko obrade zemljišta, đubrenja, setve, prihrane, zaštite od korova, bolesti i štetočina, navodnjavanja (ukoliko za to postoje uslovi), pa sve do žetve, kako bi se postigao vrhunski kvalitet, otpornost na stresove, veća ekonomičnost, multikroping sorte, multigenotipske sorte (Ilić, 2014).

U tehnologiji proizvodnje žita veoma je važno dosledno, blagovremeno i na adekvatan način primeniti sve agrotehnoške mere. Ukoliko se agrotehnoške mere ne primenjuju ili se primenjuju sa zakašnjenjem ili na neadekvatan način, prinos pšenice ili drugog žita će biti znatno umanjen. (Ilić, 2014). Zbog toga može doći do razočaranja poljoprivrednog proizvođača, koji je primenio sve agrotehničke mere, ali nije vodio dovoljno računa npr. o blagovremenosti, pa okrivljuje druge, a u stvari sam je krivac.

Posebno je važno napomenuti da se setvom pšenice iz ambara može dobiti rod zaražen glavnicom (*Tilletia tritici*), pa se takva pšenica nesme koristiti za ljudsku, a takođe i za životinjsku ishranu jer je proizvod dobijen od takve pšenice veoma otrovan. Sledeća greška, koja se najčešće zanemaruje, je đubrenje jesenjim đubrivom (N:P:K). Ovo đubrivo treba rasturiti pre oranja, kako bi se unelo dovoljno duboko, da bi korenov sistem mogao, kada se razvije, da ga koristi. Ne treba se plašiti ispiranja đubriva tokom zime, jer se fosfor i kalijum vezuju u apsortivni kompleks na onom mestu gde se unese u zemljište.



Slika.5. Šematski prikaz tehnologije proizvodnje pšenice (Ilić, 2014)

Prihranu pšenice treba izvršiti što ranije u proleće i to u aridnim (sušnim) područjima uneti celokupnu planiranu količinu KAN - a ili UREE, a u umereno vlažnim izvršiti dva prehranjivanja i to prvo sredinom februara, a drugo sredinom marta sa po ½ planiranih količina. Pogrešno je odugovlačiti sa prskanjem pšenice od korova, pogotovu „monosanom“. Korov pšenici oduzima vlagu, hranu, vegetacioni prostor, a vrlo često je i zasenčuje. Iz ovih razloga tretiranje treba izvesti blagovremeno. Sa monosanom se pšenica sme prskati samo do početka vlatanja (izduživanja), tj. kada otvrdne prvo kolenice iznad zemlje. Do ovog momenta pšenica dobro podnosi hormonalne herbicide. Sa zakašnjenjem u tretiranju pšenice protiv korova, usevu se nanosi značajna šteta kao što su ožegotine na listu, a to depresivno deluje na biljku što se manifestuje znatnim smanjenjem prinosa zrna pšenice. Ukoliko se zakasni sa primenom hormonalnih herbicida (*Monosan*), onda se mogu primeniti drugi herbicidi kao što su *Starane* ili *Sekator* (sve do pojave lista zastavičara).

Stručnjaci preporučuju da se žetva pšenice obavi na kraju voštane zrelosti, jer su tada gubici najmanji. U ovoj fazi je, pak, vlaga zrna 20%, pa je potrebno dosušivati pšenicu. Ipak, pšenicu treba ožeti kada je zrno vlažnosti do 17%, uz oprez da ne dođe do kvarenja zrna zbog povećane vlažnosti. Vlaga skladištene pšenice treba da je 14%.

3.2.2. Hemijski sastav zrna pšenice

U zrnu pšenice se nalazi oko 14% vode, 13,5% sirovih proteina, 67% bezazotnih ekstraktivnih materija, 3% celuloze, 1,5-3% masti i oko 1,7% mineralnih materija. Hemijski sastav zrna zavisi i od klimatskih uslova, sorte pšenice i agrotehnike.

Od organskih materija, zrno pšenice najviše sadrži skrob (65-68%). Sadržaj belančevina znatno varira i kreće se od 8-16%. Najvažnije belančevine u zrnu pšenice su glijadin, oko 38% i glutenin, oko 40% od ukupnih količina belančevina. Glijadin i glutenin u vodi bubre, povećavajući svoju zapreminu i stvaraju gluten (lepak) koji gradi strukturu testa. Odnos glijadina i glutenina u glutenu je uglavnom stalan i njihov sadržaj je oko 80% u odnosu na ukupne belančevine brašna. Od vitamina, najzastupljeniji su vitamini B kompleksa, a od mineralnih materija najviše ima K, P i Mg u omotaču i aleuronskom sloju zrna.

3.2.3. Upotrebna vrednost pšenice

Pšenica ima veliki značaj u ishrani ljudi, ishrani stoke i u prerađivačkoj industriji. Glavni proizvod pšenice je zrno od koga se dobija hlebno brašno i pšenični griz. Hleb je osnovni proizvod ljudske ishrane bez koga nema opstanka. U nekim razvijenim zemljama proizvodi se oko 200 vrsta hleba i 1000 vrsta raznih peciva. Pšenični hleb je najboljeg kvaliteta, odlikuje se visokim sadržajem belančevina (12 – 15%) i dobrom svarljivošću. Kvalitet hleba najviše zavisi od sadržaja belančevina u zrnu (međunarodni standard je 13,5%). Od belančevina najznačajnije su one koje određuju kvalitet lepka – glijadin i glutenin. Od pšeničnog brašna prave se razna peciva, testenine, keksi, vafli i različiti konditorski proizvodi, zatim griz, pšenične pahuljice i dr. Kao sporedni proizvod pri složenoj meljavi dobijaju se pšenične mekinje, a one su cenjena stočna hrana zbog sadržaja belančevina, skroba, šećera i masti. (Ilić, 2014).

3.3. KUKURUZ

Kukuruz je jednogodišnja žitarica koja se veoma razlikuje, kako od pravih, tako i od prosolikih žita. Najsličniji je sirku, od koga se najviše razlikuje po građi cvasti. Korenov sistem je veoma dobro razvijen, žiličaste je građe i prodire u dubinu do 250 cm. Najveća masa korena je u površinskom-oraničnom sloju zemljišta (od 30 do 70 cm). Razvoj korenovog sistema zavisi od zemljišta, klime, mineralne ishrane i hibrida. Treba težiti stvaranju povoljnih uslova za rast i razvoj korenovog sistema jer od toga, u mnogome, zavisi prinos useva. Najintenzivniji rast korenovog sistema je u prvim fazama rasta i razvoja useva. Stablo je uspravno, člankovito, visine, u našim uslovima, od 2-4 m. U tropskim krajevima, neki hibridi dostižu visinu od 6 do 7 m. Stablo se nekada bokori, dajući zaperke. Ta osobina je u tesnoj vezi sa hibridom i gustom setve. U retkom sklopu izraženija je pojava zaperaka u odnosu na optimalni ili gusti. Unutrašnjost stabla ispunjena je sržju, a na donjim kolencima obrazuju se adventivni (potporni) koreni tzv. pandže. Na sušne uslove sredine stablo reaguje smanjenjem visine. Idući od korena ka vrhu, svaki naredni članak, po pravilu, duži je od prethodnog. (Ilić, 2014). U sušnom periodu vegetacije, kukuruz reaguje skraćivanjem članaka formiranih u tom periodu, tako da dolazi do odstupanja od navedenog pravila. List je sa širokom liskom i kratkim providnim jezičkom. Različite forme kukuruza imaju i različit broj listova (8-45). U našim uslovima taj broj je od 11-21 i jednak je broju članaka na biljci. Prvih 5-7 su klicini listovi. Listovi predstavljaju osnovnu asimilacionu aparaturu, pa u proizvodnji kukuruza treba težiti da se zelena masa što duže očuva. Kod odrasle biljke veličina lista se povećava odozdo ka sredini, gde su najveći, a zatim, idući ka vrhu, sve su manji. Ukupna površina listova po jednoj biljci kreće se od 0,3-1,2 m². List je tako građen da i najmanju količinu padavina usmerava ka korenu, što u pogledu iskorišćavanja vode, kukuruz čini veoma ekonomičnom biljkom.

Kukuruz je jednodoma biljka sa razdvojenim generativnim organima. Na vrhu stabla su muški cvetovi sakupljeni u cvast-metlicu, a u pazuhu srednjih listova su ženski cvetovi sakupljeni u cvast- klip. Metlica se sastoji iz centralnog vretena i bočnih grana. Za razliku od metlice drugih žita (ovas, proso, sirak), njene bočne grane se skoro ne granaju ili ih ima vrlo malo. Na metlici se nalaze klasići. Klasić je dvocvetan. Svaki cvet se sastoji od dve plevice, dve plevičice i tri prašnika. Prašnik sadrži od 1000-2500 polenovih zrna zlatnožute boje. Na jednoj biljci može biti oko 7000 prašnika koji daju 7-15 miliona polenovih zrna, koja se mogu razneti vetrom i preko 300 m. Metlica cveta 5-8 dana pre klipa, a cvetanje traje oko desetak dana.

Klipovi su postavljeni u pazuhu srednjih listova stabla. Na jednom stablu mogu se razviti 1-3 klipa, od kojih je gornji najrazvijeniji. Klip je uvek pokriven omotačem (komušinom) koja predstavlja preobražene listove kukuruza. Lisni rukavci obavijaju klip, a liske su više ili manje redukovane. Spoljašni listovi klipa su deblji, a unutrašnji vrlo tanki i fini. Kod nekih hibrida omotač klipa je u vreme sazrevanja, pri vrhu malo otkriven, što se smatra nedostatkom. Klip se sastoji iz vretena u čijim su udubljenjima u vertikalnim redovima parno raspoređeni klasići sa ženskim cvetovima. Ženski klasići su dvocvetni, ali se iz njih razvija isključivo po jedan plodan cvet, usled čega je broj redova u klipu uvek paran. Pleve ženskih klasića u klipu su male, debele, a plevice male i opnaste. Stubić tučka se prilikom cvetanja izdužuje u obliku niti i izlazi iz komušine klipa obrazujući „svilu” na čijem je vrhu dvodelni žig. Svila je najčešće svetlozelene boje, a nakon oplodnje se suši i dobija mrku boju. Vreteno klipa (oklasak, kočanka, šapurika) ispunjeno je sržju i predstavlja osnovu klipa. Ono predstavlja u procesu evolucije preobraženu metlicu. Najpovoljniji udeo oklasaka u ukupnoj masi klipa je od 18-20%.

Zrno predstavlja plod kukuruza. Raspoređeno je u 8-24 uzdužnih redova. Broj redova je uvek paran i najčešće deljiv sa 4, a ako nije, klip formira zarednjake. Boja, oblik, kao i broj zrna, mogu biti različiti što zavisi od sorte i hibrida. Kod naših hibrida broj zrna u redu se kreće od 20-50 što omogućuje preko 1000 zrna u klipu. Masa 1000 zrna (apsolutna masa) varira od 50-600g što zavisi od krupnoće zrna. Anatomska građa zrna kukuruza je kao i kod drugih žita. Zrno se sastoji iz omotača ploda i omotača semena, endosperma i klice. Od ukupne težine zrna na omotač ploda i semena otpada 5-7%, na klicu 10-14%, a na endosperm oko 80%. Endosperm kukuruza može biti brašnast ili rožast (staklav).

Agrotehnika kukuruza proučava način gajenja kukuruza na različitim tipovima zemljišta, radi dobijanja visokih i kvalitetnih proizvoda. Obuhvata sledeće radne procese: obdisertaciji zemljišta, đubrenje, setvu, negu useva, zaštitu useva od bolesti, štetočina i korova, ubiranje i transport repromaterijala i proizvoda.

Uticaj različitih faktora na prinos useva je različit, ali većina autora se slaže da na prinos gajenih biljaka sorta (hibrid) utiče sa 40%, agrotehnika sa 40% i vremenski

uslovi godine sa 20%. Variranje prinosa usled vremenskih prilika različito je u različitim zemljama, što je rezultat različitog nivoa primene agrotehničkih mera, a što je takođe, u neposrednoj vezi sa standardom društva i stepenom razvijenosti privrede. Doslednim, blagovremenim i na adekvatan način primenjenim agrotehničkim merama, možemo u znatnoj meri ublažiti nepovoljan uticaj vremenskih uslova u toku godine.

Od pravilnog izbora hibrida, u velikoj meri, zavisi da li će proizvodnja kukuruza biti uspešna. Izbor hibrida će biti pravilan ako uvažavamo njegove najvažnije osobine:

- prinos i kvalitet;
- dužinu vegetacije;
- tolerantnost na sušu;
- tolerantnost na biljne bolesti i štetočine.

Pri izboru hibrida treba voditi računa i o strukturi setve na gazdinstvu, o učešću kukuruza kao preduseva za druge kulture, a pre svega za pšenicu. Radi dobijanja stabilnih i visokih prinosa i bolje organizacije radova, boljeg iskorišćavanja opreme i drugih kapaciteta, na gazdinstvu bi trebalo gajiti veći broj hibrida različitih osobina. Visina i kvalitet prinosa kukuruza u velikoj meri zavisi od hibrida a ostvarena razlika u prinosu može biti od 5-42,7%. Koliki će prinos hibrida kukuruza biti zavisi od načina berbe i kakav je klip u periodu kada se bere. Kukuruz se sve češće i na privatnom sektoru mehanizovano ubira. Za mehanizovanu žetvu kukuruza važno je da hibrid poseduje odgovarajuće osobine za primenu ove vrste mehanizacije i to: da ima čvrsto držanje zrna u klipovima; da je otporan na poleganje i bolesti; da klipovi istovremeno sazrevaju; da je klip na ujednačenoj visini na stablu; da je klip uspravan i dr.

Veoma važna osobina kukuruza je tolerantnost prema suši. Pri selekciji kukuruza u ovom pravcu nije se daleko odmaklo, ali svako poboljšanje tolerantnosti hibrida na sušu treba iskoristiti, jer područje Srbije ima aridnu klimu sa rasporedom padavina nepovoljnim po kukuruz. Radi lakšeg snalaženja, međunarodna organizacija FAO sve hibride kukuruza podelila je u grupe zrenja (tabela 9). Ova klasifikacija je izvršena na osnovu broja dana vegetacije, dok se u novije vreme sve češće koristi klasifikacija na osnovu sume toplotnih jedinica.

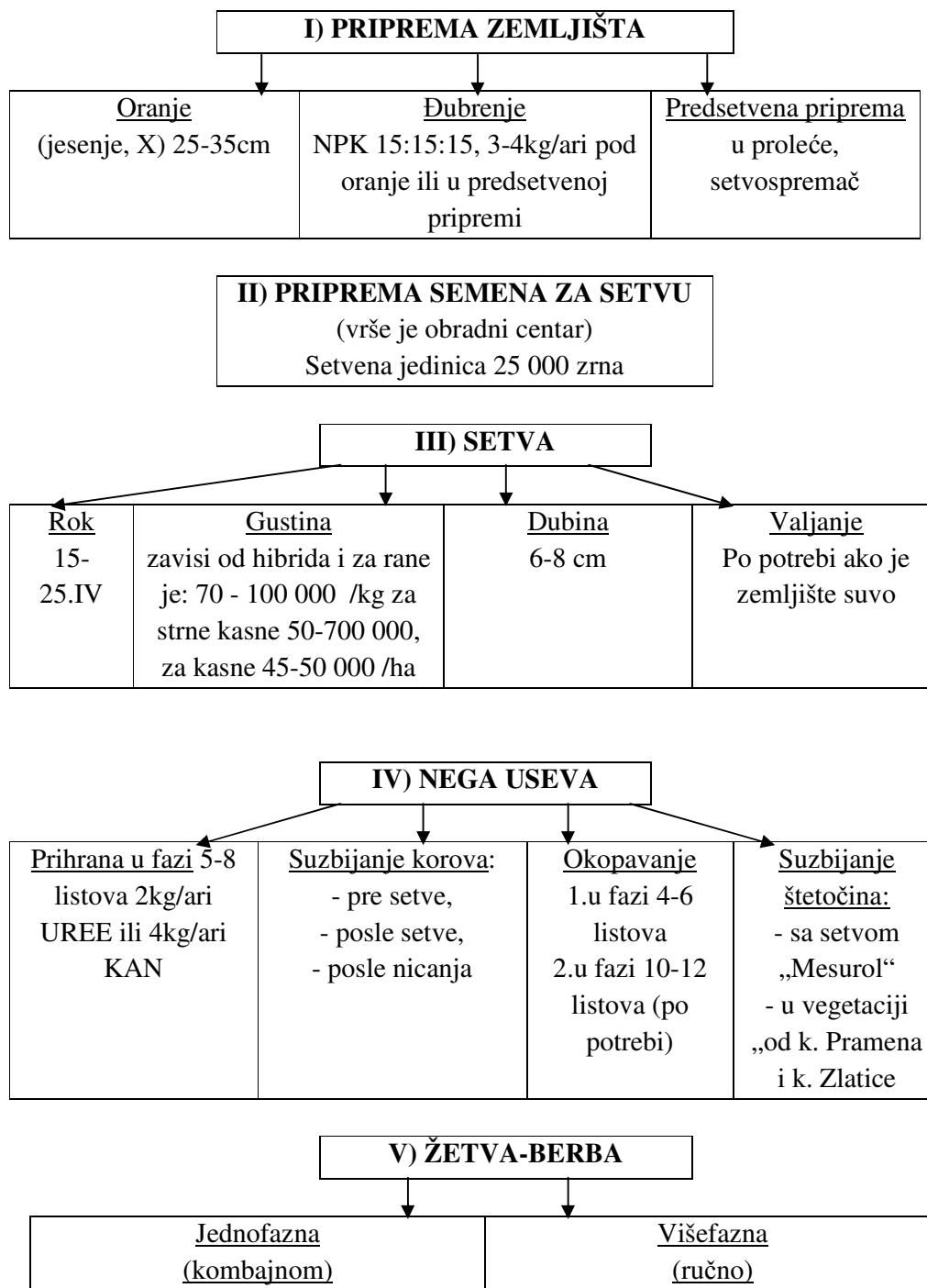
Iz tabele 9 se vidi da rani hibridi imaju kraću vegetaciju, manji broj listova, niže stablo, a procenat vlage u berbi je znatno niži u odnosu na kasne hibride. Kasni hibridi obično daju veći prinos zrna i zelene mase, jer imaju na raspolaganju više vremena za rast i nakupljanje organskih materija. (Ilić, 2014). U rejonima gde se kasnostasni hibridi slabo razvijaju usled niskih temperatura ili suše u drugoj polovini vegetacije, ranostasniji hibridi mogu dati veći prinos. Sa agrotehničkog stanovišta kao predusev za pšenicu bolji su ranostasniji, jer se ranije obru sa proizvodne površine, dok se za jare kulture mogu koristiti i kasnostasni hibridi kukuruza.

Tabela 9. Podela hibrida prema grupama zrenja i pokazateljima dužine vegetacije (Ilić, 2014)

FAO grupa Zrenja	Dužina vegetacije	Broj Listova	Visina klipa	% vlage u berbi
do 200 vrlo rani	do 100 dana	Do 13	do 60	Do 15
200-400 rani	100-120	13-15	60-80	15-20
400-600 srednje rani	120-130	15-17	80-100	20-25
600-800 srednje kasni	130-140	17-19	100-120	25-30
800-1000 kasni	140-150	19-21	120-140	30-35
Preko 1000 vrlo kasni	Preko 150	Preko 21	Preko 140	Preko 35

Izbor hibrida ne predstavlja ograničavajući faktor u proizvodnji kukuruza. Selekcija kukuruza u našoj zemlji je veoma intenzivna. O tome govore brojni naši priznati hibridi kod nas i u inostranstvu. Od tako velikog broja hibrida različite dužine vegetacije i različite namene, moguće je izabrati najbolje za svako ekološko područje. Genetski potencijal hibrida je veoma visok, ali se on u širokoj proizvodnji koristi sa manje od 30%, a proizvodni potencijal sa manje od 45%. Razloge treba tražiti u neadekvatnoj i neblagovremenoj primeni svih agrotehničkih mera, ali i u agrarnoj politici države. Agrotehnika kukuruza u našoj zemlji još uvek nije na potrebnoj visini, pre svega na individualnim gazdinstvima jer se rezultati naučnih dostignuća ne koriste ni približno u odgovarajućoj meri. Takođe se u dovoljnoj meri ne koristi ni mehanizacija i savremena sredstva za proizvodnju. Izboru hibrida se ne poklanja dovoljna pažnja. Poljoprivredni proizvođači uglavnom seju jedan hibrid i to obično sa dužim vegetacionim periodom. Mali broj njih seje 2-3 hibrida, s različitom dužinom vegetacije. Iz tog razloga oni, i zbog mnogo ređeg sklopa biljaka od optimalnog i velikog broja praznih mesta u usevu, ne postižu visoke i stabilne prinose, ne uspevaju da blagovremeno i kvalitetno pripreme zemljište za setvu pšenice, nisu u mogućnosti da racionalno koriste mehanizaciju, opremu i kapacitete.

Odabrati najbolji hibrid za setvu i dati preciznu preporuku koja bi važila za sva proizvodna područja, nemoguće je. Ovo iz razloga jer je teško predvideti kakve će vremenske prilike biti u toku vegetacije, a da ne spominjemo velike razlike u kvalitetu zemljišta i ekonomskoj moći poljoprivrednih proizvođača. Imajući to u vidu proizvođačima treba dati stručne savete o hibridima, kako bi oni, koristeći svoje iskustvo, sami odlučili i izabrali odgovarajući hibrid za setvu.



Slika.6. Šematski prikaz tehnologije proizvodnje kukuruza (Ilić, 2014)

Hemijski sastav zrna zavisi od hibrida, uslova uspevanja, mineralne ishrane pa zato veoma varira. Najviše ima ugljenih hidrata (64-78%), zatim proteina (8-11%), ulja (4-5%), celuloze (2-2,5%) i mineralnih materija (1-1,5%). Od ugljenih hidrata u zrnu kukuruza najviše ima skroba, zatim pentozana, celuloze, šećera (uglavnom saharoze).

Od belančevina u kukuružu se nalaze: globulin, manzin, prolamin, zein, glutenin. Zrno kukuruža sadrži još i: karotina, vitamina B kompleksa, PP (niacina), P (holina), H (biotina), kao i povećan procenat masti.

3.3.1. Upotrebna vrednost kukuruža

Kukuruz ima raznovrsnu upotrebnu vrednost po čemu premašuje pšenicu. Na početku trećeg milenijuma, broj proizvoda koji su na bazi kukuruža, a koji se mogu kupiti u američkim supermarketima je oko 1500. Ljudi širom sveta kukuruz koriste kao hleb (proju), kačamak (puru), griz, kokice, pahuljice, kuvani, pečeni, konzervisani (šećerac), kukuruzno brašno bilo da je samo ili pomešano sa brašnom neke od žitarica, najčešće sa pšeničnim. Kukuruzni griz se može mešati sa sojinim i pšeničnim, sa skrobom, mlekom u prahu, jajima, šećerom, vitaminima itd. Smatra se da ishrana kukuruznim proizvodima poboljšava vid i sprečava kardiovaskularna oboljenja.

Za ishranu stoke, kukuruz predstavlja osnovnu koncentrovanu hranu, a u sastav gotovog koncentrata ulazi sa oko 80%. Kukuruz se može koristiti i kao zelena krma, zrela kukuruzovina, silaža, prekrupa itd. U industrijskoj preradi kukuruz služi kao sirovina za dobijanje skroba, ulja, dekstrina, hartije, tapeta, nitroglicerina, građevinskih elemenata, tekstila, koristi se i u industriji piva, vrenja, alkohola, sirćeta itd.

U skoro svim zemljama Afrike, u centralnoj i južnoj Americi u zemljama Azije, a do nedavno i u zemljama južne Evrope, kukuruz je bio osnovna životna namirnica stanovništva. Zbog velike i raznovrsne upotrebne vrednosti kukuruža, mnogi naučnici smatraju da je kukuruz od većeg značaja za industrijski razvijene (SAD), nego za nerazvijene zemlje. Zbog svega toga kukuruz je postao strateški proizvod u svetu jer se u međunarodnoj razmeni po važnosti stavlja ispred nafte i prodaje oružja.

3.4. JEČAM

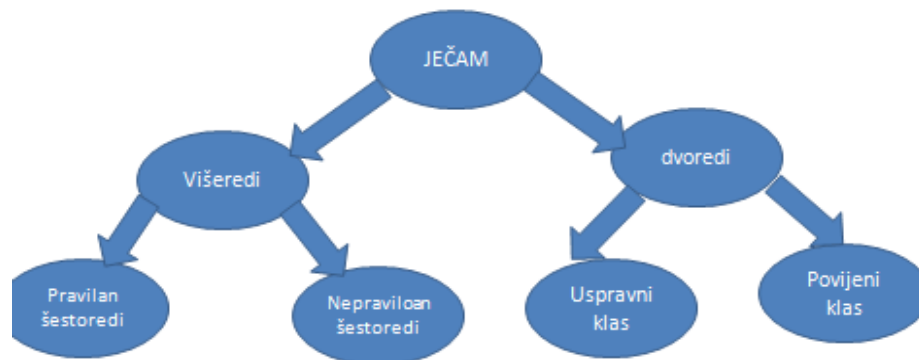
Ječam spada u red *Poales*, porodicu *Poaceae (Gramineae)* i rod *Hordeum*. Ovaj rod obuhvata oko 30 vrsta. Od proizvodnog značaja je samo običan ječam.

Prema vremenu setve sorte ječma se dele na:

- Ozime i
- Jare forme.

Kod nas je najzastupljenija podela sorata prema nameni, na:

- Stočni (krmni) i
- Pivski ječam.



Slika 7. Podela ječma

Tehnologija proizvodnje ječma slična je tehnologiji proizvodnje pšenice, s tim što se setva ječma izvodi ranije (od 20.9 do 10.10.) i đubrenje azotom za pivski ječam se smanjuje jer, povećani sadržaj azota u ovom ječmu, negativno utiče na kvalitet piva.

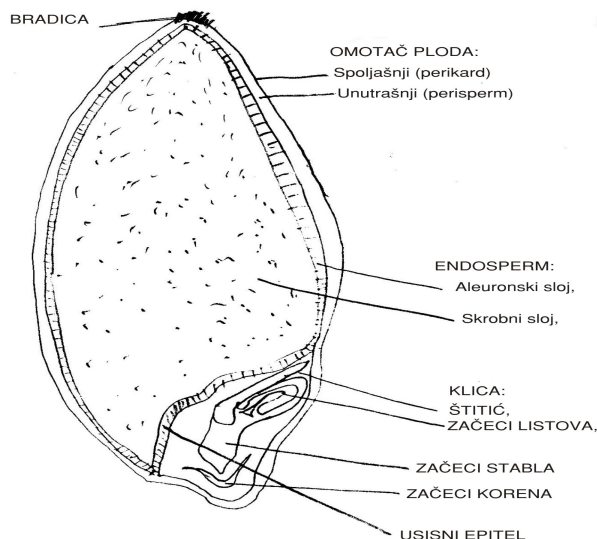
Ječmeno zrno ima malo lepka, a on je lošeg kvaliteta, te se od ječmanog brašna ne može dobiti dobar kvalitet hleba. Ječmeni hleb je bez šupljina, spljošten i tvrd. Radi poboljšanja kvaliteta hleba, ječmeno brašno se meša sa pšeničnim ili raženim. Ječmeno zrno se sastoji od ugljenih hidrata, belančevina, ulja, mineralnih materija i vitamina. Sadržaj vode u ječmu kreće se od 9-14%

3.4.1. Upotrebna vrednost ječma

Ječam ima raznovrsnu upotrebu što mu daje na značaju. U središnjoj Evropi ječam se prvenstveno koristi za dobijanje piva, u severnim delovima i planinskim oblastima kao hlebno žito i stočna hrana, a na jugu kao krmna biljka. Hleb od ječma je lošeg kvaliteta, teško se vari i brzo otvrdne. Oljušteno zrno (geršla) koristi se za spravljanje jela. U ishrani stoke ima veliki značaj, kao sastavni deo koncentrata. Vrlo je cenjen kao hrana u proizvodnji bekona. U pivarskoj industriji koristi se za proizvodnju pivskog slada. Industrijskom preradom se iz zrna dobija skrob, špiritus i viski.

Ono što je isto za sve tri vrste spomenutih žitarica je građa zrna kao i mehanički sastav.

Tri su osnovna anatomski dela zrna: endosperm, omotač i klica. Za prehrambenu industriju endosperm predstavlja najznačajniji deo zrna. Ceo tehnološki postupak prerade žita ima za cilj da izdvoji endosperm iz zrna u što čistijem obliku.



Slika.8. Uzdužni presek zrna žitarice (Ilić, 2014)

Omotač zrna je spoljni deo zrna i ima zadatak da štiti unutrašnje delove od spoljašnjih uticaja (slika 8). Čelije su sa zadebljalom membranom velike čvrstine. Omotač zrna u ukupnoj celini zrna učestvuje sa 1,2- 15%, aleuronski sloj sa 4-14%, endosperm ili jezgro sa 49-85% i klica 1,4-12%. Omotač zrna sastoji se od dva dela: spoljašnjeg (oplođnice), čiji je udeo u celom zrnju 5,5% i unutrašnjeg dela (semenjače), čiji je udeo 2,5%. Oba ova dela su izgrađena od više slojeva ćelija.

Spolja, na zrnju, je voštana presvlaka koja štiti zrno od vode i mikroorganizama. Ispod njega je pokožica ili epidermis. Izgrađen je od malih ćelija koje su na vrhu izrasle u dlake – bradicu. Ispod epidermisa je epikarp, a ispod njih jedan red poprečnih ćelija - endokarp. U ćelijama semenjače se nalaze pigmenti, koji određuju boju zrna. U njoj razlikujemo dva sloja: obojeni sloj-testa i hijalinski sloj koji je srastao sa aleuronskim slojem. Njegova debljina je 45-50 μm , a udeo u zrnju 6-10%. Kod belih žita u omotač zrna spada i plevica koja je kod ječma srasla sa ostalim delom omotača, a kod ovsa i pirinča je odvojena. Omotač se pri preradi odstranjuje zajedno sa delom endosperma (aleuronskim slojem) i odlazi u mekinje (Ilić, 2014).

Aleuronski sloj je na površini endosperma odmah ispod omotača. U ovom sloju se nalazi belančevina aleuron, po kome je sloj dobio ime. Osim belančevina, ovde se nalaze masti, vitamini, enzimi i neorganske materije koje čine pepeo. Udeo ovog sloja u ukupnoj težini zrna je 4-14%.

Tabela 10. Prosečan udeo anatomskih delova zrna pojedinih kultura (Ilić, 2008)

Kultura	Omotač zrna (%)		Endosperm (%)		Klica %
	Omotač	Plevica	aleuron	Jezgro	
Pšenica	5,6-8,0	-	6,3-8,9	77,0-85,0	1,4-3,8
Kukuruz	10,0-15,0	-	6,0-8,0	72,0-75,0	8,0-12,0
Ječam	3,0-4,5	20,4-40,0	11,0-14,0	49,0-53,0	3,0-3,5

Endosperm zauzima središte zrna, čine ga krupne ćelije tankih zidova, čija se veličina povećava prema srednjem delu. U njima su rezervne materije potrebne za ishranu klice. Ispunjene su skrobom u obliku zrnaca, a između zrnaca se nalaze belančevine koje ih slepljuju. Količina belančevina povećava se od sredine prema periferiji, dok sadržaj skroba opada. Njegov udeo u masi je najveći kod pšenice i iznosi 77-85%. Endosperm je sastavljen od krupnih izduženih ćelija, tankih zidova u kojima je smešten skrob i malo belančevina. Skrob se u ovim ćelijama nalazi u obliku skrobnih zrnaca koja su različite veličine, a mogu biti sitna, srednje krupna i krupna. Po obliku skrobna zrnca su okruglasta, sočivasta, jajasta, a po građi prosta i složena. Svaka vrsta žita ima specifičan oblik skrobnog zrna, pšenica ima skrobna zrnca srednje veličine; raž krupna; ječam sitna; ovas i pirinač jajasta i složena; kukuruz sitna i poliedrična sa zvezdastom pukotinom. Prosečan udeo anatomskih delova zrna kod pojedinih kultura prikazan je u tabeli 10.

U zavisnosti od odnosa količine belančevina i skroba, kao i od načina njihovog slaganja, zrno može biti po preseku staklavo ili brašnavo. U staklavom zrnu, skrobna zrnca su ugrađena kompaktno i bez međuprostora u unutrašnjosti ćelija (*Triticum durum*-tvrda pšenica). U brašnavom endospermu ona su samo poređana i uključuju vazdušne međuprostore (*Triticum vulgare*-meka pšenica). Staklavo zrno daje veći % brašna, bogatije je belančevinama, ima bolju pecivnu vrednost. U ćelijama endosperma ima još u malim količinama masti, celuloze i mineralnih materija.

Klica (embryo) je, sa biološke tačke gledišta, najvažniji deo zrna jer obezbeđuje razvoj nove biljke i po hranljivoj vrednosti najvredniji je deo zrna. To je ujedno i najmanji deo ploda. Udeo klice kod pšenice je oko 3,0 a kod kukuruza 8-12%. U njoj su skoncentrisani enzimi, vitamini i esencijalne aminokiseline. Ona sadrži veliku količinu masti (pšenica 13-24%; kukuruz 28-40%), što klicu čini veoma nestabilnom i podložnom kvarenju. Između klice i endosperma je štitić (scutelum), koji u vreme klijanja dovodi klici hranu iz endosperma. Klica se sastoji iz klicinog ili primarnog korenčića (radicula), klicinog ili primarnog stabaočeta (plumule) i klicinog listića (coleoptile). Prilikom prerade klica se odstranjuje zbog visokog sadržaja masti jer ona „kviri” brašno.

Belančevina u klici ima u visokom procentu 18,8-41,3%. Ove belančevine se znatno razlikuju od belančevina endosperma. Od ugljenih hidrata u klici ima dosta šećera, uglavnom saharoze (0,6-25,1%), dok skroba uopšte nema kod pšenice, a samo 8,2% kod kukuruza. Sadržaj masti u klici je veoma visok i kreće se od 15% kod pšenice do 40% kod kukuruza. Od svih materija u klici, belančevine, šećeri i mast čine 80%, a to su vrlo vredne materije za ljudski organizam koje on lako usvaja. U klici je najviši sadržaj vitamina u odnosu na ostale delove zrna. Sadržaj pepela u klici je takođe veoma visok i kreće se od 6,3-10,1% i ima ga mnogo više nego u endospermu (tabela 11). Omotač i aleuronski sloj sadrže oko 30% belančevina koje se nalaze uglavnom u ćelijama aleuronskog sloja. Isto tako sadrže i veliki procenat mast, naročito kod pšenice kao i celuloze, i pentozana. Omotač u procesu mlevenja odlazi u mekinje. Aleuronski sloj i klica, koji se kod složene meljave odstranjuju, nosioci su enzima zrna i imaju veliku ulogu pri daljoj preradi brašna.

Tabela 11. Hemijski sastav anatomskih delova zrna pšenice i kukuruza (%) (Ilić, 2014)

Anatomski deo	Kultura	Udeo u zrnju	Belančevine	Skrob	Šećer	Celuloza	Pentozan	Masti	Pepeo
Celo zrno	Pšenica	100	16,0	63,1	4,3	2,8	8,1	2,3	2,2
	Kukuruz	100	10,3	72,0	2,0	-	-	4,8	1,4
Endosperm	Pšenica	81,6	12,9	78,8	3,5	0,2	2,7	0,7	0,5
	Kukuruz	80-85	9,4	86,5	0,6	-	-	0,8	0,3
Klica	Pšenica	3,2	41,3	-	25,1	2,5	9,7	15,0	6,3
	Kukuruz	7,6-12	18,8	8,2	10,8	-	-	2 8-40	10,1
Omotač sa aleuronskim slojem	Pšenica	15,5	28,7	-	4,2	16,2	36,6	7,8	10,5
	Kukuruz	6,2-7,8	3,7	7,3	0,3	-	-	1,0	0,8

Strukturno-mehaničke osobine zrna podrazumevju mehaničku otpornost zrna na različite oblike naprezanja pri skladištenju i preradi. Mehanička otpornost je tesno povezana sa strukturom zrna. Jezgro je skrobno, a u zavisnosti od kompaktnosti otpor pri naprezanju je manji ili veći. Endosperm staklave strukture je mehanički otporniji i teže se usitnjava od brašnavog endosperma. Ako je endosperm vlažniji mehanička otpornost opada.

Aleuronski sloj i omotač zrna čine ćelije sa debelim zidovima i visokim udelom proteina, pentozana i celuloze, koje ih čine vrlo otpornim na usitnjavanje. Sa povećanjem vlažnosti žilavost se još više povećava kao i otpor usitnjavanja. Klica se odlikuje plastičnim osobinama zbog masti, proteina i šećera, pa se sabijanjem pomoću valjaka pri mlevenju, klica dobija oblik listića. Ova osobina služi za izdvajanje klice u postupku mlevenja pšenice.

Tvrdoća zrna ukazuje na mlevne osobine odnosno meljivost pšenice. Tvrdoća zrna je izrazito sortna osobina, pa se pšenica deli na tvrdu (*Triticum durum*) i meku (*Triticum vulgare ssp. aestivum*). Postoje i sorte sa različitim stepenom tvrdoće. Veličina i oblik čestica brašna pri mlevenju u prvom redu zavise od tvrdoće zrna. Kod tvrdih pšenica endosperm se cepa uzduž zidova ćelija tako da veći deo ćelija ostaje neoštećen. Oblik ovih čestica je pravilan poliedričan, a promer je veći što ih čini pogodnim za razvrstavanje na sitima. Kod ovih pšenica veza između ćelija subaleuronskog dela endoderma i aleuronskih ćelija je slabija pa se pri usitnjavanju ovi delovi lakše razdvajaju i na kraju ostaje aleuronski sloj sa omotačem gotovo bez endosperma. Tvrdoća i staklavost zrna ne mora da su u korelaciji. Najsigurniji pokazatelj je meljivost, tj. količina i čistoća brašna koja se dobija mlevenjem. Tvrde pšenice su sa krupnijim česticama i sa manjom specifičnom površinom. Računa se da je neka pšenica tvrda ako je specifična površina manja od 2600 cm²/g, a meka preko 3000 cm²/g.

Oblik i veličina zrna. Svaka kultura ima svoj osnovni oblik, a on može biti: elipsoidan, sferičan i poliedričan. Najpoželjniji oblik za predisertaciji zrna je oblik lopte. Zrna sa većim odstupanjem od oblika lopte su nepovoljnija za predisertaciji. Zato se jedno od merila kvaliteta uzima sferičnost. Sferičnost pokazuje u kojoj meri oblik zrna odstupa od oblika lopte. Geometrijska sferičnost je odnos površine lopte i površine zrna sa istom zapreminom. Veličina zrna je određena zapreminom zrna. Svaka kultura ima svoju karakterističnu veličinu zrna, koja najviše zavisi od sorte i agroekoloških uslova u vegetaciji. Veličina zrna je pokazatelj iskorišćavanja i kvalitet proizvoda.

Gustina zrna je značajan pokazatelj koji se koristi u različitim proračunima sušenja, skladištenja i prerade zrna. Gustina zrna zavisi od hemijskog sastava, a naročito od vlažnosti zrna. Sa povećanjem vlažnosti smanjuje se gustina zrna.

Nasipna (hektolitarska) masa je značajan pokazatelj zrnene mase, kako za razne proračune tako i za utvrđivanje opšteg kvaliteta zrna. Ona zavisi od gustine, vlažnosti, krupnoće, oblika zrna, količine i vrste primesa i dr. Naročiti uticaj ima vlažnost koja može da smanji nasipnu masu i za 20%. Poroznost zrnene mase ukazuje na udeo vazdušnog ili međuzrnog prostora u ukupnoj zapremini zrnene mase.

$$P = 1 - \frac{\varphi}{\rho} \cdot 100 \quad (3)$$

gde je

ρ – gustina

φ - nasipna masa

Poroznost je važna u proračunu sušenja, skladištenja i aktivne ventilacije zrna. Na poroznost utiču svi faktori koji utiču na gustinu i nasipnu masu. Poroznost pojedinih vrsta žitarica, kao i gustina i nasipna masa prikazane su u tabeli 12.

Tabela 12. Fizičke karakteristike zrna žita (Ilić, 2014)

Kultura	Gustina zrna (kg/m ³)	Nasipna (Hektolitarska) masa (kg/m ³)	Poroznost
Pšenica	1300-1450	730-859	0,45-0,35
Ječam	1320-1350	480-680	0,55-0,45
Kukuruz	1150-1320	600-850	0,55-0,35

Sipkost zrnene mase je od posebnog značaja za skladištenje zrna. Sa povećanjem sipkosti povećava se kapacitet svih uređaja za čišćenje i transport. Sipkija zrnena masa bolje ispunjava prostor skladišta pa se sa tim povećava i kapacitet skladišta. Sipkost zavisi od uglova unutrašnjeg i spoljašnjeg trenja. Ugao unutrašnjeg trenja je ugao kupe koju napravi zrnena masa pri slobodnom padu. Duguljasta zrna i zrna sa plevicom imaju veći ugao unutrašnjeg trenja od okruglih zrna sa glatkom površinom. Ovaj ugao kod zrna žita iznosi 23-40°. Ugao spoljašnjeg trenja je ugao pod kojim se mora naći neka površina da bi niz nju zrnena masa počela da klizi. Na njega utiču oblik, vlaga zrna i hrapavost površine. Za obla i suva zrna potreban je manji ugao ravni. Ugao spoljašnjeg trenja se koristi kod postavljanja gravitacionih vodova u silosima i mlinovima.

Kod samosortiranja lakša zrna i lakše primese odlaze na periferiju, a teža se zadržavaju na sredini (punjenje silosa). Kod isticanja iz silosa (ćelije) najpre ističe centralni deo u kome je teže i jedrije zrno, a tek posle ističu laka zrna i primese iz perifernih delova ćelija. Samosortiranje je štetno i sprečava se ugradnjom posebnih elemenata na ulazu i izlazu iz ćelije.

Aerodinamički pokazatelj za zrno jeste brzina lebdenja. To je brzina strujanja vazduha pri kojoj zrno lebdi (8-12 m/s). Aerodinamička svojstva zrnene mase ogledaju se u otporu koji pruža sloj zrnene mase strujanjem vazduha kroz njega. Kulture starijeg zrna pružaju veći otpor. Aerodinamički otpor zavisi od brzine sa kojom vazduh struji kroz zrnenu masu.

Značajnu ulogu u skladištenju i preradi zrna igraju termičke i difuzione osobine tj. sposobnost prenošenja i provođenja toplote i mogućnosti difuzije vlage u zrnu i zrnenoj masi. Činioci koji utiču na termičke i difuzione osobine jesu vlažnost i temperatura zrna. Sa stanovišta skladištenja i prerade najvažnije termičke osobine su specifična toplota i toplotna provodljivost izražena kroz koeficijent toplotne provodljivosti.

Specifična toplota pokazuje koliko je potrebno dovesti toplote jedinici mase nekog tela da bi mu se temperatura povećala za 1°C (za žito je 1,8-2 J/g K, a to je 2-2,5 puta manje od specifične toplote vode). *Koeficijent difuzije* pokazuje sa kojom brzinom voda prodire kroz zrno ako postoji razlika u vlažnosti između pojedinih delova zrna. On zavisi od temperature i vlažnosti zrna. Za temperaturu od 20-25°C on iznosi $2,5-7,9 \times 10^{-10}$ m/s². *Koeficijent toplotne provodljivosti* pokazuje sposobnost nekog tela da provodi toplotu. Koeficijent toplotne provodljivosti čelika je za oko 130 puta veći od toplotne provodljivosti zrna žita.

3.5. VIŠNJA

Plod višnje je jestivi deo voćke koji štiti seme i služi njegovom rasejavanju i održavanju vrste. Plod se sastoji iz pokožice ploda, epikarpa ili egzokarpa, mesa ploda (mezokarpa) i koštice (endokarpa). Epikarp nastaje iz spoljašnjeg sloja plodnika, a mezokarp iz srednjeg sloja perikarpa i on je višeslojan. Endokarp nastaje iz unutrašnjeg sloja plodnika koji na početku druge etape razvitka ploda odrvenjava i pretvara se u košticu. Funkcija endokarpa je zaštita semena (Mratinić, 2002).

Posle spajanja gameta u embrionovoj kesici, plod višnje se intenzivno razvija. U toku razvitka ploda višnje izdvajaju se tri karakteristična perioda (etapa). Prva etapa se odlikuje brzim povećanjem veličine ploda i ona traje od momenta oplodnje do formiranja začetaka kotiledona ili neposredno do početka otvrdnjavanja endokarpa. Odlikuje se intenzivnom deobom ćelija budućeg ploda i delova semenog pupoljka. U ovoj etapi počinje da se diferencira tkivo koštice. Povoljniji raspored padavina i trajanja sunčevog sjaja u toku prve etape razvitka ploda utiče na intenzivniji razvoj ploda, tj. stvaranje većeg broja ćelija. Veoma je bitno da za vreme ove etape budu obezbeđeni

optimalni uslovi u pogledu ishrane i vlage, imajući u vidu da se u njoj stvaraju ćelije, a od broja stvorenih ćelija zavisiće masa i veličina ploda.

U drugoj etapi dolazi do usporenog ili potpunog prestanka porasta ploda. Kod nekih sorti ovaj zastoj nastaje naglo, a kod nekih postepeno. U ovoj etapi dolazi do odrvenjavanja koštice i u zametnutom plodu dolazi do diferenciranja epikarpa, mezokarpa i endokarpa. U slučaju slabog zametanja plodova, opadanje plodova može se umanjiti dodatnom ishranom i navodnjavanjem.

U trećoj etapi, koja traje sve do zrenja, dolazi ponovo do brzog rasta ploda. Intenzivan porast ploda nastaje na račun povećanja zapremine ćelija, a posebno se uvećavaju ćelije mezokarpa. Zato je u ovom periodu potrebno voće (višnje) obezbediti vodom, hranljivim materijama, u suprotnom plodovi ostaju sitni. Kod ranih sorti višanja ove etape se često preklapaju. Sorte kasnog zrenja plodova, često imaju intenzivan porast plodova posle zatvrdnjavanja koštice, a čak i na kraju zrenja ako se obezbede dovoljne količine vlage.

Plod višnje je polimorfan. Po obliku može da bude okrugao, široko-okrugao, jajast, izduženo-okrugao, a po boji pokožice ružičast, crven, tamnocrven, crn, a kod nekih tipova stepske višnje i bele boje. Vrlo važna tehnološka osobina ploda višnje je obojenost soka, jer od toga zavisi i kvalitet dobijenih proizvoda (Lukešić, 2007).

3.5.1. Hemijski sastav višnje

Pod hemijskim sastavom podrazumeva se sadržaj svih sastojaka u proizvodu uključujući i vodu. Hemijski sastav specifičan je za svaku vrstu i sortu. Ova specifičnost se karakteriše variranjem u određenim granicama u zavisnosti od klimatskih uslova, agrotehničkih mera, kao i stadijuma zrelosti.

Sa tehnološkog gledišta hemijski sastav se najjednostavnije izražava i najbrže određuje kao sadržaj suve materije. Ovim pojmom obuhvaćen je sadržaj svih jedinjenja koja ulaze u sastav voća i povrća, osim vode. Polazeći od sadržaja suve materije pojedinih vrsta i sorti, kvalitetnijim se smatraju one sorte koje imaju veći sadržaj suve materije. Kako veći sadržaj suve materije uslovljava i veći sadržaj pojedinih sastojaka, to se može pretpostaviti da takva sirovina ima veću hranljivu vrednost kao i povoljnija organoleptička svojstva. Veći sadržaj suve materije istovremeno omogućava ekonomičniju pa i kvalitetniju proizvodnju za one proizvode kod kojih se standardom predviđa određena granica suve materije kao što su: džem, marmelada, koncentrisani i sušeni proizvodi (Ilić, 2014).

Kao najvažnije komponente hemijskog sastava višnje smatraju se: šećeri, kiseline, bojene materije, pektinske i mineralne materije. Šećeri su, posle vode najčešće,

najzastupljeniji sastojci, sačinjavaju veći deo rastvorljivih suvih materija koji se određuje kao refraktometrijska vrednost. Zajedno sa kiselinama šećeri predstavljaju osnovnu komponentu u formiranju ukusa proizvoda. Sadržaj ukupnih šećera varira u dosta širokim granicama, što zavisi od sorte, vrste, stepena zrelosti kao i od uslova gajenja. Veći deo šećera u plodovima višnje sačinjavaju monosaharidi. Procenat šećera u višnji iznosi od 0,1 do 0,4.

Kiselost višnje potiče od organskih kiselina i njihovih soli. Najzastupljenije kiseline su: jabučna, limunska i vinska. Zbog sadržaja vinske, jabučne i limunske kiseline, kao i vode, višnje deluju jako osvežavajuće na organizam. U manjim količinama ima još i oksalne, ćilibarne, hlorne, salicilne, benzoeve, mravlje, sirćetne i mlečne. Ovih kiselina ima manje od osnovnih, ali njihova važnost je u tome što doprinose povećanju kiselosti ili mogu da uslove bojene reakcije, samim tim i promenu boje. Sadržaj kiseline u višnji kreće se od 0,9-1,8. Kiselost višnje izražena je kao pH vrednost od 3,5. Kiselost proizvoda predstavlja osnovnu komponentu ukusa. Odnos sadržaja šećera i kiselina može da se izrazi numeričkom vrednošću i naziva se koeficijent ili indeks slasti (Stanković, 1998).

Višnje sadrže vitamin C i vitamine B grupe, kao i kobalt, što je pogodno za smanjivanje krvnog pritiska, za jačanje krvnih sudova, posebno kapilara. Bojene materije su značajne za vizuelnu ocenu proizvoda. Višnja sadrži antocijane kao dominantne pigmente. Mineralne materije u višnji se nalaze u granicama od 0,35 do 0,6. Od mineralnih materija u višnji se nalaze: kalcijum, kalijum, gvožđe, mangan, natrijum, fosfor, sumpor, a u manjim količinama bakar, cink, jod, fluor, molibden i td. Najviše ima kalijuma, a on je bitan u održavanju alkalnosti krvi. Voda je veoma neophodan sastojak svakog voća. Ona ispunjava gotovo 80% ploda, tj. 84% je zastupljena kod višnje. Visok sadržaj vode povećava pak rizik od različitih biohemijskih procesa i mikrobiološkog kvarenja. Višnja je bogata još i pektinskim materijama (0,15-0,4), azotnim materijama (0,5-0,2), vitaminima, (vitamin C) (Ilić, 2014).

3.5.2. Upotrebna vrednost

Višnja je "industrijska" voćna vrsta jer su njeni plodovi namenjeni preradi. Od njih se dobija sirup, sok, džem, slatko, kompot, marmelada, želirano voće i razne poslastice. Plod višnje je sočan, crvene boje zbog prisustva antocijana. Sazreva od kraja maja meseca do početka jula, u zavisnosti od sorte. Koštica se teško odvaja od mesa. Plodovi višnje se mogu koristiti za sušenje i duboko smrzavanje, a neke sorte imaju plodove pogodne za jelo u svežem stanju. Koriste se i za proizvodnju likera i rakije višnjevače i u konditorskoj industriji za punjenje čokoladnih bombona. Njeni plodovi su izrazito bogati suvom i rastvorljivim materijama, a posebno ukupnim šećerima, organskim kiselinama, taninskim i pektinskim materijama, askorbinskom kiselinom, antocijanima i mineralnim materijama.

Privredni značaj višnje proističe iz osobine da rano prorodi i daje redovne, visoke i kvalitetne prinose posebno kada se gaje krupnoplode i samooplodne sorte. Zbog svog kvaliteta, višnja iz Srbije je vrlo cenjena sirovina na konvertibilnom tržištu Evrope i sveta. Poznate sorte višnje su: oblačinska višnja (zauzima 60% površina pod višnjom), šumadinka, čačanski rubin, hajmanov rubin, hajmanova konzervna, rekele, keleris 14, keleris 16, lotova, meteor i dr.

Oblačinska višnja u Srbiji je doneta iz Mađarske pre skoro jednog veka i posađena u okolini Prokuplja. Odatle se širi u ostale krajeve. Oblačinska višnja sazreva sredinom juna. Ova sorta višnje počinje da rađa praktično od druge godine, dok pun rod dostiže u šestoj godini. Prinosi se, u zavisnosti od primene agrotehničkih sredstava i gustine zasada, kreću od 10000 do 30000 kg po hektaru. Stablo oblačinske višnje je slabo bujno, dosta kompaktno i pogodno za gustu sadnju. Jedna od mana je dosta obilno obrazovanje izdanaka. Plod ove sorte je sitan, prosečne mase 2,5-3 g, okruglastog oblika, tamnocrvene boje. Meso ploda je slatko-nakiselo, sočno, prijatnog osvežavajućeg ukusa i arome, polumekano. Peteljka je kratka, tanka i u punoj zrelosti se lako otkida od ploda, pa se može brati i mehanizovano. (Nikolić, i dr., 2000).

3.6. JABUKA

Jabuka je najrasprostranjenije kontinentalno voće. Prilagođena je predelima umerene kontinentalne klime. Uzgaja se plantažno, a vreme sazrevanja proteže se od jula pa sve do oktobra. Od vremena sazrevanja zavisi kvalitet i namena plodova. Plodovi jabuke dostižu težinu od 50 do 300 grama, zavisno od sorte, klimatskih uslova i uslova gajenja. Plodovi ranih sorti jabuka razlikuju se po veličini, obliku i boji pokožice, boji i konzistenciji voćnog mesa, ukusu i aromatičnosti. Plodovi jabuka imaju značajnu hranljivu i dijetetsku vrednost, pa se koriste za jelo u svežem stanju i za industrijsku predisertaciji.

Za razliku od druge vrste voća jabuka podnosi dugo skladištenje, pa se može prerađivati tokom cele godine. Za predisertaciji su prikladnije sorte sa povoljnijim odnosom šećera i kiseline i sa većim sadržajem pektinskih materija. Jabuka je značajna po svojoj hranljivoj, higijenskoj i dijetoterapeutskoj vrednosti. Plodovi se koriste kao sveži i u preradi - sok, sirup, koncentrat, jabukovača, rakija, kandirana jabuka, kompot, žele, džem, marmelada, maslac od jabuke, sušena, pečena, sirće, jabučna kiselina i dr. Plodovi su pogodni za predisertaciji jer imaju značajne količine tanina i pektina.

U plodu jabuke nalazi se preko 600 raznih glavnih i intermedijarnih produkata pogodnih za ljudski organizam. Sem toga, ljudski digestivni trakt lako "podnosi" plodove jabuke unete ishranom. Hemijski sastav jabuke čine voda, ukupne kiseline,

pektinske materije, azotne i mineralne materije. U zavisnosti od vrste i sorte jabuka hemijski kao i mehanički sastav varira, može da bude različit.

Sortiment podrazumeva listu sorti koje se na osnovu kvalitativnih i kvantitativnih osobina preporučuju za gajenje u nekoj zemlji. Ove liste se po pravilu menjaju svakih 10-15 godina. Sortiment jabuke u našoj zemlji: zlatni delišes, crveni delišes, melrouz, ajdared, jonatan, džonagold (*jonagold*), gloster, greni smit, džemi griv, mucu, prima. Od domaćih sorata poznate su: budimka, šumatovka, čačanska pozna idr. U ovom disertaciji korišćena je jabuka crveni delišes.

3.7. PAPRIKA

Plodovi paprnke se razlikuju zavisno od sorte po obliku, veličini, boji, hemijskom sastavu i drugim osobinama. Oblik i veličina su podložni velikim promenama zavisno od uslova sredine. Paprika se prerađuje u biokonzerve, marinade, filete i ajvar. Sorte paprike sa crvenim plodovima se prerađuju u ajvar i koncentrat, a specijalne sorte se suše, mlevenjem prevode u prah i koriste kao začim.

Hranljiva vrednost paprike je veoma različita i zavisi od sorte, uslova uspevanja, faze zrelosti u vreme korišćenja i vremena od momenta berbe do upotrebe. Sadržaj vode u jestivom delu ploda paprike varira od 82-92%. Variranje u bogatstvu hranljivim materijama je veliko. Tako su sorte za industrijsko mlevenje i dobijanje crvene aleve paprike najbogatije suvim materijama, 16-18%, prosečno sadrže 7,3% šećera, sadrže najviše bojnih materija-kapsantina, nekad čak 340 mg% preračunato na suhu materiju. Sorte sa sitnijim plodovima sadrže manje vode od krupnih, kao i botanički zreli plodovi od nedozrelih. Sa zrenjem se povećava sadržaj suvih hranljivih materija u plodu. Sorte tamnih plodova su hranljivije od belih. Plodovi sa otvorenog polja su ukusniji i hranljiviji od onih iz plastenika i staklenih bašti. Navodnjavanje, đubrenje, temperature i osvetljenje utiču na veću ili manju hranljivu vrednost paprike. U plodovima dobijenim sa malim brojem navodnjavanja i u sunčanim sezonama ima više šećera, vitamina i minerala. Sorte sa sitnim plodovima sadrže prosečno 10% suve materije, a sa krupnim 7,7%. Karakterističan ukus paprike babure potiče, od jednog specifičnog jedinjenja određenog kao 2-izobutil - 3-metoksi prazin, toliko je mirišljivo da se može odrediti prisustvo u vodenom rastvoru 1 kapljice na zapreminu olimpijskog bazena za plivanje (2 ppm ili 2 mikrogramima). Do sada je proučen uticaj 23 vrste jedinjenja na ukus paprike. Zanimljivo, ljute sorte sadrže više hranljivih materija od slatkih, ali manje vitamina C. Najveći deo suve materije paprike su ugljeni hidrati. Tako u slatkim paprikama sa krupnim plodom ima prosečno 2-3% šećera, u ljutim 4,5-7%, a u industrijskim 7,3%. To su uglavnom glukoza, fruktoza i saharoza. Skroba ima malo, 0,2-0,4%, hemiceluloze oko 0,1-0,4, celuloze od 1-2%, pektina od 0,6-1,3%

belančevina 1,5% ulja 0,2-0,9 i mineralnih materija 0,3-0,8%. Seme je bogato uljem i belančevinama, i koristi se u ishrani preko sušene, aleve paprike, koja se melje zajedno sa semenom. U semenu ima 25-29% ulja, 18% proteina i 18-30% ugljenih hidrata, u kojima dominiraju celuloza i hemiceluloza iz semenjače. Ovo je razumljivo s obzirom na to da seme sadrži svega 10-12% vode. Energetska vrednost sveže paprike iznosi prosečno 118 J ili 28 cal.

Paprika sadrži dosta vitamina. Poznata je po bogatstvu u C vitaminu koga sadrži 4-5 puta više nego limun. Prosečni sadržaj C vitamina je 180 mg%, ali varira od 90-300 mg% izuzetno od 65-800 mg%. Ljute, sitne paprike, sadrže manje C vitamina od slatkih, svega 90-120 mg% slatke babure i kapije 150-190 mg%, a paradajz paprike, kalvil i zeleni rotund, u zrelih plodovima, čak 250-300 mg%. Sa zrenjem se povećava sadržaj suve materije, minerala, šećera i vitamina. Tako tehnološki zreli plodovi sorti zlatne medalje, šorokšari i Al-12 sadrže 6,91, 6,95 i 7,23% suve materije, a botanički zreli, crveni, 8,99, 7,25 i 9,83%. Odavde se vidi da zeleni plodovi sorte Al-12 imaju gotovo istu hranljivu vrednost kao zreli sorte Šorokšari, što rečito govori o njihovom kvalitetu. Pored C vitamina, u paprici ima dosta beta karotina, provitamina A, 0,3-0,5 mg na 100 grama ploda. Sitne paprike imaju više karotina od krupnih, zrele od zelenih. Crvena paprika sadrži dosta rutina, vitamina P- od 300-450mg%, dok je dnevna doza potrebna čoveku svega 12 mg. Drugi naziv rutina je citrin koga sadrži limun. Bojene materije u paprici su uglavnom karotinoidi, a crvena boja potiče od kapsantina i kapsorubina. Paprika sadrži i dosta vitamina grupe B: tiamina, B1 0,04-0,06 mg%, riboflavina (B2) od 0,05-0,14 mg% i 0,5-0,9 mg% niacina, PP ili B5 vitamina. Donje granice se odnose na zelenu, a gornje na zrelu papriku.

U pogledu sadržaja minerala, paprika je, kao i mnoge druge vrste povrća, najbogatija u kalijumu koga sadrži od 150 do 230 mg na 100 grama, onda u sumporu (90 mg%) i fosforu 22-36 mg. Slede magnezijum sa 12-17 mg%, natrijum sa 13 mg, kalcijum - 3,3 do 6,8 mg%, gvožđe 0,56 mg, bakar 0,11 mg i jod 0,0016mg%. U paprici su nađeni i drugi minerali, kao što su mangan, aluminijum, silicijum i rutenijum. Ono što je interesantno za papriku, svakako je nepovoljan odnos između sadržaja fosfora i kalcijuma koga ima relativno malo. U pogledu vitamina C treba istaći da ga uništava ne samo visoka temperatura prilikom pripremanja jela, već i smrzavanje. Paprika iz zamrzivača uopšte ne sadrži C vitamin, dok barena ima nizak sadržaj. Najveći sadržaj C vitamina je odmah posle berbe, i to kod zrelih plodova pri osnovi, do drške. Paprika uzrela po berbi, sa čuvanjem, ima manje C vitamina od zelene prilikom berbe. One sa otvorenog polja takođe ga imaju više od onih iz plastenika. Sveža crvena paprika, po mogućstvu kalvil ili rotund sa otvorenog polja, bez obilja đubrenja i navodnjavanja, najbogatija je hrana C vitaminom. Doduše, u prirodi postoje i jači izvori, ali ih ne možemo tako lako pojesti u većim količinama. To su list peršuna i plod šipka, divlje ruže, gde može da se nađe i do 1% C vitamina u jestivom delu ploda. U plodu paprike ima i eteričnih ulja, od 0,1-0,2%.

3.8. KROMPIR

Jestivi deo krompira su krtole koje mogu biti različitog oblika, sa različitim bojom kore i bojom tkiva, zavisno od sorte. Najviše se cene sorte krompira ovalnog oblika sa glatkom pokožicom bele ili crvenkaste boje, sa belim mesom i sa malim udubljenjima (okca). Krompir se koristi za proizvodnju skroba, za proizvodnju pirea, pomfrita, čipsa, suši se i zamrzava.

Krompir je veoma hranljiv. Sadrži 75-77% vode, prosečno 76,3%, dakle 23,7% suve materije. To je skrobna biljka-u krtoli ima prosečno 17,5% skroba, 0,5-0,15% šećera, 0,1% ulja, 2% belančevina, 0,7% sirovih vlakana i čak 1,1% minerala. Iako ima svega 2% belančevina, one su visoko vredne jer se sastoje od osam nezamenljivih amino kiselina: triptofana, fenilalanina, lizina, treonina, valina, metionina, leucina, i izoleucina. Sa 300 grama krompira čovek podmiri 20-40% minimalnih dnevnih potreba u ovim amino kiselinama (metionina 22% i fenilalanina 40%) (Ilić, 2014).

Kao namirnica bogata skrobom, krompir ima dosta dobru energetska vrednost - od 88 KKal. ili 368 KJ na 100 grama što je tri puta manje nego kod hleba. Skrob predstavlja 70-80% suve materije ili 95-99% od ugljenih hidrata u krompiru. Sadrži i 0,64% pektina, pored pentozana celuloze i hemiceluloze, kojih može biti i 0,86%. U pogledu sadržaja vitamina, ističe se B₁, 0,12-0,18%, onda B₂, 0.01-0,09 mg%, A 60 IJ, C od 10-25 mg, B₅ 1 mg% i nešto malo B₆, K i P vitamina. Jede se kuvan ili pečen, a posebnim kuhinjskim veštinama, npr. kuvanjem na pari, sačuva se 20-40% C vitamina u krompiru, tako da i on snabdeva čoveka ovim važnim regulatorom zdravlja. Trista grama krompira zadovoljava dnevne potrebe čoveka sa 10-15% B₁, 5% B₂ 15% B₅ (PP) i svega 1,2% vitamina A.

Krompir je, prava riznica minerala u kojoj dominira kalijum. Ovakvim bogatstvom minerala i organskih kiselina, krompir alkalizuje unutrašnju sredinu organizma čoveka, potpomaže funkciju sluzokože pluća, želuca, creva i mokraćnih puteva. Kalijumove soli i vitamin C utiču da krompir ima jako diuretično dejstvo. Krompir je sastavni deo dijeta pri mnogobrojnim poremećajima u organizmu.

Krompir sadrži specifične materije solanine, koji su štetni po zdravlje ako se koristi kao sirov. Najviše ima alkaloida solanina sačinjenog od trisaharida glukoza - saharoza - ramnoza, prosečno 7-10 mg na 100 grama. Najveći sadržaj ovih štetnih materija ima u zelenim (zbog izloženosti suncu tokom vegetacije) i proraslim krtolama, zato one nisu dobre za jelo. Međutim, solanin čini krompir dobrom hranom za ljude sa grčevima u stomaku i nekontrolisanim pokretima mišića - neuralgijama i nervnim kašljem. Solanini deluju blago uspavljujuće - otuda su dobri i kod nesаницe (Ilić, 2014).

Sorte krompira se dele:

- prema dužini vegetacije na: rane, srednje rane, srednje kasne i kasne sorte;
- prema nameni na: sorte za ljudsku ishranu i sorte za industrijsku predisertaciji.

Sortiment se brzo menja, najpoznatije sorte na našim njivama su: bela jela, jerla, dezire, kenebek, viktorija, dragačevka i dr. Danas u svetu, za razliku od naše zemlje, postoje specijalizovane sorte za kuvanje, pečenje, pomfrit i td.

IV METODE

Metode koje su korišćene u disertaciji za ispitivanje materijala, mogu se podeliti u dve grupe:

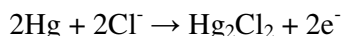
- fizičko hemijske metode za ispitivanje parametara kvaliteta zemljišta i suvog prinosa;
- metode za ispitivanje radioaktivnosti
- metode gasne i masene hromatografije
- statističke metode.

4.1. FIZIČKO HEMIJSKE METODE

4. 1.1 Potenciometrijska metoda određivanja pH vrednosti

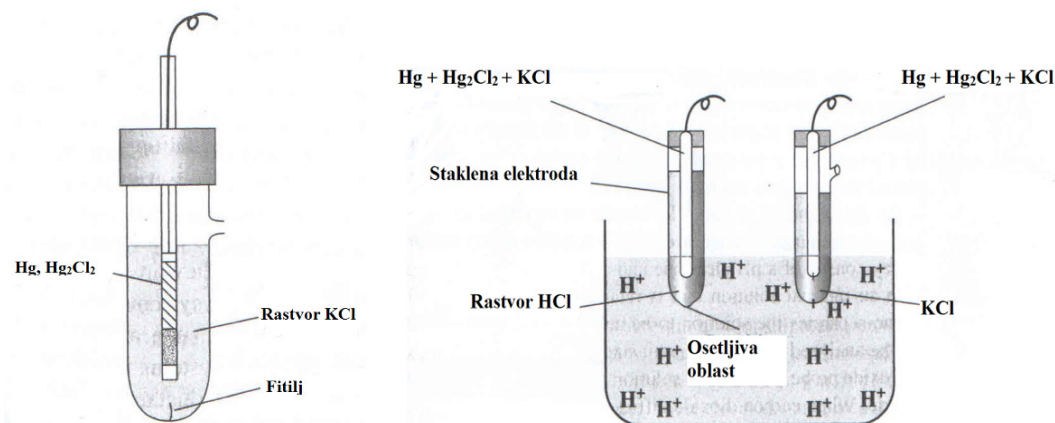
Prilikom monitoringa životne sredine potenciometrija se koristi pretežno za merenje pH. Oprema koja se koristi u potenciometrijskim merenjima je jednostavna, sastoji se od referentne elektrode, indikatorske elektrode i uređaja za merenje potencijala. Referentna elektroda u idealnim uslovima ima stalan, poznat i dovoljno intezivan potencijal. U praksi mora biti rigidna, jednostavna za upotrebu i mora ostvarivati konstantan potencijal čak i kad u ćeliji nema struje. Indikatorska elektroda bi trebalo da reaguje brzo i tačno na promenu aktivnosti analiziranih jona (Skoog et al., 2007).

Prilikom potenciometrijske analize pH u vodi kao referentna elektroda se koristi kalomelova, a kao indikatorska koristi se membranska elektroda. Kalomelova elektroda (slika 9) se koristi prilikom oksido-redukcionih merenja i u većini drugih elektrohemijskih analiza zbog svoje jednostavne upotrebe. Elektroda sadrži živu koja je u kontaktu sa svojom slabo rastvornom soli Hg_2Cl_2 (kalomel), koja je u kontaktu sa rastvorom kalijum-hlorida (KCl). Rastvor KCl je povezan sa uzorkom preko "fitilja". Na elektrodi se dešava reakcija:



Potencijal ove elektrode zavisi od koncentracije KCl i na osnovu toga se deli na tri tipa: normalna (1,0 N), 0,1 N i zasićena. Najčešće se koristi zasićena kalomelova elektroda (SCE) (Skoog et al., 2007).

Membranske elektrode se dele na kristalne i nekristalne. Prilikom merenja pH koristi se staklena elektroda koja spada u nekristalne. Staklena elektroda je konstruisana slično kao i referentna kalomelova, osim što umesto rastvora KCl sadrži rastvor hlorovodonične kiseline (HCl) tačno određene koncentracije i nema "fitilj" za direktnu električnu vezu sa analitom, već "osetljivu oblast". Prilikom merenja pH vrednosti, pehametar se povezuje sa referentnom elektrodom (slika 9, desno) i meri pH vrednost u opsegu od 2 do 9 (Skoog et al., 2007).



Slika 9. Šema kalomelove referentne elektrode (levo) i sistem staklene i kalomelove elektrode za merenje pH (desno)

Formula za izračunavanje pH vrednosti je:

$$\text{pH} = -\log_{10}[H^+] \quad (4)$$

[H⁺] označava ekvivalent vodonikovih jona, izmerenih u jedinici molarnosti, odnosno broj vodonikovih jona jednog litra datog rastvora.

Ova metoda korišćena je za određivanje pH zemljišta, kako bi se ispitalo da li je zemljište kiselo ili bazno i koje mere treba preuzimati na osnovu dobijenih rezultata.

Na osnovu izračunavanja pH vrednosti, zemljišta su podeljena u pet grupa:

- alkalna (>7,20 pH);
- neutralna (6,51 – 7,20);
- slabo kisela (5,51 – 6,50);
- kisela (4,51 – 5,50) i
- jako kisela (<4,50).

4.1.2. Kotcmanova metoda za određivanje humusa

Određivanje sadržaja humusa sastoji se u oksidaciji organske supstance pomoću rastvora KMnO_4 (koji služi za titraciju), pri čemu ugljenik iz humusa oksidiše i prelazi u CO_2 . Sadržaj oslobođenog CO_2 pri oksidaciji ugljenika iz humusa se ne izračunava direktno, već ga određuje količina oksidacionog sredstva koje se razori pri oksidaciji ugljenika iz organskih supstanci u analiziranom uzorku zemljišta, a zatim se preko koeficijenta izračunava količina ugljenika. (Mišović, Ast, 1978).

Količina humusa u procentima izračunava se po formuli:

$$\% \text{ humusa} = \frac{A \cdot 0,514 \cdot 1,72 \cdot 100}{C} \quad (5)$$

gde je:

A- ml utrošenog 0,1n rastvora KMnO_4 na oksidaciju ugljenika u ispitivanom uzorku

0,514 - koeficijent koji označava da svaki ml 0,1n KMnO_4 oksidiše 0,514mg C u CO_2

1,72 – koeficijent za prevođenje mg C u humus

C – uzeta proba zemlje izražena u mg

100 – broj za izračunavanje rezultata u procentima.

4.1.3. Određivanje lakopristupačnog fosfora i kalijuma u zemljištu Al-metodom

Za određivanje biljkama pristupačnih oblika fosfora i kalijuma razrađen je čitav niz hemijskih metoda koje se zasnivaju na ekstrakciji ovih elemenata iz uzorka zemljišta različitim ekstrakcionim sredstvima. Kao ekstrakciona sredstva koriste se razblažene organske i mineralne kiseline i puferni rastvori soli, za koje se smatra da iz zemljišta ekstrahuju količine fosfora i kalijuma proporcionalno količinama koje su pristupačne biljkama. Najpogodnija metoda za određivanje fosfora i kalijuma u zemljištu je Al-metoda.

Al-metoda se smatra pogodnijom od ostalih, jer se iz istog ekstrakta određuje lakopristupačni fosfor i kalijum. Metoda se zasniva na ekstrakciji lakopristupačnog fosfora i kalijuma Al rastvorom. Iz ekstrakta se fosfor određuje kolorimetrijski, a kalijum plamenfotometrijski. U dobijenom zajedničkom ekstraktu fosfor se određuje primenom kolorimetrijske metode.

4.1.4. Kolotrimetriskie metode

Metoda se zasniva na tome da neki elementi ili supstance, kada se rastvore u određenom rastvaraču, daju karakteristično obojene rastvore, ili obojenje nastaje kao rezultat reakcije date supstance i odgovarajućeg reagensa. Intenzitet nastalog obojenja zavisi od koncentracije ispitivane supstance u rastvoru. Merenjem intenziteta obojenja može se kvantitativno odrediti i koncentracija ispitivanog elementa u rastvoru. Intenzitet nastalog obojenja se može izmeriti mernim instrumentima: kolorimetrom (slika 10) i spektrofotometrom (slika 11).

Princip rada kolorimetra, (slika 10), se zasniva na Lambert-Beerov-om zakonu, koji glasi da je logaritam apsorpcije svetlosti, koji prolazi kroz rastvor određenog intenziteta obojenja, proporcionalan debljini sloja rastvora i koncentraciji rastvorene obojene supstance. U kolorimetrijskim metodama pri određivanju nepoznate koncentracije ispitivane supstance, upoređuje se boja rastvora nepoznate koncentracije sa bojom rastvora poznate koncentracije, menjajući dužinu propuštanja svetlosti (debljinu sloja) dok rastvori ne postignu podjednak intezitet obojenja. Tada je apsorpcija ratvora nepoznate koncentracije (A_2) jednaka apsorpciji rastvora poznate koncentracije (A_1).



Slika. 10 Kolorimetar ISKRA sa serijom standardnih rastvora (Predic, 2011.)

4.1.4.1. Princip kolorimetrijskog određivanja fosfora

Amonijum molibdat $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ sa fosforom u ekstrakcionom rastvoru stvara fosfomolibdenski kompleks koji u prisustvu nekog redukcionog sredstva (stanohlorid $\text{SnCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$), stvara kompleks plave boje, čiji intenzitet zavisi od koncentracije fosfora u rastvoru. Intenzitet obojenja (adsorbancija i transparentija) se meri na kolorimetru, prvo za seriju standardnih rastvora na osnovu čega se konstruiše kalibraciona kriva, a zatim za seriju ispitivanih uzoraka. Kalibraciona kriva pokazuje zavisnost intenziteta adsorbovane ili intenziteta propuštene svetlosti od koncentracije

fosfora u rastvoru. Ta zavisnost je do izvesne koncentracije pravolinijska. Kada se očita adsorbancija za ispitivani uzorak, sa kalibracione krive se odredi koncentracija fosfora koja se izražava u mg $P_2O_5/100$ g zemljišta.



Slika 11. Spektrofotometar (levo), Flame Photometar uređaj (desno) (Predić, 2011)

Kalibracija treba da pokaže gde su granice slabe i dobre snadbevenosti nekog zemljišta fosforom, kalijumom ili nekim drugim hranivom, izvan kojih granica se može očekivati dobro, odnosno slabo delovanje upotrebljenih fosfornih i kalijumovih đubriva. (Mišović, Ast, 1978).

Na osnovu koncentracije lakopristupačnog fosfora u zemljištu, Al-metodom, za pojedine ratarske kulture klasifikacija zemljišta podeljena je u tri klase (tabela 13).

Tabela 13. Klasifikacija zemljišta na osnovu lakopristupačnog fosfora u zemljištu (Varga, 2015)

Klasa obezbeđenosti zemljišta	Sadržaj lakopristupačnog fosfora mg $P_2O_5/100$ g
III – siromašno	0 – 10
II – srednje	10 – 20
I – dobro	>20

Pošto sadržaj lakopristupačnog fosfora za biljke u zemljištu zavisi od niza faktora, danas se govori o niskom, srednjem i visokom sadržaju fosfora u zemljištu, a ne o dobroj, srednjoj ili lošoj potrebi fosfora za biljke. Usled različite sposobnosti biljaka da usvajaju fosfor, različitih uslova mobilizacije fosfora u zemljištu, nizak sadržaj ne mora uvek da bude i nedovoljan za određen usev ili obrnuto itd.

Jedan od najznačajnijih faktora koji određuje pristupačnost fosfora biljkama je reakcija zemljišta (pH). Pri interpretaciji rezultata se prave razlike između kiselih, neutralnih i baznih zemljišta tj. između beskarbonatnih (pH u KCl < 6,00) i karbonatnih zemljišta (pH u KCl > 6,01), (tabela 14).

Tabela 14. Uslovne granične vrednosti sadržaja lakopristupačnog fosfora u zavisnosti od reakcije (pH) zemljišta (Pantović et al., 1989)

Sadržaj fosfora	mg P ₂ O ₅ /100g	
	pH u KCl < 6,00	pH u KCl > 6,01
Vrlo nizak	<6,0	<10,0
Nizak	6,1 - 10,0	10,1 - 15,0
Srednji	10,1 - 16,0	15,1 - 20,0
Visok	>16	> 20

4.1.5. Kjeldalova metoda za određivanje azota

Za određivanje sadržaja ukupnog azota koristi se klasična Kjeldalova metoda. Određivanje azota po ovoj metodi zasniva se na razaranju uzoraka kako bi se azot preveo u amonijak i na određivanju amonijaka u digestu (Mišović, Ast, 1978). Razaranje se vrši zagrevanjem uzoraka sa koncentrovanom H₂SO₄ i supstancama koje pomažu oksidaciju organske materije i konverziju organskog azota u amonijak. Zatim se vrši određivanje azota titracijom amonijaka oslobođenog pomoću destilacije ostataka razaranja sa jakim bazom. Destilacijom pomoću vodene pare i jake baze u višku, istiskuje se azot u obliku amonijaka i "hvata" u rastvor borne kiseline. Količina azota u bornoj kiselini se određuje titracijom sumpornom kiselinom poznatog normaliteta, a računskim putem se izračuna sadržaj ukupnog azota u zemljištu koji se izražava u procentima (%N).

$$\%N = \frac{(a-b) \cdot 0,14}{P} \cdot 100 \quad (6)$$

gde je

a - ml 0,01N H₂SO₄ utrošene za titraciju uzorka

b - ml 0,01N H₂SO₄ utrošene za titraciju slepe probe

0,14 - ml 0,01N H₂SO₄ veže 0,14 mg N-NH₄

P- mg uzorka zemljišta koji je ušao u proces destilacije

Tabela 15. Granične vrednosti obezbeđenosti zemljišta ukupnim azotom po Wohltmann- u (Varga, 2015)

Klasa obezbeđenosti	Sadržaj ukupnog azota	Granična vrednost
I	Vrlo bogat	> 0,3 %N
II	Bogat	0,2 - 0,3 %N
III	Dobar	0,1 - 0,2 %N
IV	Srednji	0,06 - 0,1 %N
V	Siromašan	0,03 - 0,06 %N
VI	Vrlo siromašan	0,02 - 0,03 %N
VII	Ograničeno sposobno zemljište za gajenje bilja	< 0,02 %N

U tabeli 15 prikazane su sedam klase obezbeđenosti sadržaja ukupnog azota u zemljištu. Na osnovu ove tabele određuje se u koju klasu spada zemljište, kome se ispituje količina i prisustvo azota. Na osnovu tabele 15, zemljišta mogu da budu vrlo bogata, bogata, srednje bogata, siromašna i vrlo siromašna azotom. Ukoliko su vrednosti azota ispod vrednosti 0,02, onda je zemljište ograničeno za gajenje biljnih kultura.

4.1.6. Određivanje mineralnih sastojaka metodom žarenja

Ova metoda se zasniva na postupku spaljivanja uzorka na 525°C i na odvajanju mineralnih nečistoća koje su nerastvorljive u razblaženom rastvoru hlorovodonične kiseline. Metoda se primenjuje za određivanje količine silicijumovih jedinjenja koja potiču iz tla i onih koja se nalaze u proizvodima od voća i povrća. (Marković et al., 2007).

Nakon spaljivanja (mineralizacije) životnih namirnica zaostaju neisparljive mineralne materije kao suvi ostatak (pepeo). Sastav pepela zavisi od vrste namirnice i načina spaljivanja. Pri višim temperaturama može doći do međusobne reakcije između mineralnih materija. Pepeo uglavnom sadrži kalijum, natrijum, kalcijum, magnezijum, fosfor, sumpor, hlor i silicijum. Takođe, nalaze se i karbonati koji nastaju spaljivanjem namirnica koje sadrže soli vinske, limunske i jabučne kiseline, kao i neki elementi koji dospevaju u namirnicu prskanjem i zaprašivanjem (Pb, Sn, Sb, Zn, Cu, Fe ...). U zavisnosti od vrste namirnice, one se direktno spaljuju na temperaturi 500-900°C.

Količina pepela nerastvorljivog u hlorovodoničnoj kiselini izražava se u procentima po masi formulom:

$$\frac{m_2 - m_1}{m_0 - m_1} \cdot 100 \quad (7)$$

gde je:

m_0 – masa uzorka i suda za spaljivanje, u gramima;

m_1 – masa suda za spaljivanje, u gramima;

m_2 – masa suda za spaljivanje i pepela, u gramima.

Pepeo nerastvoran u hlorovodoničnoj kiselini predstavlja ostatak dobijen obradom sulfatnog ili ukupnog pepela hlorovodoničnom kiselinom R.

Pored prehrambenih proizvoda (žitarica, voća i povrća), metodom žarenja mogu se i iz zemljišta odrediti mineralne nečistoće. Ukoliko zemljište nije karbonatno, izlaganjem zemljišnih uzoraka visokoj temperaturi, organska materija pretvara se u gasove, a mineralni deo ostaje nepromenjen. Merenjem mase uzoraka nakon žarenja

određuje se učešće mineralnog dela. Žarenje se odvija na temperaturi od 500°C do 600°C do potpunog sagorevanja organske materije. Kraj sagorevanja uočava se pojavom svetlo sive boje ili crvenkaste boje koja nastaje zbog prisustva oksida gvožđa.

Određivanje mineralnih sastojaka u uzorcima zemlje i prehrambenih proizvoda koji su ispitivani, vršeno je u laboratoriji Visoke škole primenjenih strukovnih studija u Vranju.

Mineralni deo zemljišta izračunava se formulom:

$$M_m = M_{psII} - M_p \quad (8)$$

gde je

M_{psII} – masa porcelanske posude i uzorka nakon drugog žarenja (g)

M_p – masa prazne porcelanske posude (g)

4.1.7. Termogravimertijske metode određivanja vlage u suvom prinosu

Termogravimetrija (od grčkog «therme»: toplota i latinskog «gravis»: težak) odnosi se na sve metode termalne analize koji se zasnivaju na merenju promene u masi, do koje dolazi usled delovanja toplote na predmet. Kod termogravimetrijske metode koje se koriste za analizu vlage, uočava se razlika između neselektivnih i vodeno-selektivnih tehnika. Obe tehnike zasnivaju se na određivanju razlike između početne težine uzorka i težine nakon sušenja.

Zavisno od sastava uzorkovanog materijala i odabrane temperature sušenja, komponente koje isparavaju tokom zagrevanja mogu da sadrže vodu, ulja, masti, organske rastvore i arome. Ukoliko je odabrana temperatura sušenja previsoka, može doći do razlaganja ili sagorevanja, što može dovesti do formiranja novih isparljivih supstanci. Ukoliko se sadržaj vlage određuje samo na osnovu razlike između početne težine i suve težine uzorka, nije moguće razlikovati određene sastojke supstance koja se oslobađa. Sadržaj vlage uključuje sve komponente date supstance koji dovode do gubitka težine supstance prilikom zagrevanja (www.sartorius.rs)

Bez obzira koja se tehnika analize koristi, metod za uzimanje uzoraka znatno utiče na kvalitet rezultata analize. Jedna izmerena vrednost može da označava samo sadržaj vlage u materijalu u prostoru u kojem je uzorak uzet. Bitno je da uzorci ne budu pod uticajem ambijentalnih uslova vlage prilikom uzimanja ili dalje pripreme uzorka. Da bi se ovo sprečilo, dobro rešenje je da se pripremi toliko uzoraka koliko je moguće testirati odmah. Ukoliko je potrebno, da se uzme više uzoraka nego što je moguće odmah obraditi, neiskorišćene uzorke je potrebno čuvati u hermetički zatvorenim posudama; na primer, zatvorene u plastičnim kesama ili u polietilenskim bočicama sa

čepom, sve do same analize. Odabir posuda za čuvanje treba da bude u skladu sa veličinom uzorka. Ukoliko je posuda poluprazna, sadržaj vlage u uzorku se može promeniti usled kontakta sa vazduhom u kontejneru. Topliji uzorci će brže oslobađati vlagu od hladnijih uzoraka. Prilikom čuvanja toplog uzorka u posudi, vlaga kondenzuje unutar zidova.

Nakon poslednjeg postupka merenja, gubitak mase se izračunava na osnovu sledeće formule:

$$m = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \quad (9)$$

gde je

m_1 - masa dela uzorka za ispitivanje pre sušenja u gramima

m_2 - masa dela uzorka za ispitivanje posle sušenja u gramima.

Sadržaj vlage u sušenom prinosu određuje se u % (procentima).

Povećan ili smanjen sadržaj vlage u prinosu zavisi od procesa sušenja, sušenje predstavlja razmenu toplote i mase, uključujući dva mehanizma razmene: unutrašnji i spoljašnji, pod dejstvom prirodne ili veštačke toplote.

4.1.8. Metoda rehidracije

Rehidracija se može posmatrati kao mera oštećenja materijala uzrokovana postupkom dehidracije. Rehidracija suvog tkiva biljaka sastavljena je iz tri istovremena procesa: apsorpcije (upijanje vode), bubrenja i kvašenja usled rastvaranja (Lewicki, 1998). Što je moć bubrenja veća, smatra se da je proizvod kvalitetniji. Izražava se u procentima, a izračunava se na osnovu povećanja mase usled adsorpcije vode.

Smatra se da stepen rehidracije zavisi od stepena ćelijske i strukturne promene. Tokom sušenja dolazi do ireverzibilne promene ćelijske strukture i kao krajnji rezultat pojavljuje se gubljenje celovitosti, tako da se zgusnuta struktura ruši, velike kapilare se sužavaju, dolazi do smanjenja hidrofилnih karakteristika što se manifestuje kao odraz nemogućnosti upijanja dovoljne količine vode za potpunu rehidraciju i vraćanje na prvobitnu strukturu.

Stepen rehidracije i vreme trajanja rehidracije su osnovni preduslov za ekonomičniju i bržu upotrebljivost sušenih proizvoda. Sposobnost bubrenja ili sposobnost prijema vlage ukazuje na to, koliko puta se može povećati masa (težina) proizvoda sa ponovo primljenom vlagom. Izražava se pomoću pokazatelja za sposobnost prijema vode:

$$\text{ISPV} = \frac{m_{\text{Rp}}}{m_{\text{sp}}} \quad (10)$$

gde je

m_{Rp} - masa rehidrisanog proizvoda, (kg),

m_{sp} - masa sušenog proizvoda, (kg)

Za vreme rehidracije osušeni materijal, prinos, treba da poprimi osobine koje su slične osobinama sveže materijala.

4. 2. METODE ZA ISPITIVANJE RADIOAKTIVNOSTI

4.2.1. Spektrometrija gama emitera

Niske aktivnosti u uzorcima iz životne sredine se mogu detektovati samo pomoću izuzetno osetljivih instrumenata, pa se za ispitivanje radioaktivnosti najviše koristi gama spektrometrija sa poluprovodničkim detektorima, koja omogućava identifikaciju i kvantitativno određivanje velikog broja radionuklida - gama emitera u raznovrsnim matriksima. Visoka rezolucija poluprovodničkih detektora omogućava relativno brzu i preciznu identifikaciju radionuklida i određivanje njihove aktivnosti na principu konvertovanja upadne energije gama zračenja u električne signale različite visine. Danas gama spektrometrija predstavlja najrasprostranjeniju nuklearnu analitičku tehniku u raznim oblastima istraživanja: monitoring nuklearnih postrojenja, medicinska fizika, nuklearna medicina, radioekologija, ispitivanje materijala, geologija, industrija, poljoprivreda, biofizika i sl.

Još jedna od prednosti gama-spektrometrije u odnosu na ostale analitičke nuklearne tehnike je nedestruktivna i jednostavna priprema uzoraka. Tehnika gama spektrometrije je danas dominantna univerzalna tehnika za merenje koncentracije jezgara gama emitera, pretežno baš zbog toga jer se prihvatljivi pragovi detekcije mogu postići bez ikakvog hemijskog tretmana uzorka.

4.2.1.1. Interakcija zračenja sa materijom

Dok prolazi kroz materiju jonizujuće zračenje stupa u kontakt sa atomima i molekulima sredine predajući im energiju. Posledica ovih interakcija su promene zračenja i materija. Energija zračenja se smanjuje, a data sredina se menja fizički, hemijski, a kada je u pitanju živa materija i biološki.

Interakcija zračenja sa materijom različita je za različita zračenja, a u okviru iste vrste zračenja zavisi od energije, kao i od prirode sredine kroz koju prolazi. Pri prolasku naelektrisanog čestičnog (korpuskularnog) zračenja kroz neku sredinu dolazi do pojave niza efekata. Npr. α čestica, (dvostruko naelektrisano jezgro ${}^4_2\text{He}$) učestvuje u neelastičnim sudarima sa elektronima proizvodeći jonizaciju i eksitaciju atoma sredine kroz koju prolazi. Alfa čestice imaju malu dubinu prodiranja i brzo rasipaju svoju energiju duž traga pa je specifična jonizacija α -čestica velika. Dužina traga, odnosno domet opada sa povećanjem gustine materijala.

Zbog svoje velike mase ona ne skreće sa puta koji je pravolinijski. Ima veliku jonizacionu sposobnost odnosno veliku specifičnu jonizaciju. Specifična jonizacija se definiše kao broj jonskih parova koje čestica oslobodi po jedinici dužine pređenog puta. Jonizuje nekoliko stotina hiljada atoma na svom putu.

Za razliku od α čestica koji gube energiju uglavnom u jonizacionim procesima, β čestice pri prolasku kroz supstancu gube energiju na više načina. Pored jonizacije i eksitacije atoma energiju mogu da gube i emisijom zakočnog zračenja. Svaku promenu brzine bilo koje naelektrisane čestice prati emisija ovog zračenja. Ovaj proces je izrazit naročito pri naglom zaustavljanju vrlo brzih elektrona na teškim jezgrima. Pošto su β čestice znatno manje mase od mase α čestica, njihova putanja je izlomljena linija pa im je domet teško precizno definisati.

Prolazak γ zračenja kroz materiju bitno se razlikuje od prolaska naelektrisanih čestica. Gama zračenje gubi energiju uglavnom kroz tri osnovna procesa:

- foto električni efekat;
- Komptonov efekat i
- efekat stvaranja parova.

Pri fotoefektu dolazi do interakcije fotona i elektrona u omotaču atoma. Tada foton potpuno nestaje predajući elektronu celokupnu energiju. Elektron koji napušta atom naziva se fotoelektronom.

Komptonov efekat dolazi do izražaja kod slabo vezanih elektrona, kod elektrona koji se nalaze na periferiji elektronskog omotača. U tom sudaru foton predaje deo svoje energije elektronu koji napušta atom (Komptonov elektron). Foton se ne apsorbuje, već

predaje deo svoje energije i skreće sa prvobitnog pravca kretanja. Skretanje je utoliko veće ukoliko je veći deo predate energije. Komptonov efekat dolazi do izražaja kod gama zračenja srednjih energija.

Ukoliko je energija gama kvantata (γ -zraka, fotona) veća od dvostruke energije mirovanja elektrona $E_\gamma > 2m_0c^2$, tada u polju jezgra atoma apsorbera može doći do stvaranja elektrona i njegove antičestice, pozitrona. Nastali elektron i pozitron ekscituju i jonizuju sredinu kroz koju se kreću. Ako im je energija mala, oni anihiliraju – ponovo se stvaraju 2γ - kvanta koji zatim preko fotoelektričnog efekta i Komptonovog rasejanja interaguju sa materijom. Fotoni manje energije ne mogu da učestvuju u ovom procesu.

Fotoelektroni i Komptonovi elektroni, kao i elektron iz stvorenog para imaju dovoljno veliku energiju da jonizuju sredinu kroz koju prolaze tako da γ zračenje vrši jonizaciju indirektno za razliku od α i β zračenja, koji su direktna jonizujuća zračenja.

Fotoni koji pretrpe ma koji od tri pomenuta efekta bivaju izbačeni iz snopa γ zračenja. Do detektora postavljenog u pravcu upadnog snopa stići će samo oni fotoni koji nisu interagovali sa materijom, odnosno dolazi do smanjenja broja fotona u kolimisanom snopu (snopu u kome se svi fotoni kreću paralelno) a ne smanjuje se njihova energija.

Domet jedne vrste zračenja u nekom materijalu zavisi od energije. Veoma je važno poznavanje dometa raznih vrsta i energija zračenja zbog njihove primene, kao i zbog korišćenja adekvatnih mera zaštite od zračenja. Alfa čestice reaguju efikasno sa atomima i molekulima duž svoga puta, odnosno imaju mali domet. β čestice se kreću brže, doživljavaju manji broj interakcija sa sredinom i predaju manje energije po jedinici dužine puta od α čestica. Njihovi dometi su veći, nekoliko metara u vazduhu i nekoliko centimetara u tkivu. Gama zraci se kreću brzinom svetlosti. Oni predaju relativno malo energije po jedinici dužine puta i mogu da pređu velika rastojanja čak i u sredinama velike gustine (Nikčević, Anđelić, 2011).

Kada se gama zračenje propušta kroz materiju, verovatnoća za apsorpciju u tankom sloju proporcionalna je debljini tog sloja. Zbog toga u sloju konačnih dimenzija intenzitet zračenja eksponencijalno opada sa debljinom sloja

$$I(d) = I_0 \cdot e^{-\mu d} \quad (11)$$

gde je:

$\mu = n \times \sigma$ - apsorpcioni koeficijent meren (cm^{-1}),

n - broj atoma po cm^3 u materijalu,

σ - apsorpcioni presek (cm^2)

d - debljina materijala (cm).

4.2.1.2. Opšte karakteristike detektora jonizujućeg zračenja

Gama-spektrometrijska metoda se dominantno zasniva na upotrebi visoko rezolucioni poluprovodničkih detektora najčešće kristala germanijuma visoke radiočistoće (HPGe) planarnog, koaksijalnog tipa ili u obliku jame (Debertin and Helmer, 1988). Važna osobina detektora je *osetljivost*, tj. sposobnost detektora da proizvede koristan signal za dato zračenje i energiju. Nijedan detektor ne može biti osetljiv za svo zračenje i energije. Detektori se prave namenski za dati tip zračenja i za datu oblast energija.

Osetljivost je najvažnija osobina detektora i definiše se kao sposobnost detektora da proizvede signal merljivog inteziteta za dati tip i energiju zračenja. Ona zavisi od nekoliko od nekoliko faktora:

- preseka za jonizujuće reakcije u detektoru;
- mase kristala;
- inherentnih detektorskih šumova;
- zaštitnog materijala koji opkoljava osetljivu zapreminu detektora.

Druga bitna karakteristika detektora je *odgovor detektora*, odnosno dobijanje informacije o energiji zračenja. Odgovor detektora je posledica činjenice da je stvorena količina naelektrisanja proporcionalna energiji koja se apsorbuje u efikasnoj zapremini detektora. U slučaju da se celokupno zračenje apsorbuje onda jonizacija daje meru energije zračenja. Izlazni signal detektora, u opštem slučaju, ima oblik strujnog impulsa, a količina naelektrisanja sadržanog u tom signalu (tj. integralu impulsa po vremenu) je mera jonizacije. Odnos između energije zračenja i ukupnog naelektrisanja odnosno visine impulsa izlaznog signala predstavlja odgovor detektora.

Takođe bitna karakteristika detektora je i *energetska rezolucija* koja pokazuje u kojoj meri detektor može da razdvoji dve linije bliskih vrednosti energija.

Rezolucija je obično data u smislu totalne širine na polovini visine pika (FWHM-*full width at half maximum*). Energije koje se nalaze bliže nego što iznosi vrednost FWHM se obično ne razmatraju. Ako širinu pika izrazimo kao ΔE , onda je relativna rezolucija na energiji E data sa:

$$\text{Rezolucija} = \Delta E/E \quad (12)$$

Rezolucija se izražava u procentima.

Sledeća važna karakteristika detektora je *vreme odziva (odgovora)* i predstavlja vreme potrebno da se generiše signal nakon pristizanja zračenja u detektor. To je veoma bitno za vremensku karakteristiku detektora. Poželjno je da ovo vreme bude što je moguće kraće.

Još jedna važna karakteristika detektora je i *mrtvo vreme*, odnosno period vremena u kome je detektor neosetljiv za novo zračenje. Kada u toku procesa detekcije jedne čestice ili fotona naiđe druga čestica, ona može da bude detektovana ali samo pod izvesnim uslovima. Mrtvo vreme detektora je ograničen vremenski interval koji je potreban detektoru da izvrši detekciju i obično zavisi od vremena trajanja signala. U zavisnosti od tipa, detektori mogu ili ne moraju da budu osjetljivi na druge događaje za vreme trajanja mrtvog vremena.

Vreme trajanja signala je isto važna karakteristika detektora. U toku ovog perioda, drugi događaj ne može biti registrovan jer detektor nije osjetljiv na zračenje, ili će se drugi događaj sumirati sa prvim. Ako se drugi događaj sumira sa prvim onda signal menja oblik. Ovakve signale je moguće odbaciti odgovarajućim kolom. Efekat se zove nasumično sumiranje. Ovo doprinosi takozvanom mrtvom vremenu brojača i ograničava da stvaran broj upadnih fotona bude registrovan (Debertin and Helmer, 1988).

Efikasnost detektora predstavlja odnos broja informacija na izlazu detektora i broja prodora zračenja u efikasnu zapreminu. Ova karakteristika detektora se smatra kao prvi i najvažniji parametar detektora koji direktno utiče na minimalnu granicu detekcije.

Pri detekciji zračenja u gama spektrometriji razmatra se tzv. *Apsolutna efikasnost detekcije* koja se definiše kao odnos broja registrovanih događaja i broja događaja koji su posledica emisije izvora i funkcija je geometrije detekcije i efikasnog preseka za interakciju upadnog zračenja sa materijalnom sredinom detektora.

Takođe koristi se i pojam *Relativna efikasnost* koja predstavlja odnos efikasnosti gama energije od 1332 keV, ^{60}Co , prema efikasnosti standardnog scintilacionog detektora sa kristalom NaI(Tl) veličine 3"×3".

Pored ova dva pojma efikasnosti u spektrometriji gama emitera koristi se i pojam *Sopstvena efikasnost* detektora koja predstavlja odnos odbroja u spektru prema broju gama zraka koji padnu na detektor. Može se definisati kao sopstvena efikasnost

vrha ukupne energije ili kao sopstvena totalna efikasnost. Ova efikasnost je osnovni parametar detektora i nezavisna je od geometrije izvor - detektor (Slivka et al., 1995).

Na slici broj 12, prikazani su HPGe detektori na kojima je izvršeno merenje za potrebe izrade ove doktorske disertacije.

Efikasnost detektora na određenoj energiji dobija se na osnovu izraza:

$$E_f = \frac{N}{t \cdot P_\gamma \cdot A} \quad (13)$$

gde su:

N – korigovan broj (oduzet broj impulsa koji odgovara osnovnom zračenju) impulsu ispod određenog foto vrha (AREA)

t – vreme sakupljanja impulsa, odnosno vreme merenja (s)

P_γ – verovatnoća prelaza (%)

A – aktivnost referentnog radioaktivnog materijala na dan merenja (B_q)

Krive efikasnosti se fituju različitim matematičkim programima za svaku geometriju merenja i matrikse referentnih radioaktivnih materijala.



Slika 12. Detektori (1,2 i 3 s leva na desno)na kojima je izvršeno snimanje za izradu doktorske disertacije

Specifična aktivnost radionuklida izračunava se po formuli:

$$A = \frac{N}{t \cdot P_\gamma \cdot E_f \cdot m(V)} \quad (14)$$

gde su:

N – korigovan broj (oduzet broj impulsa koji odgovara osnovnom zračenju) impulsa ispod određenog foto vrha (AREA)

t – vreme sakupljanja impulsa, merenja (s)

P_γ – verovatnoća prelaza (%)

E_f – efikasnost detektora na datoj energiji i za datu geometriju merenja (%)

m – masa datog uzorka (kg)

V – zapremina datog uzorka (m^3)

Kod radionuklida koji ima više gama energije, aktivnost se određuje na osnovu srednje vrednosti (A_s). Kada se relativne greške površine ispod foto vrha značajno razlikuju, umesto srednje vrednosti, koristi se otežinjena specifična aktivnost koja se računa po sledećoj formuli:

$$A_s = \frac{\sum A_i \frac{1}{\sigma_i^2}}{\sum \frac{1}{\sigma_i^2}} \quad (15)$$

gde su:

A_i – specifična aktivnost radionuklida koja je određena na osnovu jedne gama energije

σ_i – neodređenost te aktivnosti

U gama spektrometriji, posebno u oblasti niskih aktivnosti, važan parametar je granica detekcije koja se određuje na osnovu relacije:

$$MDC = \frac{LLD}{t \cdot P_\gamma \cdot E_f \cdot m(V)} \quad (16)$$

gde su:

LLD – minimalan broj impulsa iznad fona za koji sa određenom verovatnoćom (greška prve i druge vrste je 5%, odnosno $\alpha = \beta = 5\%$) potiče od uzorka i određuju se kao:

$$LLD = 2.71 + 4.65\sqrt{B} \quad (17)$$

gde:

B – predstavlja odbroj ispod foto vrha na određenoj energiji osnovnog zračenja ili fona u impulsima

t – vreme sakupljanja impulsa, merenja (s)

P_γ – verovatnoća prelaza (%)

E_f – efikasnost detektora na datoj energiji i za datu geometriju merenja (%)

m – masa datog uzorka (kg)

V – zapremina datog uzorka (m³)

4.2.2. Određivanje transfer faktora

Biljka iz zemlje uzima hranljive materije koje su joj potrebne za rast i razvoj. Samo zemljište sadrži radionuklide prirodnog i proizvedenog porekla, tako da je logično da biljka tokom svog razvoja apsorbira radionuklide iz zemljišta prvenstveno preko korena, a zatim preko stabe do lista i ploda. Takođe biljka je i važan član u lancu ishrane, odnosno neophodno je poznavati radioaktivnost u biljnim kulturama, kako bi se procenila efektivna doza koju čovek primi usled ingestije (Solecki, Chibowski, 2002).

Svi modeli koji se koriste za proračun efektivne doze, koriste transfer faktor kao kvantitativnu meru prelaska radionuklida iz jedne karice lanca u drugu. Iz tog razloga se transfer radionuklida kroz lance ishrane intenzivno proučava u poslednjih 50 godina. Međunarodna Agencija za atomsku energiju IAEA je na osnovu velikog broja istraživanja napravila široku bazu podataka za vrednosti transfer faktora radionuklida iz zemljišta u biljke (Bikit et al., 2006).

Transfer faktor (T_f) definiše se kao odnos specifične aktivnosti datog radionuklida u biljci (Bq/kg) i specifične aktivnosti istog radionuklida u zemljištu (Bq/kg)

$$T_f = \frac{A_b}{A_z} \quad (18)$$

gde je:

A_b ...specifična aktivnosti radionuklida u biljci [Bq/kg, suve materije]

A_z ... specifična aktivnosti radionuklida u zemljištu [Bq/kg]

Transfer faktor zavisi od više faktora:

- fizičko-hemijskih karakteristika radionuklida;
- oblika nataloženih padavina ili otpada (u slučaju proizvedenih radionuklida);
- vremena koje je proteklo od zagađenja (u slučaju proizvedenih radionuklida) ;
- karakteristika zemljišta;
- tipa biljne kulture i
- načina obrade zemljišta

Akumulacija radionuklida u biljnim kulturama koje se najčešće uzgajaju zavisi i od tipova zemljišta. Razlike u transfer faktorima za različite vrste zemljišta može da varira i do dva reda veličine. Karakteristike zemljišta koje utiču na ove vrednosti su:

minerološki i granulometrijski sastav zemljišta, organski sadržaj u zemljištu, pH i plodnost zemljišta.

Razlika u biološkim karakteristikama pojedinih biljnih vrsta takođe može biti uzrok u velikim razlikama u transfer faktorima. Razlog tome su varijacije u metabolitičkim i biohemijskim mehanizmima usvajanja radionuklida od strane biljaka, hemijska priroda radionuklida, mehanizmi detoksikacije, hidrološki uslovi u zemljištu, biljkama dostupne koncentracije u rizosferi u zemljištu.

Plodnost zemljišta, trajanje vegetativnog perioda i karakter distribucije korenog sistema u zemljištu takođe utiču na transfer faktor. Razlika u akumulaciji preko korenog sistema među različitim biljnim vrstama može biti i za faktor 100. Radionuklidi se najčešće akumuliraju u lišću i stablu, dok se mnogo manje koncentrišu u plodu.

4.3.METODE ODREĐIVANJA POPs JEDINJENJA

4.3.1. Gasna hromatografija – masena spektrometrija (GC-MC)

Gasna hromatografija (GC) je tehnika koja se, verovatno, najčešće koristi u kombinaciji sa masenom spektrometrijom (MS). Kompleksne smeše se mogu veoma lako razdvojiti gasnom hromatografijom, a MS se koristi za identifikaciju individualnih komponenata, jer maseni spektar daje informacije o njihovoj strukturi. Pojedinačne komponente smeše se pojavljuju na gasnom hromatogramu u vidu zasebnih pikova. Retenciono vreme može poslužiti kao veličina za kvalitativno definisanje, ali ovo nije pouzdan način, pa se nikako ne sme koristiti za određivanje sastava nepoznatih i ranije neidentifikovanih jedinjenja (Antonović, 2010).

Ono što je veoma bitno za GC – MS je da obe tehnike koriste približno istu količinu uzorka u gasovitom stanju (manje od 1 ng). Nedostatak se ogleda u ograničenju po pitanju upotrebe. GC – MS mogu se analizirati samo komponente čiji je napon pare veći od 10-10 mbar, a maseni spektri izomernih komponenti se ne razlikuju. Drugi nedostatak se često prevazilazi hromatografskim razdvajanjem izomera.

GC se može direktno vezati za MS, što predstavlja kontinualni postupak vezivanja. Postoji više modela interfejsa koji povezuju ova dva instrumenta. U diskontinualnom postupku komponente se prvo razdvajaju pomoću GC, zatim se kondenzacijom u kapilarnoj cevi na izlazu izdvajaju, a potom se svaki uzorak unosi zasebno u MS. Kada se MS direktno vezuje za GC, postoji problem u razlici pritiska. Na izlazu iz GC pritisak iznosi oko 1 bar, a MS radi pri visokom vakuumu, pritiska od 10⁻⁴ do 10⁻⁶ mbar. Danas je pojava viška gasa nosača prevaziđena, jer se koriste

kapilarne kolone kod kojih je protok gasa nosača relativno mali. U sistemu GC – MS koriste se različiti sistemi za injektovanje, kolone, gasovi nosači, jonski izvori i maseni analizatori. Tokom analize dobija se veliki broj podataka, koji se ne mogu obraditi ručno, pa je neophodno povezivanje instrumenata sa računarskim sistemom (Antonović, 2010).

4.4. METODE STATISTIČKE ANALIZE

Statistička analiza podataka predstavlja matematičku interpretaciju rezultata merenja, koja se može izvršiti uz korišćenje različitih računarskih programa. U disertaciji korišćen je program Origin Version 4.0.

4.4.1. Linearni koeficijent korelacije

Korelacija između dveju slučajnih veličina ako ima linearnu zavisnost opisuje se linearnim koeficijentom korelacije. Pri određivanju ovog koeficijenta polazi se od toga da se linearna veza dve slučajne promenljive opisuje linearnom funkcijom:

$$y = B + Ax \quad (19)$$

Parametri krive A i B određuju se metodom najmanjih kvadrata. Zadatak linearnog modela je da odredi koeficijente A i B , koji opisuju linearnu zavisnost na osnovu uzročnika podataka (x_i, y_i) za $i = 1, 2, \dots, n$.

Linearni koeficijent korelacije se izračunava po formuli:

$$r_{xy} = \frac{\sum_i x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_i x_i \sum_i y_i}{\sqrt{\left[\sum_i x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_i x_i \right)^2 \right] \left[\sum_i y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_i y_i \right)^2 \right]}} \quad (20)$$

x_i, y_i - elementi odgovarajućih skupova nezavisno promenljivih,

n - broj elementa skupa.

Apsolutna vrednost linearnog koeficijenta korelacije r je u intervalu (0-1) i ima vrednost 0 ako su promenljive X i Y međusobno nezavisne, a vrednost ± 1 ako su međusobno linearno zavisne. Visoka korelacija postoji ako je apsolutna vrednost koeficijenta korelacije bliska 1, dok je niska korelaciona veza između promenljivih čiji

je koeficijent korelacije blizak 0. Linearni koeficijent korelacije će biti veći od 0 ako povećanje vrednosti promenljive X prati povećanje vrednosti promenljive Y, ali ako se povećanjem vrednosti promenljive X smanjuju vrednosti promenljive Y, koeficijent korelacije je negativan. U tabeli 16 date su vrednosti i ocene lineranog koeficijenta korelacije na osnovu literaturnih podataka (Stanković, 2001).

Tabela 16. Ocenjivanje vrednosti korelacije (Stanković, 2001)

Vrednost r	Jakost veze
-1	funkcionalna negativna veza
$-1 < r < -0,8$	jaka negativna veza
$-0,8 \leq r < -0,5$	srednja negativna veza
$-0,5 \leq r < 0$	slaba negativna veza
0	veza ne postoji
$0 < r \leq 0,5$	slaba pozitivna veza
$0,5 < r \leq 0,8$	srednja pozitivna veza
$0,8 < r < 1$	jaka pozitivna veza
1	funkcionalna pozitivna veza

U nekim slučajevima može da se desi da između promenljivih X i Y ne postoji nikakva ni posredna ni neposredna funkcionalna veza, a da koeficijent korelacije ima vrednost različitu od nule, ponekad i jako visoku vrednost. To se može desiti kada dve međusobno nezavisne pojave slučajno imaju u toku jednog perioda vremena istosmerne promene. Međutim koeficijent korelacije se ne izračunava između pojava koje su očigledno međusobno nezavisne. Tek kada se na osnovu detaljnije analize dođe do zaključka da između dve veličine postoji izvesna veza, izračunava se koeficijent korelacije kako bi se kvantativno odredila jačina date veze.

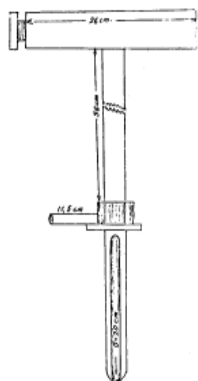
V UZORKOVANJE

Uzimanje uzoraka zemljišta je jedna od najvažnijih i najodgovornijih faza posla u sistemu kontrole plodnosti, jer se na osnovu rezultata hemijske analize nekoliko desetina grama zemljišta, koji treba da reprezentuju celokupnu parcelu, donosi zaključak i daje preporuka za poljoprivrednu površinu od nekoliko hektara.

Uzimanje prosečnih uzoraka zemljišta vrši se u zavisnosti od toga u koju svrhu se želi saznati hranjivi potencijal zemljišta. Ako se sadi nova kultura onda se uzimanje uzoraka vrši posle završetka vegetacije, tj. posle žetve ili berbe prethodnog useva. Ako se uzorak za analizu uzima u svrhu prihrane useva, onda se uzorkovanje vrši u toku vegetacije u fazama razvoja biljke kada je biološki potrebno prihraniti usev (npr. za prihranu pšenice uzorkovanje se vrši u rano proleće).

Priprema zemljišta za ispitivanje sastoji se u pravilnom uzorkovanju. Radi utvrđivanja sadržaja hranljivih materija u zemljištu, kao i održavanja optimalnog nivoa obezbeđenosti najvažnijim hranljivim elementima, neophodno je vršiti uzorkovanje i hemijsku analizu zemljišta. Pravilno uzorkovanje je preduslov za dobijanje ispravnih rezultata. Pre uzimanja uzoraka treba voditi računa da zemljište nije zagađeno, da li je prethodno upotrebljavano za gajenje nekih kultura, da li je bilo navodnjavano (Marković et al., 2007). Priprema se sastoji iz nekoliko koraka.

Uzorci zemljišta, žitarica, voća i povrća koji su uzimani za analizu, uzimani su sa manjih i većih parcela. Uzorci zemlje za ispitivanje u ovoj disertaciji uzimani su sa manjih parcela i to sa nekoliko njih, sa nekoliko različitih lokacija. Zemljište koje je uzimano za analizu je gajnjača. Uzorci su uzimani sa iste katastarske parcele, sa površine zemljišta koje pripada istom pedološkom tipu i pod istom kulturom. Uzorci zemljišta su uzimani sa različitih dubina, 0-5 cm, 0-10 cm, 0-20 cm, 5-10 cm, 10-15 cm i 0-40 cm kako za ispitivanje fizičko hemijskih parametara kvaliteta, tako i za ispitivanje vrednosti koncentracije različitih radionuklida. Uzorci su uzimani u periodu posle žetve (za ratarske kulture) odnosno pre đubrenja i u toku same vegetacije (kod voćarske kulture). Uzorci zemljišta uzimani su cevastom sondom, slika 13, (levo).



Slika 13. Cevasta sonda za uzimanje uzoraka zemljišta (levo), uzorci zemljišta (desno)

Pre uzimanja uzorka izvrši se na karti, odnosno topografskom planu gazdinstva izbor i obeležavanje parcela koje će se ispitati. Sa pedološke karte se istovremeno vidi i kom tipu pripada zemljište, koje treba analizirati. U ovoj disertaciji korišćen je šahovski raspored uzimanja uzoraka. Uzeti uzorci zemlje se izmešaju rukom kako bi se usitnili. Ako je težina zemlje veća od željene težine prosečnog uzorka, pristupa se eliminisanju jednog dela uzorka. Tako dobijeni uzorci se stave u papirne kese na kojima su napisani: broj uzorka, naziv gazdinstva, datum uzimanja, ime lica koje uzima uzorak, oznaka parcele, dubina na kojoj je uzet uzorak, tip zemljišta.

Uzeti uzorci zemlje sa terena se podvrgavaju postupku pripreme koji se sastoji iz sledećih operacija: sušenje uzoraka, čišćenje uzoraka od raznih primesa, izdvajanje srednje probe, sitnjenje, homogenizacija i analiza odnosno ispitivanje parametara koji određuju kvalitet zemljišta. Ovo je bitno za određivanje parametara kvaliteta zemljišta (K, P, N, humus i pH).

Gamaspektrometrijsko ispitivanje uzoraka može se vršiti na originalnim svežim ili suvim uzorcima posle neophodne homogenizacije u uzorcima kod kojih je potrebna posebna priprema, odnosno u koncentrisanim uzorcima. U ovoj disertaciji su korišćeni za analizu suvi uzorci zemljišta. Ukoliko se u datom uzorku vrši mineralizacija, određuje se faktor koncentrisanja koji predstavlja odnos mase sušenog i mineralizovanog uzorka, što je urađeno u slučaju pripreme uzoraka biljne kulture (Janković et.al., 2008).

Priprema uzoraka zemljišta za spektrometriju gama emitera obuhvata odstranjivanje mehaničkih nečistoća, kamenja i biljnog materijala, kao i sušenje na 105°C u toku 24 h. Uzorci žitarica sušeni su na sobnoj temperaturi i mineralizovani na 450°C. Korišćene su sledeće geometrije merenja: Marinelli, zapremine 500 ml za uzorke zemljišta i cilindrične posude, zapremine 125 ml za uzorke žitarica. U svim uzorcima je uspostavljena radioaktivna ravnoteža, tako što su pčelinjim voskom

zatapani u njihovim geometrijama merenja i ostavljeni da pre merenja odstoje 30 dana u laboratorija.

Sa parcela sa kojih su uzimani uzorci zemljišta za analizu gajene su i određene vrste biljnih kultura. Radioaktivnost je ispitivana u uzorcima zemljišta kao i u uzorcima žitarica i voća koji su rasli na datim lokacijama, kao i u uzorcima vode.

Eksperimentalnom analizom podvrgnuti su i suvi plodovi višnje koji su dobijeni sušenjem u konvektivnoj sušari, pod različitim tretmanima na temperaturi od 70°C. U suvom prinosu određivan je sadržaj promene vlage pod dejstvom spoljašnjeg faktora temperature.

Prosečan uzorak zemljišta za određivanje PAH-ova se sastoji od 20-25 pojedinačnih uzoraka zemljišta (broj zavisi od veličine površine proizvodne parcele). Pojedinačan uzorak se uzima sondom ili ašovom na dubini od 0-30 cm na parcelama koje su u ratarskoj i povrtarskoj proizvodnji, tj. na dubini od 0-30 cm i stavlja se u kese ili tamne flaše. Uzorci se prenose u rashlađenom stanju i najkasnije 12 sati od uzorkovanje treba pristupiti analizi. Kada uzorak zemljišta stigne u laboratoriju na ispitivanje, prvo se vrši njegovo sušenje koje se uglavnom odvija na sobnoj temperaturi, nikako u nekoj od sušnica jer bi na taj način došlo do promene sadržaja nekih od čestica u zemljištu. Nakon sušenja vrši se usitnjavanje zemljišta na čestice prečnika do 2 mm. Da bi se izvršilo ispitivanje, potrebno je prevesti zemljište u oblik koji je pogodan za tu vrstu ispitivanja; npr. u tečno stanje. (Ćirić, 2014).

Za određivanje sadržaja vlage u suvom prinosu, korišćeni su uzorci čija je masa m_1 iz tabele 39 uzimana da bude oko 5 g. Uzorci su sušeni u sušnici na temperaturi od 103°C tri sata i nakon toga su dobijene mase uzoraka m_2 . Pre merenja uzoci su stajali 30 minuta na sobnoj temperaturi.

5.1. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je rađeno u periodu od jula 2013. do oktobra 2014. godine i odvijalo se u dve faze:

- terenska istraživanja sa uzimanjem uzoraka;
- analitička istraživanja u laboratoriji.

Lokacije uzorkovanja zemljišta su podeljene u dve grupe:

- poljoprivredno zemljište (oranice, njive);
- nepoljoprivredno zemljište (livade, šume)

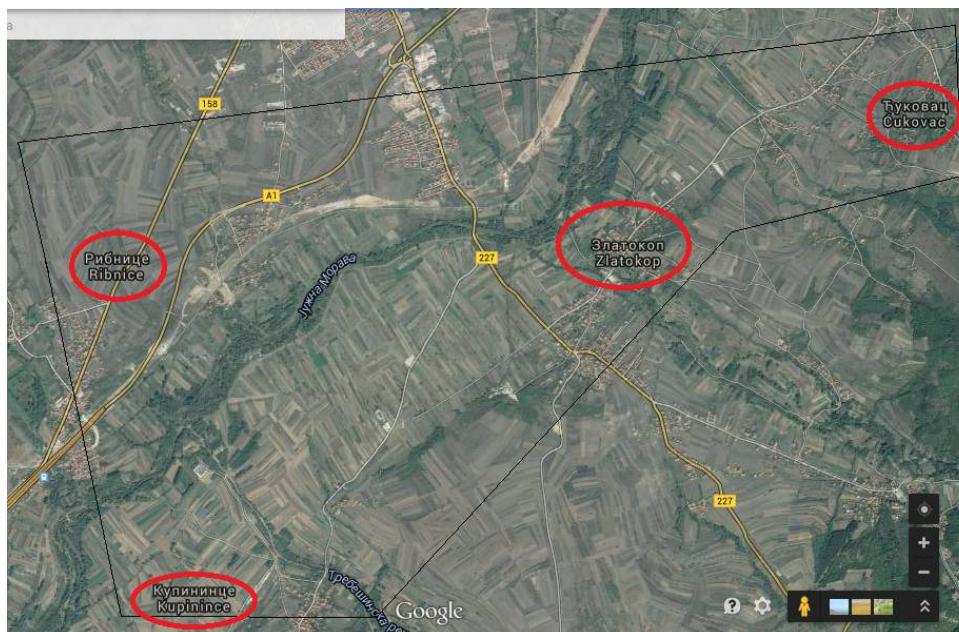
Lokacije uzorkovanja žitarica, voća i povrća bile su u Pčinjskom regionu.

Uzorci zemljišta u kojima su ispitivana POPs, uzimani su iz obradivih njiva i oranica, koje su blizu igradnje auto puta E-75 koji se uveliko radi. Koncentracija zagađujućih parametara iz grupe PAH je takođe bila prisutna, pa su i rezultati istih ispitivani.

Rezultati ispitivanja različitih uzoraka zemlje analizirani su u periodu od jula 2013. godine do oktobra 2014. godine. Rezultati su tabelarno prikazani.

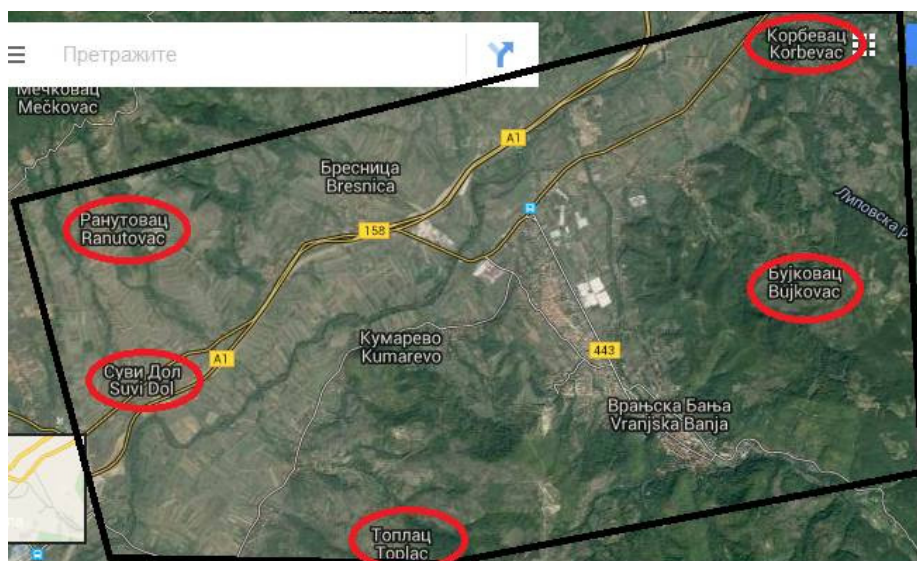
U tabeli 20 prikazana su po četiri uzoraka zemljišta sa pet različitih lokacija i različitih dubina u Pčinjskom regionu (Korbevac, Suvi Dol, Toplac, Ranutovac i Bujkovac) u kojima su određivani P, K, N, pH i humus. Uzorci zemljišta uzimani su sa različitih dubina, s tim što dubine uzimanja uzoraka nisu bile iste na svim lokacijama. Na nekim lokacijama uzorci zemljišta uzimani su sa dubine od 0-5 cm, 0-10 cm i 0-20 cm, Korbevac i Bujkovac; na lokaciji Suvi Dol uzimani su uzorci zemljišta sa dubine od 0-5 cm, 5-10 cm i 10-15 cm; dok na lokaciji Ranutovac uzorci zemljišta uzimani su sa dubine od 0-10 cm i 0-20 cm. Na lokaciji Toplac uzorci zemljišta uzimani su na dubini od 0-20 cm i 0-40 cm.

Na slici 14 prikazana su mesta uzorkovanja u Dolini reke Južne Morave u Regionu grada Vranja, čiji su uzorci zemljišta uzimani pre i neposredno nakon poplava.



Slika 14. Mesta uzorkovanja u Regionu Grada Vranja u dolini reke Južne Morave

U tabeli 17 navedeni su parametri koji se odnose na uzorkovanje: lokacije, geografske koordinate i nadmorska visina mesta uzorkovanja, dubina uzorkovanja kao i datum uzorkovanja, zemljišta za ispitivanje radioaktivnosti. Date lokacije: Bujkovac, Korbevac, Toplac, Suvi Dol i Ranutovac nalaze se u Pčinjskom region i prikazane su na slici 15.



Slika 15. Mesta uzorkovanja u Regionu Grada Vranja

Tabela 17. Spisak uzoraka zemljišta i koordinate mesta uzorkovanja

Lokacija	Dubina (cm)	Koordinate		Nadmorska visina	Datum uzorkovanja
		X (SGŠ)	Y (IGD)		
Bujkovac	0-5	42°33'26"	22°00'35"	718	09.11.2014.
	0-10	42°33'26"	22°00'35"	718	09.11.2014.
	0-20	42°33'26"	22°00'35"	718	09.11.2014.
Korbevac	0-5	42°23'06"	21°44'24"	441	05.11.2014.
	0-10	42°23'06"	21°44'24"	441	05.11.2014.
	0-20	42°23'06"	21°44'24"	441	05.11.2014.
Suvi Dol	0-5	42°33'07"	21°56'05"	359	11.11.2014.
	0-10	42°33'07"	21°56'05"	359	11.11.2014.
	0-20	42°33'07"	21°56'05"	359	11.11.2014.
Toplac	0-20	42°32'18"	21°58'02"	528	17.11.2014.
	0-40	42°32'18"	21°58'02"	528	17.11.2014.
Ranutovac	0-10	42°34'06"	21°56'58"	359	18.11.2014.
	0-20	42°34'06"	21°56'58"	359	18.11.2014.

U tabeli 18 dati je spisak uzoraka žitarica, povrća, voća i vode, koji su uzimani sa istih lokacija sa kojih su uzeti i uzorci zemljišta.

Tabela 18. Spisak uzoraka žitarica, povrća, voća i vode i koordinate mesta uzorkovanja

Lokacija	Vrste uzoraka	Koordinate		Nadmorska visina	Datum uzorkovanja
		X (SGŠ)	Y (IGD)		
Bujkovac	Krompir	42°33'26"	22°00'35"	718	09.11.2014.
	Ječam	42°33'26"	22°00'35"	718	09.11.2014.
	Pšenica	42°33'26"	22°00'35"	718	09.11.2014.
	Kukuruz	42°33'26"	22°00'35"	718	09.11.2014.
Korbevac	Jabuke, crveni delišes (plod)	42°23'06"	21°44'24"	441	05.11.2014.
	Kukuruz	42°23'06"	21°44'24"	441	05.11.2014.
	Pšenica	42°23'06"	21°44'24"	441	05.11.2014.
	Suva paprika	42°23'06"	21°44'24"	441	05.11.2014.
	Krompir	42°23'06"	21°44'24"	441	05.11.2014.
Suvi Dol	Kukuruz	42°33'07"	21°56'05"	359	11.11.2014.
	Pšenica	42°33'07"	21°56'05"	359	11.11.2014.
Toplac	Krompir	42°32'18"	21°58'02"	528	17.11.2014.
	Voda, izvorska	42°32'18"	21°58'02"	528	17.11.2014.

U tabeli 19 dati su uzorci drvenastih biljaka, sa različitih lokacija, kao i koordinate i nadmorske visine mesta uzorkovanja.

Tabela 19. Spisak uzoraka drvenastih biljaka

Lokacija	Uzorci	Koordinate		Nadmorska visina	Datum uzorkovanja
		X (SGŠ)	Y (IGD)		
Bujkovac	Drvo hrasta	42°33'26"	22°00'35"	718	09.11.2014.
	Drvo bukve	42°34'28"	22°01'34"	718	09.11.2014.
	Drvo duda	42°36'25"	22°02'35"	718	09.11.2014.
	Drvo bresta	42°35'26"	22°04'33"	718	09.11.2014.
	Drvo bagrema	42°38'28"	22°05'36"	718	09.11.2014.
	Drvo cera	42°31'24"	22°01'35"	718	09.11.2014.
	Drvo šljive džanarike	42°33'27"	22°00'33"	718	09.11.2014.
Slivnica	Drvo gabar	42°33'08"	21°56'05"	1043	10.11.2014.
	Drvo bukva	42°34'09"	21°57'08"	1043	10.11.2014.
	Drvo hrasta	42°33'07"	21°55'06"	1043	10.11.2014.
	Drvo bagrem	42°32'08"	21°56'09"	1043	10.11.2014.
Toplac	Drvo kajsije	42°32'18"	21°58'02"	528	17.11.2014.

VI REZULTATI I DISKUSIJA

6.1. ODREĐIVANJE FIZIČKO HEMIJSKIH KARAKTERISTIKA U ZEMLJIŠTU

U tabeli 20 dati su rezultati ispitivanja uzoraka zemljišta sa pet lokacija u okolini Grada Vranja. Rezultati prikazani u tabeli 20, prikazuju parametre kvaliteta ispitivanog zemljišta, odnosno pokazuju koliki procenat hemijskog elementa N, K, P se nalazi u uzetim uzorcima zemljišta, kao i koliki je procenat humusa u zemljištu i kolika je njihova pH vrednost.

Tabela 20. Sadržaj parametra K, P, N, pH i humusa u ispitivanim uzorcima zemljišta na različitim dubinama i različitim lokacijama

Dubina (cm) i lokacija	Broj uzoraka	Sadržaj P (%)	Sadržaj N (%)	pH	Sadržaj humusa (%)	Sadržaj K (%)
0-5 Kobrevac,	1	12,52	0,15	5,59	2,98	10
	2	14,78	0,16	5,75	3,29	13,85
	3	20,40	0,16	6,38	3,30	14,62
	4	27,20	0,13	6,93	2,57	6,43
0-10 Kobrevac,	1	13,62	0,11	6,52	2,21	5,38
	2	23,66	0,14	6,61	2,85	13,46
	3	21,60	0,13	6,86	2,67	13,08
	4	10,13	0,17	3,81	3,14	11,92
0-20 Korbevac	1	15,12	0,16	6,54	2,68	14,19
	2	18,69	0,16	6,89	2,64	18,09
	3	25,13	0,13	5,56	3,09	10,17
	4	20,09	0,22	6,08	3,12	9,71
0-5 Suvi Dol	1	13,48	0,16	3,74	3,23	10
	2	17,12	0,19	5,03	3,75	12,69
	3	21,25	0,20	5,44	3,67	>40
	4	16,90	0,18	5,45	3,27	>40
5-10 Suvi Dol	1	8,93	0,18	4,04	3,53	9,64
	2	>40	0,32	7,5	3,43	>40
	3	14,16	0,18	4,62	3,67	13,46
	4	9,78	0,16	5,17	3,27	10,38

Nastavak tabele 20. Sadržaj parametra K, P, N, pH i humusa u ispitivanim uzorcima zemljišta na različitim dubinama i različitim lokacijama

Dubina (cm) i lokacija	Broj uzoraka	Sadržaj P (%)	Sadržaj N (%)	pH	Sadržaj humusa (%)	Sadržaj K (%)
10-15 Suvi Dol	1	>40	0,46	6,75	3,52	>40
	2	10,61	0,17	4,03	3,43	11,92
	3	10,90	0,18	6	3,61	32
	4	19,18	0,13	5,78	2,62	13,33
0-10 Ranutovac	1	18,94	0,13	6,05	2,54	17,50
	2	16,52	0,1	5,82	2,16	10,67
	3	7,76	0,19	4,82	3,83	10
	4	12,76	0,12	5,18	2,31	5,83
0-20 Ranutovac	1	15,02	0,27	5,48	3,35	10,91
	2	>40	0,27	6,42	5,35	20,83
	3	>40	0,32	7,5	6,43	>40
	4	13,8	0,15	4,92	3,01	13,64
0-20 Toplac	1	36,20	0,21	4,67	4,24	15
	2	12,72	0,16	5,58	3,27	21,67
	3	12,60	0,14	4,66	2,90	17,73
	4	13,28	0,22	4,96	4,34	18,18
0-40 Toplac	1	>40	0,23	6,41	4,61	>40
	2	>40	0,30	6,99	6,02	>40
	3	10,36	0,38	4,49	7,53	10,71
	4	9,12	0,18	4,89	3,69	12,01
0-5 Bujkovac	1	15,24	0,17	5,09	3,34	18,64
	2	>40	0,46	6,75	7,17	>40
	3	21,25	0,20	5,44	3,97	20,19
	4	19,75	0,12	5,33	2,40	>40
0-10 Bujkovac	1	12,36	0,15	5,75	3,12	31,06
	2	19,69	0,15	5,06	3,78	16,81
	3	32,02	0,18	6,38	2,69	12,56
	4	21,42	0,21	6,12	5,74	20,08
0-20 Bujkovac	1	16,90	0,18	5,45	3,51	>40
	2	14,80	0,16	5,36	3,24	27,51
	3	22,13	0,15	6,09	3,02	30,45
	4	17,56	0,18	5,94	3,18	25,67

U tabeli 20 sadržaj humusa kreće se od 2-7,53%. Vrednost humusa povećava se u jesenjem periodu, kada je povećan rad mikroorganizma. Pogodno zemljište za gajenje voćnih kultura smatra se ono kada je vrednost humusa oko 3 (Oljača, 2008), a to je i

dokazano ovim ispitivanjem. Međutim, na lokaciji Toplac u uzorku 3 vrednost humusa je veća od drugih uzoraka i iznosi 7,53, kao i na lokaciji Bujkovac u uzorku 2 vrednost humusa je 7,17 i u uzorku 4 sa iste lokacije vrednost humusa je 5,74. Uzorci zemljišta bogata humusom sadrže velike zalihe biogenih elemenata koje humus čuva od ispiranja, a po mineralizaciji stavlja biljkama na raspolaganje. Zato što voćarske kulture u toku jeseni, kada im prekine vegetacija, kada im opadne lišće, vraćaju zemljištu organsku materiju, čime se ono obogaćuje i stvara plodno zemljište. Organska materija se razlaže na prostija jedinjenja dekompozicije i mineralizacije (Ojača, 2008). Količina i kvalitet humusa u zemljištu se stalno obnavlja, odnosno količine novog humusa se zamenjuju starim i tako se stalno održava određeni nivo humusa u zemljištu koje je namenjeno za sadnju nekih kultura. Ta ravnoteža je od velikog značaja za stvaranje i održavanje plodnosti zemljišta. (Ojača, 2008).

Potencijalna kiselost poljoprivrednog zemljišta kreće se od pH 3 do pH 6 jedinica, odnosno od neutralne do slabo alkalne sredine. Za razliku od poljoprivrednih zemljišta u Vojvodini (severni deo Srbije) gde se pH zemljišta kreće od 7,16 do 7,41 jedinica. (Bikit et al., 2012), dok kod aluvialna zemljišta pH bude 7 (Pulhani et al., 2000, 2005). To znači da su za uspevanje i dalji rast biljaka najpogodnija kisela zemljišta tipa gajnjače, čiji se pH kreće u opsegu od 6 do 8. Zemljišta čiji je pH 3,81 i 3,74 se ne preporučuju za sadnju biljaka, jer smanjena vrednost pH može izazvati povećanje koncentracije aluminijuma i mangana do toksičnih vrednosti (Kovačević, 2003). U uzorcima u kojima je pH oko 7 rastvorljivost fosfora je najbolja. Reakcija ispitivanog poljoprivrednog zemljišta je u relativno uskom dijapazonu. Najveći broj ispitivanih uzoraka pripada klasi slabo alkalnih zemljišta, što ukazuje da na ovakvim parcelama treba primenjivati fiziološki kisela đubriva (npr. amonijum nitrat -AN, ureu i sl.).

Vrednost fosfora (P) kreće se od 7,76% do preko 40%. U tabeli 20 mogu se videti vrednosti kalijuma i fosfora koje su veće od 40. To znači da kada su vrednosti kalijuma i fosfora veće od 40 (što predstavlja gornju granicu, maksimuma), zemljište ne treba đubriti sa onim vrstama đubriva koja u svom sastavu imaju kalijum i fosfor. Smatra se da su zemljišta u kojima je ispitivan sadržaj kalijuma i fosfora preko 40, dovoljna sama sebi bez dodatka dodatnih đubriva.

Vrednost kalijuma (K) kreće se od 5,38 pa do preko 40%. Uzorci zemljišta gde je vrednost K 5,38; 5,83 i 6,43%, pokazuju da je zemljište siromašno kalijumom i da treba zemljište đubriti đubrivima koja su bogata ovim elementom kako bi se postigao dobar kvalitet, a samim tim i kvalitet i količina prinosa bila velika. Vrednosti K veće od 40 % pokazuje da je zemljište bogato ovim elementom i da ne treba dodatno đubriti đubrivima koja su bogata kalijumom.

Vrednost azota (N) u ispitivanim uzorcima zemljišta kreće se od 0,1 do 0,46%. Ove vrednosti za azot pokazuju da je zemljište dovoljno bogato azotom.

Posmatrano po lokacijama, kao što se može videti iz tabele 20 u kojoj su date srednje vrednosti parametra kvaliteta zemljišta najmanje vrednosti su dobijene za azot na svim lokacijama. Takođe i procenat humusa je manji na svim lokacijama, dok je procenat fosfora najveći na svim lokacijama.

U tabeli 21 prikazane su srednje vrednosti parametara kvaliteta zemljišta, po dubini na datoj lokaciji.

Tabela 21. Srednje vrednosti parametara kvaliteta zemljišta po lokacijama i dubinama uzorkovanja

Dubina (cm)	Sadržaj K (%)	Sadržaj P (%)	Sadržaj N (%)	Ph	Sadržaj humusa (%)
Korbevac					
0-5	11,22	18,73	0,15	6,16	3,03
0-10	10,96	17,25	0,14	5,95	2,72
0-20	13,04	19,76	0,17	6,27	2,88
Suvi Dol					
0-5	26,42	17,19	0,18	4,92	3,48
5-10	18,62	18,47	0,21	5,33	3,48
10-15	24,31	20,67	0,24	5,64	3,29
Ranutovac					
0-10	11,21	14	0,13	5,47	2,71
0-20	21,59	27,45	0,25	6,08	4,53
Toplac					
0- 20	18,15	18,7	0,18	4,97	3,69
0-40	25,93	25,12	0,27	5,69	5,46
Bujkovac					
0-5	30,21	24,31	0,24	5,65	4,22
0-10	20,13	21,37	0,17	5,83	3,85
0-20	31,41	17,85	0,17	5,71	3,24

U tabeli 22 prikazane su srednje vrednosti parametara kvaliteta zemljišta po dubinama za sve lokacije.

Tabela 22. Srednje vrednosti parametara kvaliteta zemljišta po dubinama za sve lokacije

Dubina (cm)	Sadržaj K (%)	Sadržaj P (%)	Sadržaj N (%)	pH	Sadržaj humusa (%)
0-5	22,62	20,08	0,19	5,58	3,58
0-10	14,1	17,54	0,15	5,75	3,09
0-20	21,05	20,94	0,19	5,76	3,58
10-15	18,62	18,47	0,21	5,33	3,48
5-10	24,31	20,67	0,24	5,64	3,29
0-40	25,93	25,12	0,27	5,69	5,46

Iz tabele 22, vidi se da su srednje vrednosti parametara kvaliteta zemljišta po dubinama na različitim lokacijama, približno iste, osim što kod dubine od 0-10 cm, za kalijum imamo znatno niže vrednosti (14,1%), za razliku od ostalih dubina za isti parametar, gde se vrednosti kreću oko 24%.

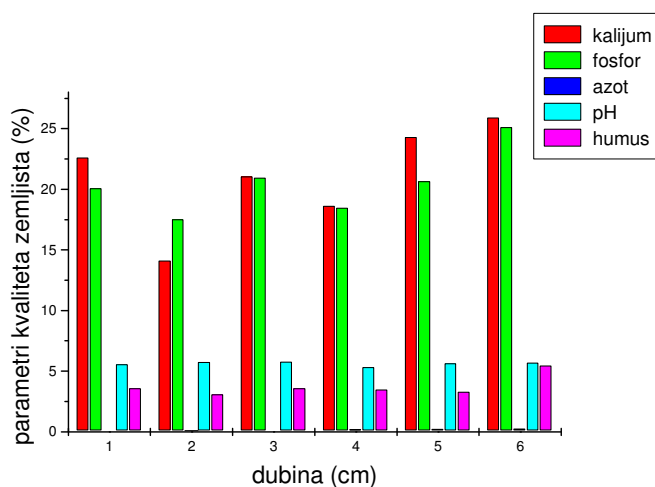
U uzorcima ispitivanog zemljišta na različitim dubinama, (tabela 22), sadržaj fosfora i kalijuma kreće se u granicama od 17-21%, što znači da zemljište spada u kategoriju srednje kvalitetno, sa srednjim sadržajem fosfora, na osnovu tabele 13 II klasa. Dobijeni rezultati su u skladu sa literarnim podacima (Ubavić et al., 1990), po kojima procenat fosfora iznosi oko 15 mg P₂O₅ na 100 mg zemljišta, odnosno 25 mg K₂O/100 g zemljišta Srednji sadržaj fosfora u zemljištu omogućava rentabilniju upotrebu đubriva tj. primenu one količine fosfora koja je potrebna biljkama da bi postigle određeni prinos. Osim u uzorku zemljišta na lokaciji Toplac gde je % fosfora 25,12 imamo zemljište sa dobrim procentom fosfora na dubini od 0-40 cm.

Optimalni nivo fosfora i kalijuma ne mogu se dati jednom brojkom. Oni zavise od niza činilaca (mehaničkog sastava i pH vrednosti, sadržaja CaCO₃, kao i od ostalih hemijskih i fizičkih osobina zemljišta, što se pri njihovom tumačenju mora uzeti u obzir.

Procenat azota u uzorcima zemljišta na različitim dubinama, (tabela 22), je u intervalu od 0,19 do 0,27. To znači da shodno tabeli 15, ispitivani uzorci spadaju u klasu zemljišta bogata azotom. Kako su ispitivani uzorci zemljišta bogati azotom, imaju više humusa pa su i plodnija.

pH vrednost u ispitivanim uzorcima zemljišta na različitim dubinama, (tabela 22), je u intervalu od 5,33-5,69, to znači da je ispitivano zemljište slabo kiselo.

Dobijene vrednosti za K, P, N, pH i procenat humusa, u uzorcima ispitivanog zemljišta na različitim dubinama, prikazani su histogramski na slici 16, kao zavisnost srednjih vrednosti parametara kvaliteta zemljišta (K, P, N, pH i humusa) y-osa po dubinama x-osa.



Slika 16. Histogramski prikaz dobijenih srednjih vrednosti parametara kvaliteta zemljišta (K, P, N, pH i humusa) po dubinama

Legenda:

- 1) dubina od 0-5 cm; 2) dubina od 0-10 cm; 3) dubina od 0-20 cm; 4) dubina od 5-10 cm; 5) dubina od 10-15 cm; 6) dubina od 0-40 cm.

U tabeli 23 prikazane su minimalne i maksimalne vrednosti parametara kvaliteta zemljišta po dubinama od 0-5 cm, 0-10 cm, 0-20 cm, 10-15 cm i 5-10 cm.

Tabela 23. Minimalne i maksimalne vrednosti parametara kvaliteta zemljišta na različitim dubinama

Dubina (cm)	Sadržaj K (%)		Sadržaj P (%)		Sadržaj N (%)		pH		Sadržaj humusa (%)	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0-5	11,22	30,96	17,19	24,31	0,15	0,24	4,92	6,16	3,03	4,22
0-10	10,96	20,13	14	21,37	0,13	0,17	5,47	5,95	2,72	4,22
0-20	13,04	31,41	17,85	27,95	0,17	0,25	5,71	6,27	2,88	3,69
10-15	24,81		20,67		0,24		5,64		3,29	
5-10	18,622		18,47		0,21		5,33		3,48	

Minimalne vrednosti na različitim dubinama, (tabela 23), su približno slične, pa se može zaključiti da nema nekih velikih razlika u kvalitetu zemljišta, odnosno da nema velikih promena pojedinih elemenata u zemljištu na različitim dubinama i različitim lokacijama. Jedino vrednosti parametara kvaliteta zemljišta na dubinama od 10-15 cm i od 5-10 cm nemaju minimalne i maksimalne vrednosti zato što su bili po jedni uzorci.

Rezultati ispitivanih uzoraka pokazuju zadovoljavajuće prisustvo kalijuma i fosfora, kao i azota. Na ovako povoljne rezultate može da se kaže da utiču i povoljni

ekološki faktori, kao i dobar geografski položaj. Dobijeni rezultati K, P, N, pH i humusa u ispitivanim uzorcima u disertaciji su sličnim rezultatima koje je dobilo Ministarstvo zaštite životne sredine i prostornog planiranja 2009.godine. U tom izveštaju rezultati koji su dobijeni za poljoprivredno zemljište na teritoriji Vojvodine pokazuju da je sadržaj humusa iznad 3%, što je slučaj i u ovoj disertaciji gde je sadržaj humusa takođe iznad 3%. Lakopristupačni fosfor u izveštaju kreće se oko 24,30%, a u disertaciji su prosečne vrednosti za fosfor dobijene oko 24,50%. Jedino je pH u ispitivanim uzorcima zemljišta u disertaciji manja, odnosno zemljište je manje kiseliije pH je oko 6,30, dok je prema izveštaju zemljište slabo alkalno na teritoriji Vojvodine i njegov pH je 7,25. Vrednosti azota 0,42% su takođe veće na teritoriji Vojvodine u odnosi na zemljište koje je ispitivano u disertaciji, a na teritoriji je Južne Srbije, Pčinjski region. Prema ovom izveštaju i zemljište u Centralnoj Srbiji ima slične rezultate kao i zemljište u Vojvodini i ispitivano zemljište u ovoj disertaciji.

6.2. UTICAJ ŠTETNIH GASOVA NA KVALITET ZEMLJIŠTA

Lokacije Suvi Dol, Ranutovac i Korbevac su lokacije koje se nalaze duž puta gde se gradi auto put E-75. S obzirom da je frekvencija saobraćaja u okolini povećana, postoji mogućnost od zagađenja životne sredine, a samim tim i plodnih njiva (oronica) u ovim mestima. Na kvalitet zemljišta značajnu ulogu imaju i štetni metali i gasovi koji se javljaju kao posledica aktuelne izgradnje autoputa E-75 koja je u ovom regionu Srbije povećana. Prigradska i gradska zemljišta su najčešće antropogena i zagađena usled blizine frekventnih saobraćajnica, industrijskih postrojanja i sagorevanja fosilnih goriva (Purves, 1967; Davies et al., 1979; Spiliter i Feder, 1979).

Delovanje štetnih gasova u zemljištu ispitivano je preko POPs i PAH jedinjenja.

6.2.1. POPs jedinjenja

Perzistantni organski polutanti POPs, predstavljaju grupu hemijskih jedinjenja različitog porekla i sličnih fizičko-hemijskih karakteristika (isparljivost, difuzija kroz atmosferu na velike udaljenosti, perzistentnost u životnu sredinu). Ova jedinjenja su otporna na fotohemijsku, biološku i hemijsku degradaciju. Imaju visok napon pare zbog čega su isparljivi. Karakteriše ih niska rastvorljivost u vodi i visoka rastvorljivost u lipidima koji su uzrok visoke bioakumulacije u masnim tkivima svih živih bića. POPs se atmosferskim transportom, kretanjem vode kao i putem sedimenata transportuje na velike razdaljine. Pojedini polutanti iz grupe POPs još uvek kontaminiraju životnu sredinu, iako je upotreba POPs-a ograničena zbog spore i otežane degradacije u prirodnim uslovima, visoke bioakumulativnosti i toksičnosti. (Castro -Jimenez et al., 2011; Barakat et al., 2013).

POPs obuhvataju 3 grupe organskih jedinjenja:

- pesticide - DDT
- industrijske hemikalije - PCB
- sporedne produkte procesa proizvodnje i sagorevanja gasova iz automobila i fabričkih dimnjaka – PAH, dioksini i furani

POPs jedinjenja vode poreklo iz antropogenih izvora zagađenja (proizvodnja i korišćenje organskih hemikalija, industrijskih postrojenja, otpadne vode, procesi sagorevanja otpada, izduvni gasovi automobila, nafte, sagorevanje drveta). Vreme poluživota POPs jedinjenja je različita u različitim sredinama. Za zemljište vreme poluživota ovih jedinjenja je veća od šest meseci. Brzina raspadanja POPs jedinjenja u najvećoj meri zavisi od hemijske strukture i karakteristika same supstance kao i od njene distribucije u različitim delovima životne sredine.

Veliki broj naučnih ispitivanja i praktičnih analiza, ukazuje na štetnost upotrebe POPs, što je i uzrokovalo definisanje i usvajanje velikog broja konvencija i zakonskih regulativa, koje treba da regulišu proizvodnju, primenu i ispuštanje ove grupe polutanata u životnu sredinu. Sporazum je potpisan 2002.god. od strane 90 zemalja sveta u okviru Stokholmske konvencije donet je od strane Programa Ujedinjenih nacija za zaštitu životne sredine (UNEP). Ova Stokholmska konvencija zabranjuje proizvodnju, korišćenje, uvoz i izvoz jedinjenja koji pripadaju POPs grupi zbog negativnog uticaja na životnu sredinu i čoveka.

6.2.2. PAH jedinjenja

Policiklični aromatični ugljovodonici su jedinjenja organskog porekla, koja u strukturi sadže dva ili više kondenzovanih prstenova. Uglavnom su sastavljeni iz ugljenika i vodonika, međutim, kod derivate PAH – ova, atomi ugljenika mogu biti zamenjeni atomima kiseonika, sumpora i azota čineći tako heterociklična jedinjenja. PAH–ovi koji sadrže pet ili više od pet aromatičnih prstenova se nazivaju „teškim“ PAH- ovima (heavy PAHs), dok oni sa manje od pet prstenova su „laki“ PAH–ovi (light pah's). Obe grupe su nepolarna jedinjenja izrazito lipofilnog karaktera, s tim što su „teški“ PAH–ovi stabilniji i toksičniji od „lakah“. Agencija za zaštitu životne sredine (eng. Environmental Protection Agency, EPA) definisala je 16 prioriternih jedinjenja iz grupe PAH–ova koji se najčešće nalaze u uzorcima zemljišta, vazduha i vode, pa je i potreba za njihovom kvantifikacijom najpotrebnija.

PAH- ovi su jedinjenja relativno slabo rastvorna u vodi, ali se lako rastvaraju u nepolarnim rastvaračima i lipidima. PAH–ovi u čvrstom agregatnom stanju su bele, žute, blede zelene boji a neki od njih su i bezbojni. PAH- ovi imaju karakteristične UV spektre, otporni su na fotorazgradnju i imaju sposobnost fluorescencije. Zajedničke osobine svih PAH-ova su visoka tačka ključanja, niska vrednost napona pare i veoma

mala rastvorljivost u vodi. PAH-ovi su rastvorljivi u mnogim organskim rastvaračima. Rastvorljivost u vodi se smanjuje sa povećanjem molekulske mase. PAH-ovi su hemijski inertna jedinjenja, i reakcije koje su karakteristične za njih su elektrofilna supstitucija i adicija.

Antropogenim putem PAH-ovi mogu da nastanu iz izduvnih gasova automobila i ovaj izvor emisije predstavlja najznačajniji izvor emisije PAH-ova u urbanim sredinama. Dizel motori imaju količinski veće čestične emisije u odnosu na vozila sa benzinskim motorima. Pored saobraćaja, važan izvor emisije PAH-ova je industrijska aktivnost kao što je primarna proizvodnja aluminijuma, produkcija koksa, spaljivanje otpada, proizvodnja cementa, rafinerije nafte, petrohemijska industrija, industrija bitumena i asfalta, proizvodnja guma i električne nergije u termoelektranama. Jedinjenja iz grupe PAH- ova se u ambijentalnom vazduhu nalaze u čestičnoj frakciji, sorbovani na suspendovane čestice, dok se u gasnoj frakciji nalaze kao slobodna gasovita jedinjenja. Na urbanim i industrijskim lokalitetima, PAH-ov se gotovo u potpunosti emituje ljudskom delatnošću i osnovni su nusprodukti nepotpunog sagorevanja organske materije. Bilo posredstvom antropogenog faktora ili prirodnim putem, formirani PAH-ovi se akumuliraju u vodi, vazduhu i zemljištu, a kroz lanac ishrane dospevaju do čoveka.

U tabelama 24 i 25 prikazani su rezultati ispitivanja prisustva perzistentnih organskih polutanata (POPs) u zemljištu na teritoriji grada Vranja. Odabrane lokacije se nalaze pored saobraćajnica koje su poznate kao izvori POPs jedinjenja u koja pored ostalih spadaju i pesticidi, policiklični aromatični ugljovodonici (PAH) i polihlorisani bifenili (PCB), (Garcia, C. Ake et al., 2001). Maksimalno dozvoljena količina benzo-pirena u zemljištu za poljoprivrednu proizvodnju i gajenje povrća je 0,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ a.s.z., a polihlorisanih bifenila u livadskom zemljištu 0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ a.s.z.

Tabela 24. MDK za benzo-piren u zemljištu namenjom poljoprivrednoj proizvodnji

ZEMLJIŠTE→BILJKA	
Plodne njive dubine od 0-20 cm	
Supstanca	($\mu\text{g}/\text{kg}$ a.s.z).
BaP	0,8
Livade, dubine od 0-40 cm	
PCB(6)*	0,3

* izražen kao zbir 6 karakterističnih predstavnika (Bal 28, Bal 52, Bal 101, Bal 138, Bal 153, Bal 180)

Nalaz organskih jedinjenja u zemljištu (tabela 24) u ovim koncentracijama navodi na zaključak da je proces akumulacije štetnih materija započeo te da je potrebno definisati izvore kontaminacije i nastaviti dalji monitoring sadržaja organskih jedinjenja u tom zemljištu. Upozoravajuće vrednosti su vezane za sadržaj organske materije

(humus) u zemljištu koja može prirodno biti nosilac drugih organskih jedinjenja pa se ovakve koncentracije ne zovu zagađenjem nego je to prirodan nivo prisustva organskih jedinjenja u zemljištu sa visokim sadržajem humusa.

Tabela 25. Upozoravajuće vrednosti sadržaja organskih jedinjenja u zemljištu, na lokacijama koje se nalaze duž puta gde se gradi autoput E-75

Lokacija	Zemljište	PCB (6)	BaP	PAH (16)*
(µg /kg a.s.z.)				
Suvi Dol	humus > 7 %	0,20	2,0	20
	humus < 7 %	0,03	0,3	30
Ranutovac	humus > 7 %	0,04	4,0	40
	humus < 7 %	0,02	2,0	20
Korbevac	humus > 7 %	0,03	3,0	30
	humus < 7 %	0,01	1,0	10

Ukupan sadržaj PAH-ova u poljoprivrednom zemljištu uzorkovanom u blizini asfaltne baze u selu Ranutovac iznosi 0.007 µg /kg a.s.z. U uzorcima poljoprivrednog zemljišta na ove tri lokacije (tabela 25), detektovano je prisustvo tri jedinjenja iz grupe PAH-ova i to fluorantena, pirena i benzo(ghi)perilena u malim količinama, ali nije detektovan ni jedan od 6 predstavnika PCB-ja. U uzorcima zemljišta detektovano je prisustvo i endosulfana (0.016 µg /kg), dieldrina (0.007 µg /kg), endrin aldehida (0.059 µg /kg) i DDT (0.004 µg /kg). Izmereni sadržaj DDT je daleko niži od nacionalne predložene vrednosti od 0,1 mg/kg, to znači da proces degradacije osnovnog jedinjenja još uvek nije dominantan. (Feng, 2003). Sadržaj DDT-a i metabolita u analiziranim uzorcima zemljišta je u prihvatljivim granicama i kreće se u rasponu 0.003 do 0.008 µg /kg. Prisustvo HCH metabolita je detektovano samo u dva uzorka zemljišta i to u veoma niskim koncentracijama, višestruko nižim od predložene nacionalne vrednosti od 0,05 mg/kg. Sve izmerene koncentracije organskih kontaminanata u uzorcima poljoprivrednog zemljišta u blizini frekventnih saobraćajnica su daleko ispod MDK vrednosti nemačkog zakona o zemljištu (BbodSchV, 12.07.1999), što može da se kaže da je dobro po životnu sredinu. U disertaciji (Agarwal, 2009) "Concentration level, pattern and toxic potential of PAHs in traffic soil of Delhi, India" koncentracija PAH-ova na lokalitetima oko saobraćajnica kreće se u rasponu od 1062 µg/kg do to 9652 µg/kg sa prosečnom vrednošću od 4694±3028 µg/kg. Ostaci lindana i njegovih metabolita su detektovani. Zbir koncentracija pojedinih jedinjenja iz grupe PAH-ova u analiziranim uzorcima poljoprivrednog zemljišta kreću se u rasponu od 0.004 µg /kg do 0.621 µg /kg. Nađene količine PAH-ova u zemljištu su niže od maksimalno dozvoljenih po nemačkim kriterijumima za zemljište.

6.3. UTICAJ POPLAVE NA KVALITET ZEMLJIŠTA

U maju mesecu 2014.god. region Južne Srbije je bio zahvaćen poplavama. Na udaru izlivanja vode bila su upravo sela koja se nalaze u dolini reke Južne Morave. Poplave su trajale 15 dana. Bez prestanka je padala kiša, koja je izazvala izlivanje reke i posledično prouzrokovala plavljenje zemljišta. Poplavljene parcele su bile na teritoriji Grada Vranja, pa je urađeno jedno poređenje u ispitivanju kvaliteta zemljišta pre i nakon poplava, a sve u cilju da se vidi da li je došlo do nekih promena u pogledu kvaliteta i kako se zemljište odražava na kvalitet prinosa. Urađene su analize zemljišta sa poplavljenih parcela u dolini reke Južne Morave u sela Ćukovac, Zlatokop, Ribince i Kupinince i dobijeni su sledeći rezultati koji su prikazani u tabeli 27, a u tabeli 26 prikazani su uzorci istog zemljišta samo pre poplava. U disertaciji je prikazana korelacija poplavljenog i nepoplavljenog zemljišta i kako se zemljište ponaša u tom slučaju.

Tabela 26. Sadržaj različitih parametara u ispitivanim uzorcima zemlje pre poplave

Broj uzorka	pH (KCl) (%)	Humus (%)	N (%)	P (%)	K (%)
1	5,43	3,58	0,20	10,21	34
2	6,02	2,74	0,17	15,17	11,22
3	5,78	3,14	0,19	12,78	17,23
4	6,42	5,28	0,23	>40	21,14
5	6,71	9,14	0,42	>40	>40
6	5,31	2,45	0,13	20,15	>40
7	4,48	4,85	0,31	37,76	15,22
8	4,79	3,78	0,25	17,87	22,13
9	5,56	8,24	0,39	36,18	15
10	5,06	5,15	0,24	19,21	24,31
11	4,49	3,78	0,18	9,48	13
12	5,15	2,40	0,12	16,26	10,86
13	5,09	3,34	0,14	15,24	18,64
14	6,75	9,17	0,46	>40	>40
15	5,45	3,51	0,17	16,92	33,12
16	4,76	4,15	0,29	32,64	14,73

U uzorcima zemljišta u kojima su ispitivani fizičko hemijski parametri kvaliteta, pre poplava (tabela 26), vidi se da je zemljište uglavnom kiselo jer je pH u intervalu od 4,48-6,42, osim u uzorku 14 gde je pH 6,75 i taj uzorak zemljišta ima neutralni karakter. Pre poplava zemljište je bilo bogato azotom i spadalo je u kategoriju srednje kvalitetno fosforom i kalijumom.

U tabeli 27, prikazani su rezultati zemljišta sa istih parcela koje se nalaze u dolini Južne Morave, ali neposredno nakon poplava. Nakon poplava bilo je potrebno duže vreme kako bi se zemljište isušilo.

Tabela 27. Sadržaj različitih parametara u ispitivanim uzorcima zemlje neposredno nakon poplava

Broj uzorka	pH (KCl) (%)	Humus (%)	N (%)	P (%)	K (%)
1	5,18	2,85	0,19	9,49	21,75
2	4,86	3,42	0,16	7,81	10,11
3	5,30	2,93	0,14	21,46	>40
4	6,04	5,12	0,18	>40	19,79
5	5,36	8,89	0,30	38,14	15,14
6	5,27	2,41	0,11	19,74	>40
7	4,18	4,68	0,21	34,47	14,87
8	4,63	3,74	0,22	17	21,74
9	5,43	8,03	0,32	30,17	13,26
10	5,04	5,02	0,17	19,03	23,16
11	4,43	3,76	0,18	12,10	17,18
12	5,13	2,41	0,11	16,02	11,32
13	5,67	3,32	0,13	15,43	18,01
14	6,64	9,07	0,41	>40	>40
15	5,38	3,51	0,16	16,54	32,18
16	4,69	3,84	0,12	14,78	9,97

Rezultati koji su dobijeni u ispitivanim uzorcima poplavljenog i nepoplavljenog zemljišta, ne pokazuju neka velika odstupanja po pitanju kvaliteta u odnosu na druga zemljišta (Pretty, 2008). Narušena je struktura zemljišta nakon poplava i zemljište je dosta hladno, sa manjkom kiseonika (vazduha). Zemljište nakon poplava spada u kategoriju srednje kvalitetno fosforom i kalijumom, jer su dobijeni rezultati u intervalu od 10-20%. Osim u uzorku 1 i 2 zemljište je siromašno fosforom, a uzorak 16 je siromašan kalijumom.

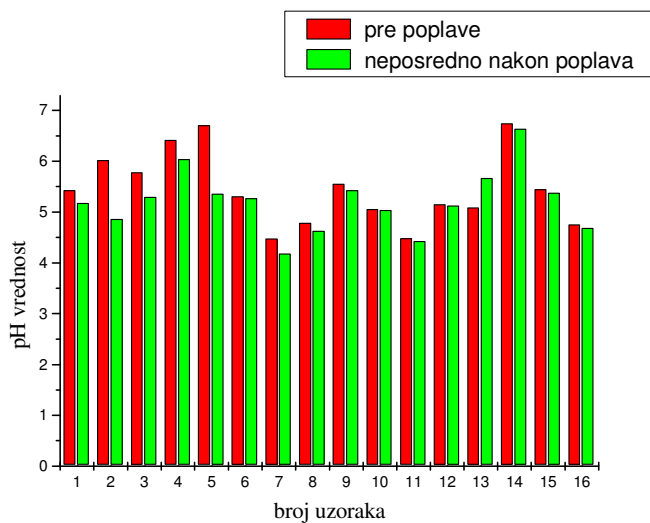
Uzorci poplavljenih lokacija pokazali su kiseli do slabo kiseli karakter, jer je pH u ispitivanim uzorcima bio u intervalu od 4,18-6,64. Reakcije sredine ispitivanih uzoraka kreće se u opsegu od kiselih (uzorci broj 9 i 12) do slabo kiselih (uzorci broj 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15 i 16). Smatra se da su ovi uzorci zemljišta odgovarajuće kiselosti i da na takvom zemljištu može da se sade voćarske kulture. Obzirom na reakciju zemljišta u uzorcima nije utvrđeno prisustvo CaCO_3 (kalcijum karbonat).

Sadržaj humusa u svim uzorcima zemljišta osim u nekim (2, 3, 4 i 6), kod kojih je evidentiran slab sadržaj ispitivanog parametra je na nivou dobre obezbeđenosti, odnosno zemljište je bogato humusom. Količina i kvalitet humusa u zemljištu se stalno obnavlja, odnosno količine novog humusa se zamenjuju starim i tako se stalno održava određeni nivo humusa u zemljištu koje je namenjeno za sadnju nekih kultura. Ta ravnoteža je od velikog značaja za stvaranje i održavanje plodnosti zemljišta. (Altieri, et al. 1995). U ovom disertaciji sadržaj humusa u ispitivanim uzorcima je zadovoljio očekivanu vrednost koja se kreće oko 3. Dobijene vrednosti sadržaja humusa u ispitivanim uzorcima čak se kreću i preko 3 što je dobro.

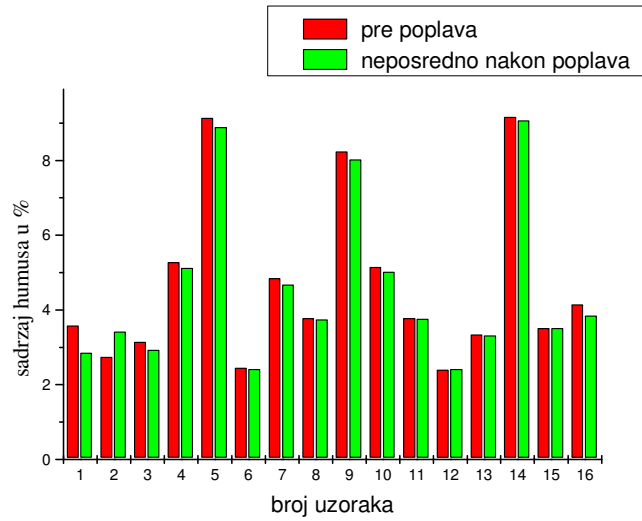
Sadržaj azota u ispitivanim uzorcima zemljišta nakon poplava je u intervalu od 0,12 - 0,40, a to znači da je zemljište dobro odnosno bogato azotom. U uzorcima zemljišta, sadržaj ukupnog azota je na nivou dobre obezbeđenosti, što je posledica adekvatnog i merodavnog unošenja đubriva i nađubriivanja parcela.

Po sadržaju prisutnog kalijuma, ispitivani uzorci zemlje su prilično heterogeni. Sadržaj kalijuma u ispitivanim uzorcima kreće se od nisko snadbene vrednosti (uzorci 5 i 6), preko srednje (uzorci 2, 3, 4, 7, 10, 13, 14 i 15), do visoke vrednosti (uzorci 1, 8, 16), kao i previsoke vrednosti (uzorci 9, 11, 12,). U uzorcima zemljišta u kojima je vrednost kalijuma kao i fosfora previsoka nije potrebno dodavanje đubriva koja sadrže ove elemente, jer u tom slučaju može doći do prezasićenja zemljišta ovim elementima pa prinosi koji se očekuju na tim parcelama mogu biti smanjenog kvaliteta.

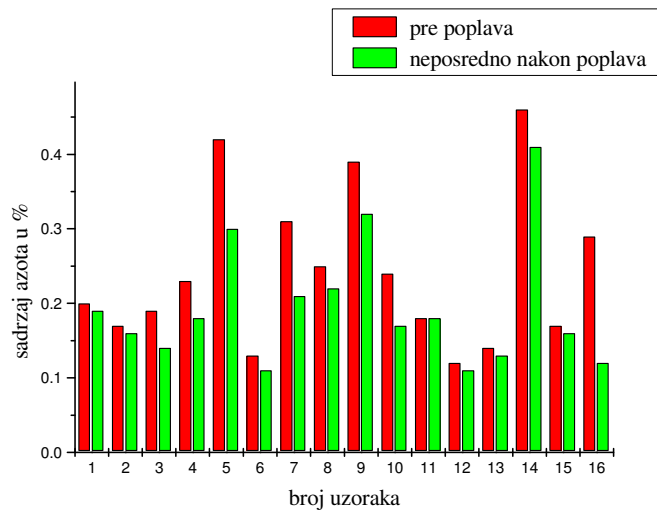
Sadržaj fosfora (P) je vrlo nizak u uzorcima broj 5, 14, u uzorcima broj 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10, 13, 15 i 16 sadržaj fosfora je srednje visok, dok je u uzorcima 8, 9, 11 i 12 utvrđena visoka zastupljenost ovog elementa.



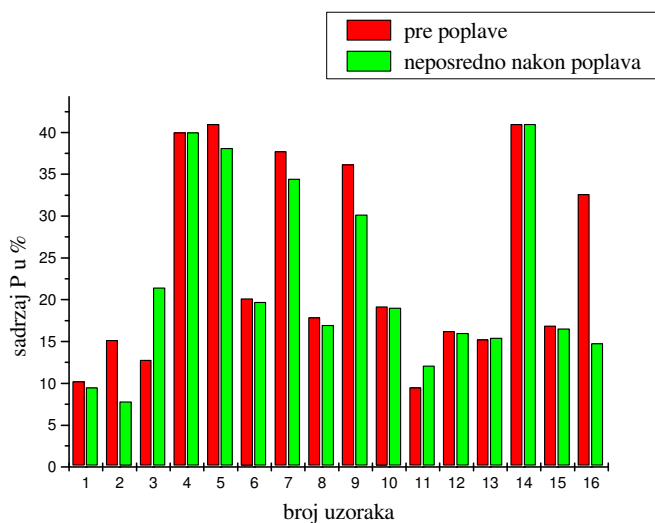
Slika 17. Sadržaj pH vrednosti zemljišta pre i neposredno nakon poplava



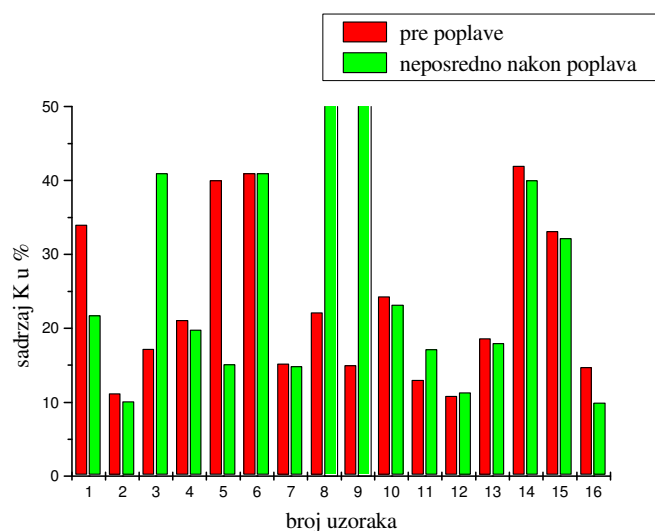
Slika 18. Sadržaj vrednosti humusa u % pre i neposredno nakon poplava



Slika 19. Sadržaj azota (N) u % zemljišta pre i neposredno nakon poplava



Slika 20. Sadržaj vrednosti fosfora (P) u % pre i neposredno nakon poplava



Slika 21. Sadržaj vrednosti kalijuma (K) u % pre i neposredno nakon poplava

Na slikama 17-21 pokazano je da nema velikih odstupanja, u parametrima kvaliteta zemljišta koja su analizirana pre i posle poplava. Sve vrednosti su približno iste, što se htelo pokazati i dokazati. Međutim u uzorcima 5, 9 i 14 na slici 18 primećuje se da je vrednost humusa pre i nakon poplava znatno veća u odnosu na druge uzorke vezane za sadržaj humusa. Na slici 21 se može videti drastičan skok vrednosti kalijuma nakon poplava u uzorcima 3, 8 i 9. Ukoliko se izuzmu uzorci 8 i 9 na slici 21, može se reći održivost u kvalitetu zemljišta dolinom reke Južne Morave nisu mogle da ugroze ni

poplave koje su bile, kao ni voda koja se zadržala više od 20 dana, jer Južna Srbija ima dobar geografski položaj. Edafsko-orografske karakteristike reljefa su pogodne. Sami ekološki faktori veoma su važni i njihov uticaj za kvalitet zemljišta je od velikog značaja. Uticaj klimatskih faktora u budućnosti će znatno uticati na gajenje kultura, i biće od fundamentalnog značaja za opstanak ljudi (Mcintyre et al. 2011, Campbell 2012).

6.4. ODREĐIVANJE MINERALNIH MATERIJU U ZEMLJIŠTU

Pored ispitivanja parametara kvaliteta zemljišta ispitivan je i sadržaj pepela, koji ukazuje na postojanje mineralnih materija. Sadržaj pepela u zemljištu treba da pokaže da li je zemljište više ili manje đubreno mineralnim đubrivima koja u svom sastavu sadrže veću ili manju količinu K, P i N.

U tabeli 28 date su vrednosti sadržaja pepela zemljišta izraženog u procentima na različitim lokacijama.

Iz tabele 28 se vidi da se sadržaj pepela, odnosno mineralnih materija kreće od 8,30-10%. U nekim ispitivanim uzorcima zemljišta vidi se da je sadržaj pepela oko 8%, a u nekim oko 9%, to znači da su zemljišta đubrena različitim đubrivima koja su u svom sastavu sadržala manju ili veću količinu K, P ili N. Može se zaključiti da je zemljište dobro tretirano i da je sadržaj pepela zadovoljavajući ako se upoređi sa standardnim vrednostima koje se kreću oko 8,5%.

Tabela 28. Sadržaj pepela u ispitivanim uzorcima zemljišta izražen u procentima po masi

Lokacija	Sadržaj pepela (%)
Ranutovac	8,91
	9,06
	8,34
	8,42
	9,13
Tibužde	9,45
	8,92
	8,49
	9,84
	9,21
Zlatokop	9,2
	9,19
	9,21
	8,42
	8,55
Ranutovac	9,4
	9,5
	9,03
	9,43
	9,81
Dubnica	9,15
	9,92
	9,91
	9,41
	9,14

6.5. ISPITIVANJE RADIOAKTIVNOSTI

6.5.1. Ispitivanje radioaktivnosti u zemljištu

Rezultati spektrometrije gama emitera zemljišta na različitim lokacijama (slika 15) prikazani su u tabeli 29, zajedno sa jačinom apsorbovane doze gama zračenja koja potiče od detektovanih radionuklida u zemljištu i godišnjom efektivnom dozom. Data merenja urađena su u Institutu "Vinča" u Laboratoriji za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine.

Jačina apsorbovane doze gama zračenja koja potiče od prirodnih radionuklida iz zemljišta određena je na osnovu jedanačine (21), a godišnja efektivna doza na osnovu jednačine (22)

$$\dot{D}(nGyh^{-1}) = 0.462 \times C_{Ra} + 0.604 \times C_{Th} + 0.0417 \times C_K \quad (21)$$

gde je:

C_{Ra} - koncentracija ^{226}Ra u zemljištu

C_{Th} – koncentracija ^{232}Th u zemljištu

C_K – koncentracija ^{40}K u zemljištu

$$D_E (mSv) = 0.7 SvGy^{-1} \times 0.2 \times 365 \times 24 \times \dot{D} \quad (22)$$

Spektrometrija gama emitera urađena je na HPGe detektorima relativne efikasnosti 18%, 20% i 50%, firme CANBERRA (slika12). Rezulucija svih detektora je 1.8 keV na energiji od 1332 KeV. Kalibracija detektora za merenje uzoraka zemljišta, urađena je referentnim radioaktivnim materijalom, matriksa silikonske smole, Czech Metrological Institute, Praha, 9031-OL-420/12, ukupne aktivnosti 41.48 kBq na 31.08.2012. godine (^{241}Am , ^{109}Cd , ^{139}Ce , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{203}Hg , ^{88}Y , ^{113}Sn , ^{85}Sr ^{137}Cs). Kod ispitivanja uzoraka biljnih kultura i voda, za kalibraciju detektora korišćen je sekundarni referentni radioaktivni materijal u geometriji plastične kutije od 125 cm³ koji je dobijen od primarnog referentnog radioaktivnog materijala, Czech Metrological Institute, Praha, 9031-OL-427/12, tip ERX, ukupne aktivnosti 72,40 kBq na dan 31.08.2012. godine (^{241}Am , ^{109}Cd , ^{139}Ce , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{203}Hg , ^{88}Y , ^{113}Sn , ^{85}Sr ^{137}Cs , ^{210}Pb).

Specifična aktivnost prirodnog radionuklida ^{226}Ra , određena je preko potomaka ^{214}Pb i ^{214}Bi , na energijama 295 keV, 352 keV, 609 keV, 1120 keV i 1764 keV (koriste se energije sa većom verovatnoćom prelaza). Drugi prirodni radionuklid ^{232}Th , određuje se preko svog potomka, ^{228}Ac , na energijama 338 keV, 911 keV. Aktivnosti ^{40}K i ^{137}Cs

se određuju preko svojih energija od 1460 keV i 661,6 keV, respektivno (Leo,W.R., 1994)

Vreme merenja iznosilo je 60 000s. Rezultati merenja dati su sa mernom nesigurnošću koja je izražena kao proširena merna nesigurnost za faktor $k = 2$, koji za normalnu raspodelu odgovara nivou poverenja od 95 %.

Tabela 29. Vrednost specifične aktivnosti detektovanih radionuklida u zemljištu [Bq/kg]

Dubina (cm)	Bq/kg						$\dot{D}(nGyh^{-1})$	$D_E(mSv)$	$^{235}U/^{238}U$
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{238}U	^{235}U	^{137}Cs			
	Korbevac								
0-5	43 ± 3	55 ± 4	730 ± 50	47 ± 8	2,7 ± 0,2	16 ± 1	83,53	0,105	0,056
0-10	45 ± 3	54 ± 4	730 ± 50	51 ± 9	2,4 ± 0,2	16 ± 1	85,85	0,102	0,047
0-20	38 ± 3	51 ± 4	690 ± 40	40 ± 8	2,4 ± 0,2	15 ± 1	73,89	0,091	0,060
	Suvi Dol								
0-5	38 ± 3	52 ± 4	490 ± 30	35 ± 8	1,7 ± 0,1	10,1 ± 0,7	69,39	0,082	0,048
5-10	33 ± 2	48 ± 3	470 ± 30	34 ± 9	1,7 ± 0,2	7,9 ± 0,6	63,84	0,084	0,050
10-15	37 ± 3	50 ± 3	460 ± 30	34 ± 8	1,9 ± 0,2	7,2 ± 0,5	66,48	0,085	0,056
	Ranutovac								
0-10	33 ± 2	39 ± 3	560 ± 30	32 ± 8	1,7 ± 0,2	12,6 ± 0,8	62,15	0,083	0,053
0-20	32 ± 2	38 ± 3	550 ± 30	30 ± 7	1,6 ± 0,1	12,3 ± 0,8	60,67	0,076	0,053
	Bujkovac								
0-5	22 ± 2	30 ± 2	500 ± 30	25 ± 8	1,6 ± 0,2	17 ± 1	49,13	0,060	0,064
0-10	23 ± 2	30 ± 2	510 ± 30	25 ± 7	1,5 ± 0,1	18 ± 1	50,75	0,061	0,060
0-20	25 ± 2	29 ± 2	520 ± 30	22 ± 8	1,1 ± 0,1	17 ± 1	50,01	0,063	0,050
	Toplac								
0-20	39 ± 3	52 ± 4	660 ± 40	35 ± 7	1,9 ± 0,3	7,6 ± 0,6	76,95	0,092	0,054
0-40	42 ± 3	54 ± 4	690 ± 40	50 ± 10	2,0 ± 0,2	7,6 ± 0,6	80,79	0,104	0,040

Jačina apsorbovane doze gama zračenja je u intervalu od 49,13 do 85,85 nGy/h, a godišnja efektivna doza je u intervalu od 0,061 do 0,105 mSv/h i istog su reda veličine kao i na drugim lokacijama u našoj zemlji (Dragović et al., 2006), tabela 30.

6.5.1.1. Analiza radioaktivnosti zemljišta po lokacijama

Na datim lokacijama vrednosti specifične aktivnosti prirodnih radionuklida se ne razlikuju mnogo, bez obzira što su uzorci zemljišta uzimani na različitim dubinama. Na lokacijama Korbevac, Suvi Dol, Ranutovac i Bujkovac vrednost specifične aktivnosti detektovanih prirodnih radionuklida ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{238}U , ^{235}U se ne razlikuje po dubinama. Prisutne razlike u vrednostima specifične aktivnosti detektovanih radionuklida su u okviru merne nesigurnosti dobijanja rezultata. Takođe vrednost specifične aktivnosti proizvedenog radionuklida ^{137}Cs se ne razlikuje po dubinama na istoj lokaciji.

Ono što se primećuje iz tabele 29, to je da se na lokaciji Toplac jedino mogu uočiti razlike u vrednosti specifične aktivnosti radionuklida ^{238}U na različitim dubinama od 0-20 cm i od 0-40 cm. Prisutne razlike u vrednosti specifične aktivnosti ovog radionuklida, mogu biti posledica velike merne nesigurnosti. Takođe može se pretpostaviti da bi ove razlike možda bile manje da su uzorci zemlje uzimani od 0-20 cm, i od 20-40 cm. Tada bi bila isključena mogućnost preklapanja pogotovu kod uzorka na dubini 0-40 cm.

Vrednosti specifične aktivnosti radionuklida ^{226}Ra su u intervalu od 22 do 45 Bq/kg, dok su vrednosti specifične aktivnosti radionuklida ^{232}Th u intervalu od 29 do 55 Bq/kg. U slučaju ^{40}K vrednosti specifična aktivnost je su u intervalu od 460 do 730 Bq/kg, dok su vrednosti specifične aktivnosti radionuklida ^{238}U su u intervalu od 22 do 51 Bq/kg, a ^{235}U u intervalu od 1,1 do 2,7 Bq/kg. Vrednosti specifične aktivnosti proizvedenog radionuklida ^{137}Cs su u intervalu od 7,2 do 17 Bq/kg. Procesi ispiranja i relokacije cezijuma mogu da dovedu do veoma neravnomerne distribucije ovog radionuklida u jednoj oblasti. Nezavisno od toga, dobijene vrednosti specifične aktivnosti ^{137}Cs su niske, tako da očigledno nije došlo do nagomilavanja ovog proizvedenog radionuklida u zemljištu. Odnos specifičnih aktivnosti $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$, odgovara prirodnom uranijumu.

Na osnovu literaturnih podataka, (Bikit et al., 2012) vrednosti specifične aktivnosti prirodnog radionuklida ^{238}U kreće se u intervalu od 14 do 65 Bq/kg za nepoljoprivredno i od 14 do 52 Bq/kg za poljoprivredno zemljište. U ispitivanim uzorcima zemljišta (tabela 29) koje je poljoprivredno, dobijena vrednost specifične aktivnosti za radionuklid ^{238}U je u intervalu od 22-51 Bq/kg, odnosno dobijene vrednosti su u opsegu vrednosti karakterističnih za poljoprivredno zemljište.

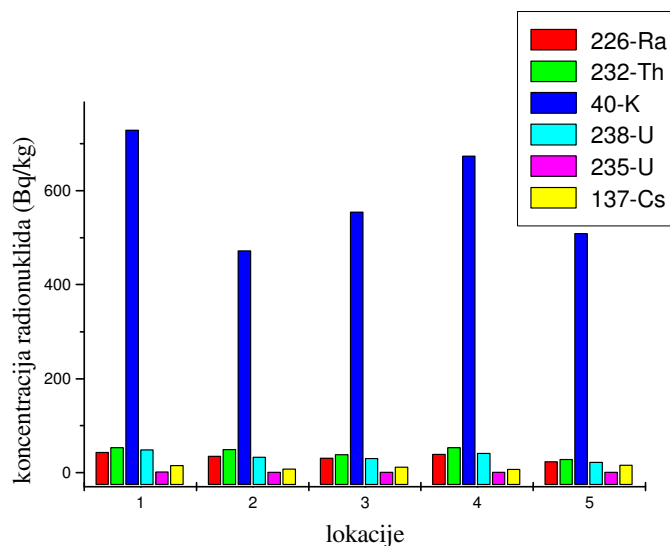
Ukoliko posmatrano po lokacijama, detekovane vrednosti prirodnih radionuklida ne razlikuju se značajno (tabela 29). Minimalne vrednosti specifične aktivnosti za ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U i ^{235}U , dobijene su na lokaciji Bujkovac, a maksimalne na lokaciji Korbevac. Takođe, dobijene vrednosti specifične aktivnosti detektovanih radionuklida, karakteristične su za zemljište i odgovaraju vrednostima sa drugih prostora bivše Jugoslavije (Popović et al., 2012). Za proizvedeni radionuklid ^{137}Cs minimalne vrednosti specifične aktivnosti dobijene su na lokaciji Toplac.

Na svim lokacijama je analizirana ista vrsta zemljišta-gajnjača. Može se primetiti, da su na lokaciji Bujkovac dobijene niže vrednosti specifične aktivnosti detektovanih prirodnih radionuklida u odnosu na ostale lokacije kod zemljišta. U tabeli 30, date su srednje vrednosti specifične aktivnosti detektovanih radionuklida po lokacijama.

Tabela 30. Srednje vrednosti specifične aktivnosti radionuklida u uzorcima zemljišta na različitim lokacijama [Bq/kg]

Lokacija	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{238}U	^{235}U	^{137}Cs
	(Bq/kg)					
	Srednje vrednosti specifične aktivnosti radionuklida					
Korbevac	44	54	730	49	2,55	16
Suvi Dol	36	50	473	34	1,77	8,4
Ranutovac	32	39	555	31	1,65	12,2
Toplac	40	54	675	42	1,95	7,6
Bujkovac	24	29	510	23	1,35	17

Maksimalne vrednosti specifične aktivnosti svih detektovanih radionuklida uočene su na lokaciji Korbevac. Histogramski prikaz promene specifične aktivnosti detektovanih radionuklida po lokacijama dat je na slici 22.



Slika 22. Histogramski prikaz dobijenih srednjih vrednosti specifične aktivnosti radionuklida u zemljištu

Legenda:

1) Korbevac; 2) Suvi Dol; 3) Ranutovac; 4) Toplac; 5) Bujkovac.

6.5.1.2. Korelacioni odnosi između aktivnosti radionuklida i parametara kvaliteta zemljišta

U tabeli 31 dati su fizičko hemijski parametri ispitivanih uzoraka zemljišta kao i dobijene vrednosti specifične aktivnosti detektovanih radionuklida.

Tabela 31. Specifične aktivnosti detektovanih radionuklida u zemljištu [Bq/kg] i fizičko – hemijske karakteristike zemljišta [%]

Dubina (cm)	²²⁶ Ra (Bq/kg)	²³² Th (Bq/kg)	⁴⁰ K (Bq/kg)	²³⁸ U (Bq/kg)	²³⁵ U (Bq/kg)	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	Sadržaj K (%)	Sadržaj P (%)	Sadržaj N (%)	pH	Sadržaj humusa (%)
Korbevac											
0-5	43 ± 3	55 ± 4	730 ± 50	47 ± 8	2,7 ± 0,2	16 ± 1	11,22	18,73	0,15	6,16	3,03
0-10	45 ± 3	54 ± 4	730 ± 50	51 ± 9	2,4 ± 0,2	16 ± 1	10,96	17,25	0,14	5,95	2,72
0-20	38 ± 3	51 ± 4	690 ± 40	40 ± 8	2,4 ± 0,2	15 ± 1	13,04	19,76	0,17	6,27	2,88
Suvi Dol											
0-5	38 ± 3	52 ± 4	490 ± 30	35 ± 8	1,7 ± 0,1	10,1 ± 0,7	26,42	17,19	0,18	4,92	3,48
5-10	33 ± 2	48 ± 3	470 ± 30	34 ± 9	1,7 ± 0,2	7,9 ± 0,6	18,62	18,47	0,21	5,33	3,48
10-15	37 ± 3	50 ± 3	460 ± 30	34 ± 8	1,9 ± 0,2	7,2 ± 0,5	24,31	20,67	0,24	5,64	3,29
Ranutovac											
0-10	33 ± 2	39 ± 3	560 ± 30	32 ± 8	1,7 ± 0,2	12,6 ± 0,8	11,21	14	0,13	5,47	2,71
0-20	32 ± 2	38 ± 3	550 ± 30	30 ± 7	1,6 ± 0,1	12,3 ± 0,8	21,59	27,45	0,25	6,08	4,53
Toplac											
0- 20	39 ± 3	52 ± 4	660 ± 40	35 ± 7	1,9 ± 0,3	7,6 ± 0,6	25,93	25,12	0,27	5,69	5,46
0-40	42 ± 3	54 ± 4	690 ± 40	50 ± 10	2,0 ± 0,2	7,6 ± 0,6	18,15	18,7	0,18	4,97	3,69
Bujkovac											
0-5	22 ± 2	30 ± 2	500 ± 30	25 ± 8	1,6 ± 0,2	17 ± 1	30,21	24,31	0,24	5,65	4,22
0-10	23 ± 2	30 ± 2	510 ± 30	25 ± 7	1,5 ± 0,1	18 ± 1	20,13	21,37	0,17	5,83	3,85
0-20	25 ± 2	29 ± 2	520 ± 30	22 ± 8	1,1 ± 0,1	17 ± 1	31,41	17,85	0,17	5,71	3,24

Linearni koeficijenti korelacije između vrednosti specifične aktivnosti pojedinih radionuklida i datih parametara kvaliteta zemljišta prikazani su u tabeli 32, a u tabeli 33 data je ocena lineranog koeficijenta korelacije (tabela 16) (Stanković, 2001).

Tabela 32. Linerani koeficijent korelacije između parametara kvaliteta zemljišta i vrednosti specifične aktivnosti detektovanih radionuklida

Specifična aktivnost (Bq/kg)	Sadržaj K (%)	Sadržaj P (%)	Sadržaj N (%)	pH	Sadržaj humusa (%)
²²⁶ Ra	-0,577	-0,275	-0,211	-0,222	-0,235
²³² Th	-0,481	-0, 229	-0,081	-0,118	-0,155
⁴⁰ K	-0,639	-0,085	-0,355	0,373	-0,136
²³⁸ U	-0,680	-0, 306	-0,349	-0,003	-0,324
²³⁵ U	-0,727	-0,151	-0,282	0,374	-0,321
¹³⁷ Cs	-0,101	-0,043	-0,463	0,581	-0,298

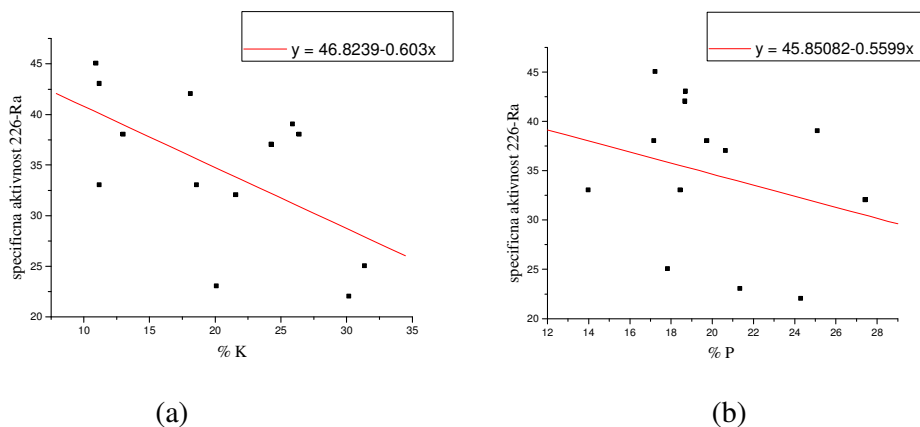
Tabela 33. Ocena linearnog koeficijenta korelacije

Specifična aktivnost (Bq/kg)	Sadržaj K (%)	Sadržaj P (%)	Sadržaj N (%)	pH	Sadržaj humusa (%)
²²⁶ Ra	Srednja negativna veza	Slaba negativna veza	Slaba negativna veza	Slaba negativna veza	Slaba negativna veza
²³² Th	Slaba negativna veza	Slaba negativna veza	Slaba negativna veza	Slaba negativna veza	Slaba negativna veza
⁴⁰ K	Srednja negativna veza	Slaba negativna veza	Slaba negativna veza	Slabo pozitivna veza	Slaba negativna veza
²³⁸ U	Srednja negativna veza	Slaba negativna veza	Slaba negativna veza	Slaba negativna veza	Slaba negativna veza
²³⁵ U	Srednja negativna veza	Slaba negativna veza	Slaba negativna veza	Slabo pozitivna veza	Slaba negativna veza
¹³⁷ Cs	Slaba negativna veza	Slaba negativna veza	Slaba negativna veza	Srednja pozitivna veza	Slaba negativna veza

U slučaju ^{137}Cs , vrednost lineranog koeficijenta korelacije 0,581 ukazuje da je prisutna **srednja pozitivna veza između** vrednosti specifične aktivnosti ^{137}Cs i **pH** vrednosti zemljišta. Vrednost linearnog koeficijenta korelacije od -0,727 za ^{235}U ukazuje da je prisutna srednja negativna veza između ^{235}U i % K u zemljištu, kao i između ^{238}U i ^{40}K i sadržaj K. Kod ^{40}K i ^{235}U vrednost lineranog koeficijenta korelacije ukazuje da je prisutna slaba pozitivna veza između vrednosti specifične aktivnosti ^{40}K i ^{235}U i pH vrednosti zemljišta. Dobijena je slaba negativna veza između vrednosti specifične aktivnosti ^{226}Ra i fosfora, azota, pH i humusa.

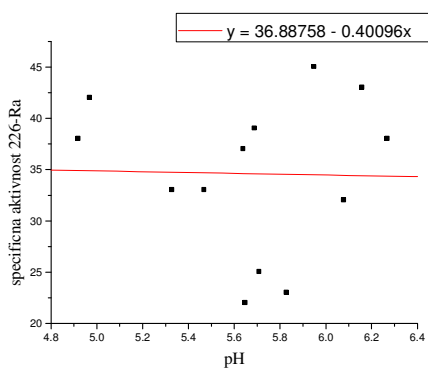
Slaba negativna veza uglavnom je prisutna i kod drugih veza kao što su veze između vrednosti specifične aktivnosti ^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U i parametara fosfora, azota, pH i humusa. Jedino je slaba pozitivna veza dobijena između vrednosti specifične aktivnosti ^{235}U i ^{40}K i pH vrednosti zemljišta. Veza između vrednosti specifične aktivnosti ^{40}K i ^{137}Cs i parametara fosfora, azota i humusa je takođe slaba negativna veza.

Na osnovu dobijenih linearnih koeficijenata korelacije, (tabela 32), može se zaključiti da uglavnom dominira negativna veza i to srednja i slabo negativna veza između vrednosti specifične aktivnosti datih radionuklida i parametara kvaliteta zemljišta. Na grafikonima od 1 do 15 prikazana je promena specifične aktivnosti radionuklida u funkciji parametara kvaliteta zemljišta.

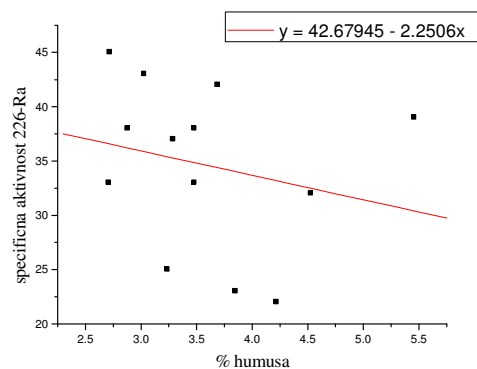


Grafikon 1. Specifična aktivnosti radionuklida ^{226}Ra u funkciji od % (K) u zemljištu (a); specifična aktivnost radionuklida ^{226}Ra u funkciji od % (P) u zemljištu (b)

Sa grafikona 1 (a) i 1 (b) može se uočiti negativna korelacija, odnosno specifična aktivnost ^{226}Ra obrnuto je proporcionalna sa sadržajem K i P u zemljištu.



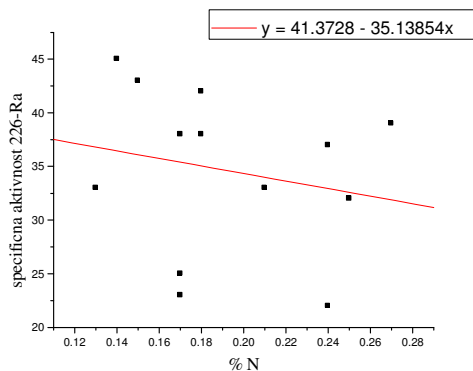
(c)



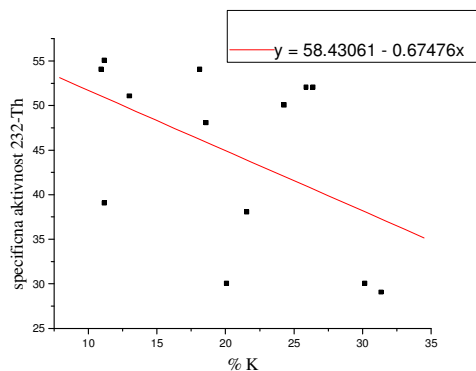
(d)

Grafikon 2. Specifična aktivnost radionuklida ^{226}Ra u funkciji od pH vrednost u zemljištu (c); specifična aktivnost radionuklida ^{226}Ra u funkciji od % humusa u zemljištu (d)

Na grafikonu 2 (c) uočava se da ne postoji korelacija između specifične aktivnosti ^{226}Ra i pH u zemljištu, kao da je prisutna i obrnuto proporcionalna veza između specifične aktivnosti ^{226}Ra i sadržaja humusa (d). Takođe specifična aktivnosti ^{226}Ra obrnuto je proporcionalana sa sadržajem N u zemljištu (grafikon 3 (e))

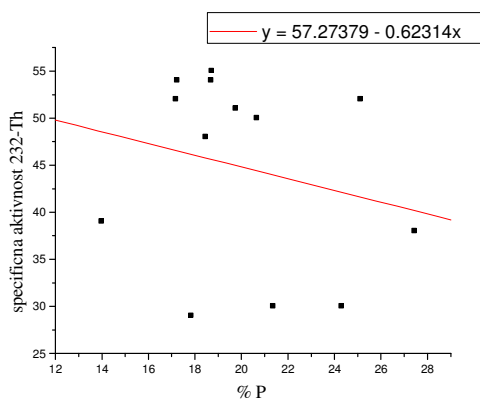


(e)

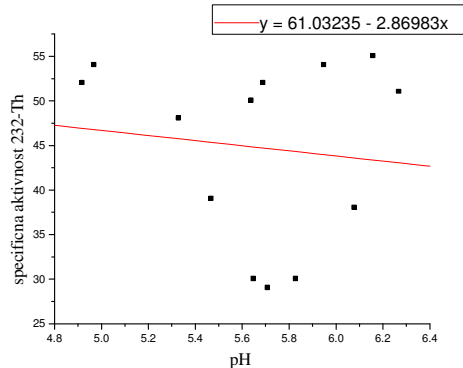


(f)

Grafikon 3. Specifična aktivnost radionuklida ^{226}Ra u funkciji od % (N) u zemljištu (e); specifična aktivnost radionuklida ^{232}Th u funkciji od % (K) u zemljištu (f)



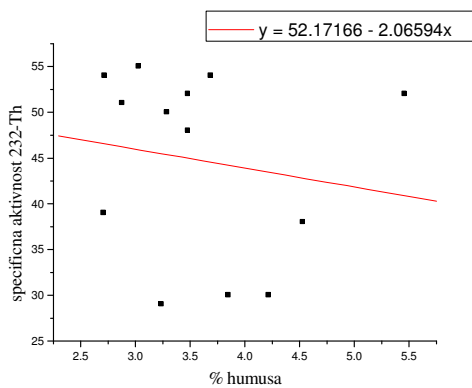
(g)



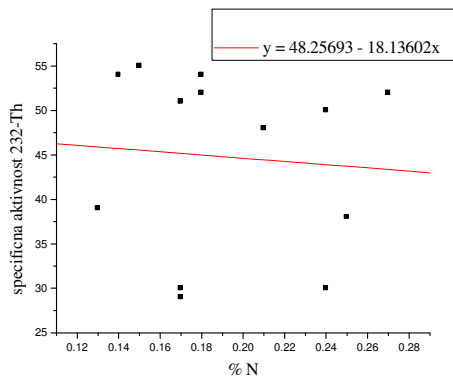
(h)

Grafikon 4. Specifična aktivnost radionuklida ^{232}Th u funkciji od % (P) u zemljištu (g); specifična aktivnost radionuklida ^{232}Th u funkciji od pH vrednosti u zemljištu (h)

Specifična aktivnost ^{232}Th obrnuto je proporcionalna sa sadržajem K u zemljištu (grafikon 3 (f), sadržajem P i pH vrednošću u zemljištu (grafikon 4 (g) i (h), a takođe je i obrnuto proporcionalna sa sadržajem humusa i azota u zemljištu (grafikon 5 (i) i (j)).

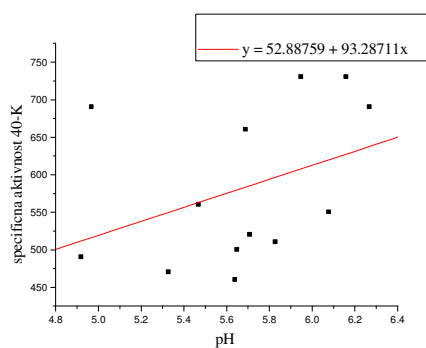


(i)

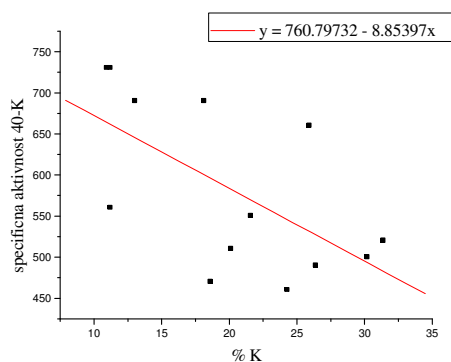


(j)

Grafikon 5. Specifična aktivnost radionuklida ^{232}Th u funkciji od % humusa u zemljištu (i); specifična aktivnost radionuklida ^{232}Th u funkciji od % (N) u zemljištu (j)



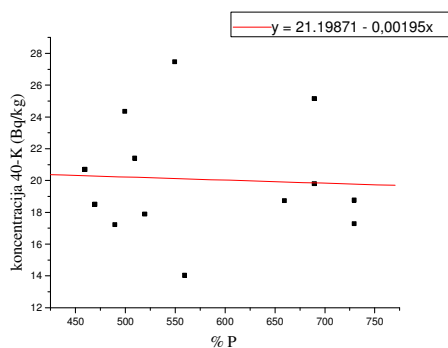
(k)



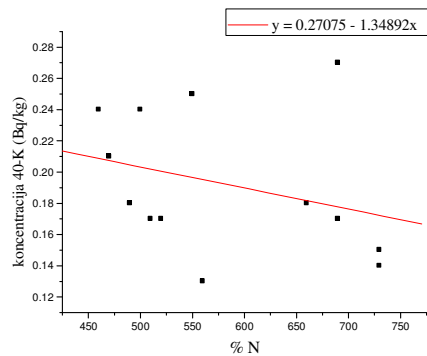
(l)

Grafikon 6. Specifična aktivnost radionuklida ^{40}K u funkciji od pH vrednosti u zemljištu (k); specifična aktivnost radionuklida ^{40}K u funkciji od % (K) u zemljištu (l)

Sa grafikona 6 (k) uočava se da je specifična aktivnost ^{40}K direktno proporcionalana sa pH vrednošću u zemljištu, ali je i obrnuto proporcionalana sa sadržajem K u zemljištu (l), kao i da je obrnuto proporcionalna sa sadržajem P, N i sadržajem humusa u zemljištu (grafikon 7 (m) i (n) i grafikon 8 (o))

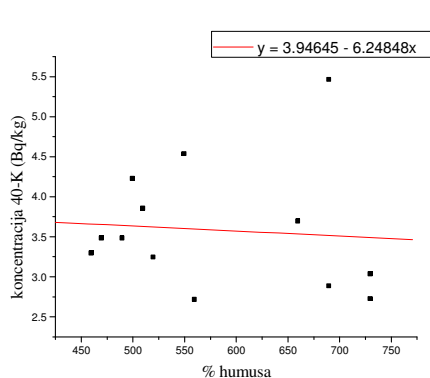


(m)

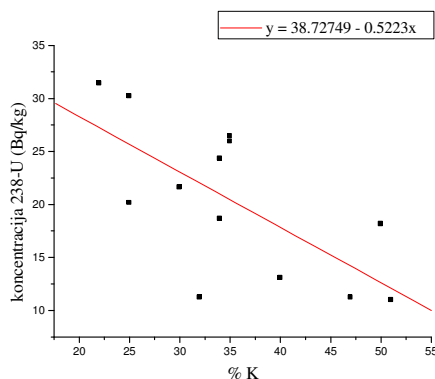


(n)

Grafikon 7. Specifična aktivnost radionuklida ^{40}K u funkciji od % (P) u zemljištu (m); specifična aktivnost radionuklida ^{40}K u funkciji od % (N) u zemljištu (n)

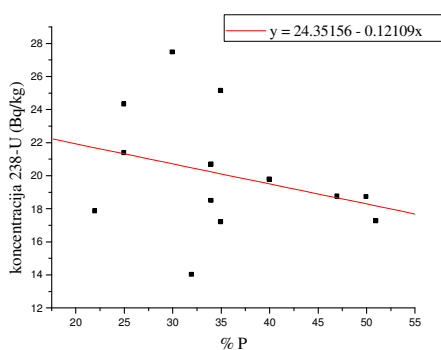


(o)

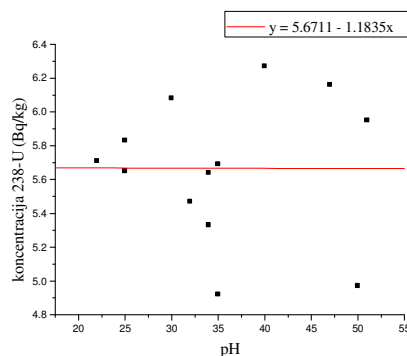


(p)

Grafikon 8. Specifična aktivnost radionuklida ^{40}K u funkciji od % humusa u zemljištu (o); specifična aktivnost radionuklida ^{238}U u funkciji od % (K) u zemljištu (p)



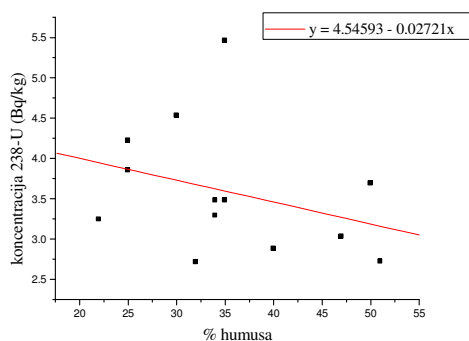
(q)



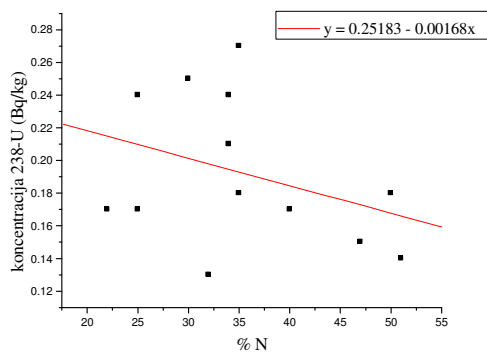
(r)

Grafikon 9. Specifična aktivnost radionuklida ^{238}U u funkciji od % (P) u zemljištu (q); specifična aktivnost radionuklida ^{238}U u funkciji od pH vrednosti u zemljištu (r)

Specifična aktivnost ^{238}U u zemljištu obrnuto je proporcionalna sa sadržajem K (grafikon 8 (p)), sa sadržajem P (grafikon 9 (q)), sa sadržajem N (grafikon 10 (t)), sa sadržajem humusa (grafikon 10 (s)), ali takođe ne postoji ni jedan oblik veze sa sadržajem pH vrednošću u zemljištu (grafikon 9 (r))

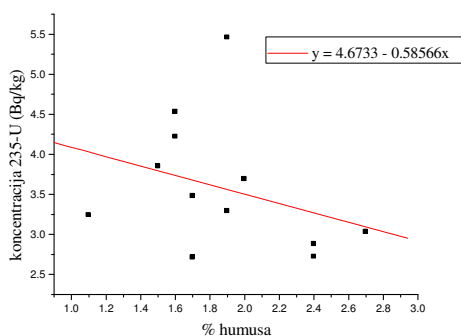


(s)

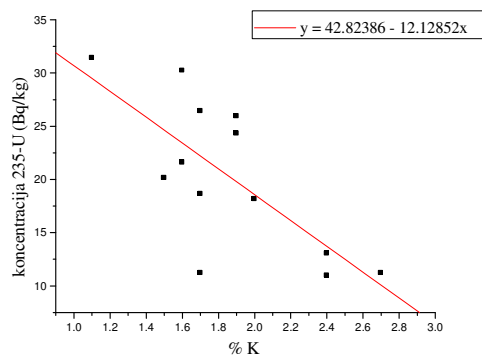


(t)

Grafikon 10. Specifična aktivnost radionuklida ^{238}U u funkciji od % humusa u zemljištu (s); specifična aktivnost radionuklida ^{238}U u funkciji od % (N) u zemljištu (t)



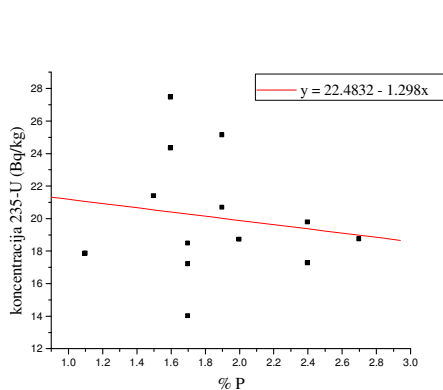
(u)



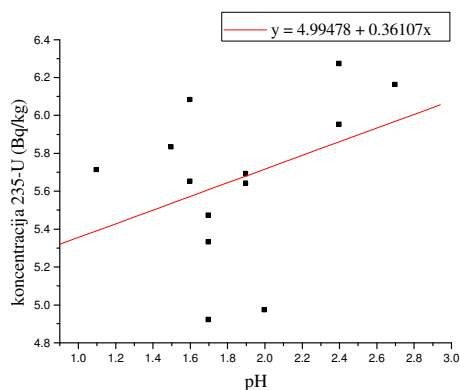
(v)

Grafikon 11. Specifična aktivnost radionuklida ^{235}U u funkciji od % humusa u zemljištu (u); specifična aktivnost radionuklida ^{235}U u funkciji od % (K) u zemljištu (v)

U slučaju radionuklida ^{235}U , njegova specifična aktivnost obrnuto je proporcionalna sa: sadržajem humusa (grafikon 11 (u)), K (grafikon 11 (v)), P (grafikon 12 (ž)), N (grafikon 13 (x)), ali je i direktno proporcionalna sa pH vrednošću u zemljištu (grafikon 12 (w))

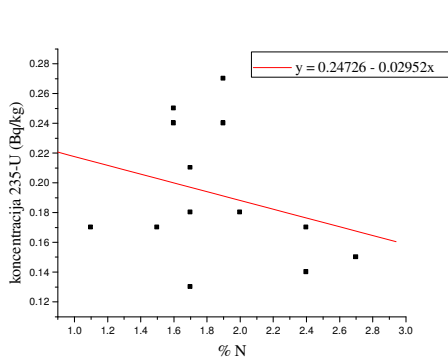


(ž)

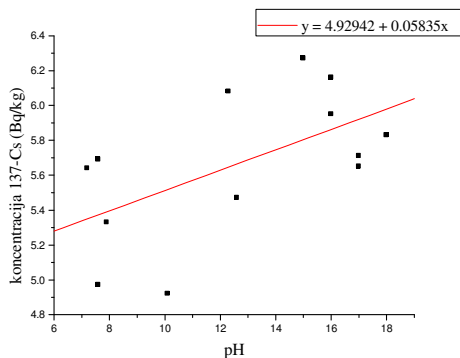


(w)

Grafikon 12. Specifična aktivnost radionuklida ^{235}U u funkciji od % (P) u zemljištu (ž); specifična aktivnost radionuklida ^{235}U u funkciji od pH u zemljištu (w)

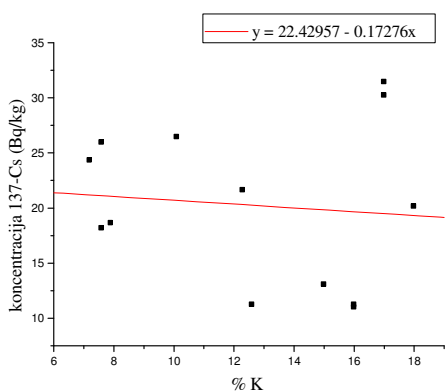


(x)

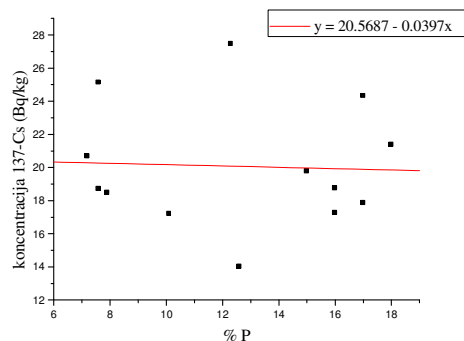


(y)

Grafikon 13. Specifična aktivnost radionuklid ^{235}U u funkciji od % (N) u zemljištu (x); specifična aktivnost radionuklida ^{137}Cs u funkciji od pH vrednosti u zemljištu (y)

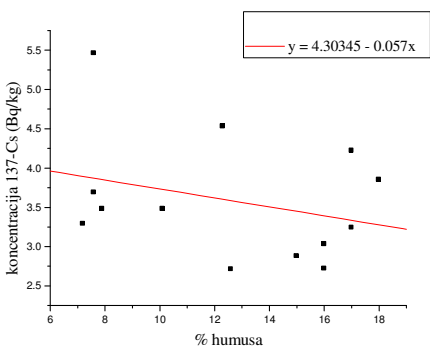


(z)

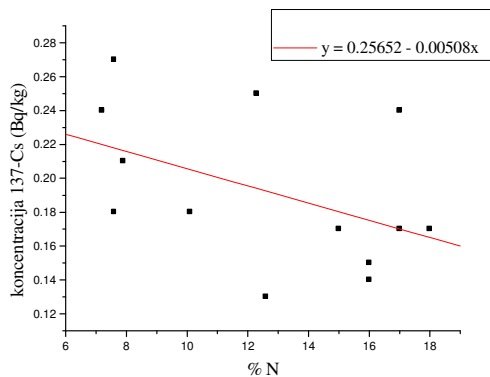


(Z)

Grafikon 14. Specifična aktivnost radionuklida ^{137}Cs u funkciji od % (K) u zemljištu (z); specifična aktivnost radionuklida ^{137}Cs u funkciji od % (P) u zemljištu (Z)



(č)



(š)

Grafikon 15. Specifična aktivnost radionuklida ^{137}Cs u funkciji od % humusa u zemljištu (1); specifična aktivnost radionuklida ^{137}Cs u funkciji od % (N) u zemljištu (2)

U slučaju proizvedenog radionuklida ^{137}Cs , jedino je prisutna direktna proporcionalnost između njegove specifične aktivnosti i pH vrednosću u zemljištu (grafikon 13 (y)), dok je prisutna obrnuta proporcionalnost sa sadržajem K (grafikon 14 (z)), P (grafikon 14 (Z)), N (grafikon 15 (š)) i sadržajem humusa (grafikon 15 (č)).

U tabeli 34 date su srednje vrednosti specifične aktivnosti za detektovane radionuklide ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{238}U , ^{235}U , ^{137}Cs , u zemljištu na datim lokacijama kao i srednje vrednosti parametara kvaliteta zemljišta (N, K, P, pH i humusa).

Tabela 34. Srednje vrednosti specifične aktivnosti detektovanih radionuklide sa različitih lokacija i srednje vrednosti parametra kvaliteta zemljišta

Lokacije	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	²³⁸ U	²³⁵ U	¹³⁷ Cs	Sadržaj K, (%)	Sadržaj P, (%)	Sadržaj N, (%)	pH	Sadržaj humus (%)
	Srednje vrednosti specifične aktivnosti radionuklida (Bq/kg)						Srednje vrednosti parametara kvaliteta				
Korbevac	44	54	730	49	2,55	16	11,09	17,99	0,14	6,00	2,87
Suvi Dol	36	50	473	34	1,77	8,4	22,96	18,78	0,21	5,06	3,41
Ranutovac	32	39	555	31	1,65	12,2	16,4	26,28	0,19	5,78	3,62
Toplac	40	54	675	42	1,95	7,6	22,04	21,91	0,22	5,33	4,58
Bujkovac	24	29	510	23	1,35	17	30,56	21,08	0,21	5,68	3,73

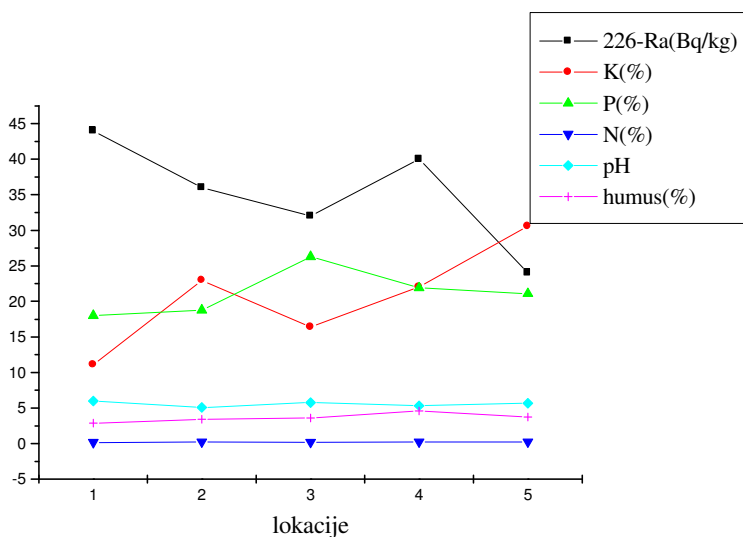
U tabeli 35 date su vrednosti specifične aktivnosti nekih od radionuklida u zemljištu za zemlje u svetu: India, Egypt, Istanbul, Irska i Japan.

Tabela 35. Sadržaj radionuklida u zemljištu u svetu

Specifična aktivnost	India (Selvasekarapandian et al., 2000)	Egypt (Sroor et al., 2001)	Istanbul (Karahana and Bayulken, 2000)	Irska McAuley and Maran, 1983)	Japan (Chen et al., 1991)
^{232}Th	104 ± 77	6 ± 3	35 ± 7	26	54
^{238}U	34 ± 11	13 ± 9	27 ± 11	37	32,4
^{40}K	217 ± 145	433 ± 130	322 ± 87	350	794
^{235}U	$2,89 \pm 0,1$	$3,2 \pm 1,1$	$2,1 \pm 0,3$	$1,78 \pm 0,1$	$1,97 \pm 0,2$

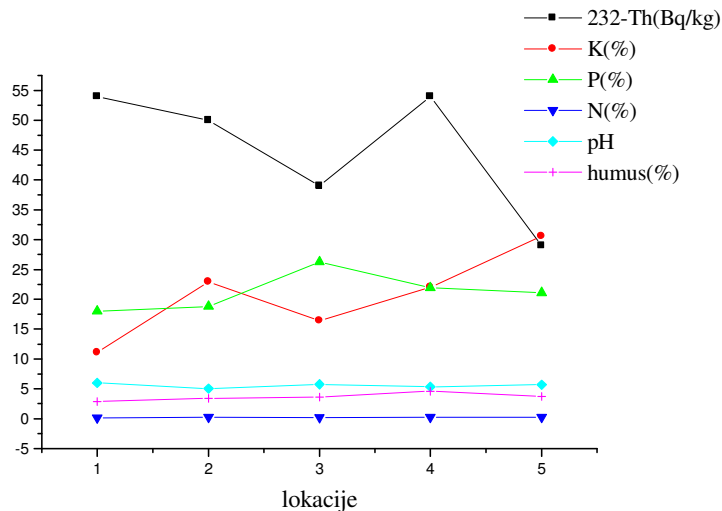
Iz tabele 35 vidi se da je specifična aktivnost ^{232}Th je nešto viša za indijsko zemljište, dok je specifična aktivnost ^{238}U na Siciliji (Stromboli) (Brai et al., 2002) povišena u odnosu na zemljište u Regionu Južne Srbije (moguće objašnjenje je postojanje stena vulkanskog porekla na Stromboliju). Odnos specifične aktivnosti radionuklida uranijum/torijum $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ je približno jednak jednici za ostale tipove zemljišta u zemljama (Turska, Irska i Japan) (Selvasekarapandian, et al., 2000, Sroor, et al., 2001, Chen, et al., 1993, Karahana and Bayulken, 2000). Za zemljišta u Pčinjskom regionu odnos $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ u uzorcima je u intervalu od 0,68 do 0,907 ako se posmatraju srednje vrednosti.

Na grafikonima od 16 do 20, date su promene vrednosti specifične aktivnosti detektovanih radionuklida kao i promene parametara kvaliteta zemljišta.



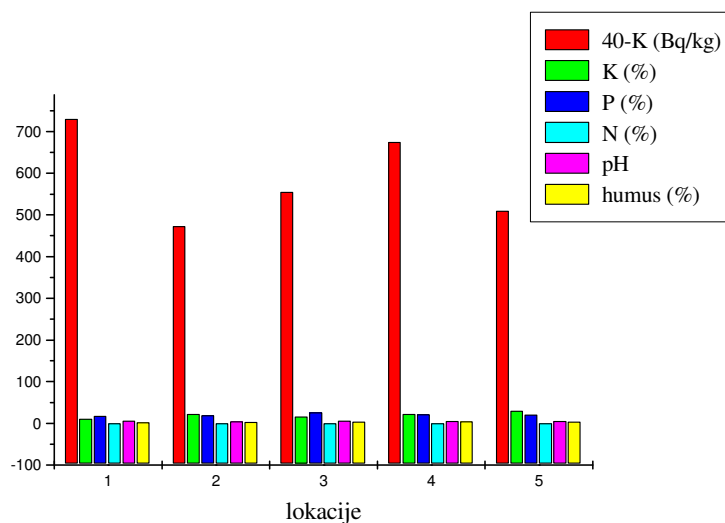
Grafikon 16. Promene vrednosti specifične aktivnosti radionuklida ^{226}Ra kao i parametra kvaliteta zemljišta (K, P, N, pH i humusa) po lokacijama

Legenda: 1) Korbevac; 2) Suvi Dol; 3) Ranutovac; 4) Toplac i 5) Bujkovac



Grafikon 17. Promene vrednosti specifične aktivnosti radionuklida ^{232}Th kao i parametra kvaliteta zemljišta (K, P, N, pH i humusa) po lokacijama

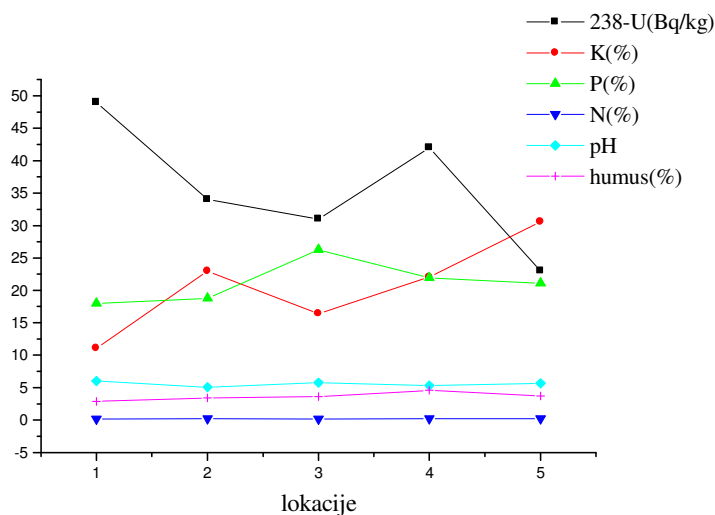
Legenda: 1) Korbevac; 2) Suvi Dol; 3) Ranutovac; 4) Toplac i 5) Bujkovac



Slika 23. Promene vrednosti specifične aktivnosti radionuklida ^{40}K kao i parametra kvaliteta zemljišta (K, P, N, pH i humusa) po lokacijama

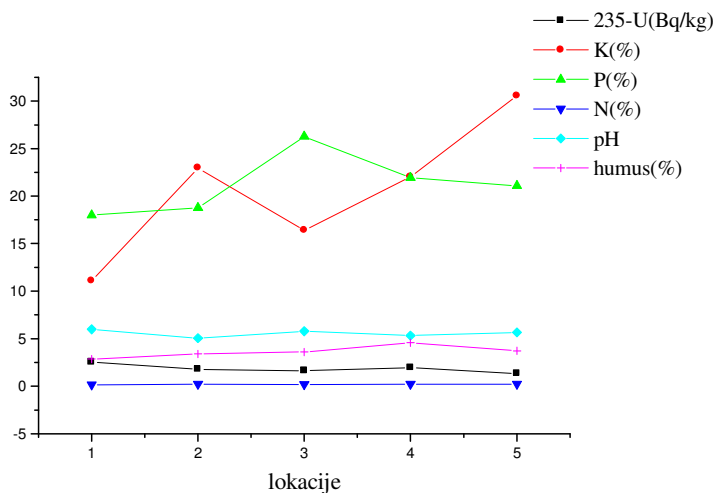
Legenda: 1) Korbevac; 2) Suvi Dol; 3) Ranutovac; 4) Toplac i 5) Bujkovac

Na slici 23 može se videti veliki raspon između radionuklida ^{40}K i ostalih parametara kvaliteta zemljišta.



Grafikon 18. Promene vrednosti specifične aktivnosti radionuklida ^{238}U kao i parametra kvaliteta zemljišta (K, P, N, pH i humusa) po lokacijama

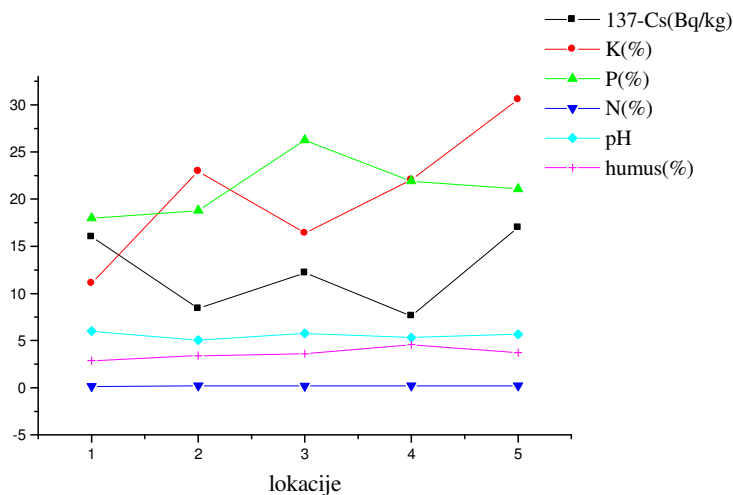
Legenda: 1) Korbevac; 2) Suvi Dol; 3) Ranutovac; 4) Toplac i 5) Bujkovac



Grafikon 19. Promene vrednosti specifične aktivnosti radionuklida ^{235}U kao i parametra kvaliteta zemljišta (K, P, N, pH i humusa) po lokacijama

Legenda: 1) Korbevac; 2) Suvi Dol; 3) Ranutovac; 4) Toplac i 5) Bujkovac

Sa grafikona 19 se vidi da je specijalna aktivnost radionuklida ^{235}U konstantna. Takođe se vidi da se vrednosti parametara kvaliteta N, pH i humus ne razlikuju značajno



Grafikon 20. Promene vrednosti specifične aktivnosti radionuklida ^{137}Cs kao i parametra kvaliteta zemljišta (K, P, N, pH i humusa) po lokacijama

Legenda: 1) Korbevac; 2) Suvi Dol; 3) Ranutovac; 4) Toplac i 5) Bujkovac

Na grafikonima od 16 - 20, uočavamo da parametri promene kvaliteta zemljišta nisu direktno povezani sa promenama vrednosti specifične aktivnosti radionuklida u zemljištu, odnosno nema linearne zavisnosti između njih. Možemo pretpostaviti da ukoliko je zemljište bogato K, P, N ili humusom, ne mora da bude direktno povezano sa povećanim sadržajem radionuklida u zemljištu. Takođe sa grafikona se uočavaju obrnute proporcionalnosti, odnosno porast jednog parametra zemljišta, dovodi do pada u specifičnoj aktivnosti nekog radionuklida.

6.5.2. Radioaktivnost biljnih kultura

Pored zemljišta, ispitivana je radioaktivnost i u uzorcima žitarica, povrća, i voća. Dobijeni rezultati merenja radioaktivnosti biljnih kultura dati su u tabeli 36.

Tabela 36. Specifične aktivnosti detektovanih radionuklida u prehrambenim proizvodima [Bq/kg].i uzorku vode iz sela Toplac[Bq/L].

Vrste uzoraka	(Bq/kg suve materije)					
	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	²³⁸ U	²³⁵ U	¹³⁷ Cs
Korbevac						
Jabuke, crveni delišes	0,5 ± 0,1	< 0,1	31 ± 3	< 1	< 0,1	< 0,04
Suva paprika	< 2	< 1,5	680 ± 50	< 10	< 0,8	< 0,3
Krompir	< 0,1	< 0,1	150 ± 10	< 0,6	< 0,03	< 0,02
Pšenica	2,2 ± 0,4	2,6 ± 0,8	150 ± 10	< 2	< 0,2	< 0,06
Kukuruz	0,4 ± 0,1	< 0,2	108 ± 7	< 1	< 0,06	< 0,03
Suvi Dol						
Pšenica	0,30 ± 0,07	< 0,1	106 ± 7	< 0,6	< 0,04	< 0,02
Kukuruz	< 0,2	< 0,2	68 ± 5	< 1	< 0,09	< 0,03
Toplac						
Krompir	< 0,2	< 0,2	148 ± 9	< 0,9	< 0,05	< 0,02
Voda	0,24 ± 0,03	< 0,04	0,3 ± 0,1	< 0,3	< 0,02	< 0,02
Bujkovac						
Kukuruz	1,4 ± 0,3	< 0,4	89 ± 7	< 2	< 0,1	< 0,06
Ječam	1,7 ± 0,2	< 0,2	200 ± 10	< 2	< 0,1	< 0,07
Pšenica	0,37 ± 0,07	< 0,2	102 ± 7	< 1	< 0,04	< 0,02
Krompir	0,4 ± 0,1	1,1 ± 0,2	126 ± 9	< 1	< 0,1	0,11 ± 0,05

U tabeli 37 date su srednje vrednosti specifične aktivnosti detektovanih radionuklida za žitarice, voće, povrće.

Tabela 37. Srednje vrednosti specifične aktivnosti radionuklida u žitaricama, voću, povrću [Bq/kg]

Radionuklidi	Žitarice (Bq/kg)		
	Srednja vrednost	Interval	
		min	Max
²²⁶ Ra	1,06	mdc*	2,2
²³² Th	2,6	mdc	2,6
⁴⁰ K	117,57	68	200
²³⁸ U	Dobijene vrednosti specifične aktivnosti su ispod minimalne granice detekcije		
²³⁵ U			
¹³⁷ Cs			
	Povrće (Bq/kg)		
²²⁶ Ra	0,4	mdc	0,4
²³² Th	1,1	mdc	1,1
⁴⁰ K	276	126	680
²³⁸ U	Dobijene vrednosti specifične aktivnosti su ispod minimalne granice detekcije		
²³⁵ U			
¹³⁷ Cs	0,11	mdc	0,12
	Voće (Bq/kg)		
²³² Th	Dobijene vrednosti specifične aktivnosti su ispod minimalne granice detekcije		
⁴⁰ K	31		
²³⁸ U	Dobijene vrednosti specifične aktivnosti su ispod minimalne granice detekcije		
²³⁵ U			

mdc* - minimalna granica detekcije

Vrednost specifične aktivnosti radionuklida ²³²Th od 2,6 Bq/kg za žitarice nije srednja vrednost nego je vrednost specifične aktivnosti ovog radionuklida samo za uzorak pšenice u selu Korbevac. U svim drugim uzorcima žitarica vrednost specifične aktivnosti ²³²Th je veoma mala, ispod minimalne granice detekcije. Iz tabele 37 može se videti da osim vrednosti specifične aktivnosti ²³²Th, ²²⁶Ra i ⁴⁰K specifične aktivnosti ostalih ²³⁸U, ²³⁵U i ¹³⁷Cs nisu detektovane kod žitarica, odnosno dobijene vrednosti specifične aktivnosti su ispod minimalne granice detekcije.

U slučaju radionuklida ²²⁶Ra, vrednost specifične aktivnosti od 0,4 Bq/kg nije srednja vrednost za povrće, nego je vrednost specifične aktivnosti ovog radionuklida samo za uzorak krompira u selu Bujkovac. U svim drugim uzorcima povrća (krompir i paprika) vrednost specifične aktivnosti radionuklida ²²⁶Ra je ispod minimalne granice detekcije.

Takođe i vrednost specifične aktivnosti radionuklida ^{232}Th od 1,1 Bq/kg nije srednja vrednost za povrće, nego je vrednost specifične aktivnosti ovog radionuklida samo za uzorak krompira u selu Bujkovac. U svim drugim uzorcima žitarica vrednost specifične aktivnosti radionuklida ^{232}Th je ispod minimalne granice detekcije.

^{137}Cs je detektovan samo u u uzorku krompira u selu Bujkovac i njegova vrednost u tabeli 37 se odnosi samo na dati uzorak, odnosno ne predstavlja srednju vrednost. U svim drugim uzorcima povrća vrednost ^{137}Cs je ispod minimalne granice detekcije.

U svim uzorcima prehrambenih proizvoda nisu detektovani ^{238}U i ^{235}U odnosno dobijene vrednosti koncentracije su ispod minimalne granice detekcije.

Vrednost specifične aktivnosti radionuklida ^{226}Ra od 0,5 Bq/kg i 31 Bq/kg za ^{40}K za voće nije srednja vrednost, nego je vrednost specifične aktivnosti ovog radionuklida samo za uzorak jabuke u selu Korbevac, koji je jedini uzorak voća.

Iz table 37 može se videti da osim vrednosti specifične aktivnosti radionuklida ^{226}Ra i ^{40}K specifične aktivnosti ostalih radionuklida ^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U i ^{137}Cs nisu detektovane kod voća, odnosno dobijene vrednosti specifične aktivnosti su ispod minimalne granice detekcije.

U datom uzorku vode detektovana je samo aktivnost ^{226}Ra i ^{40}K , čije su vrednosti specifične aktivnosti karakteristične za vode.

Treba napomenuti da dobijeni rezultati predstavljaju sadržaj radionuklida u sušenom biljnom materijalu i da su koncentracije aktivnosti radionuklida u svežim biljkama u proseku 4 do 5 puta manje zbog sadržaja vode.

6.5.2.1. Određivanje transfer faktora

Rezultati proučavanja transporta prirodnih radionuklida, iskazanih preko transfer faktora, dati su u tabeli 38 gde su specifične aktivnosti, za biljne kulture izražene u Bq/kg suve mase. Pri određivanju transfer faktora, za aktivnost zemljišta uzeta je srednja vrednost specifičnih aktivnosti radionuklida na svim dubinama.

Transfer faktor određen je samo za radionuklide ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th . U slučaju radionuklida ^{137}Cs transfer faktor je određen samo za jedan uzorak krompira u selu Bujkovac i iznosi 0,006.

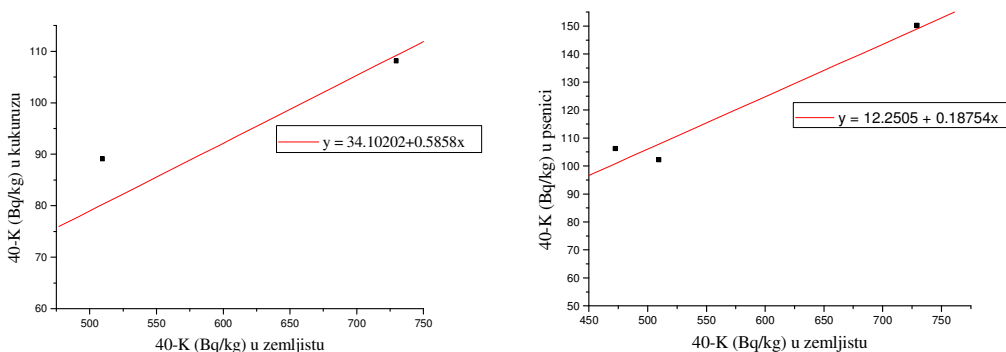
Tabela 38. Vrednosti transfer faktora kod biljaka

Vrste uzoraka	Transfer faktor		
	$^{226}\text{Ra}_b/^{226}\text{Ra}_z$	$^{232}\text{Th}_b/^{232}\text{Th}_z$	$^{40}\text{K}_b/^{40}\text{K}_z$
Korbevac			
Jabuke, crveni delišes	0,01	-	0,04
Suva paprika	-	-	0,93
Krompir	-	-	0,21
Kukuruz	0,01	-	0,15
Pšenica	0,05	0,05	0,21
Suvi Dol			
Kukuruz	-	-	0,14
Pšenica	0,01	-	0,22
Toplac			
Krompir	-	-	0,22
Bujkovac			
Kukuruz	0,06	-	0,17
Ječam	0,07	-	0,39
Pšenica	0,07	-	0,20
Krompir	0,02	0,04	0,24

Iz tabele 38 može se primetiti da je u svim uzorcima voćarskih, povrtarskih kultura i žitarica, određen je transfer faktor samo za radionuklida ^{40}K . Kako je radionuklid kalijuma ^{40}K jedini biološki elemente, za razliku od svih ostalih prirodnih radionuklida ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U i proizvedenog ^{137}Cs , uočava se njegov intenzivniji transport iz zemljišta, za razliku od ostalih. Distribucija ovog radionuklida iz zemljišta u biljku zavisi od biodostupnosti minerala u samom zemljištu, zatim strukture korena same biljke. Najviši transfer faktor ^{40}K je dobijen u slučaju uzorka suve paprike 0,93, a najniži je kod jabuke crveni delišes 0,04. U literature se može naći da prenos ^{40}K iz zemljišta na biološki dostupan deo biljke varira od 0,8-20% (Patra, 2005).

Za razliku od rezultata transfer faktora koji su dobijeni u tabeli 38, za žitarice, gde je bilo u pitanju zemljište tipa gajnjača u slučaju zemljišta tipa jalovine u Srbiji vrednosti transfer faktora su mnogo veće. (Lear, 1995). Vrednosti transfer faktora kod gajjenih biljaka (krompir, rotkva, cvekla, mrkva luk), za ^{226}Ra , ^{238}U , ^{232}Th i ^{40}K su bili veći (Bikit et al., 1995). Ispitivanja transfer faktora u Maleziji pokazuju da vrednost transfer faktora ^{226}Ra , za krompir iznosi 0,92, pa su ove vrednosti mnogo veće od vrednosti prijavljenih od strane IAEA (Asaduzzaman et al., 2014), a zemljišta su glinuše i peskuše.

Na grafikonu 21, date su promene specifične aktivnosti ^{40}K u žitaricama u funkciji specifične aktivnosti u zemljištu.



Grafikon 21. Specifična aktivnost ^{40}K u kukuruzu i u pšenici u funkciji specifične aktivnosti ^{40}K u zemljištu

Sa grafikona 21 uočava se da postoji linerna veza između specifičnih aktivnosti ^{40}K u zemljištu i u žitaricama, (kukuruzu i pšenici), ali zbog malog broja eksperimentalnih tačaka, vrednost lineranog koeficijenta korelacije ne bi bio statistički značajan.

Dobijeni rezultati transfer faktora su u skladu sa rezultatima navedenim u svetskoj literaturi (Rosner et. al., 1985, Bikit et al., 1995 i Vandenhove et al., 2008, Pulhani et al., 2005). Npr. na lokacijama u blizini Novog Sada vrednost transfer faktora ^{137}Cs u kukuruzu je 0,18 (Bikit et al., 2012).

6.5.3. Radioaktivnost u uzorcima drvenstih biljaka

U tabeli 39 prikazani su rezultati specifične aktivnosti detektovanih radionuklida u uzorcima drvenastih biljaka u [Bq/kg] suve materije. Uzorci drvenastih biljaka, stablo, (bukve, hrasta, kajsije, duda, cera, šljive džanarike, bagrema i gabra) uzimani su sa tri lokacije i to Bujkovac, Slivnica i Toplac. Nadmorske visine ovih uzoraka su različite, a najveću nadmorsku visinu ima lokacija Slivnica, što je i prikazano u tabeli 19.

Tabela 39. Specifične aktivnosti detektovanih radionuklida u uzorcima drvenastih biljaka [Bq/kg] suve materije

Vrste uzoraka	(Bq/kg suve materije)					
	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	²³⁸ U	²³⁵ U	¹³⁷ Cs
Bujkovac						
Drvo bagrem	< 0,4	< 0,3	49 ± 4	< 1	< 0,08	< 0,06
Drvo cera	1,0 ± 0,1	< 0,07	55 ± 4	< 0,7	< 0,04	< 0,02
Drvo brest	< 1	< 0,7	120 ± 10	< 4	< 0,2	< 0,1
Drvo duda	0,48 ± 0,09	< 0,2	99 ± 7	< 2	< 0,08	0,11 ± 0,04
Drvo šljive džanarike	< 0,8	< 0,6	52 ± 4	< 3	< 0,1	0,09 ± 0,03
Drvo hrast	0,9 ± 0,2	1,0 ± 0,3	86 ± 8	< 3	< 0,2	0,4 ± 0,1
Drvo bukva	11 ± 1	< 1	84 ± 10	< 8	< 0,4	1,0 ± 0,3
Toplac						
Drvo kajsije	4,3 ± 0,5	< 0,9	42 ± 5	< 3	< 0,2	< 0,08
Slivnica						
Drvo bagrem	< 1	< 1	45 ± 5	< 4	< 0,2	0,28 ± 0,09
Drvo bukva	12 ± 2	< 1	80 ± 10	< 10	< 0,7	0,9 ± 0,3
Drvo hrast	0,5 ± 0,2	1,0 ± 0,4	75 ± 6	3 ± 1	0,16 ± 0,05	0,14 ± 0,06
Drvo gabar	2,2 ± 0,4	3,4 ± 0,6	25 ± 3	3 ± 1	0,20 ± 0,05	0,10 ± 0,04

U uzorcima ispitivanih drvenastih biljaka, koji su uzimani sa lokacija (Bujkovac, Slivnica i Toplac) u Pčinjskom regionu, (tabela 39), dobijene vrednosti specifične aktivnosti detektovanih radionuklida ^{226}Ra su u intervalu od 0,48 Bq/kg za drvo duda do 12 Bq/kg za drvo bukve; za ^{232}Th su u intervalu od 0,6 Bq/kg za drvo hrast na lokaciji Bujkovac i Slivnica, do 3,4 Bq/kg za drvo gabra na lokaciji Slivnica. Za sve ostale uzorke drvenastih biljaka specifična aktivnost ^{232}Th je ispod minimalne granice detekcije.

U slučaju radionuklida ^{40}K vrednosti specifične aktivnosti u uzorcima drveta su u intervalu od 25 Bq/kg (drvo gabra u Slivnici) do 120 Bq/kg za drvo bresta u Bujkovcu. Vrednosti specifične aktivnosti radionuklida ^{238}U , ^{235}U kod svih uzoraka drveta na lokacijama Toplac i Bujkovac su ispod minimalne granice detekcije. Na lokaciji Slivnica u uzorcima drveta bagrema i bukve su vrednosti ovih radionuklida takođe ispod minimalne granice detekcije.

Jedino na lokaciji Slivnica, vrednosti specifične aktivnosti radionuklida ^{238}U i ^{235}U , detektovane su u uzorcima hrasta i gabra iznad granice detekcije. Odnos specifičnih aktivnosti $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ odgovara prirodnom uranijumu. U slučaju proizvedenog radionuklida ^{137}Cs , vrednost specifične aktivnosti, je ispod minimalne granice detekcije u uzorku drveta kajsije na lokaciji Toplac, kao i kod uzoraka drveta bagrema, cera i bresta na lokaciji Bujkovac. Specifična aktivnost detektovanog radionuklida ^{137}Cs za drvo kajsije po (Al-Oudat et al., 2006) iznosi 47 Bq/kg što je mnogo više nego u uzorku drveta kajsije koje je ispitivano u ovoj disertaciji.

Za razliku od drugih uzoraka drveta, drvo cera, ima najmanje vrednosti specifične aktivnosti za ^{232}Th , ^{40}K , ^{238}U , ^{235}U i ^{137}Cs . Maksimalna vrednost specifične aktivnosti ^{226}Ra od 12 Bq/kg detektovana je u uzorku bukve i to na lokaciji Slivnica, dok je minimalna vrednost specifične aktivnosti ovog radionuklida 0,48 Bq/kg detektovana je u uzorku duda na lokaciji Bujkovac. Kod radionuklida ^{232}Th maksimalna vrednost specifične aktivnosti od 3,4 Bq/kg detektovana je u uzorku gabra na lokaciji Slivnica, a minimalna vrednost od 1 Bq/kg detektovana je u hrastu na istoj lokaciji.

Minimalna vrednost specifične aktivnosti radionuklida ^{40}K od 25 Bq/kg detektovana je u uzorku graba na lokaciji Slivnica, a maksimalna vrednost od 120 Bq/kg detektovana je uzorku bresta na lokaciji Bujkovac.

U uzorku graba detektovana je maksimalna vrednost specifične aktivnosti ^{235}U od 0,2 Bq/kg na lokaciji Slivnica. Na istoj lokaciji u uzorku hrasta specifične aktivnosti ovog radionuklida ima minimalnu vrednost od 0,16 Bq/kg.

Maksimalna vrednost specifične aktivnosti ^{137}Cs detektovana je u uzorku bukve od 0,9 Bq/kg na lokaciji Slivnica, dok su minimalne vrednosti od 0,09 Bq/kg detektovane u uzorku šljive džanarike na lokaciji Bujkovac.

Dobijene vrednosti transfer faktora za uzorke drvenastih biljaka date su u tabeli 40.

Tabela 40. Vrednosti transfer faktora

Vrste drveta	Transfer faktor			
	$^{226}\text{Ra}_b/^{226}\text{Ra}_z$	$^{232}\text{Th}_b/^{232}\text{Th}_z$	$^{40}\text{K}_b/^{40}\text{K}_z$	$^{137}\text{Cs}_b/^{137}\text{Cs}_z$
Bujkovac				
Bagrem	-	-	0,09	
Cer	0,04	-	0,11	
Brest	-	-	0,24	
Dud	0,02	-	0,19	0,01
Šljiva džanarika	-	-	0,10	0,01
Hrast	0,04	0,03	0,17	0,02
Bukva	0,46	-	0,16	0,06
Toplac				
Kajsija	0,11	-	0,06	

Transfer faktor nije određen na lokaciji Slivnica, s obzirom na to da na datoj lokaciji nije izvršeno uzorkovanje zemljišta. U većini uzoraka drvenastih kultura nisu detektovani prirodni radionuklidi ^{238}U i ^{235}U , odnosno njihove specifične aktivnosti su ispod minimalne granice detekcije.

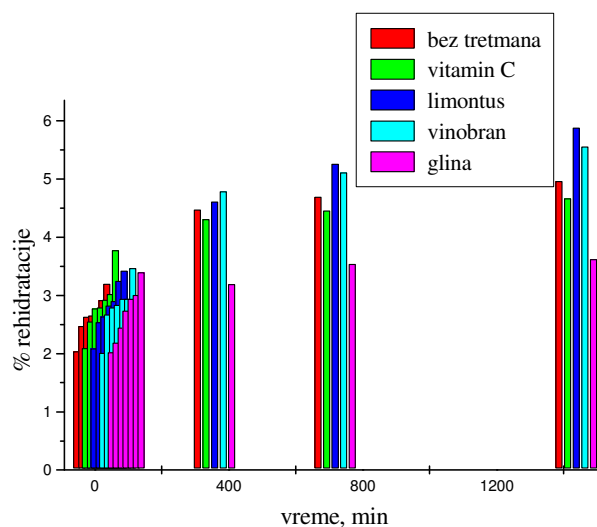
Transfer faktor određen je samo za sledeće radionuklide: ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th . Veće vrednosti transfer faktora dobijene su za ^{40}K kod uzoraka hrasta, šljive džanarike, duda, bresta, cera i bagrema u odnosu na ostale radionuklide i u intervalu je od 0,09 do 0,24. Veće vrednosti transfer faktora dobijene su za ^{226}Ra kod uzorka bukve, lokacija Bujkovac, 0,46 u odnosu na ostale drvenaste biljke.

6.6. ODREĐIVANJE REHIDRATACIJE U SUVOM PRINOSU

Pored ispitivanja parametara kvaliteta i ispitivanje radioaktivnosti različitih radionuklida u uzorcima zemljišta, kao i detektovanje radionuklida u uzorcima žitarica, voća, povrća, vode i u uzorcima drvenastih biljaka, u disertaciji su ispitivani i parametri kvaliteta u suvom prinosu voća, konkretno suvih plodova višnje. (Marković, 2009). Rezultati rehidracije suvog prinosa prikazani su u tabeli 41.

Tabela 41. Rehidracija suvog prinosa (dobijen od višnji u svežem stanju) sušene sa i bez tretmana

Vreme, min	Rehidracija, %				
	Bez tretmana	Tretirane, vitaminom C, limunskom kiselinom, vinobranom i glinom			
0	2,040	2,094	2,090	2,012	2,019
15	2,471	2,549	2,539	2,671	2,191
30	2,632	2,777	2,638	2,789	2,444
45	2,655	2,794	2,826	2,835	2,741
60	2,759	2,924	2,903	2,939	2,940
75	2,916	3,021	3,247	3,117	3,006
90	3,201	3,775	3,425	3,472	3,399
360	4,478	4,309	4,613	4,785	3,195
720	4,699	4,458	5,262	5,110	3,542
1440	4,964	4,668	5,883	5,556	3,623



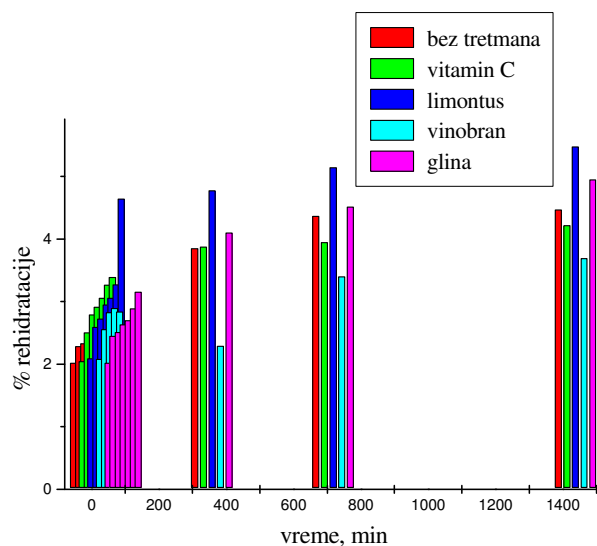
Slika 24. Zavisnost rehidracije suvog prinosa od vremena

Na slici 24 prikazani su histogramom, eksperimentalni rezultati rehidracije sušene sveže višnje bez i sa tretmanom vitaminom C, limunskom kiselinom, vinobranom i glinom. Sa dijagrama se može videti da procesom rehidracije dolazi do povećanja mase suvog prinosa višnje. Vidi se da se za prvih sat ipo vremena (1 h i 30 min), masa suvog prinosa povećava drastično. To znači da na početku suvi prinos najbolje ima mogućnost da upija vodu, a kada prođe neko vreme prinos se zasiti upijanjem vode i tada nastupa period stagnacije. Krive prvo rastu, a onda imaju konstantu promenu do kraja. (Marković, 2009). Vidi se da krive vidno rastu, da bi nakon 6 h suvi prinos počeo da bubri (upadljivo kod serije I, a kod serije V dolazi do obezbojavanja) i na kraju dolazi do potpunog kvašenja pa čak i raspadanja. Kod nekih uzoraka masa kao i sadržaj vlage se povećao, a neke su se i raspale zbog velike količine vode koju su primile. Nakon 24 h suvi prinos postaje sličan svežoj, odnosno višnji pre početka sušenja. (Marković, 2009). Može se primetiti da uzorci koji su bili tretirani limontusom imaju najveći procenat rehidracije (tamno plavi stubići).

U tabeli 42 prikazani su eksperimentalni rezultati merenja rehidracije suvog prinosa, koji je dobijen sušenjem zamrznute višnje sa i bez tretmana.

Tabela 42. Rehidracija suvog prinosa (dobijen od višnji koje su sušene zamrzavanjem) sušene sa i bez tretmana

Vreme, min	Rehidracija, %				
	Bez tretmana	Tretirane, vitaminom C, limunskom kiselinom, vinobranom i glinom			
0	2,023	2,047	2,093	2,082	2,020
15	2,286	2,506	2,593	2,562	2,452
30	2,336	2,793	2,727	2,827	2,513
45	2,465	2,915	2,951	2,897	2,635
60	2,549	3,061	3,061	2,842	2,702
75	2,658	3,269	3,275	2,064	2,889
90	3,047	3,390	4,644	2,222	3,155
360	3,852	3,875	4,775	2,295	4,102
720	4,368	3,950	5,145	3,402	4,517
1440	4,472	4,219	5,477	3,694	4,950



Slika 25. Zavisnost rehidracije suvog prinosa od vremena

Na slici 25 vidi se da su svi stubići približno iste visine u odnosu na stubiće na slici 24. Uzrok tome je taj što su smrznute višnje po osobinama sličnije svežoj višnji nego suve, pa krive u početnoj fazi imaju manji nagib i tokom celog procesa ravnomerno upijaju vodu, ne vidi se velika razlika. Smrznute višnje su i nakon sušenja ostale vlažne, što im omogućava, da u procesu rehidracije imaju bolju adsorciju, brže upijanje vode. I ovde se može primetiti da su uzorci zamrznute višnje koji su bili tretirani limontusom imali najveći procenat rehidracije.

Kod suvog prinosa koji je dobijen sušenjem od zamrznutih višnji, višnje tretirane vinobranom bubre nakon 6 h, višnje bez tretmana su nakon 6 h suve, da bi nakon 12 h davale intenzivnu boju. Višnje tretirane vitaminom C i glinom, nakon 6 h postaju topljive, a nakon 24 h se obezbojavaju. (Marković, 2009).

Suvi prinos je zbog dejstva različitih spoljašnjih faktora menjao svoju boju od tamno crvene do svetlo roze. Intenzitet boje suvog prinosa višnje mogao je da se izmeri tek nakon postupka rehidracije. Procesom rehidracije došlo se do zaključka da se intenzitet boje suvog prinosa skoro vratio na prvobitnu vrednost, ali se ipak ta vrednost za nijansu promenila. Intenzitet boje nakon rehidracije kod suvog prinosa (dobijen od svežih višnji) bio je 13,6Bx, a kod suvog prinosa (dobijen sušenjem zamrznutih višnji) bio je 14,2Bx.

Osim promene u masi i boji suvi prinos višnje pretrpeo je promene i u sadržaju vlage. Suvi prinos je čuvan na sobnoj temperaturi (bez izloženosti direktnoj svetlosti) koja je u letnjem periodu dostizala i 30°C. Kako je sušenje izvršeno na odgovarajućoj

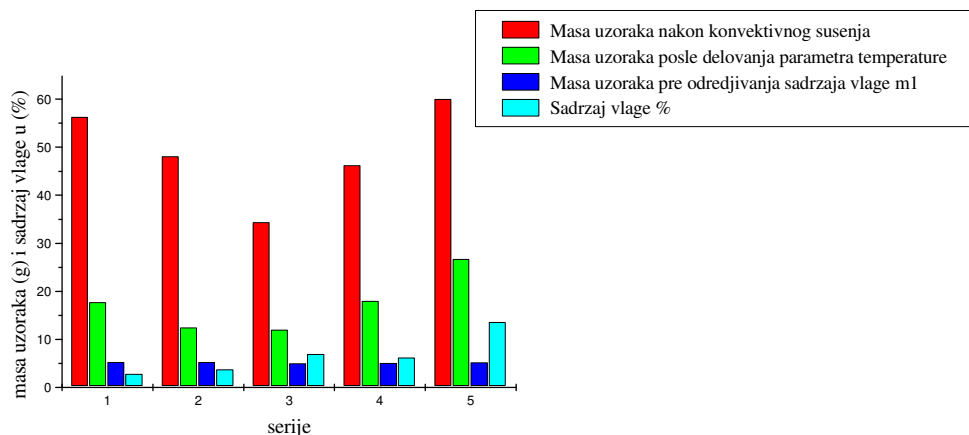
temperaturi, na suvom prinosu nije došlo do nikakvih fizičkih promena. Uzorci suvog prinosa se nisu ubuđali i nisu se dodatno zbarušili od onoga što su bili. Na takvom prinosu, rađena su dodatna ispitivanja u laboratoriji Zavoda za javno zdravlje u Vranju. Analize koje su rađene su sadržaj pepela i sadržaj vlage (tabela 43).

Tabela 43. Sadržaj vlage u sušenom prinosu (sušenim višnjama), nakon delovanja parametra temperature

Vrste uzoraka	Serije tretiranih i netretiranih uzoraka	Masa uzoraka nakon konvektivnog sušenja	Masa uzoraka posle delovanja parametra temperature	Masa uzoraka pre određivanja sadržaja vlage m_1	Sadržaj vlage %
Sveži uzorci	Seriya I ¹	56,3	17,7	5,3	28,3
	Seriya II	48,1	12,5	5,3	37,7
	Seriya III	34,4	12	5,05	6,93
	Seriya IV	46,2	18	5,12	6,25
	Seriya V	60	26,7	5,21	13,63
Zamrznuti uzorci	Seriya I	56,2	21,4	5,14	4,67
	Seriya II	56,3	20	5,05	22,77
	Seriya III	56,1	24,6	5,03	24,45
	Seriya IV	54	26,5	5	8
	Seriya V	62,3	36,8	5,2	15,38

Rezultati koji su dobijeni za sadržaj vlage pokazuju da je sadržaj vlage različit. Kod nekih uzoraka sadržaj vlage je veći a kod nekih manji. To znači da i pored sušenja u uzorcima serije I, II i V kod svežih uzoraka ima dosta vlage, kao i kod uzoraka II, III i V zamrznutih uzoraka. (Marković, 2009).

¹ Serija I bez tretmana, serija II – vitamin C, serija III – limunska kiselina, serija IV – vinobran, serija V – glina. Načini tretiranja svežeg prinosa višnji.

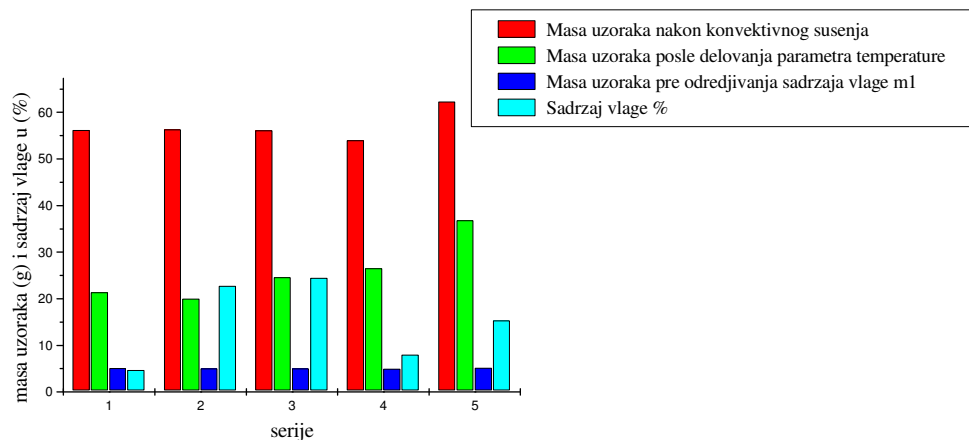


Slika 26. Promena mase uzoraka i sadržaja vlage kod suvog prinosa višnje dobijene od svežih uzoraka po serijama

Legenda:

1) Serija I, 2) Serija II, 3) Serija III, 4) Serija IV, 5) Serija V

Sa slike 26, može se uočiti drastična razlika u masi sušenih uzoraka nakon samog sušenja (crvena boja stubića), a kako su delovali parametri temperature, ta masa se smanjivala tako da je na kraju u uzorcima osušenog prinosa bilo tri puta manje vlage nego na samom početku (svetlo plava boja stubića). To pokazuje da iako su uzorci bili dobro osušeni da je zbog stajanja i čuvanja uzoraka posle dužeg vremenskog perioda opala i vlaga u njemu. Ono što se uočava sa slike 26 je da u uzorku pete serije sadržaj vlage je malo veći u odnosu na istom uzorku pre određivanja sadržaja vlage. Kod ostalih uzoraka sadržaj vlage je isti ili vrlo mali u odnosu na pre određivanja vlage (tamno plava boja stubića).



Slika 27. Promena mase uzoraka i sadržaja vlage kod suvog prinosa višnje dobijene od zamrznutih uzoraka po serijama

Legenda:

1) Serija I, 2) Serija II, 3) Serija III, 4) Serija IV, 5) Serija V

Kod sušenih uzoraka koji su dobijeni od zamrznutih višnji (slika 27), može se videti da je masa suvih uzoraka nakon sušenja mnogo veća od mase uzoraka pre određivanja sadržaja vlage. Ono što se može primetiti, a to je da je sadržaj vlage kod uzoraka druge i treće serije (svetlo plava boja stubića) mnogo veći od mase uzoraka pre određivanja sadržaja vlage (tamno plava boja stubića). To znači da i pored dobrog sušenja u uzorcima koji su zamryavani pa sušeni ostao je veći procenat vlage.

Sadržaj pepela u prinosu rađen je posle dužeg vremena sušenja prinosa. Nakon sušenja prinos je pretrpeo uticaj promene spoljašnjih parametara posebno temperature. U trenutku kada je određivan sadržaj pepela u prinosu, suvi prinos je dosta izgubio od svoje prvobitne mase. U tabeli 44 prikazani su rezultati merenja sadržaja suvog prinosa tretiranog 15% HCl.

Tabela 44. Količina pepela nerastvorljivog u hlorovodoničnoj kiselini izražen u procentima po masi u suvom prinosu

Suvi prinos višnje	Sadržaj pepela, %
Sveže sušene	52,1317
	59,9206
	56,6636
	48,1335
	53,1402
Zamrznute sušene	58,9941
	51,0891
	52,3166
	50,5814
	48,5207

Rezultati u tabeli 44 pokazuju koliki je sadržaj pepela u suvom prinosu i vidi se da se on kreće oko 50% izuzev u uzorcima 2 i 6 gde je sadržaj pepela nešto veći. To je zato što su ti uzorci pre sušenja tretirani glinom. Kako je glina mineral, mineralni sastojci su i nakon žarenja na visokoj temperaturi od 525°C zadržali svoja svojstva.

VII MOGUĆA UNAPREĐENJA

Rezultati dobijeni u ovoj disertaciji mogu da budu od velike koristi i velikog značaja građanima ovog regiona, jer daju prve informacije o kvalitetu zemljišta i biljnih kultura koje se koriste u ishrani na teritoriji Pčinjskog regiona i u selima pored Južne Morave. Istraživanja, čiji su rezultati dati u ovoj doktorskoj tezi, mogu da posluže kao osnova za ispitivanje drugih vrsta zemljišta i biljnih kultura koje se gaje na ovoj teritoriji.

Parametri životne sredine takođe imaju veliku ulogu i veliki uticaj na kvalitet zemljišta, i mogu da utiču na razvoju poljoprivrede u Pčinjskom regionu. Rezultati dobijeni u disertaciji bi možda bili drugačiji da su se koristile druge preciznije metode. Međutim i pored jednostavnih metoda, koje su korišćene za ispitivanje parametara kvaliteta zemljišta, može se reći da je zemljište bogato humusom, ima dovoljno kalijuma, dosta azota i fosfora. Korišćenjem đubriva na bazi ovih elemenata količina prinosa možda bi bila još veća kod pojedinih poljoprivrednih kultura.

Razvoj nauke i tehnologije daje prostor da se u Pčinjskom regionu poljoprivreda razvija na visokom nivou sa još boljim i kvalitetnijim količinama prinosa, koji će se na ovom području proizvoditi. Parametri životne sredine idu tome u prilog.

VIII ZAKLJUČAK

Motivi izrade ove disertacije bili su da se ispita kvalitet zemljišta u Pčinjskom regionu, kako se menja pod dejstvom parametara životne sredine; kako utiču poplave na njegov kvalitet; da li ima radioaktivnih izotopa i kako oni utiču kasnije na biljne kulture koje su sađene na tom zemljištu.

Cilj istraživanja je da se analiziraju parametri životne sredine koji utiču na kvalitet i poboljšanje sastava zemljišta, kao i kako se sastav i karakteristike zemljišta, odražavaju na kvalitet prinosa. Takođe, da se ispita sadržaj radionuklida u zemljištu, u sedam vrsta žitarica, u dve vrste voća i povrća, u vodi i u uzorcima drvenastih biljaka. Korelaciona veza sa prinosom je istražena sve do završnog tehnološkog postupka, sušenog ploda sveže i smrznute višnje. Svi elementi su obrađeni najpre teoretski, a međusobna funkcionalna zavisnost je proverena na modelskom primeru na konkretnim oglednim parcelama u atarima sela u Pčinjskom regionu Grada Vranja.

Istraživanje je teklo po fazama: sakupljani su uzorci zemljišta sa različitih lokacija i sa različitih dubina, cevastim sondama za potrebe ispitivanja kvaliteta zemljišta, odnosno utvrđivanje procenta K, P, N, pH i humusa, a sve pod dejstvom parametara životne sredine. Sa istih lokacija uzimani su uzorci zemljišta i za određivanje specifične aktivnosti radionuklida ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{238}U , ^{235}U i ^{137}Cs . Uzorci zemljišta su ispitivani s ciljem da se vidi kakvog je kvaliteta zemljište, koliko je bogato ili siromašno K, P, N i humusom, da bi se kasnije moglo utvrditi da li to zemljište utiče na kvalitet biljnih kultura koje su na njemu rasle.

U uzorcima zemljišta, na lokacijama koje su se nalazile blizini frekventnih saobraćajnica određivano je i prisustvo POPs jedinjenja kako bi se videlo da li je zemljište zagađeno njima ili nije.

Kako su u periodu izrade disertacije na području Pčinjskog regiona bile poplave, na lokacijama sa kojih su uzimani uzorci zemljišta, urađen je paralelni prikaz pre poplava i nakon poplava. Odnosno analizirani su parametri kvaliteta zemljišta kako se menjaju, da li se menjaju i pre i nakon poplava.

Pored ispitivanja zemljišta, istraživanja su tekla i u pravcu ispitivanja biljnih kultura, kako suvih tako i u svežem stanju. U uzorcima ispitivanih biljnih kultura u svežem stanju (pšenica, kukuruz, ječam, jabuka, krompir) i drvenaste biljke (hrast, brest, bagrem, dud, kajsija, stablo, šljiva džanarika, cer), kao i suva paprika, spektrometrijom gama emitera određen je sadržaj radionuklida prirodnog i

proizvedenog porekla, dok je kod uzoraka koji su bili suvi (višnja) ispitivan sadržaj vlage, sadržaj pepela i rehidracija.

Metode koje su korišćene za ispitivanje u ovoj disertaciji podeljene su na fizičko hemijske metode za ispitivanje parametara kvaliteta zemljišta i suvog prinosa; metode za ispitivanje radioaktivnosti (spektrometrija gama emitera), metode gasne i masene hromatografije i statističke metode koje su korišćene za obradu rezultata merenja.

Rezultati koji su dobijeni tokom istraživanja, od značaja su za Pčinjski region. Rezultati ispitivanih uzoraka zemljišta tipa gajnjača, pokazuju da je zemljište bogato kalijumom, fosforom, azotom, humusom i da ima kiseli karakter. Na dubini od 0-5 cm, srednja vrednost kalijuma iznosi 22,62%; fosfora 20,08; azota 0,19%; humusa 3,58% i pH je 5,38. Na dubini 0-10 cm, srednja vrednost K iznosi 14,1%; fosfora 17,54%; azota 0,15%; humusa 3,09% i pH je 5,75. Na dubini 0-20 cm, srednja vrednost K iznosi 21,05%; fosfora 20,94%; azota 0,19%; humusa 3,58% i pH je 5,76. Na dubini od 10-15 cm, srednja vrednost kalijuma iznosi 18,62%; fosfora 18,47%; azota 0,21%; humusa 3,48% i pH je 5,33. Na dubini 5-10 cm, srednja vrednost kalijuma iznosi 24,31%; fosfora 20,67%; azota 0,24%; humusa 3,29% i pH je 5,64. Na dubini 0-40 cm, srednja vrednost kalijuma iznosi 25,93%; fosfora 25,12%; azota 0,27%; humusa 5,46% i pH je 5,69. Vrednosti koje su dobijene za ispitivane parametre kvaliteta K, P i N pokazuju da zemljište spada u II srednje kvalitetnu klasu i da njihova količina utiče na razvoj korena, listova i na plod.

Rezultati ispitivanja fizičko hemijskih parametara u uzorcima zemljišta pre i nakon poplava pokazuju da nije došlo do velikih promena. To znači da su uzorci zemljišta pretežno kisela jer se pH kreće u intervalu od 4,18-6,64. Uzorci zemljišta su bogati azotom, procenat azota je od 0,12-0,40 i zemljište je srednje kvalitetno količinom fosfora. Ovakve rezultate u uzorcima zemljišta nisu mogle da naruše ni poplave, jer i nakon njih zemljište je sačuvalo svoje karakteristike. Rezultati ispitivanja pokazali su da su uzorci svih zemljišta uglavnom sa pH oko 7, da su kisela; da nekim uzorcima zemlje ne treba dodatno đubrenje jer su bogata fosforom i kalijumom (fosfor i kalijum imaju vrednosti veće od 40). Rezultati su pokazali da su zemljišta bogata humusom jer se kod svih uzoraka vrednost humusa kreće oko 3-3,5.

U zemljištu uzorkovanom u blizini asfaltne baze u Ranutovcu nije detektovan ni jedan od 6 predstavnika PCB-ja, ali je zato u analiziranom uzorku poljoprivrednog zemljišta detektovano prisustvo endosulfana (0.016 µg /kg), dieldrina (0.007 µg /kg), endrin aldehida (0.059 µg /kg) i DDT (0.004 µg /kg). Izmereni sadržaj DDT je daleko niži od nacionalne predložene vrednosti od 0,1 mg/kg, to znači da proces degradacije osnovnog jedinjenja još uvek nije dominantan. Zbir koncentracija pojedinih jedinjenja iz grupe PAH-ova u analiziranim uzorcima poljoprivrednog zemljišta kreću se u

rasponu od 0.004 $\mu\text{g}/\text{kg}$ do 0.621 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Nađene količine PAH-ova u zemljištu su niže od maksimalno dozvoljenih po nemačkim kriterijumima za zemljište.

Vrednosti specifične aktivnosti radionuklida u ispitivanim uzorcima zemljišta na svim lokacijama bile su u intervalu od 22 do 45 Bq/kg za ^{226}Ra , od 29 do 55 Bq/kg za ^{232}Th , od 460 do 730 Bq/kg za ^{40}K , od 22 do 51 Bq/kg za ^{238}U , od 1,1 do 2,7 Bq/kg za ^{235}U i od 7,2 do 17 Bq/kg za ^{137}Cs . Dobijene vrednosti su karakteristične za zemljište i odgovaraju vrednostima sa drugih prostora bivše Jugoslavije (Popović et al., 2012). Prisutne razlike u vrednostima specifičnih aktivnosti detektovanih radionuklida po dubinama su u okviru merne nesigurnosti rezultata merenja, a odnos specifičnih aktivnosti $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$, odgovara prirodnom uranijumu. Jedino na lokaciji Toplac se mogu uočiti razlike u vrednosti specifične aktivnosti radionuklida ^{238}U na različitim dubinama od 0-20 cm i od 0-40 cm. Prisutne razlike u vrednosti specifične aktivnosti ovog radionuklida, mogu biti posledica velike merne nesigurnosti. Takođe može se pretpostaviti da bi ove razlike možda bile manje da su uzorci zemlje uzimani od 0-20 cm, i od 20-40 cm. Tada bi bila isključena mogućnost preklapanja pogotovu kod uzorka na dubini 0-40 cm.

Na osnovu dobijenih rezultata, merenja radioaktivnosti zemljišta na lokacijama u Pčinjskom okrugu, može se uočiti da su dobijene vrednosti specifične aktivnosti detektovanih radionuklida reda veličine kao i na drugim prostorima naše zemlje.

Posmatrajući korelacione odnose između parametara kvaliteta zemljišta i specifične aktivnosti radionuklida uočava se uglavnom srednje negativna korelacija, osim u slučaju ^{40}K , ^{238}U i ^{137}Cs sa pH vrednošću gde su dobijene pozitivne vrednosti linearnog koeficijenta korelacije. Dobijeni rezultati ukazuju da je jedino pH vrednost zemljišta u pozitivnoj korelaciji sa sadržajem pojedinačnih radionuklida. Da bi dobili bolju statistiku potrebno je uraditi ispitivanja na većem broju uzoraka zemljišta, a takođe koristiti i različite vrste zemljišta.

U slučaju biljnih kultura odnosno pšenice, kukuruza, suve paprike, jabuke crveni delišes i krompira, dobijene su niske vrednosti specifične aktivnosti svih detektovanih radionuklida ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U i ^{137}Cs , osim za radionuklid ^{40}K gde su dobijene veće vrednosti koje se i očekuju.

Na datim lokacijama: Korbevac, Suvi Dol i Bujkovac, određena je vrednost transfer faktora za ^{40}K koji je u intervalu od 0,144 do 0,392, odnosno apsorpcija ^{40}K iz zemlje u ispitivane žitarice je od 14% do 39%, dok je za ^{226}Ra u intervalu od 0,008 do 0,074, odnosno apsorpcija ^{226}Ra iz zemlje u ispitivane žitarice je 0,8 % do 7,4%. Za ostale prirodne radionuklide i proizvedeni radionuklid ^{137}Cs , vrednost transfer faktora nije određena jer su dobijene specifične aktivnosti u žitaricama ispod minimalne granice detekcije.

Važno je napomenuti da su detaljne studije u cilju procene transfer faktora za žitarice u Pčinjskom regionu do sada nepoznate, odnosno nisu objavljene. Ovo su prva istraživanja transfer faktora kod nekih vrsta žitarica koja su rađena u Pčinjskom regionu. S obzirom na to da su dobijeni rezultati transfer faktora određeni samo za neke vrste žitarica koje su uzimane sa zemljišta tipa gajnjača, potrebno je da se nastave ovakva istraživanja i za ostale vrste zemljišta, kao i za druge vrste žitarica koje se koriste u ishrani stanovništva i životinja, u ovom regionu.

Vrednosti specifične aktivnosti radionuklida ^{226}Ra za date uzorke drveta se u intervalu od 0,48 Bq/kg (drvo duda) do 12 Bq/kg (drvo bukve), dok su za ^{232}Th u intervalu od 1,0 Bq/kg (drvo hrast na lokaciji Bujkovac i Slivnica) do 3,4 Bq/kg (drvo gabara, lokacija Slivnica). U slučaju radionuklida ^{40}K vrednosti specifične aktivnosti u uzorcima drveta su u intervalu od 25 Bq/kg (drvo gabara u Slivnici) do 120 Bq/kg za drvo bresta u Bujkovcu.

U uzorku gabara detektovana je maksimalna vrednost specifične aktivnosti ^{235}U od 0,2 Bq/kg na lokaciji Slivnica. Na istoj lokaciji u uzorku hrasta specifične aktivnosti ovog radionuklida ima minimalnu vrednost od 0,16 Bq/kg. Takođe na istoj lokaciji u uzorku hrasta i gabara, detektovana je specifična aktivnost ^{238}U od 3 Bq/kg.

Maksimalna vrednost specifične aktivnosti ^{137}Cs detektovana je u uzorku bukve od 1,0 Bq/kg na lokaciji Bujkovac, dok su minimalne vrednosti od 0,09 Bq/kg detektovane u uzorku šljive džanarike na istoj lokaciji.

Transfer faktor kod drvenastih biljaka određen je samo za radionuklide ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th . Veće vrednosti transfer faktora dobijene su za ^{40}K kod uzoraka hrasta, šljive džanarike, duda, bresta, cera i bagrema u odnosu na ostale radionuklide i u intervalu je od 0,09 do 0,24.

Na suvom prinosu određivana je rehidracija, kao merilo kvaliteta osušenog materijala. Suvi prinos, procesom rehidracije, vraća sadržaj vode gotovo 50%. Rehidracija osušenog materijala može se predstaviti modelom eksponencijalne zavisnosti. Intenzitet boje gotovo je isti kod prinosa dobijenog od (svežih i zamrznutih višanja).

Nakon delovanja parametara temperature (sobne), sadržaj vlage u isušanim uzorcima prinosa se promenio. Došlo je do toga da su sušeni uzorci povukli vlagu ali da procenat vlage nije visok tako da nije mnogo uticala na kvalitet prinosa. Pokazano je da se sadržaj vlage u suvom prinosu nakon tretiranja parametrima životne sredine kreće oko 50% izuzev kod uzoraka suvih višnji koje su tretirane glinom.

Shodno dobijenim rezultatima može se reći da su uzorci zemljišta, žitarica, voća i povrća, kao i drvenastih biljka u skladu sa rezultatima koji su dobili drugi autori kako kod nas tako i u svetu. Zemljište tipa gajnjača pokazalo se kao pogodno za gajenje voćarskih kultura.

Disertacija je dala veliki doprinos nauci, a posebno u oblast radioaktivnosti, s obzirom na činjenicu da su ovo prva detaljnija ispitivanja radioaktivnosti zemljišta, biljnih kultura i drvenastih biljaka u Pčinjskom regionu.

Jedina ispitivanja su se odnosila na zemljište koje se nalazilo u blizini planine Pljačkovica. Uzorci zemljišta koji su ispitivani u ovoj disertaciji su uzimani sa lokacija koje se nalaze pored Južne Morave, tako da su dobijeni rezultati od značaja za poljoprivredne proizvođače.

Ukoliko se u kontinuitetu prate i rade nove analize na temu ispitivanja parametara kvaliteta zemljišta, kao i ispitivanje sadržaja radionuklida, može se doći do niz statističkih podataka koji mogu biti od velike koristi poljoprivrednim proizvođačima, odnosno mogu im pomoći prilikom odabira biljnih kultura, načina tretiranja, odabira vrste sredstava za tretiranje i drugo.

LITERATURA

1. Abu-Khadra SA, Abdel-Sabour MF, Abdel-Fattah AT, Eissa HS (2008) Transfer Factor of Radioactive Cs and Sr from Egyptian Soils to Roots and Leafs of Wheat Plant. IX Radiation & Protection Conference, Egypt
2. Agarwal T. (2009), Concentration level, pattern and toxic potential of PAHs in traffic soil of Delhi, India, Journal of Hazardous Materials Vol. 171, pp. 894–900
3. Altieri, et al. (1995), Agroecology: the science of sustainable agriculture., 446, 1-85339- 295-2
4. Al-Oudat, M., Asfary, A. F., Mukhalalti, H., Al-Hamwi, A., Kanakri, S., (2006), Transfer factors of ^{137}Cs and ^{90}Sr from soil to trees in arid regions, Journal of Environmental Radioactivity 90, 78-88
5. Antonović D.G., Gasna hromatografija, (2010), Tehnološko metalaloruški fakultet, Univerzitet u Beogdisertaciji.
6. Asaduzzaman, Kh., Mayeen Uddin Khandaker, Y.M. Amin, D.A. Bradley, R.H. Mahat, R.M. Nor, (2014), Soil-to-root vegetable transfer factors for ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , and ^{88}Y in Malaysia, Journal of Environmental Radioactivity 135, 120-127
7. Barankova Z., Dobrovodska, M., Štefunkova, D., Babicova, D., Moyzeova, M., Petrović, F. (2011), Participation of local people on indentifyng the landscape values and future development in historical agricultural landscapes, Ekol., Bratislava 30 (2), 216-228
8. Barakat A. O., Khairy M., Aukaily I., (2013). Persistent organochlorine pesticide and PCB residues in surface sediments of Lake Qarun, a protected area of Egypt. Chemosphere, 90, 9, 2467–2476
9. Bikit, M. Sarić, Lj. Čonkić, J. Slivka, M. Krmar, (1995), Transport prirodnih radionuklida iz zemljišta u biljke, *Zbornik radova XVIII Jugoslovenski simpozijum za Zaštitu od zračenja*, Bečići, 221- 224.
10. Bikit, I., Slivka, J., Veskovic, M., Varga, E., Zikic-Todorovic, N., Mrdja, D., Forkapic, S., (2006):, Measurement of Danube Sediment Radioactivity in Serbia and Montenegro Using Gamma Ray Spectrometry, Radiation Measurements 41 477-481
11. Bikit, I., Slivka, J., Vesković, M., Krmar, M., Todorović, N., Mrđa, D., Forkapić, S., Nikolov, J., Hansman, J., Bikit, K., (2012), Praćenje radioaktivnosti zemljišta na teritoriji Grada Novog Sada tokom 2012.god.Prirodno matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu,
12. Bogdanović D., Lazić S., Belić M., Nešić Lj., Ćirić V., Čabilovski, R., (2014), Uzorkovanje zemljišta i biljaka za agrohemijske i pedološke ananalize, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet

13. Boltižar, R., M., (2013), The evaluation of ecological factors affecting environmental functions of the soils in area of traditional agrarian structures, *Ekol. Bratislava*, 32 (2), pp. 24
14. Brai, M., Basile, S., Bellia, S., Hauser, S., Puccio, P., Rizzo, S., Bartolotta, A., Licciardello, A., (2002). Environmental radioactivity at Stromboli (Aeolian Islands). *Applied Radiation and Isotopes* 57, 99–107.
15. Campbell, B., (2012). Open-pollinated seed exchange: renewed Ozark tradition as agricultural biodiversity conservation. *Journal of sustainable agriculture*, 36,500–522.
16. Chen, C.-J., Weng, P.-S., Chu, T.-C., (1993), Evaluation of natural radiation in houses built with black schist. *Health Physics* 64 (1), 74–78.
17. Castro-Jimenez J., Mariani G., Vives I., Skejo H., Umlauf G., Zaldivar J. M., Dueri S., Messiaen G., Laugier T., (2011). Atmospheric concentrations, occurrence and deposition of persistent organic pollutants (POPs) in a Mediterranean coastal site (Etang de Thau, France). *Environmental Pollution*, 159, 7, 1948–1956.
18. Davies B.E., Conway D., Holt S. (1979): Lead pllution of London soils: a potential restriction on their use for growing vegetables. *J. Agric. Sci. Camb.* 93: 749-752.
19. Debertin K., and Helmer R.G.: (1988), *Gamma- and X-Ray Spectrometry with Semiconductor Detectors*, North Holland
20. Feng, B. Y. Yu, D. M. Ge, M. H. Wong, X. C. Wang and Z. H. Cao: (2003), Organo-chlorine pesticide (DDT and HCH) residues in the Taihu Lake Region and its movement in soil–water system: I. Field survey of DDT and HCH residues in ecosystem of the region, *Chemosphere*, Volume 50, Issue 6, February, Pages 683-687
21. Forkapić, S., Bikit, I., Mrđa, D., Todorović, N., Krmar, M., Slivka J., Vesković, M., (2015), Ispitivanje sadržaja radionuklida u zemljištu i sadržaja ^{210}Pb u lišću novosadskih parkova, *Departman za fiziku, PMF, Novi Sad, Srbija*
22. Garcia, C. Ake, B. Clement, H. J. Huebner, K. C. Donnelly and S. L. Shalat: (2001), Initial results of environmental monitoring in the Texas Rio Grande Valley. *Environment International*, Volume 26, Issues 7-8, June Pages 465-474
23. Gračanin M., (1954), *Mali pedološki praktiku*, Poljoprivredna naklada, Zagreb
24. IAEA Technical Reports Series No.295 – Measurement of Radionuclides in Food and the Environment - Section 5. - Collection and Preparation of Samples, Viena (1989)
25. Ilić T., (2014), *Osnovi tehnologije biljnih proizvoda*, Visoka škola primenjenih strukovnih studija, Vranje, 1-22
26. Izveštaj o stanju zemljišta u Republici Srbiji/Ministarstvo zaštite životne sredine i prostornog planiranja, Agencija za zaštitu životne sredine, 2009, Beograd ISBN-978-86-87159-02-0

27. Jakovljević M., Pantović M., (1991), Hemija zemljišta i voda, Naučna knjiga, Beograd
28. Janković M., Todorović D., Savanović M. (2008) Radioactivity measurements in soil samples collected in the Republic of Srpska, Radiat Meas 43:1448–1452
29. Karahan, G., Bayulken, A., (2000). Assessment of gamma dose rates around Istanbul (Turkey). Journal of Environmental Radioactivity 47, 213–221.
30. Kovačević, D. (2003), General Field, Faculty of Agriculture, Belgrade, 771pp
31. Krnačova, Z., Hreško, J., Kanka R., Boltiziar, M., (2013)., The evaluation of ecological factors affecting environmental functions of the soils in area of traditionalagrarian structures. Ekol. Bratislava 32 (2), 248-261
32. Larcher W., (1973), Ökologie der Pflanzen 2, Auflage Stuttgart
33. Lear. F., (1995), Gama spektrometrija u određivanju transport radionuklida iz zemljišta u biljke (diplomski rad), Prirodno matematički fakultet, Univerzitet u Novom sadu
34. Leo, W.R., (1994), Tehniques for Nuclear and Particle Physics Experiments. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York
35. Lewicki, P.P. (1998). Some remarks on rehydration of dried foods. Journal of Food Engineering 36, 81–87.
36. Lukešić Ž. sa veb sajta www.novi-zagreb.com. (2007) god.
37. Marković D., Veselinović D., Tomić V., Agatonović-Malinović V., (2007), Ispitivanje tla, vode i vazduha, Zavod za udzbenike, Beograd.
38. Marković J., (2009), Uticaj predtretmana na kvalitet sušenja svežih i smrznutih višnji, Magistarska teza, Tehnološki fakultet Leskovac
39. Marković J., (2014), Contolling the quality of wheat at arrival points in the region of Vranje (Kontrolisanje kvaliteta pšenice na prijemnim mestima u Regionu Vranja), Jounal of Process Mangamement – New Technologies, International, ISSN:2334-7449 Vol. 4, Special edition, pp. 560-562
40. Marković J., Bogdanović G., Marković G., (2015), Effect of drought on stress in plants, Jounal of Process Mangamement – New Technologies, International, Vol. 3, No.3, st. 9-17
41. Mcintyre, B., et al., (2011). The best-laid plans: climate change and food security. Climate and development, 3, 281–284.
42. Mišović J., Ast T., (1978), Instrumentalne metode hemijske analize, Tehnološko metalurški fakultet Beograd
43. Mratinić E. (2002): Višnja. Vizartis, Beograd
44. Nikolić, M., Cerović R., Radičević S. (2000): Biološko-pomološke karakteristike novijih sorti višnje. Jugoslovensko voćarstvo, Vol. 34, br. 131-132 (3-4) s.161-166.
45. Nikčević M., Anđelić T., (2011), Radioaktivnost i jonizujuća zračenja detekcija, dozimetrija i zaštita od jonizujućih zračenja, Podgorica, st. 12-13
46. Oljača S., (2008), Agroekologija, (knjiga), Poljoprivredni fakultet, Beograd

47. Pantović M., Džamić R., Petrović M., Janković M., (1989), Praktikum agrohemija, Naučna knjiga, Beograd
48. Patra, A.K., (2005) Studies on The Biological Translocation of Major and Trace elements in Kaiga Environment. PhD Thesis, Mangalore University.
49. Popović, D., Todorović, D., Spasic Jokić, V., Nikolić, J., (2012), Contents of Radionuclides in Soils in Serbia: Dose Calculations and Environmental Risk Assessment
50. Predić T., (2011), Praktikum agrohemija i ishrana biljaka, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Banjaluci, Republika Srpska
51. Pretty, J., (2008), Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B 363 (1491), 447–466
52. Pulhani V.A., Kayasth S., More A.K., Mishra U.C., (2000), Determination of traces of uranium and thorium in environmental matrices by neutron activation analysis, Journal of Radio Analytical and Nuclear Chemistry 243 (3), 625-629
53. Pulhani V.A., Dafauti S., Hegde A.G., Sharma R.M., Mishra U.C., (2005), Uptake and distribution of natural radioactivity in wheat plants from soil, Journal of Environmental Radioactivity 79, pp. 331-346
54. Purves . (1967): Contamination of urban soils with copper, boron and lead. Plant and Soil 26 (2), 380-382.
55. Rodić, D., Pavlović, M, (1994): Geografija Jugoslavije, Savremena administracija, Beograd
56. Rosner G., Bunzl K., Hotzl H., and Winkler R., (1985), Low Level Measurements of Natural Radionuclides in Soil Samples around A Coal - Fired Power Plant, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Vol. 223, 2, 3, 585-589
57. Selvasekarapandian, S., Sivakumar, R., Manikandan, N.M., Meenakshisundaram, V., Raghunath, V.M., Gajendran, V., (2000). Natural radionuclide distribution in soils of Gudlaore, India. Applied Radiation and Isotopes 52, 299–306.
58. Slivka, J., Bikit, I., Vesković, M., Čonkić, Lj., Gama spektrometrija, specijalne metode i primene. Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad (1995).
59. Skoog D. A., Holler F. J., Nieman T. A., (2007), Principles of Instrumental Analysis, 5. izdanje, Brooks/Cole Thomson Learning, USA,
60. Sobczyk W, (2014), Sustainable development of rural areas Problemy ekorozwoju – Problems of sustainable development, vol. 9, no 1, 119-126
61. Solecki J, Chibowski S., (2002), Determination of transfer factors for ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr isotopes in soil–plant system. J Radioanal Nucl Chem 252:89–93
62. Spitler T.M., Feder W.A. (1979): A study of soil contamination and plant lead uptake in Boston urban gardens. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 10, 1195-1210.

63. Sroor, A., El-Bahi, S.M., Ahmed, F., Abdel-Haleem, A.S., (2001). Natural radioactivity and radon exhalation rate of soil in southern Egypt. *Applied Radiation and Isotopes* 55, 873–879.
64. Stanković, D. (1998): *Trešnja i višnja*. Nolit, Beograd
65. Stanković M., (2001), *Statistika*, Ekonomski fakultet, Subotica
66. Stevanović B., Janković M.M., (2001), *Ekologija biljaka sa osnovama fiziološke ekologije biljaka*. NNK International, Beograd, 514 pp
67. Stevović S. (2010), Environmental impact on morphological and anatomical structure of Tansy, *African Journal of Biotechnology*, 9 (16), 2413-21
68. Stevović S. And Calic-Dragosavac D., (2010), Environmental study of heavy metals influence on soil and Tansy (*Tanacetum vulgare* L.), *African Journal of Biotechnology* 9 (16), 2392-400
69. Stevović S., Mikovilović, Vesna Surcinski and Calic-Dragosavac, Dusica, (2010), Environmental impact of site location on macro-and microelements in Tansy, *African Journal of Biotechnology* 9 (16), 2408-12
70. Stevović, Svetlana, Mikovilovic, Vesna Surcinski and Dragosavac, DC, (2009), Environmental adaptibility of tansy (*Tanacetum vulgare* L.), *African Journal of Biotechnology* 8 (22)
71. Stevović Svetlana, Dervnja, Nina and Calic-Dragosavac, Dusica, (2013), Environmental impact quantification and correlation between site location and contents and structure of Tansy, *African Journal of Biotechnology* 10 (26), 5075-83
72. Stevović, Svetlana et al., (2011), Correlation Between Environment and Essential Oil Production in Medical Plants, *Advances in Environmental Biology*, 5 (2), 465-68
73. Ubavić M., Kastori R., Peić A., (1990), *Đubrenje voćnjaka i vinograda*, Hemijska industrija, Zorka Subotica
74. Špulerova, J., (2008), Succession changes in extensively used agricultural land *Ekol. Bratislava* 27 (1), *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 54-64
75. Vandenhove H., Olyslaegers G., Sanzharova N., Shubina O., Reed E., Shang Z., Velasco H., (2008), Proposal for new best estimates of soil-to-plant transfer factor of U, Th, Ra, Pb and Po, *Journal of Environmental Radioactivity*, 10.1016/j.envrad.2008.10.014
76. Varga D. (2015), *Priručnik za đubrenje ratarskih i povrtarskih kultura*, PSS Subotica AD
77. Vukašinović I, Todorović D, Đorđević A, Rajković MB, PavlovićVB (2013), Depth distribution of ^{137}Cs in anthrosol from the experimental field “Radmilovac” near Belgrade, Serbia. *Arh HigRada Toksikol* 64:425–430
78. Vera Tomé, F., Blanco Rodriguez P., Lozano J.C., (2002), Distribution of U, Th and ^{226}Ra in the plant-soil compartments of a mineralized uranium area in the south-west of Spain, *Journal of Environmental Radioactivity* 59, 41-60

79. Ćirić S., (2014), Određivanje organskih zagađivača u uzorcima iz životne sredine, Prirodno – matematički fakultet Univerzitet u Nišu
80. www.sartorius.rs

BIOGRAFIJA AUTORA

Mr Jelena Marković, rođena je 28.03.1981.godine u Vranju. Osnovnu školu završila je u Vranju. Srednje obrazovanje Gimnazija Bora Stanković u Vranju prirodno matematički smer, završila je sa odličnim uspehom 2000-te godine.

2000/2001 upisala je Tehnološki fakultet u Leskovcu Univerzitet u Nišu, smer Organsko hemijska tehnologija. Osnovne akademske studije završila je sa prosečnom ocenom 8,00. Diplomski rad iz oblasti organske hemije sa nazivom teme: *Sinteza poliglukolne kiseline i njena karakterizacija*, odbranila je sa ocenom 10 dana 24.03.2005.godine i time stekla zvanje diplomirani inženjer tehnologije organsko hemijske tehnologije. Tokom studiranja bila je veoma aktivna, tako da je diplomirala prva u svojoj generaciji.

Magistarske studije upisala je školske 2005/2006 na Tehnološkom fakultetu u Leskovcu Univerzitet u Nišu, na smeru Biohemijsko inženjerstvo – smer prehrambena tehnologija. Magistarske, odnosno poslediplomske studije završila sa srednjom ocenom 9,33. Magistarsku tezu iz oblasti prehrambene tehnologije sa nazivom teme *Uticaj predtretmana na kvalitet sušenja suve i zamrznute višnje*, odbranila je sa ocenom 10 dana 17.07.2009. godine i time stekla zvanje magistar tehničkih nauka.

Od novembra 2008 do novembra 2009. godine obavila je pripravnički staž u Visokoj školi primenjenih studija, na studijskom programu Prehrambena tehnologija.

U periodu od 2009. Do 2012. god. izvodila više puta kursne obuke od strane Nacionalne službe za zapošljavanje, kod JU Narodni univerzitet u Vranju iz oblasti prehrambene i poljoprivredne struke, kao spoljni saradnik ugovora o delu i autorskom honoraru.

Od 2012. do 01.01.2014. obavljala poslove samostalnog stručnog saradnika u inspekcijским poslovima inspekcije Zaštite životne sredine u gradskoj Opštini Vranjska Banja Grad Vranje.

U martu 2014.god. izabrana je za predavača iz oblasti Tehnologija namirnica biljnog porekla, na Visokoj školi primenjenih studija u Vranju na pet godina.

Učestvovala je na mnogobrojnim domaćim i međunarodnim konferencijama. Objavila je preko 40 radova, što u međunarodnim, što u domaćim vodećim časopisima.

Ima istaknuto poglavlje u monografiji od svetskog značaja. Autor je i koautor mnogih naučnoistraživačkih radova.

Član je Eko škole- Eko fakulteti, koji realizuje organizacija “Ambasadori održivog razvoja i životne sredine” u okviru programa “Fondacija za edukaciju u oblasti životne sredine” Međunarodni program, koji je pod pokroviteljstvom Ministarstva prosvete nauke i tehnološkog razvoja, Ministarstva zdravlja RS, podržan od strane Programa UN za očuvanje životne sredine, kao i od UNEPE.

Održala je više zapaženih predavanja na naučnostručnim skupovima i tribinama “Centarot za obuka i primena na sistemi za bezbednost i nutricionistički kvalitet na hranata-Bitola”, Makedonija, u 2015.god. i 2016.

Ima položen državni ispit. Služi se engleskim jezikom, poznaje rad na računaru. Veoma je ambiciozna, uporna i predana svom poslu.

Udata je i majka dvoje maloletne dece, živi u Vranju.